



**รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์**  
**โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า**  
**จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่สอง**  
(เล่มที่ 5: ด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมโบราณ)

โดย รัศมี ชูทรงเดชและคณะ

กรกฎาคม 2550

คณะผู้วิจัย  
โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า  
จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่สอง

| ผู้วิจัย                                 | สังกัด                                              |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร. รัศมี ชูทรงเดช     | ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี<br>มหาวิทยาลัยศิลปากร   |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร. นาฏสุดา ภูมิจำนงค์ | คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 3. ผศ. ทพญ. ดร. กนกนาฏ จินตกานนท์        | นักวิจัยอิสระ                                       |
| 4. นางสาวนัทธมน ภูริพัฒน์พงศ์            | นักวิจัยอิสระ                                       |
| 5. นายเชิดศักดิ์ ตรียาภิวัฒน์            | นักวิจัยอิสระ (โครงการภูมิเมธีวิจัย)                |
| 6. นางสาวอุดมลักษณ์ สุ่มตระกูล           | นักวิจัยอิสระ (โครงการภูมิเมธีวิจัย)                |

สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)  
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

## คำนำ

โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่สอง ได้เดินทางมาถึงเป้าหมายระยะใกล้ คือการทำงานให้เสร็จสิ้นตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ขณะเดียวกันก็เป็นจุดเริ่มต้นของการเดินทางสู่เป้าหมายระยะยาวที่ไกลยิ่งไปกว่าเดิมมาก คือการค้นคว้าทางโบราณคดีต่อไปอย่างต่อเนื่อง เพราะยังมีคำถามที่รอคำตอบจากการสืบค้นอีกมากมาย เปรียบเสมือนการเริ่มต้นเดินทางเข้าสำรวจภายในถ้ำมืดมืด ที่คลำทางไปเรื่อยจนพอจะมองเห็นแสงเรืองๆ อยู่ปลายทาง แต่ยังต้องเดินอีกไกลกว่าจะถึงทางออกที่เป็นปากถ้ำอีกด้านหนึ่ง โบราณคดีเป็นศาสตร์ที่ทำให้เข้าใจรากเหง้าภูมิหลังความเป็นมาของตัวเรา ทำให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงของสังคมและวัฒนธรรมที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ที่คนไม่มีตัวหนังสือใช้ จนกระทั่งยุคโลกาภิวัตน์โลกดิจิทัลในปัจจุบันที่มนุษย์ไม่ต้องใช้ปากกาหรือดินสออีกต่อไป ซึ่งต้องใช้เวลาและความอดสาหะในการแสวงหาคำตอบ และผลลัพธ์อาจจะไม่เห็นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจนดังเช่นการวิจัยทางด้านอุตสาหกรรม แต่เป็นสิ่งที่มีความสำคัญทางด้านจิตวิญญาณและความหมายในทางสังคม-วัฒนธรรมมากกว่า

สิ่งสำคัญที่เป็นคณะผู้วิจัยเห็นว่าเป็นหัวใจของความสำเร็จในการทำงานวิจัยโครงการระยะยาว (long term research) และความภาคภูมิใจของคณะวิจัย คือการทำงานเป็นทีมจากสหสาขา โดยมีโบราณคดีหรือการศึกษาสังคมวัฒนธรรมในอดีตเป็นหัวใจของงานวิจัย โดยมีคณะวิจัยชาวไทยกลุ่มหนึ่งได้บากบั่นเพียรพยายามในการแสวงหาความรู้ สร้างสรรค์งานโบราณคดีร่วมกัน โครงการวิจัยนี้ได้รวบรวมผู้สนใจที่ต้องการแสวงหาความจริงของอดีตด้วยการใช้ทฤษฎีและวิธีวิทยาจากสหศาสตร์ นักวิชาการจากแต่ละสาขาได้ก้าวข้ามอัตตาของตนเองเพื่อการทำงานวิจัยร่วมกัน โดยการยอมรับ เรียนรู้และทำความเข้าใจลักษณะงานของกันและกัน มีเป้าหมายในการทำงานแบบเดียวกัน ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นผลงานที่เกิดจากการเกาะติดกับการค้นคว้าแสวงหาความรู้ เพื่อสืบค้นอดีตของคนชายขอบ/ชายแดนของประเทศไทย ซึ่งยังเป็นลักษณะงานสร้างความรู้ที่จำเป็นและต้องการในสังคมไทยปัจจุบัน ที่กำลังโหยหาความรู้เกี่ยวกับอดีตของผู้คนที่เคยอาศัยอยู่ในภูมิภาคต่างๆ ในดินแดนประเทศไทยก่อนที่จะเกิดการบูรณาการหลอมรวมเป็นวัฒนธรรม “ไทย” ในปัจจุบัน เพราะการรู้จักรากเหง้าที่มาของคนและวัฒนธรรมของบรรพชนในมาตุภูมิจะทำให้คนไทยเกิดความเข้าใจถึงประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม รวมทั้งความหลากหลายทางวัฒนธรรมในอดีต ทำให้เข้าใจวิถีจักรการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติโดยมีมนุษย์เป็นปัจจัยที่สำคัญ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมที่ทำให้เกิดการสร้างลักษณะมรดกทางวัฒนธรรมที่เป็นอัตลักษณ์เฉพาะของท้องถิ่นขึ้น ดังนั้นความรู้นี้จะนำไปสู่ความเข้าใจและเกิดการยอมรับความแตกต่างของชาติพันธุ์ ภาษา ศาสนา/ความเชื่อ และวัฒนธรรมซึ่งมีที่พัฒนาการที่ยาวนานมาตั้งแต่อดีต ซึ่งน่าจะนำไปสู่การลดอคติ ความขัดแย้งที่เกิดขึ้นจากความแตกต่าง และเกิดความเคารพซึ่งกันและกัน

โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากฝ่าย 3 สวัสดิภาพสาธารณะ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นเวลา 3 ปี (1 ตุลาคม 2546-30 กันยายน 2549) โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยแบบสหวิทยาการและงานวิจัยเชิงพื้นที่ ประกอบด้วยทีมวิจัยทางสังคมศาสตร์ คือโบราณคดี และชาติพันธุ์วรรณาทางโบราณคดี ทีมวิจัยทางวิทยาศาสตร์ คือวงปีไม้ สิ่งแวดล้อม มานุษยวิทยากายภาพ และข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นโครงการต่อเนื่องจากโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่หนึ่ง (พ.ศ. 2544-46) ซึ่งต่อ ยอดจากโครงการสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลถ้ำจังหวัดแม่ฮ่องสอน (พ.ศ. 2541-42) อาจกล่าวได้ว่าเป็น

โครงการวิจัยเดียวที่มีการทำงานโบราณคดีอย่างต่อเนื่องบนพื้นที่สูงอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นระยะเวลาถึง 7 ปี

การวิจัยในลักษณะสหวิทยาการนี้ เกิดการพัฒนาความรู้ทั้งทางด้านแนวคิดทฤษฎี และวิธีวิทยาของแต่ละสาขาไปพร้อมๆ กัน ทำให้เกิดการพัฒนาระบวนการสร้างความรู้ในแต่ละศาสตร์ควบคู่กับการสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นผลของการวิจัย นอกจากนี้ โครงการวิจัยพยายามจะสร้างให้เกิดประชาคมวิจัยที่มีความสนใจทำงานค้นคว้าทางโบราณคดีในพื้นที่วิจัยบนพื้นที่สูงอย่างต่อเนื่อง และสร้างความชำนาญเฉพาะทางให้กับนักโบราณคดีรุ่นใหม่ในฐานะนักวิจัยอาชีพ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มีจำนวนทั้งหมด 10 เล่ม คือ เล่มที่ 1: บูรณาการศาสตร์และภาพรวมของโครงการ, เล่มที่ 2: โบราณคดี (และภาคผนวก), เล่มที่ 3: มานุษยวิทยากายภาพ (โครงกระดูกคน), เล่มที่ 4: มานุษยวิทยากายภาพ (ฟันคน), เล่มที่ 5: วงปีไม้และสิ่งแวดล้อมโบราณ, เล่มที่ 6: ซากดินพืชร่วนนาทางโบราณคดี, เล่มที่ 7: การสำรวจและจัดระบบฐานข้อมูล เล่มที่ 8: กระบวนการโบราณคดีท้องถิ่นและการเผยแพร่ผลงานวิจัย และเล่มที่ 9: เอกสารถอดเทปจากการประชุมวิชาการเรื่อง พลวัตทางสังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

รายงานฉบับนี้ เป็นรายงานเล่มที่ 5 นำเสนอสรุปการวิจัยทางด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้องค์ความรู้ใหม่ในเรื่องวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งผลการวิจัยละอองเรณูกับสภาพแวดล้อมโบราณ ในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

การนำเสนอนี้แบ่งออกเป็น 6 บท คือ บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาของโครงการวิจัย บทที่ 1 นำเสนอที่มาและความสำคัญ กรอบแนวคิด วัตถุประสงค์ และคุณภาพของงานวิจัย บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม บทที่ 3 วิธีวิทยา บทที่ 4 ผลการศึกษา และบทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล

คณะวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยเป็นงานที่มีคุณค่าและมีคุณภาพแก่นุชนชาติโดยรวม

รัศมี ชูทรงเดช

หัวหน้าโครงการวิจัย

โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่สอง

กรกฎาคม 2550

วสันตฤดู วังท่าพระ

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์  
โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า  
จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่สอง  
(เล่มที่ 5: ด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมโบราณ)

โดย

ผู้วิจัย: รศ.ดร.นาฏสุตา ภูมิจำนงค์  
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ช่วยนักวิจัย: นางสาวสินีนานา วรรณศรี  
นางสาวฉัตรศรี กาญจนวัฒนา  
นายเฉลิมพล สิริโชติวงศ์

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ฝ่ายที่ 3 ฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

## คำนำ

การศึกษาสิ่งแวดล้อมในอดีต ในโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่ 2 ได้เน้นการเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูลในสามส่วนคือ ไม้จากแหล่งโบราณคดี ไม้สักและไม้สนจาก ไม้ที่มีชีวิต และการศึกษาละอองเรณู หลักฐานแต่ละหลักฐานจะให้คำตอบในบริบทของสิ่งแวดล้อมในอดีต ในแต่ละช่วงเวลา โดยไม้สักและไม้สนที่มีชีวิต สามารถศึกษาขนาดและจำนวนวงปี และกำหนดค่าอายุตาม ปีปฏิทินได้แน่นอน และใช้ดัชนีจากไม้ที่มีชีวิตนี้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีกับปริมาณ น้ำฝนและอุณหภูมิ ซึ่งผลลัพธ์จะได้เดือน (ทั้งปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ) ที่มีอิทธิพลต่อขนาดความกว้างของวงปี ต่อจากนั้นจึงนำส่วนของจำนวนวงปีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของกรมอุตุนิยมวิทยาไปสร้างเส้น ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในอดีต สำหรับไม้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้สัก เมื่อทำการวัดและนับจำนวนวงปีแล้วยัง ไม่สามารถต่อเส้นดัชนีเชื่อมต่อกับไม้ที่มีชีวิตได้ จึงได้ใช้วิธีกำหนดอายุโดยคาร์บอน-14 ผลลัพธ์ที่ได้จะได้ ปีโดยประมาณที่ต้นไม้ถูกโค่นล้ม การใช้เทคนิคเรื่องวงปีไม้มาศึกษาตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดีถือว่าเป็น การประยุกต์วิธีการศึกษาเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ในวงการศึกษามากขึ้น และให้ผลลัพธ์ที่ตอบคำถามประเด็น ต่างๆได้ เช่น เทคนิคการทำไม้ รูปแบบของหัวลงในเชิงเครื่องมือ การวิวัฒนาการของวัฒนธรรมไม้ตาม กาลเวลา เป็นต้น ละอองเรณูเป็นหลักฐานทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการสืบค้นระบบนิเวศในอดีต

ดังนั้นในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้ได้พยายามที่จะลำดับเหตุการณ์ การพัฒนาวิธีการศึกษา การ ทบทวนเอกสารที่คาดว่าจะเกี่ยวข้อง การทดลองและตรวจสอบหลักฐาน การอธิบายผลการศึกษา การวิเคราะห์ และสังเคราะห์เพื่อให้เห็นภาพในอดีตแต่ละช่วงเวลา และการนำผลการศึกษาไปอธิบายร่วมกับศาสตร์ต่างๆ

สหวิทยาการในการศึกษาก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่สลับซับซ้อนขึ้นแต่มีเหตุผลในการอธิบาย คณะผู้วิจัย ขอมอบคุณูปการจากเอกสารงานวิจัยเล่มนี้ให้แก่เยาวชนของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเยาวชน เด็ก ผู้ใหญ่ ชาว อำเภอปางมะผ้า ซึ่งเป็นเจ้าของพื้นที่และวัฒนธรรมที่มีคุณค่า ที่เป็นสิ่งล้ำค่าที่บรรพชนในอดีตได้ทิ้งร่องรอยให้ เกิดความสงสัยและต้องการอธิบายให้เกิดความประจักษ์ ธรรมชาติที่สร้างสรรค์มาอย่างสมดุลและก่อให้เกิด ประโยชน์ต่อมนุษยชาติมาโดยตลอด และคุณครูทุกท่านที่ทำให้เกิดการสั่งสมความรู้ หากมีความผิดพลาด ประการใดในเอกสารเล่มนี้ทางคณะผู้วิจัยขอน้อมรับ

นาฏสุตา ภูมิจันทร์

12 กุมภาพันธ์ 2550

## บทคัดย่อ

### สำหรับผู้บริหาร

รหัสโครงการ: RDG473005

ชื่อโครงการ: โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน  
ระยะที่สอง

หัวหน้าโครงการ : รองศาสตราจารย์ ดร. รศมี ชูทรงเดช

คณะวิจัย: รองศาสตราจารย์ ดร.นาฏสุตา ภูมิจำนงค์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทพญ. กนกนาฏ จินตกานนท์  
นางสาวนันทมน ภูริพัฒน์พงศ์  
นางสาวอุดมลักษณ์ ชื่นตระกูล  
นายเชิดศักดิ์ ตรีรยาภิวัฒน์

อีเมล: [rasmi@su.ac.th](mailto:rasmi@su.ac.th) , [rasmi13@hotmail.com](mailto:rasmi13@hotmail.com)

ระยะเวลาโครงการ: 1 ตุลาคม 2546 - 30 กันยายน 2549 (รวมระยะเวลา 3 ปี)

โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่สอง เป็นงานวิจัยเชิงพื้นที่และเป็นโครงการบูรณาการประกอบด้วยโบราณคดี มานุษยวิทยากายภาพ (กระดูกคนและฟัน) วงปีไม้และสิ่งแวดล้อม ชาติพันธุ์วรรณาทางโบราณคดี และระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

วัตถุประสงค์ของโครงการ คือ 1) เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับรวบรวมจากโครงการวิจัยระยะที่หนึ่ง อย่างละเอียด และลุ่มลึก 2) เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ พัฒนาแนวคิดทฤษฎีและวิธีวิทยาของสาขาโบราณคดี มานุษยวิทยากายภาพ วงปีไม้และละอองเรณู 3) เพื่อบูรณาการองค์ความรู้ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของศาสตร์ต่างๆ 4) เพื่อตรวจสอบว่าวัฒนธรรมดั้งเดิม มีลักษณะเป็นอย่างไร และเริ่มเกิดความหลากหลายทางวัฒนธรรมขึ้นเมื่อใด 5) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความเหมือน/ความแตกต่างของ คน วัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมระหว่างอดีตกับปัจจุบัน และ 6) เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาและเสริมสร้างความเข้มแข็งทางวัฒนธรรมให้กับชุมชนท้องถิ่น

ผลการวิจัย คือ 1) วิเคราะห์หลักฐานทางโบราณคดีที่ได้จากการสำรวจและขุดค้นด้วยเทคนิควิธีของแต่ละศาสตร์ 2) ได้สร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับประวัติศาสตร์วัฒนธรรมของคนบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า ว่ามีการอยู่อาศัยในพื้นที่ตั้งแต่สมัยไพลสโตซีนตอนปลาย ประมาณ 32,380 ปีมาแล้ว จนกระทั่งปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่าพัฒนาการทางสังคมและวัฒนธรรมมีความต่อเนื่อง และยังได้พัฒนาแนวคิดทฤษฎีทางโบราณคดี ตลอดจนประยุกต์ใช้เครื่องมือทางการแพทย์ในการวิเคราะห์งานด้านมานุษยวิทยากายภาพ ซึ่งยังไม่เคยมีการทำมาก่อนในวงการโบราณคดีในประเทศไทย 3) ทำให้บูรณาการองค์ความรู้เกี่ยวกับเรื่องของคน สังคม วัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมโบราณ 4) ทำให้ทราบว่าวัฒนธรรมดั้งเดิมในสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย คือ วัฒนธรรมหินกะเทาะ ความหลากหลายทางวัฒนธรรมเริ่มปรากฏในสมัยโฮโลซีนตอนปลาย คือวัฒนธรรมโลงไม้ และสมัยต่อมา 5) ทำให้ทราบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมโบราณ ตั้งแต่สมัยไพลสโตซีนตอนปลาย จนถึงปัจจุบัน ซึ่งเกิดโดยปัจจัยทางธรรมชาติและมนุษย์ นอกจากนี้ยังทราบว่าการเคลื่อนย้ายไปมาภายในพื้นที่นี้มีมาแล้วตั้งแต่ในอดีต ซึ่งก็ทำให้เกิดการผสมผสานทางวัฒนธรรมและชาติพันธุ์เกิดขึ้น และ 6) ผลของงานวิจัยได้นำไปเผยแพร่และใช้ประโยชน์ในการสร้างประวัติศาสตร์ท้องถิ่นและพัฒนาแหล่งโบราณคดีเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

## EXECUTIVE SUMMARY

**Project Code:** RDG473005

**Project Title:** Highland Archaeology in Pang Mapa District, Mae Hong Son Province Phase II

**(Principle investigator)** Associate Professor Dr Rasmi Shoocongdej

**Investigators :** Associate Professor Dr Natsuda Phumijumnong  
Assistant Professor Dr Kanoknart Chintakanon  
Ms Natthamon Pureepatpong  
Ms Undomluck Hoontrakul  
Mr Cherdasak Treerayapiwat

**Email:** [rasmi@su.ac.th](mailto:rasmi@su.ac.th) , [rasmi13@hotmail.com](mailto:rasmi13@hotmail.com)

**Project Duration:** 1 October 2003 - 30 September 2006 (3 years)

The Highland Archaeology Project in Pang Mapha District, Mae Hong Son Province is an area-based and multidisciplinary research program involving archaeology, physical anthropology, dental anthropology, dendrochronology, palynology, ethnoarchaeology, and the use of Geographic Information Systems (GIS). Research goals include: 1) to analyze and synthesize the remainder of the archaeological assemblages from Project Phase I, 2) to generate new data and develop theories and methods for archaeology, physical anthropology, dendrochronology, and palynology, 3) to integrate the datasets from the various analyses, 4) to examine the characteristics of ancient cultures and the emergence of cultural diversity, 5) to compare the similarities and differences in peoples, cultures, and environments in the past and present, and 6) to apply the knowledge gained to the development and strengthening of local communities through cultural heritage programs.

The results of the Second Phase of research include the following. 1) Analyzed archaeological assemblages from survey and excavations using techniques from the various disciplines. 2) Generated new data concerning the cultural history of the highland population in Pang Mapha, indicating there was a long and continuous occupation from 32,380 BP to 100 years ago. In addition, the project contributed to middle range theory and developed new analytical techniques for archaeology using modern medical technology such as Computed Tomography (CT-scanning), Scanning Electron Microscopy, and Energy Dispersive Spectroscopy. 3) Integrated the results from the analyses of archaeological assemblages, tree-rings, human bones and teeth, geomorphology, and palynology. 4) Determined that in the late Pleistocene there was a pebble tool culture, and no cultural diversity was identified in this period. Cultural diversity emerged during the late Holocene, with the log coffin culture, and continued to the historical period. 5) Found evidence of environmental changes through time from the late Pleistocene to the present. These changes were caused by natural and human factors. In addition, people migrated in and out of the research area which could have caused social and cultural changes in different periods. Finally, 6) distributed the research results to the public and contributed both to the understanding of Mae Hong Son history as well as to the development of sustainable tourism.

## บทคัดย่อ

โครงการวิจัยสหวิทยาการ “โครงการโบราณคดีบนพื้นสูงที่ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่สอง” มีคำถามหลักร่วมกันคือ “ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง มนุษย์ วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม” วงปีไม้และสิ่งแวดล้อมในอดีต เป็นส่วนหนึ่งของโครงการใหญ่ที่จะช่วยคลี่ความสับสนดังกล่าว โครงการวิจัยสหวิทยาการนี้ได้เลือกพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นพื้นที่ศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอนตั้งอยู่ทางภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศไทย ระยะทางห่างจากกรุงเทพฯประมาณ 942 กิโลเมตร ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่  $19^{\circ} 30'$  เหนือ และเส้นแวงที่  $97^{\circ} 80'$  ตะวันออก สำหรับอำเภอปางมะผ้า ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่  $19^{\circ}$  เหนือ และเส้นแวงที่  $97^{\circ}$  ตะวันออก ทางด้านเหนือสุดของจังหวัดแม่ฮ่องสอน สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์เป็นพื้นที่ระหว่างภูเขา และส่วนที่เหลือประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์เป็นพื้นที่ระบายน้ำ ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ภูมิประเทศแบบคาสต์ ซึ่งประกอบด้วยเทือกเขาหินปูน และภูมิประเทศแบบที่ไม่ใช่คาสต์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของระบบระบายน้ำ แม่น้ำหลักในพื้นที่นี้ ประกอบด้วย แม่น้ำของ โป่งแสนปึก ห้วยแม่ละนา และแม่น้ำลาง

อำเภอปางมะผ้าในจังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นพื้นที่ที่พบถ้ำและเพิงผาเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นแหล่งโบราณคดีที่สำคัญ โดยเฉพาะโลงไม้ซึ่งทำมาจากไม้เนื้อแข็งที่มีขนาดและรูปร่างที่คล้ายคลึงกัน โลงไม้ส่วนมากที่พบทำมาจากไม้สักซึ่งเป็นไม้ไม้ถิ่นเดิมในเขตร้อนชื้นที่สร้างวงปีชัดเจนและมีศักยภาพในการศึกษาเรื่องวงปีไม้ ความน่าสนใจของโลงไม้ คือ การแกะสลักบริเวณหัวโลงทั้งสองด้าน รูปแบบหัวโลงบางลักษณะเป็นรูปแบบอย่างง่าย และบางรูปแบบมีลักษณะที่สลับซับซ้อนขึ้น เช่น เป็นหัวรูปสัตว์ นักวิจัยส่วนมากจะศึกษาโลงไม้โดยการกำหนดค่าอายุ ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ คาร์บอน-14 อย่างไรก็ตามการกำหนดค่าอายุโดยวิธีดังกล่าวจะให้ค่าอายุเปรียบเทียบเท่านั้น แต่จะไม่ทราบถึงความผันแปรในแต่ละปี ในการศึกษาครั้งนี้ จากตัวอย่างประมาณ 425 ตัวอย่าง จาก 18 ถ้ำ ในพื้นที่ศึกษา ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษาด้านวงปีไม้ และยืนยันผลการศึกษาด้วยการกำหนดค่าอายุด้วยวิธี คาร์บอน-14

วัตถุประสงค์ของโครงการ วงปีไม้และสิ่งแวดล้อมในอดีต คือ 1) เพื่อต้องการพิสูจน์ว่าโลงไม้/ฝาโลงมาจากต้นไม้อันเดียวกัน 2) เพื่อต้องการพิสูจน์สมมุติฐานเกี่ยวกับเรื่องการพัฒนาารูปแบบของหัวโลงเกี่ยวข้องกับเวลาหรือไม่อย่างไร ทั้งในถ้ำเดียวกัน ต่างถ้ำกัน กลุ่มน้ำเดียวกัน และต่างกลุ่มน้ำกัน 3) เพื่อต้องการศึกษาเทคโนโลยีการทำโลงไม้ 4) กำหนดค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 5) เพื่อต้องการวิเคราะห์และจำแนกชนิดของละอองเรณู และ 6) เพื่อต้องการวิเคราะห์และสังเคราะห์สิ่งแวดล้อมในอดีตของอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

พื้นที่ศึกษา ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่กลุ่มน้ำใหญ่ 3 กลุ่มน้ำ คือ กลุ่มน้ำของ กลุ่มน้ำลาง กลุ่มน้ำแม่ละนา และกลุ่มน้ำขนาดเล็ก 1 กลุ่มน้ำ คือ กลุ่มน้ำโป่งแสนปึก โดยการเก็บข้อมูลได้เลือกถ้ำจำนวน 18 ถ้ำ เป็นถ้ำที่ตั้งอยู่ในพื้นที่กลุ่มน้ำลาง 9 ถ้ำ กลุ่มน้ำของ 6 ถ้ำ กลุ่มน้ำแม่ละนา 1 ถ้ำ และโป่งแสนปึก 2 ถ้ำ รายละเอียดของถ้ำเหล่านี้ได้รายงานไว้ในรายงานการสำรวจถ้ำแล้ว

วิธีการศึกษา การศึกษาด้านวงปีไม้ได้แบ่งไม้เป็น 2 ประเภท คือ ไม้ที่มีชีวิตซึ่งได้แก่ไม้สัก และไม้สน ไม้จากแหล่งโบราณคดี คือ ไม้จากโลงไม้ ไม้ที่มีชีวิตได้เก็บตัวอย่างด้วยส่วนมือต้นละ 2 ตัวอย่าง เพื่อนำมาศึกษาทางด้านวงปีไม้ต่อไป ไม้จากแหล่งโบราณคดีทำการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเจาะตัวอย่างไม้ที่ใช้น้ำมัน 2 ตัวอย่าง จากโลงไม้ 1 ชิ้น (ฝาโลงหรือตัวโลง) ต่อจากนั้นเป็นขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค

มาตรฐานเกี่ยวกับการศึกษาวงปีไม้ การเทียบความเหมือน และการตรวจสอบด้วยวิธีทางสถิติ หลังจากที่ได้มีการตรวจสอบความเหมือนของวงปีไม้แล้ว กลุ่มที่มีความเหมือนกันที่ประกอบด้วยรูปแบบของหัวโลงต่างๆ จะถูกเลือกไปเพื่อการวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 การวิเคราะห์ละอองเรณู โดยการศึกษาจากดินจากหลุมขุดค้นโบราณคดีและดินรอบๆ ทั้งพื้นที่แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่และเพิงผาลำดอด นอกจากนี้ยังได้นำตัวอย่างถ่านที่พบในชั้นดินไปวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อศึกษาละอองเรณูโดยวิธีมาตรฐาน และเก็บตัวอย่างไว้ในซิลิโคนเพื่อเตรียมทำสไลด์ เพื่อการจำแนกและนับจำนวนละอองเรณูและสปอร์ต่อไป

ผลการศึกษา การศึกษาวงปีไม้ที่มีชีวิตของไม้สักและไม้สนสามารถสร้างเส้นน้ำฝนและเส้นอุณหภูมิของเดือนมีนาคม-กรกฎาคม และเดือนเมษายน-มิถุนายน ย้อนกลับไปได้ประมาณ 300 ปี ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนในอดีตมากกว่าปัจจุบันเล็กน้อย และอุณหภูมิในอดีตต่ำกว่าในปัจจุบันเล็กน้อยเช่นกัน

ผลจากการศึกษาโลงไม้โดยการใช้เทคนิคการศึกษาวงปีไม้พบว่า ตัวอย่างมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์เป็นไม้สัก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าในอดีตทรัพยากรป่าไม้ในสมัยวัฒนธรรมโลงไม้บริเวณพื้นที่ศึกษาอุดมสมบูรณ์ไปด้วยป่าไม้หลากหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งความหนาแน่นของป่าเบญจพรรณซึ่งมีไม้สักเป็นไม้เด่น มนุษย์ในอดีตมีความชำนาญในการคัดเลือกไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สักเพื่อที่จะนำมาทำโลง วัฒนธรรมโลงไม้อยู่ในช่วงยุคเหล็กดังนั้นจึงมีเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ตัดต้นไม้ขนาดใหญ่ ขนาดของต้นไม้ที่นำมาทำโลงโดยทั่วไปมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 เมตร และขนาดความสูงประมาณ 4-5 เมตร (เฉพาะส่วนที่เหลือเป็นโลง) คาดการณ์ว่าชุมชนในขณะนั้นควรมีขนาดใหญ่พอสมควรและให้ความสำคัญกับพิธีกรรมเกี่ยวกับความตายไม่ว่าจะมีความเชื่อหลังการตายหรือต้องการแสดงความเคารพให้กับผู้เสียชีวิต อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานพอเพียงที่จะสนับสนุนสมมติฐานได้

จากตัวอย่างทั้งหมดพิสูจน์ได้ว่า ตัวอย่างโลงไม้ส่วนที่เป็นฝาโลงและตัวโลงไม้ทำมาจากต้นไม้ต้นเดียวกัน นอกจากนี้การวิเคราะห์ชั้นสัณฐานได้สร้างเส้นดัชนีลอยขึ้นมา 3 เส้น คือ เส้นดัชนีลอยจากบ้านบ่อไคร้ บ้านไร่-บ่อไคร้ และปางคาม 3 ซึ่งแต่ละเส้นดัชนีลอยได้มาจากโลงไม้ที่มีรูปแบบหัวโลงที่แตกต่างกันออกไป กล่าวคือ บ่อไคร้มี 3 รูปแบบหัวโลงได้แก่ 3C, 4B และ 5B บ้านไร่-บ่อไคร้ มีรูปแบบหัวโลง 5 รูปแบบ คือ 1A, 2A, 2C, 3C และ 4B ปางคาม 3 มีรูปแบบหัวโลง 4 รูปแบบ คือ 3A, 3B, 8C และ 8D

จากเส้นดัชนีลอยทั้ง 3 เส้นสามารถที่จะซ้อนทับกันได้ แต่ไม่มีการเรียงลำดับของรูปแบบหัวโลงจากง่าย (1A, 1B) ไปที่สลับซับซ้อน (3C, 4C) จากการศึกษาพบว่า รูปแบบหัวโลงแบบต่างๆ ทำขึ้นมาในช่วงระยะเวลาเดียวกัน เนื่องจากพบรูปแบบหัวโลงที่มีความคล้ายคลึงกันในหลายพื้นที่ มนุษย์ในสมัยวัฒนธรรมโลงไม้ที่อาศัยอยู่ในชุมชนต่างๆ อาจมีความเชื่อมโยงกัน และมีความเป็นไปได้ว่ามีการเคลื่อนย้ายของกลุ่มผู้คนซึ่งได้นำวัฒนธรรมโลงไม้ติดตัวไปด้วย และการสร้างโลงไม้ในแต่ละพื้นที่จะขึ้นอยู่กับทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นนั้น อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังไม่สามารถเชื่อมต่อเส้นดัชนีไม้ที่มีชีวิตกับเส้นดัชนีไม้จากโลงไม้ (เส้นดัชนีลอย)

รูปแบบของหัวโลงที่มีความแตกต่างกันที่สร้างขึ้นในสมัยเดียวกัน เช่น 1B และ 4B พบว่ามีการใช้ยาวนานต่อเนื่องมากกว่ารูปแบบอื่นๆ เช่น 6C มีความเป็นไปได้ว่ารูปแบบของหัวโลงขึ้นอยู่กับความชำนาญช่างในสมัยนั้น หรืออาจจะเป็นสัญลักษณ์ถึงสถานภาพทางสังคมของผู้ตาย วัฒนธรรมโลงไม้เริ่มขึ้นประมาณ 3,000 ปีก่อนปัจจุบัน และสิ้นสุดเมื่อประมาณ พ.ศ. 2443 (ค.ศ. 1900) เป็นที่น่าเสียดายว่าถึงขณะนี้หลักฐานของผู้เป็นเจ้าของโลงไม้ยังไม่มีความชัดเจน

จากการเปรียบเทียบการกระจายรูปแบบของหัวโลงทั้งสามพื้นที่ลุ่มน้ำ สรุปได้ว่าพื้นที่ลุ่มน้ำล่างได้ถูกใช้จากผู้คนสมัยวัฒนธรรมโลงไม้ยาวนานกว่าอีก 3 ลุ่มน้ำ อาจมีเหตุผลสนับสนุนจากสภาพทางภูมิประเทศที่

เข้าถึงได้ง่ายกว่า จึงพบว่าสภาพพื้นที่ป่าไม้รวมทั้งไม้สักบริเวณลุ่มน้ำกลางในปัจจุบันถูกทำลายมากกว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำของ

ผลการวิเคราะห์ละอองเรณูแสดงให้เห็นว่าพืชพรรณในอดีตมีความคล้ายคลึงกับพืชพรรณในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามแนวโน้มที่สภาพภูมิอากาศในอดีตจะเย็นกว่าในปัจจุบัน คือ การพบละอองเรณูของไม้สนในชั้นดินที่ลึก และลดน้อยลงจนถึงพื้นผิวชั้นบน การลดลงของละอองเรณูประเภท *Concentriccystes rubinus* แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีการถูกน้ำท่วมขัง และพบสปอร์ของพืชจำพวกเฟิร์น การเพิ่มขึ้นของละอองเรณูพวกหญ้าชี้ให้เห็นว่าพื้นที่มีความแห้งแล้งขึ้น หรือถูกเปิดโล่ง การพบละอองเรณูสอดคล้องกับพื้นที่ถ้ำลอด ซึ่งบ่งชี้ว่าสภาพอากาศในอดีตมีความหนาวเย็นมากกว่าในปัจจุบัน การพบละอองเรณูของปาล์มที่สงฆ์ชี้ให้เห็นว่าป่าถูกรบกวน และมีความเป็นไปได้ว่าในพื้นที่ศึกษาบริเวณรอบเพิงผาบ้านไร่มีการใช้พื้นที่ตามฤดูกาล

โดยรวมจากการศึกษาสิ่งแวดล้อมในอดีตบริเวณพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยใช้วงปีไม้ทั้งจากที่มีชีวิตและจากโลงไม้ และละอองเรณู สามารถศึกษาสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมย้อนกลับไปถึงในสมัยโฮโลซีน สภาพภูมิอากาศในสมัยนั้นมีอุณหภูมิที่หนาวเย็นกว่าในปัจจุบัน และปริมาณฝนที่มากกว่าในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามจากพื้นที่ป่าไม้ในช่วงใกล้ยุคปัจจุบันถูกทำลายลงมา สาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์มากกว่าที่จะมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความสำเร็จและความน่าเชื่อถือของการสร้างเส้นภูมิอากาศในอดีตจะมีมากขึ้น หากได้มีการเก็บตัวอย่างไม้ที่มีอายุมากและสามารถหาพื้นที่ที่มีการเก็บรักษาละอองเรณูได้ดี นอกจากนี้การวิเคราะห์หลักฐานทางชีววิทยาอื่นๆ เช่น จากเมล็ด จากถ่าน จากแหล่งขุดค้นโบราณคดี อาจจะช่วยให้อ่านสภาพภูมิอากาศและสภาพสิ่งแวดล้อมในอดีต ในสมัยโฮโลซีนหรือไพลโตซีนตอนปลายในพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีความชัดเจนขึ้น

## Abstract

The main research question of the multidiscipline research entitled “Highland Archaeology in Pang Mapha, Mae Hong Son Province Phase II” is that how ancient people interrelated with environment condition. Tree-ring and palaeoenvironment research is the subject to unfold this question. Pang Mapha District in Mae Hong Son Province was selected as a study area for this multidiscipline research. Mae Hong Son Province is located in northwest of Thailand, 942 kilometers from Bangkok, and lies between latitudes 19° 30'N and longitudes 97° 80' E. Pang Mapha District is situated around latitudes 19° N and longitudes 97° E in the northernmost of Mae Hong Son Province. The prominent characteristic of local landscape is high mountain ranges, which covers 90 percents of total district area including 5 percents of intermountain area and 5 percents of drainage area. As for geological structure, there are two types of topography: karst and non-karst topography. There are four main streams in this region: Kong River, Huay Pong San Pig, Huay Mae La Na and Lang River.

Pang Mapha has many caves and rock shelters rich in archeological interest including log coffins. Most coffins are made of hardwood, especially teak, and have similar forms and sizes. Teak is one of a few species in tropical zone that builds clear annual rings and has high potential for doing dendrochronology. An interesting feature of these coffins is the crafted heads at both ends. One type of head styles can be described as simple – it has no facial feature, merely a head like shape. By contrast, the complex type has animal-like feature. Many researchers have examined log coffins using direct C-14 for age determination. However this method can only give relative age without variability of year. In our project, about 425 samples were taken from 18 caves in Pang Mapha District. Dendrochronological techniques were applied for age determination and confirmed the results by the traditional C-14 method.

## Objective of this research are;

1) to examine whether two pieces, above and below of a log coffin came from a same tree, 2) to prove the hypothesis that the style of the coffin heads became increasingly complex over time in the same cave, different caves, same watershed and different watersheds, 3) to identify technology used to make log coffins in the past, 4) to dating log coffins by using C-14 standard method, 5) to analyze and identify pollen from Ban Rai Rockshelter and Bam Tam Lod and 6) to analyze and synthesize palaeoenvironment at Pang Mapha, Mae Hong Son Province.

## Study area

We focus on four watersheds: Lang, Kong, Mae La Na and Pong San Pik in Pang Mapha District, Mae Hong Son Province where many caves and rock shelters are scattered. We collected wood samples from selected 18 caverns; 9 caverns of Lang watershed, 6 caverns of Kong watershed, 1 cavern of Mae La Na

watershed and 2 caverns of Pong San Pik. These caverns have been recorded by the first survey that has the most amounts of log coffins.

## Methods

From living trees (Teak and Pine), two cores per tree were collected by using an increment borer, and then prepared in a laboratory before being measured for tree ring width and further analysis.

From a large set of coffins, two cores were collected from each coffin using an engine increment borer. The samples were measured and the ring patterns were analyzed. Standard method of dendrochronological techniques was used for crossdating and COFECHA was proved for statistic. These methods applied only when the collected samples were teak. After floating chronologies were successfully built, we selected synchronized samples from different head styles to date by C-14.

For pollen analysis, this study was carried out to investigate the palaeovegetation and palaeoenvironment of Ban Tham Lod and Ban Rai Rockshelter in Pang Mapha District. Soil samples from prehistoric archaeological excavation sites and surrounding areas of Tham Lod Rockshelter and Ban Rai Rockshelter were collected. In addition, charcoal samples were collected to determine the age of soil sample layers by using radiocarbon dating. Palynological samples were treated by chemical processes and kept in silicone oil before slide preparation. Then identification and counting of pollen and spores were done in order to obtain the pollen diagrams. Standard method for pollen analysis was applied to identify pollen grain and spore.

## Result and Discussion

By using tree ring indices of teak and pine from living trees we can construct amount of rainfall and temperature from April to August and March to May respectively back to about three centuries. The result revealed that past climate had more amounts of rainfall and lower temperature than that in the present.

By combining knowledge of dendrochronology and archeology, we found that log coffins made of trees and 90 percents of collected samples were teak. It seemed that the previous natural resources around the study area were once very plentiful of different types of forest, especially dense mixed-deciduous forest with dominant teak species. Ancient people had good skill to select woods, teak in particular, and to make log coffins. It was the time of the Iron Age. They must have had some tools to cut trees considering large sizes of log coffins with an average diameter at about 0.5 m and length at about 4.0-5.0 m. We assumed that those people were living in a large community and valued death ceremony. Whether they believed in life after death or just to celebrate ones life, we did not have any evidence to prove otherwise.

From all samples, we constructed three floating teak chronologies from Bo Krai (BK), Ban Rai and Bo Krai (BRBK) and Pang Kam3 (PK3). BK has 3 head styles: 3C, 4B and 5B. BRBK has 5 head styles: 1A, 2A, 2C, 3C and 4B. PK3 has 4 head styles: 3A, 3B, 8C and 8D.

These 3 floating chronologies were synchronized but not in sequence from the simple head styles (1A, 1B) to the complex ones (3C, 4C). Therefore we concluded that these log coffin head styles were made at the same period of time. We also assumed that those ancient people although living in different communities, may be related since similar head styles were found at different locations. It is possible that a group of people from one location may have moved to another location to settle a new community and with them, bringing the crafting skill. It is shown that the development of the log coffin culture based on natural resources. Unfortunately, we don't have chronology of the living teak in this study area. Even though we were successfully established floating chronologies from each cave, we could not extend floating teak chronology with living teak chronology.

Teak log coffins with different head styles were made in the same time period. Some styles (1B, 4B) had been used longer than the others (6C). It is possible that styles of the log coffin heads depend on craftsman's skill and perhaps are symbolic depending on the social status of the deaths. The log coffin culture started at about 3,000 yrs BP and ended at about 1,900 A.D. However, there has been no evidence to find out about the possessors of these log coffin culture ancient people.

By comparing the distribution of the log coffin head styles in these three watersheds, we might conclude that Lang watershed was used by the log coffin ancient people longer and more often than those two watersheds and also has more head styles than those two watersheds. This is confirmed by topography and forest covers that Lang watershed is much easier to get into than Kong watershed. Besides, there is less plentiful of teak forest (more were cut) at Lang watershed than that at Kong, Mae La Na and Pong San Pik watersheds.

Interpretation of pollen diagram of samples collected from Ban Rai Rockshelter indicated that the vegetation in the past was alike to that in the present. However, the environment tended to be cooler explained by the reducing trend of *Pinus* sp. Moreover, decreasing of *Concentricystes rubinus*, suggested flooding condition, and fern spores together with increasing of grass pollen could indicate dryness and increasing open space. This is consistent with interpretation of pollen diagram of samples collected from Tham Lod Rockshelter which also suggested cooler climatic trend in the past. Increasing pollen found in dry land forest or secondary forest could present increasing forest disturbance and dryness. These changes may caused by human activities in the area. It is possible that some characteristic of this area, particularly around Ban Rai Rockshelter, may have been suitable for seasonal land used for a long time

In summary, by using tree ring indices and pollen as proxy data we are able to reconstruct past environment and climate pattern in Pang Mapha, Mae Hong Son Province back to Holocene era. Those proxy data suggested that the past climate was not too much difference from that at present however amount of rainfall and temperature were a bit difference coincide with forest area that were destroyed especially by human activity not by climate change. In order to successfully and precisely reconstruct past climate and environment, we should concentrate both in collecting more samples from ancient teak and pine wood and finding the best side for pollen analysis. Finally we could analysis other biotic samples such as seed and charcoals from archeological sites.

# โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่สอง

นักวิจัยทางด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม

รศ.ดร.นาฏสุตา ภูมิจำนงค์

ผู้ช่วยนักวิจัยทางด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม

นางสาวสินีนาฏ วรรณศรี

นางสาวฉัตรศรี กาญจนวัฒนา

นายเฉลิมพล สิริโชติวงศ์

สถานที่ติดต่อ

ห้อง 808 ชั้น 8 ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร อ.บรมราชชนนี คลองจั่น กรุงเทพฯ 10170 โทร.028809215

อีเมล highlandarchaeology@yahoo.com เว็บไซต์ <http://highland.trf.or.th>

สารบัญ

|                                                         | หน้า |
|---------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อ                                                |      |
| คำนำ                                                    | ก    |
| คำขอบคุณ                                                | ข    |
| สารบัญ                                                  | ค    |
| สารบัญตาราง                                             | ฅ    |
| สารบัญแผนที่                                            | ฉ    |
| สารบัญแผนผัง                                            | ญ    |
| สารบัญแผนภูมิ                                           | ฎ    |
| สารบัญรูป                                               | ฏ    |
| บทนำ                                                    |      |
| 1 ปัญหาและที่มาของปัญหา (โครงการวิจัยระยะที่หนึ่ง)      | ฅม   |
| 2 หลักการและเหตุผลของโครงการวิจัยระยะที่สอง             | ค    |
| 3 ขอบเขตการวิจัย                                        | ถ    |
| 4 การดำเนินการวิจัย                                     | ท    |
| 4.1 ด้านโบราณคดี                                        | ท    |
| 4.2 ด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม                           | ท    |
| 4.3 ด้านมานุษยวิทยาภาพ : ฟันคน                          | ท    |
| 4.4 ด้านมานุษยวิทยาภาพ : โครงกระดูกคน                   | ท    |
| 5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ                                   | ธ    |
| บทที่ 1 บทนำของงานวิจัยด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม        |      |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ                                   | 1    |
| 1.2 กรอบแนวคิดด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม                 | 1    |
| 1.2.1 กรอบความคิดหลัก                                   | 2    |
| 1.2.2 กรอบความคิดด้านวงปี                               | 3    |
| 1.3 วัตถุประสงค์ด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม               | 3    |
| 1.4 คู่มือการ                                           | 4    |
| บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม                                   |      |
| 2.1 การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมจากสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย | 5    |
| 2.2 การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมจากสมัยโฮโลซีนตอนปลาย   | 6    |
| 2.2.1 การศึกษาสภาพภูมิอากาศในเขตซีกโลกเหนือ             | 7    |

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.2.2 การศึกษาสภาพภูมิอากาศในเขตรีกโลกใต้และเขตร้อน                      | 9   |
| 2.2.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลัน                            | 11  |
| 2.3 ภาพรวมของโบราณคดีในอำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน                   | 19  |
| 2.3.1 สมัยก่อนประวัติศาสตร์                                              | 19  |
| 2.3.2 สมัยประวัติศาสตร์                                                  | 26  |
| 2.4 การศึกษาวัฒนธรรมโลงไม้ในประเทศต่างๆ                                  | 26  |
| 2.5 วงปีไม้กับสิ่งแวดล้อม                                                | 30  |
| 2.5.1 การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงปีไม้ในเอเชีย                       | 31  |
| 2.5.2 การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงปีไม้ในประเทศไทย                    | 32  |
| 2.6 ประวัติการใช้ประโยชน์จากไม้สัก                                       | 34  |
| 2.6.1 ระยะเวลาก่อนตั้งกรมป่าไม้                                          | 34  |
| 2.6.2 ระยะเวลาหลังตั้งกรมป่าไม้                                          | 37  |
| 2.7 การทบทวนวรรณกรรมละออและพืช                                           | 39  |
| 2.7.1 ความแตกต่างระหว่างสปอร์และละออ                                     | 39  |
| 2.7.2 การศึกษาละออในประเทศไทย สมัยไพลสโตซีนตอนปลาย-โฮโลซีน               | 40  |
| <b>บทที่ 3 วิธีวิทยา</b>                                                 |     |
| 3.1 วิธีวิทยาด้านวงปีไม้                                                 | 53  |
| 3.1.1 หลักการศึกษาทางด้านวงปีไม้                                         | 53  |
| 3.1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช                          | 54  |
| 3.1.3 พื้นที่ศึกษา หลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่าง          | 55  |
| 3.1.4 สถานีตรวจอากาศ (ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ)                            | 91  |
| 3.1.5 การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ                                       | 92  |
| 3.2 วิธีวิทยาด้านละออและพืช                                              | 99  |
| 3.2.1 หลักการในการวิเคราะห์ละออ                                          | 99  |
| 3.2.2 โครงสร้างที่ใช้ในการจำแนกชนิดของละออ                               | 101 |
| 3.2.3 พื้นที่ศึกษาละออ                                                   | 101 |
| 3.2.4 การเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการเพื่อการทำสไลด์ในการวิเคราะห์ละออ | 117 |
| 3.3 วิธีวิทยาด้านการกำหนดอายุด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์                      | 120 |
| 3.3.1 หลักการของการศึกษาคาร์บอน-14                                       | 120 |
| 3.3.2 การปลดปล่อยกัมมันตรังสี คาร์บอน -14 ในเวลาต่างๆ                    | 122 |
| 3.3.3 การกำหนดค่าอายุด้วยธาตุกัมมันตรังสี                                | 123 |

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

### บทที่ 4 ผลการศึกษา

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 การศึกษาด้านวงปีไม้                                          | 134 |
| 4.1.1 ผลการศึกษาวงปีไม้จากไม้มีชีวิต (ไม้ปัจจุบัน)               | 134 |
| 4.1.2 ผลการศึกษาวงปีไม้จากโลงไม้จากแหล่งโบราณคดี                 | 141 |
| 4.1.3 ผลการศึกษาด้านวงปีไม้ระหว่างแหล่งโบราณคดี                  | 178 |
| 4.2 การศึกษาค่าอายุโดยวิธีคาร์บอน 14                             | 193 |
| 4.2.1 ตัวอย่างไม้ที่เก็บเพื่อวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธี คาร์บอน-14 | 193 |
| 4.3 การศึกษาเรณูวิทยาที่บ้านถ้ำลอดและบ้านไร่                     | 195 |
| 4.3.1 วิธีการศึกษาเรณูวิทยา                                      | 195 |
| 4.3.2 ผลการศึกษาเรณูวิทยา                                        | 196 |
| 4.3.3 อภิปรายผล                                                  | 231 |
| 4.3.4 สรุปผลการศึกษา                                             | 233 |

### บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1 พลวัตของพืชพรรณ                                             | 234 |
| 5.2 เทคโนโลยีในการทำโลงไม้                                      | 235 |
| 5.3 นัยของรูปแบบหัวโลงที่หลากหลาย                               | 236 |
| 5.4 ตำแหน่งที่ตั้งของถ้ำและโลงไม้                               | 239 |
| 5.5 ความหมายของวงปีไม้ต่อสภาพแวดล้อม-สภาพภูมิอากาศโดยรวม        | 239 |
| 5.6 การกำหนดอายุวัฒนธรรมโลงไม้ ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์คาร์บอน-14 | 240 |
| 5.7 ผลเรณูวิเคราะห์                                             | 242 |
| 5.8 สภาพแวดล้อมโบราณ                                            | 243 |
| 5.9 วงปีไม้และละอองเรณูกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ           | 244 |
| 5.10 ภาพรวมความสัมพันธ์ด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม                | 245 |
| 5.11 ปัญหาและอุปสรรคด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม                   | 246 |

|            |     |
|------------|-----|
| บรรณานุกรม | 248 |
|------------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| ภาคผนวก ก | 260 |
|-----------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| ภาคผนวก ข | 271 |
|-----------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| ภาคผนวก ค | 283 |
|-----------|-----|

## สารบัญตาราง

หน้า

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ตารางที่ 2.1 แสดงรูปแบบหัวโลงที่พบในแหล่งโบราณคดีโลงไม้ ในอำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน         | 24  |
| ตารางที่ 2.2 แสดงการกระจายตัวของรูปแบบโลงไม้ที่พบทั่วไปในกลุ่มน้ำต่างๆ                            | 25  |
| ตารางที่ 2.3 แสดงค่าอายุประมาณการของวัฒนธรรมโลงไม้จากแหล่งต่างๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้          | 29  |
| ตารางที่ 2.4 สรุปการศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูวิทยาในประเทศไทยที่บ่งชี้ถึงระยะเวลาและระบบนิเวศในอดีต | 45  |
| ตารางที่ 2.5 ซากพืชที่พบบริเวณถ้ำผีแมน                                                            | 51  |
| ตารางที่ 3.1 สรุปรายละเอียดการเก็บตัวอย่างด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมจากตัวอย่างในวัฒนธรรมโลงไม้    | 87  |
| ตารางที่ 3.2 แสดงสถานภาพสถานีตรวจวัดอากาศที่ทำการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ                | 92  |
| ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู บ้านถ้ำลอด                       | 102 |
| ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP1                        | 103 |
| ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP2                        | 103 |
| ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP3                        | 104 |
| ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP4                        | 104 |
| ตารางที่ 3.8 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP5                        | 105 |
| ตารางที่ 3.9 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP6                        | 105 |
| ตารางที่ 3.10 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP7                       | 106 |
| ตารางที่ 3.11 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP8                       | 106 |
| ตารางที่ 3.12 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP9                       | 107 |
| ตารางที่ 3.13 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP10                      | 107 |
| ตารางที่ 3.14 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core TLP11                      | 108 |
| ตารางที่ 3.15 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณูที่บ้านไร่                       | 108 |
| ตารางที่ 3.16 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core BRP1                       | 110 |
| ตารางที่ 3.17 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core BRP2                       | 111 |
| ตารางที่ 3.18 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core BRP3                       | 112 |
| ตารางที่ 3.19 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core BRP4                       | 113 |
| ตารางที่ 3.20 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core BRP5                       | 114 |
| ตารางที่ 3.21 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core BRP6                       | 115 |
| ตารางที่ 3.22 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core BRP7                       | 116 |
| ตารางที่ 3.23 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู core BRP8                       | 117 |
| ตารางที่ 3.24 การปลดปล่อยกัมมันตรังสี คาร์บอน-14 ในช่วงเวลาต่างๆ กัน                              | 122 |
| ตารางที่ 3.25 ธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการกำหนดค่าอายุ                 | 123 |
| ตารางที่ 3.26 ปริมาณตัวอย่างที่ใช้สำหรับการกำหนดค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14                         | 125 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสถิติ correlation coefficient และ response coefficient ระหว่างดัชนีไม้สักกับสภาพภูมิอากาศ | 135 |
| ตารางที่ 4.2 รายละเอียดผลการศึกษาวงปีไม้ถ้ำปางคาม หมายเลข 1                                                   | 141 |
| ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำปางคาม หมายเลข 1                                      | 143 |
| ตารางที่ 4.4 รายละเอียดผลการศึกษาวงปีไม้ถ้ำปางคาม หมายเลข 3                                                   | 145 |
| ตารางที่ 4.5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตัวอย่างไม้ถ้ำปางคาม หมายเลข 3                                             | 147 |
| ตารางที่ 4.6 รายละเอียดผลการศึกษาวงปีไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำผี (Spirit Cave)                                      | 148 |
| ตารางที่ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำผี                                                    | 149 |
| ตารางที่ 4.8 แสดงผลการศึกษาทางด้านวงปีไม้จากตัวอย่างโรงไม้ถ้ำหม้อมูเซอ                                        | 151 |
| ตารางที่ 4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัวอย่างทุกๆ 40 ปี โดยมีค่าซ้อนทับทีละ 20 ปี                    | 152 |
| ตารางที่ 4.10 แสดงผลการศึกษาทางด้านวงปีไม้ถ้ำผีแมนป็นปาย                                                      | 154 |
| ตารางที่ 4.11 แสดงผลการศึกษาทางด้านวงปีไม้ถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1                                               | 156 |
| ตารางที่ 4.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1-1                                 | 156 |
| ตารางที่ 4.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1-2                                 | 157 |
| ตารางที่ 4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1-3                                 | 158 |
| ตารางที่ 4.15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 2                                   | 159 |
| ตารางที่ 4.16 แสดงผลการศึกษาทางด้านวงปีไม้เพิงผาทุ่งสาแล                                                      | 162 |
| ตารางที่ 4.17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างเพิงผาทุ่งสาแล                                          | 162 |
| ตารางที่ 4.18 แสดงผลการศึกษาทางด้านวงปีไม้ถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล                                                  | 164 |
| ตารางที่ 4.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-1                                    | 166 |
| ตารางที่ 4.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-2                                    | 166 |
| ตารางที่ 4.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-3                                    | 167 |
| ตารางที่ 4.22 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-4                                    | 168 |
| ตารางที่ 4.23 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-5                                    | 168 |
| ตารางที่ 4.24 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-6                                    | 169 |
| ตารางที่ 4.25 แสดงจำนวนวงปีของตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดีถ้ำบ้านบ่อไคร้                                       | 172 |
| ตารางที่ 4.26 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำบ้านบ่อไคร้-1                                        | 174 |
| ตารางที่ 4.27 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำบ้านบ่อไคร้-2                                        | 175 |
| ตารางที่ 4.28 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำบ้านบ่อไคร้-3                                        | 176 |
| ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี                                                       | 179 |
| ตารางที่ 4.30 รายชื่อถ้ำและจำนวนชุดข้อมูลด้านวงปีที่น่าสนใจ Crossdate ระหว่างกัน                              | 188 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

|                                                                                                                                                                               | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 4.31 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวอย่างจากแม่ลงจันท์ 1 และ 3                                                                                    | 189  |
| ตารางที่ 4.32 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์อย่างง่าย ชุดข้อมูลที่ 2 จากบ่อไคร้, บ้านไร่, ปางคาม 1 และ 3                                                                     | 190  |
| ตารางที่ 4.33 แสดงจำนวนถ้ำ กลุ่มน้ำ จำนวนตัวอย่าง ชนิดไม้ของตัวอย่าง และรูปแบบหัวโลง                                                                                          | 195  |
| ตารางที่ 4.34 ค่าอายุที่ตรวจสอบด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้                                                                              | 197  |
| ตารางที่ 4.35 แสดงตำแหน่งพิกัดและระดับความสูงของจุดเก็บตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ละอองเรณูจากบริเวณบ้านถ้ำลอดและแหล่งโบราณคดีบ้านไร่ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน | 206  |
| ตารางที่ 4.36 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP1                                                                                                                             | 207  |
| ตารางที่ 4.37 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP2                                                                                                                             | 207  |
| ตารางที่ 4.38 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP3                                                                                                                             | 208  |
| ตารางที่ 4.39 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP4                                                                                                                             | 208  |
| ตารางที่ 4.40 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP5                                                                                                                             | 209  |
| ตารางที่ 4.41 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP6                                                                                                                             | 209  |
| ตารางที่ 4.42 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP7                                                                                                                             | 210  |
| ตารางที่ 4.43 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP8                                                                                                                             | 210  |
| ตารางที่ 4.44 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP9                                                                                                                             | 211  |
| ตารางที่ 4.45 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP10                                                                                                                            | 211  |
| ตารางที่ 4.46 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core TLP11                                                                                                                            | 212  |
| ตารางที่ 4.47 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core BRP1                                                                                                                             | 213  |
| ตารางที่ 4.48 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core BRP2                                                                                                                             | 214  |
| ตารางที่ 4.49 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core BRP3                                                                                                                             | 215  |
| ตารางที่ 4.50 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core BRP4                                                                                                                             | 216  |
| ตารางที่ 4.51 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core BRP5                                                                                                                             | 217  |
| ตารางที่ 4.52 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core BRP6                                                                                                                             | 218  |
| ตารางที่ 4.53 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core BRP7                                                                                                                             | 219  |
| ตารางที่ 4.54 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง core BRP8                                                                                                                             | 220  |
| ตารางที่ 4.55 ผลการศึกษาตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดชุดที่ 1                                                                                                          | 226  |
| ตารางที่ 4.56 ผลการศึกษาตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดชุดที่ 2                                                                                                          | 226  |
| ตารางที่ 4.57 ผลการศึกษาตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่                                                                                                                 | 230  |
| ตารางที่ 5.1 แสดงรูปแบบหัวโลงที่พบในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน                                                                                                           | 237  |

สารบัญแผนที่

|                                                              | หน้า |
|--------------------------------------------------------------|------|
| แผนที่ที่ ก แสดงพื้นที่ศึกษา อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน | บ    |
| แผนที่ที่ 3.1 แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ศึกษา      | 56   |
| แผนที่ที่ 3.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณบ้านถ้ำลอด            | 102  |
| แผนที่ที่ 3.3 แสดงบริเวณเก็บตัวอย่างเพิงผาบ้านไร่และหลังแป   | 109  |

## สารบัญแนผัง

|                                                                                                                                | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| แผนผังที่ 3.1 ถ้ำแห่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอค                                                                                      | 64   |
| แผนผังที่ 3.2 ถ้ำแห่งโบราณคดีบ้านน้ำริน                                                                                        | 65   |
| แผนผังที่ 3.3 แหล่งโบราณคดีถ้ำบ้านบ่อไคร้                                                                                      | 67   |
| แผนผังที่ 3.4 ที่ตั้งของถ้ำลางจันทร 1 กับถ้ำลางจันทร 3                                                                         | 68   |
| แผนผังที่ 3.5 แหล่งโบราณคดีถ้ำแม่ลางจันทร 1                                                                                    | 69   |
| แผนผังที่ 3.6 แหล่งโบราณคดีถ้ำลางจันทร 3                                                                                       | 70   |
| แผนผังที่ 3.7 แหล่งโบราณคดีถ้ำอุมอง                                                                                            | 71   |
| แผนผังที่ 3.8 แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ การกระจายตัวของรูปแบบหัวโลง<br>ตำแหน่งของรหัสตัวอย่างที่เก็บ และหลุมขุดค้นทางโบราณคดี | 73   |
| แผนผังที่ 3.9 แหล่งโบราณคดีถ้ำผีแมนปิ่นปาย                                                                                     | 74   |
| แผนผังที่ 3.10 แหล่งโบราณคดีถ้ำหม้อมุเซอ                                                                                       | 76   |
| แผนผังที่ 3.11 แหล่งโบราณคดีถ้ำผาแดง                                                                                           | 77   |
| แผนผังที่ 3.12 แสดงสภาพแหล่งโบราณคดีถ้ำโลงยักษ์ และรูปแบบหัวโลงที่พบ                                                           | 79   |
| แผนผังที่ 3.13 แหล่งโบราณคดีถ้ำผี (โถงล่าง)                                                                                    | 80   |
| แผนผังที่ 3.14 แหล่งโบราณคดีถ้ำผี (โถงบน)                                                                                      | 81   |
| แผนผังที่ 3.15 แหล่งโบราณคดีเพิงผาท่งสาแล                                                                                      | 82   |
| แผนผังที่ 3.16 แหล่งโบราณคดีถ้ำบ้านทุ่งสาแล                                                                                    | 83   |
| แผนผังที่ 3.17 แหล่งโบราณคดีถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1                                                                              | 85   |
| แผนผังที่ 4.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำหม้อมุเซอ                                                                  | 151  |
| แผนผังที่ 4.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำผีแมนปิ่นปาย                                                               | 153  |
| แผนผังที่ 4.3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1                                                         | 155  |
| แผนผังที่ 4.4 แสดงจุดเก็บตัวอย่างไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 2                                                         | 159  |
| แผนผังที่ 4.5 แสดงจุดเก็บตัวอย่างไม้แหล่งโบราณคดีเพิงผาท่งสาแล                                                                 | 161  |
| แผนผังที่ 4.6 แสดงจุดเก็บตัวอย่างไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำทุ่งสาแล หมายเลข 2                                                         | 164  |
| แผนผังที่ 4.7 แสดงจุดเก็บตัวอย่างไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำบ้านบ่อไคร้                                                                | 171  |

สารบัญแผนภูมิ

|                                                                                              | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| แผนภูมิที่ 3.1 แสดงสภาพภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝน-อุณหภูมิ) เฉลี่ยคาบ 50 ปี ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน | 92   |
| แผนภูมิที่ 3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ห้ละอองเรณู                                                | 100  |
| แผนภูมิที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการศึกษาละอองเรณู                                                  | 119  |
| แผนภูมิที่ 3.4 ตัวอย่างการอธิบายค่าอายุเรดิโอคาร์บอน                                         | 132  |
| แผนภูมิที่ 3.5 การคำนวณค่าอายุกับปีปฏิทิน                                                    | 133  |

## สารบัญรูป

|                                                                                                                                                   | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ กรอบความคิดด้านวงปีและสิ่งแวดล้อม                                                                                                          |      |
| รูปที่ 1.2 แสดงการซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากรูปแบบของหัวโลงต่างๆ                                                                                    | 4    |
| รูปที่ 2.1 แสดงอุณหภูมิที่ผิดปกติในระหว่างปี พ.ศ. 1543-2453 (ค.ศ.1000-2000)                                                                       | 10   |
| รูปที่ 2.2 แสดงสิ่งปกคลุมบนพื้นโลกเมื่อ 18,000 ปีที่ผ่านมา                                                                                        | 13   |
| รูปที่ 2.3 แสดงสิ่งปกคลุมพื้นผิวโลกในปัจจุบัน                                                                                                     | 13   |
| รูปที่ 2.4 ปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลัน                                                                             | 14   |
| รูปที่ 2.5 แสดงช่วงการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในช่วง อากาศหนาวเย็น Younger Dryas                                                                      | 15   |
| รูปที่ 2.6 ความผันแปรของอุณหภูมิในช่วง Medieval Warm Period                                                                                       | 17   |
| รูปที่ 2.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 18,000 ปี ก่อนปัจจุบัน                                                                                   | 18   |
| รูปที่ 2.8 วัฏจักรการเกิดละอองเรณู                                                                                                                | 39   |
| รูปที่ 3.1 แสดงพื้นที่ป่าสักตามธรรมชาติในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน                                                                          | 61   |
| รูปที่ 3.2 แสดงพื้นที่ป่าสนตามธรรมชาติในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน                                                                           | 61   |
| รูปที่ 3.3 แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ โลงไม้ และเสาไม้กระจายอยู่ทั่วไปตามแนวเพิงผา                                                                | 72   |
| รูปที่ 3.4 การลดความแตกต่างของความกว้างวงปีเนื่องมาจากอายุในช่วงที่มีอายุน้อย (วงปีกว้าง) ในช่วงที่ไม่มีอายุนมาก (วงปีแคบ) โดยใช้วิธี detrending  | 95   |
| รูปที่ 3.5 แสดงการสร้างเส้นดัชนี                                                                                                                  | 96   |
| รูปที่ 3.6 ชุดอุปกรณ์ศึกษาวงปีไม้                                                                                                                 | 97   |
| รูปที่ 3.7 แสดงกายวิภาคของต้นไม้ A) ไม้สน B) ไม้สัก                                                                                               | 97   |
| รูปที่ 3.8 โครงสร้างต่างๆที่ใช้ในการจำแนกละอองเรณู                                                                                                | 101  |
| รูปที่ 3.9 วัฏจักรของคาร์บอน 14                                                                                                                   | 120  |
| รูปที่ 3.10 รังสีคอสมิกจากดวงอาทิตย์แผ่มายังโลก และการเปลี่ยนแปลงจากไนโตรเจน มาสู่ คาร์บอน 14                                                     | 121  |
| รูปที่ 3.11 เส้นกราฟการปลดปล่อยคาร์บอน-14                                                                                                         | 122  |
| รูปที่ 3.12 แสดงอุปกรณ์การเตรียมคาร์บอนไดออกไซด์ให้บริสุทธิ์                                                                                      | 128  |
| รูปที่ 3.13 อุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอน Direct absorption                                                                                              | 129  |
| รูปที่ 3.14 การขยายเส้นอายุต้นไม้เพื่อใช้ในการปรับแก้ค่ากัมมันตรังสี                                                                              | 131  |
| รูปที่ 3.15 แสดงการเปรียบเทียบอายุวงปีที่นับได้จริงและอายุของกัมมันตรังสีคาร์บอน                                                                  | 132  |
| รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน                                                                                       | 135  |
| รูปที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย 11 ปี ของเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือน มีนาคม-กรกฎาคม (บน) และเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือน มีนาคม-กรกฎาคม โดยดัชนีไม้สัก (ล่าง) | 137  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

|                                                                                                                                                   | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ย 11 ปี ของเส้นจำลองอุณหภูมิเดือน เมษายน-มิถุนายน (บน)<br>และเส้นจำลองอุณหภูมิเดือนเมษายน-มิถุนายน โดยดัชนีไม้สัก (ล่าง)   | 138  |
| รูปที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ย 11 ปี ของเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือน มีนาคม-เมษายน (บน)<br>และเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือน มีนาคม-เมษายน โดยดัชนีไม้สน (ล่าง) | 139  |
| รูปที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ย 11 ปี ของเส้นจำลองอุณหภูมิเดือน มีนาคม-พฤษภาคม (บน)<br>และเส้นจำลองอุณหภูมิเดือน มีนาคม-พฤษภาคม โดยดัชนีไม้สน (ล่าง)     | 140  |
| รูปที่ 4.6 แสดงการซ้อนทับของตัวอย่างไม้จาก ถ้ำปางคาม 1                                                                                            | 144  |
| รูปที่ 4.7 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำปางคาม หมายเลข 3                                                                                         | 147  |
| รูปที่ 4.8 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำผี                                                                                                       | 150  |
| รูปที่ 4.9 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำหม้อชูเออ                                                                                                | 152  |
| รูปที่ 4.10 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1-1                                                                                    | 157  |
| รูปที่ 4.11 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1-2                                                                                    | 157  |
| รูปที่ 4.12 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1-3                                                                                    | 158  |
| รูปที่ 4.13 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 2                                                                                      | 160  |
| รูปที่ 4.14 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากเพิงผาทุ่งสาแล                                                                                             | 163  |
| รูปที่ 4.15 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้ถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-1                                                                                          | 166  |
| รูปที่ 4.16 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้ถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-2                                                                                          | 167  |
| รูปที่ 4.17 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้ถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-3                                                                                          | 167  |
| รูปที่ 4.18 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้ถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-4                                                                                          | 168  |
| รูปที่ 4.19 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้ถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-5                                                                                          | 169  |
| รูปที่ 4.20 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้ถ้ำหมูบ้านทุ่งสาแล-6                                                                                          | 169  |
| รูปที่ 4.21 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้ถ้ำบ้านบ่อไคร้-1                                                                                              | 173  |
| รูปที่ 4.22 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้ถ้ำบ้านบ่อไคร้-2                                                                                              | 175  |
| รูปที่ 4.23 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้ถ้ำบ้านบ่อไคร้-3                                                                                              | 176  |
| รูปที่ 4.24 แสดงการซ้อนทับของ 2 ชุดข้อมูล จากแม่กลางจันทร์ 1 และ 3                                                                                | 189  |
| รูปที่ 4.25 แสดงกราฟความกว้างวงปีจากบ่อไคร้, บ้านไร่, ปางคาม 1 และ 3                                                                              | 190  |
| รูปที่ 4.26 แสดงรูปแบบการพัฒนาของหัวโลงแบบต่างๆ                                                                                                   | 205  |
| รูปที่ 4.27 ไดอะแกรมของตัวอย่าง TLP4                                                                                                              | 222  |
| รูปที่ 4.28 ไดอะแกรมของตัวอย่าง TLP10                                                                                                             | 224  |
| รูปที่ 4.29 ไดอะแกรมของตัวอย่าง BRP8                                                                                                              | 228  |
| รูปที่ 4.30 ไดอะแกรมของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ หลุมขุดค้น S1E4 พื้นที่ 1                                                            | 231  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

|                                                                                                                                   | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 5.1 แสดงการซ้อนทับของขนาดและจำนวนวงปีไม้จาก 5 ตัวอย่าง<br>(A,B,C,D,E หมายถึง เส้นวงปีไม้ที่มาจากรูปแบบหัวโลงที่แตกต่างกัน) | 238  |
| รูปที่ 5.2 แสดงขนาดของท่อลำเลียงน้ำที่มีขนาดแตกต่างกันของ 1 วงปี<br>ระหว่างไม้ปัจจุบัน (ก) ไม้จากโลงไม้ (ข)                       | 240  |
| รูปที่ 5.3 แสดงค่าอายุด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ของหัวโลงรูปแบบต่างๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษา                                              | 241  |

## คำขอบคุณ

งานวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้จะไม่ประสบความสำเร็จหากขาดการสนับสนุนงบประมาณและข้อเสนอแนะจาก กองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ฝ่ายที่ 3 ฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ช่วยให้แง่คิดและแนวทางในการวิจัย เจ้าหน้าที่ป่าไม้ที่หน่วยวิจัยสมุนไพรและเครื่องเทศ บ้านน้ำกุด สำนักวิชาการป่าไม้กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มงานวิจัยเคมีและสิ่งแวดล้อม โครงการวิจัยเคมีและวัสดุศาสตร์ การสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ในส่วนของการวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีคาร์บอน 14

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเรณูวิทยา ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ Department of Botany, Faculty of Science, Visva-Bharati University ประเทศอินเดีย และอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานด้านละอองเรณู

นักศึกษาคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล รุ่นต่างๆ ที่หมั่นเวียนกันเข้ามาช่วยดำเนินการศึกษาวิจัย ทีมวิจัยของโครงการ โบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้าจังหวัดแม่ฮ่องสอนทุกท่าน และชาวบ้านทุกบ้านในเขตอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

## บทนำ

รัศมี ชูทรงเดช

### 1. ปัญหาและที่มาของปัญหา (โครงการวิจัยระยะที่หนึ่ง)

โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอนระยะที่หนึ่ง ได้รับทุนจากฝ่าย 1 นโยบายชาติและความสัมพันธ์ข้ามชาติ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยดำเนินงานวิจัยเป็นระยะเวลา 2 ปี คือระหว่างวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2544- 28 กุมภาพันธ์ 2546

การทำงานในพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้าเป็นพื้นที่ซึ่งมีข้อมูลทางโบราณคดีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศไทย คณะผู้วิจัยจึงต้องเริ่มต้นด้วยการทำงานวิจัยพื้นฐาน เพื่อรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นและประมวลสถานการณ์ของข้อมูลเสียก่อน และเลือกจับประเด็นปัญหาทางโบราณคดีที่มีการถกเถียงในประชาคมโบราณคดีปัจจุบันเป็นจุดเริ่มต้นของการทำงาน ได้แก่ เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย การเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมและการปรับตัวของคนในแต่ละช่วงเวลาเพื่อจะได้มีทิศทางการวิจัยที่ชัดเจน

สำหรับกรอบแนวคิดทฤษฎีนั้น โครงการวิจัยใช้แนวคิดทางด้านมานุษยวิทยา-โบราณคดีและทางด้านนิเวศวิทยา (ecological approach) เป็นแนวทางในการวิจัยที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมที่เกิดจากการปรับตัวของคนกับสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติเป็นหลัก (Steward 1973) ดังนั้นโครงการฯ จึงเป็นการทำงานวิจัยที่ผสมผสานระหว่างการทำงานวิจัยเชิงอุปนัย (Inductive research) และนิรนัย (Deductive research) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางกายภาพและทางสังคม-วัฒนธรรมทั้งในระดับมหัพภาค (Macro scale) และจุลภาค (Micro scale) เพื่อช่วยอธิบายหลักฐานทางโบราณคดีที่พบในพื้นที่สูงของอำเภอปางมะผ้าอย่างมีระบบ (รัศมี ชูทรงเดช 2546)

ดังนั้น โครงการวิจัยระยะที่หนึ่ง จึงมีเป้าหมายในการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อมในป่าเขตร้อน โดยมีคำถามหลักคือ สภาพแวดล้อมในพื้นที่สูงของอำเภอปางมะผ้าในอดีตมีลักษณะเป็นอย่างไร คนโบราณที่อาศัยอยู่ในพื้นที่อำเภอปางมะผ้ามีลักษณะเป็นอย่างไรและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในช่วงระยะเวลาต่างๆ อย่างไร เช่นเริ่มเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เมื่อไร และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อพัฒนาการทางสังคมและวัฒนธรรมในอดีตอย่างไร

**สภาพแวดล้อมทางกายภาพ** การศึกษาทางโบราณคดีในระดับมหัพภาคพบว่าการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศครั้งใหญ่ๆ หลายครั้งในโลก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิประเทศ สภาพแวดล้อม มนุษย์และวัฒนธรรม ช่วงเวลาที่น่าสนใจสำหรับโครงการวิจัยนี้คือ ช่วงเวลาระหว่างสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย (18,000-11,000 ปีมาแล้ว) หรือยุคน้ำแข็งตอนปลาย กับโฮโลซีน หรือยุคน้ำท่วม (10,000-2,500 ปีมาแล้ว) ซึ่งพบว่ามีวัฏจักรการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครั้งใหญ่เกิดขึ้นจำนวนหลายครั้ง (Chappell 1982; Roberts 1998) กล่าวคือภูมิอากาศมีสภาวะแปรปรวนอากาศหนาวเย็นเปลี่ยนเป็นอบอุ่น โดยเฉพาะในเขตขั้วโลกธารน้ำแข็งละลายทำให้ระดับน้ำทะเลขึ้นสูง และอากาศอบอุ่นขึ้น มีความชื้นในอากาศสูง ทำให้ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ (เช่น การขยายตัวของป่าดงดิบ ป่าชายเลน เป็นต้น) และมีการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมเช่นกัน ได้แก่ การปฏิวัติเขียว

มีการริเริ่มการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ มีการเพิ่มของประชากร มีการตั้งชุมชนขนาดใหญ่และถาวร เกิดการแบ่งชนชั้นทางสังคม เป็นต้น (Bellwood 1997; Price and Feinman 1993)

ส่วนในระดับภูมิภาค หลักฐานทางโบราณคดีที่พบในประเทศไทยนั้นแสดงว่าสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่น่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมของโลกเช่นกัน พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดเห็นจะเป็นบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยทั้งภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ รวมถึงชายฝั่งทะเลอันดามันที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศ (เช่น ชายหาด การพังทลายของตะกอน เป็นต้น) (Anderson 1990; Maloney 1992; Penny 1996) ซึ่งพบว่าพืชพรรณบริเวณใกล้กับแหล่งน้ำพบว่ามีปริมาณที่หนาแน่นกว่าปัจจุบัน (Heaney 1991) ช่วงเวลาเดียวกันในภาคใต้ สันนิษฐานว่าพืชพรรณมีลักษณะไม่แตกต่างจากปัจจุบันนัก ถือเป็นป่าดงดิบชื้นซึ่งเป็นป่าที่ขึ้นทั่วไปในสภาพภูมิอากาศแบบป่าเขตร้อนชื้น สำหรับในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางได้รับผลกระทบโดยตรงน้อยกว่าภาคใต้และภาคตะวันออกเพราะอยู่บริเวณภายในแผ่นดิน สันนิษฐานว่าสภาพแวดล้อมไม่แตกต่างจากปัจจุบันมากนัก แต่จะมีความหนาแน่นของพืชพรรณในป่าและความชุ่มชื้นของสัตว์ป่ามากกว่าปัจจุบัน (Gorman 1971; Shoocongdej 1996, 2000) อย่างไรก็ตาม การศึกษาในปัจจุบันยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจนว่าภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงในบริบทของโลกมากน้อยเพียงใด อย่างไร และอะไรเป็นเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เนื่องจากยังไม่มีการศึกษารายละเอียดที่ลงลึกในระดับจุลภาค (Micro scale)

ส่วนสภาพแวดล้อมทางสังคม-วัฒนธรรมนั้น ในระดับภูมิภาคพบว่าหลักฐานทางโบราณคดีที่มีร่องรอยการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมในบริเวณพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงโฮโลซีนตอนกลางถึงตอนปลาย หรือยุคโลหะ คือ สมัยสำริดและเหล็ก เช่น หลักฐานทางโบราณคดีพบว่าระยะเวลานี้มีความหลากหลายทางวัตถุทางวัฒนธรรม มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการตั้งถิ่นฐานจากการเคลื่อนย้ายบ่อยๆ เป็นการตั้งชุมชนถาวรบนพื้นที่ราบ มีการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีจากการทำเครื่องมือหินกะเทาะ/หินขัดเป็นการทำโลหะกรรม เกิดความแตกต่างทางสังคม เป็นต้น ส่วนหลักฐานทางโบราณคดีช่วงระหว่างไพลสโตซีนตอนปลาย-โฮโลซีนตอนต้นโดยเฉพาะพื้นที่สูงภายในประเทศไทยยังมีข้อมูลที่ค่อนข้างจำกัดและยังไม่มีคำตอบชัดเจนพอที่จะสร้างภาพ (Reconstruction) ความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมโบราณในบริบทของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และของโลก

อย่างไรก็ดี แม้ว่าจะมีหลักฐานของการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมอยู่บ้าง แต่ยังไม่มีการศึกษาทางโบราณคดีเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศในช่วงไพลสโตซีนตอนปลาย-โฮโลซีนภายในพื้นแผ่นดิน (Inland) ของประเทศไทยอย่างจริงจังมาก่อนว่ามีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติอย่างไร และต่อการปรับตัวของคน สังคมและวัฒนธรรมแต่ละช่วงเวลาหรือไม่ อย่างไร

## วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยระยะที่ 1

- 1) เพื่อศึกษาวิจัยให้ลุ่มลึกเกี่ยวกับคน วัฒนธรรม สังคม และร่องรอยความเป็นอยู่ของคนโบราณที่อาศัยอยู่ในพื้นที่สูงภายในอำเภอปางมะผ้าในอดีต
- 2) เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมโบราณ โดยการใช้ศาสตร์ต่างๆ คือ โบราณคดี มานุษยวิทยา ภาษาศาสตร์ ธรณีวิทยา และวงปีไม้ เพื่อสร้างความกระจ่างเกี่ยวกับประเด็นเรื่องสิ่งแวดล้อม และการปรับตัวของคนที่ยังอาศัยอยู่ในพื้นที่สูงของอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน
- 3) เพื่อสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านสำหรับงาน โบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์

## 2. หลักการและเหตุผลของโครงการวิจัยระยะที่สอง

ผลการดำเนินงานทางโบราณคดีของโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่หนึ่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2546 ได้ดำเนินการสำรวจและขุดค้นแหล่งโบราณคดีในสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน คือ ภายในถ้ำ เิงเขา และที่ราบระหว่างหุบเขา ตลอดจนประมวลงานค้นคว้าในอดีต เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจ ประวัติศาสตร์วัฒนธรรม (Cultural history) ของ “คนที่อาศัยอยู่บนพื้นที่สูง” ซึ่งในปัจจุบันเรามีความรู้ที่จำกัดอยู่ โครงการฯ จึงค้นหาคำตอบเบื้องต้นให้ได้ว่าก่อนว่ามีคนอยู่เก่าแก่ที่สุดเมื่อไร มีลักษณะทางวัฒนธรรมเป็นอย่างไร และมีลำดับของประวัติศาสตร์ทางวัฒนธรรม หรือมีคนอยู่มาที่ยุคสมัย เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการตรวจสอบโจทย์วิจัยเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อมโบราณตามยุคสมัยต่างๆ ตามกาลเวลา

การดำเนินงานวิจัยโครงการระยะที่หนึ่ง โครงการฯ ได้สำรวจพบแหล่งโบราณคดี 31 แหล่ง และขุดค้นแหล่งโบราณคดี 2 แหล่ง คือ แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ และแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอด ผลการศึกษาเบื้องต้นทำให้เกิดความรู้ใหม่ที่สำคัญดังนี้

ก. ผลการกำหนดอายุทางวิทยาศาสตร์ทำให้ทราบว่ามีการตั้งถิ่นฐานในบริเวณนี้ตั้งแต่ประมาณสองหมื่นกว่าปีมาแล้วจนกระทั่งปัจจุบัน (โพลสโตซีนตอนปลาย - โฮโลซีนตอนปลาย) ทำให้เพดานเวลาของการอยู่อาศัยในพื้นที่แห่งนี้เก่าแก่กว่าที่เคยมีการค้นคว้าในอดีต

ข. การค้นพบโครงกระดูกคน “โฮโม ซาเปียน ซาเปียน” จำนวน 3 โครง ที่มีอายุอยู่ระหว่าง 13,000-9,000 ปีมาแล้ว เป็นข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับคนดั้งเดิมที่พบในภาคเหนือ เพราะเป็นโครงกระดูกที่ได้ทำการกำหนดอายุทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏว่ามีอายุเก่าแก่ที่สุดในจังหวัดแม่ฮ่องสอน และภาคเหนือของประเทศไทย (แม้ว่าจะมีการค้นพบซากฟอสซิลของโฮโม อีเรคตัส แต่ก็ยังไม่มีค่าอายุทางวิทยาศาสตร์ใดๆ ในขณะนี้)

ค. ผลการวิเคราะห์เบื้องต้นของละอองเรณู กระดูกสัตว์ และวงปีไม้ พื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้ามีอากาศหนาวเย็นกว่าปัจจุบัน แสดงว่าพื้นที่ดังกล่าวได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในช่วงปลายสมัยไพลสโตซีน (นาฏสุดา ภูมิงานงค์ 2546)

ง. การค้นพบแหล่งโบราณคดีหลายประเภทและหลายยุคสมัย แสดงให้เห็นว่าพื้นที่อำเภอปางมะผ้ามีการอยู่อาศัยของคนอย่างยาวนานและต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

อย่างไรก็ดี โครงการวิจัยระยะที่หนึ่ง ได้รวบรวมข้อมูลด้านต่างๆ และยังไม่สามารถจะวิเคราะห์ในระดับลึกให้เสร็จสมบูรณ์ได้ภายในระยะเวลาการวิจัย เช่น ด้านโบราณคดี ได้ค้นพบหลักฐานทางโบราณคดีเป็นจำนวนมาก

จากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่และเพิงผาลำดอดจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์จากสหสาขา โดยอาศัยศาสตร์อื่นๆ มาช่วยสังเคราะห์ตีความองค์รวมทางวัฒนธรรม คือมานุษยวิทยากายภาพและชีวภาพ ธรณีวิทยา ปฐพีวิทยา ละอองเรณูวิทยา การศึกษาวงปีไม้ โลหวิทยา การวิเคราะห์กากอาหารบนภาชนะดินเผา ระบบข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และส่งตัวอย่างของโบราณวัตถุและนิเวศวัตถุไปยังห้องปฏิบัติการเฉพาะด้าน เพื่อให้ได้ภาพรวมของความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรมที่เกิดขึ้นในอดีต

ดังนั้น โครงการวิจัยระยะที่สองจึงเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รวบรวมมาจากโครงการวิจัยระยะที่หนึ่งอย่างลุ่มลึกและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีสถิติ ดังนี้

**ด้านโบราณคดี** จำเป็นต้องวิเคราะห์หลักฐานทางโบราณคดีประเภทเครื่องมือหินกะเทาะ (เช่น กระบวนการผลิต ร่องรอยการใช้) เศษภาชนะดินเผา (เช่น ศิลาบรรณนา) เครื่องมือโลหะ ลูกปัด เป็นต้น ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะองค์รวมทางวัฒนธรรม (เช่น เทคโนโลยี การดำรงชีพ ความเชื่อ การตั้งถิ่นฐาน การจัดองค์กรทางสังคม) ในแต่ละช่วงเวลา และการกำหนดอายุทางวิทยาศาสตร์ เช่น คาร์บอน 14 เทอร์โมลูมิเนสเซนส์ เป็นต้น จะช่วยตอบคำถามเกี่ยวกับเรื่องอายุสมัยของโบราณวัตถุ

**ด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม** จำเป็นต้องวิเคราะห์ตัวอย่างของวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดีจากแต่ละลุ่มน้ำเพิ่มเติมทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบหัวโลง และบอกสภาพภูมิอากาศในช่วงวัฒนธรรมโลงไม้ ซึ่งอายุประมาณ 2,200 - พุทธศตวรรษที่ 14 นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องส่งตัวอย่างชิ้นส่วนของวงปีไม้ไปตรวจสอบอายุด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ด้วย ทีมวิจัยด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมโบราณจะวิเคราะห์ละอองเรณูของดินที่ได้จากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่และเพิงผาลำดอด เพื่อวิเคราะห์สภาพแวดล้อมในช่วงสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย - โฮโลซีนตอนกลาง เพื่อจะได้สืบสร้าง (Reconstruct) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโบราณได้อย่างต่อเนื่อง

**ด้านมานุษยวิทยา** จำเป็นต้องวิเคราะห์ฟันและโครงกระดูก 3 โครงที่ได้จากการขุดค้น ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยจะต้องวิเคราะห์ทั้งกายภาพและดีเอ็นเอ และจะต้องเปรียบเทียบฟันและโครงกระดูกระหว่างแหล่งโบราณคดีที่ทำการสำรวจและแหล่งขุดค้น เพื่อจะหาความสัมพันธ์ว่าเป็นประชากรในอดีตเป็นกลุ่มเดียวกันหรือไม่ และนำไปเปรียบเทียบกับกลุ่มคนปัจจุบันต่อไป

อย่างไรก็ดี โครงการวิจัยนี้ยังคงใช้โจทย์วิจัยเดียวกับโครงการวิจัยระยะที่หนึ่ง ซึ่งขณะนี้ยังตอบคำถามโจทย์ดังกล่าวไม่ได้ เพราะวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดยังไม่เสร็จ นอกจากนี้เมื่อได้ภาพรวมและข้อมูลพื้นฐานที่ดี การวิจัยเจาะลึกหรือการตั้งคำถาม - ข้อสมมติฐานที่อิงกับแนวคิดทฤษฎีทางมานุษยวิทยา - โบราณคดี จึงสามารถจะทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

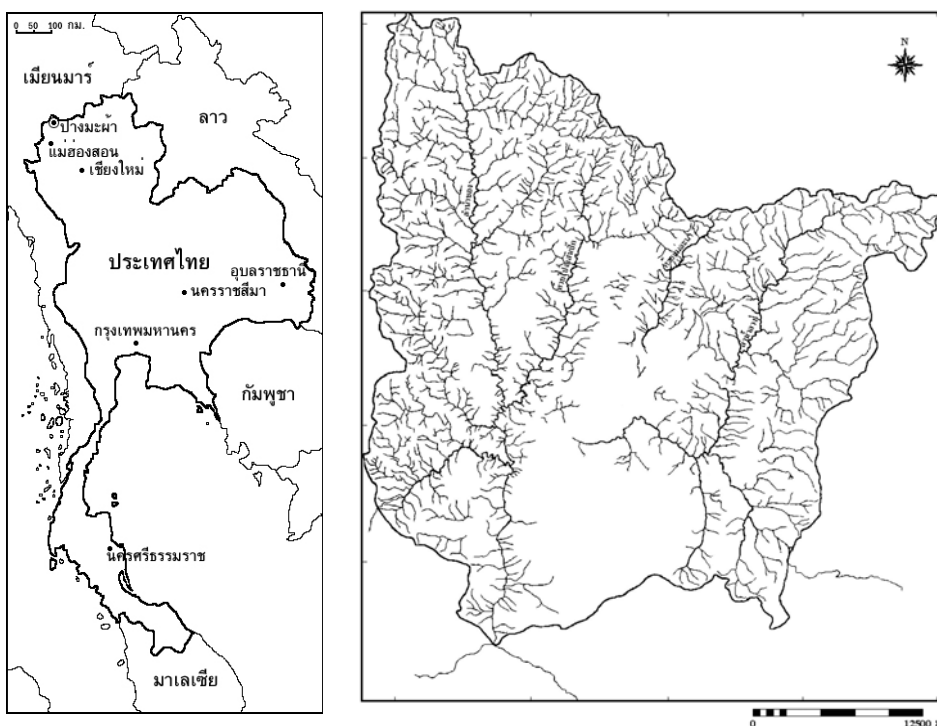
ผลการวิจัยในโครงการวิจัยระยะที่สอง น่าจะเป็นฐานข้อมูลสำคัญด้านประวัติศาสตร์วัฒนธรรมและวิวัฒนาการของคนอาศัยอยู่ในอำเภอปางมะผ้าในอดีต และเป็นต้นทุนทางวัฒนธรรมที่จะใช้ในการพัฒนาท้องถิ่น โดยเฉพาะการจัดทำหลักสูตรท้องถิ่นศึกษา และการจัดการการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยระยะที่สอง

- 1) เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้รวบรวมจากโครงการวิจัยระยะที่หนึ่งอย่างละเอียดและลุ่มลึก
- 2) เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ พัฒนาแนวคิดทฤษฎีและวิธีวิทยาของสาขาโบราณคดี มานุษยวิทยากายภาพ วงปีไม้และละอองเรณู
- 3) เพื่อบูรณาการองค์ความรู้ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของศาสตร์ต่างๆ
- 4) เพื่อตรวจสอบว่าวัฒนธรรมดั้งเดิมมีลักษณะเป็นอย่างไร และเริ่มเกิดความหลากหลายทางวัฒนธรรมขึ้นเมื่อไร
- 5) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความเหมือน/ความแตกต่างของ คน วัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมระหว่างอดีตกับปัจจุบัน
- 6) เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาและเสริมสร้างความเข้มแข็งทางด้านวัฒนธรรมให้กับชุมชนท้องถิ่น

### 3. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตพื้นที่งานวิจัยครอบคลุมพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเลือกกำหนดพื้นที่รอบแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ ในหมู่บ้านบ้านไร่ และเพิงผาลำดอดในหมู่บ้านลำดอดบริเวณลุ่มแม่น้ำลางเป็นพื้นที่หลักในการวิจัย  
ขอบเขตเวลา ครอบคลุมเวลาตั้งแต่ประมาณสองหมื่นปีมาแล้วจนถึงปัจจุบัน



แผนที่ที่ ก แสดงพื้นที่ศึกษา อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน  
(ที่มา: โครงการสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จ. แม่ฮ่องสอน 2542)

## 4. การดำเนินการวิจัย

แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ด้าน คือ

### 4.1 ด้านโบราณคดี

- ก. วิเคราะห์โบราณวัตถุและนิเวศวัตถุในห้องปฏิบัติการที่กรุงเทพฯ และที่ศูนย์ศึกษาสัตว์ป่าและธรรมชาติ ถ้ำน้ำลอด อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน
- ข. วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบโดยการทดลอง
- ค. วิเคราะห์และแปลผลทางสถิติ
- ง. สังเคราะห์ผลการวิเคราะห์ของแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ และเพิงผาถ้ำลอด
- จ. สร้างฐานข้อมูลทางด้านโบราณคดี

### 4.2 ด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม

- ก. วิเคราะห์วงปีไม้
- ข. วิเคราะห์ละอองเรณู
- ค. วิเคราะห์และแปลผลทางสถิติ
- ง. สังเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับวงปีไม้และละอองเรณู
- จ. เชื่อมโยงและเปรียบเทียบสิ่งแวดล้อมในอดีตกับปัจจุบัน
- ฉ. สร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม

### 4.3 ด้านมานุษยวิทยากายภาพ: พันคน

- ก. คิดค้นวิธีการใหม่ในการเก็บข้อมูลทางกายวิภาค (ขนาด รูปร่าง โครงสร้างภายใน) ของฟัน
- ข. วิเคราะห์ฟัน/ชิ้นส่วนของกรามคนที่ได้จากการสำรวจและขุดค้น
- ค. วิเคราะห์ทางกายภาพของฟัน
- ง. วิเคราะห์และแปลผลทางสถิติ
- จ. เชื่อมโยงและเปรียบเทียบฟันของคนในอดีตกับปัจจุบัน
- ฉ. ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะฟันระหว่างคนโบราณกับคนปัจจุบัน
- ช. สร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับฟัน

### 4.4 ด้านมานุษยวิทยากายภาพ: โครงกระดูกคน

- ก. วิเคราะห์โครงกระดูก/ชิ้นส่วนของโครงกระดูกคนที่ได้จากการสำรวจและขุดค้น
- ข. วิเคราะห์และแปลผลทางสถิติ
- ค. ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะกายภาพระหว่างคนโบราณกับคนปัจจุบัน
- ง. สร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับโครงกระดูกคน

## 5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สืบสร้าง (Reconstruct) เรื่องราวของคน สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อมโบราณในช่วงเวลาระหว่าง 22,000 - พุทธศตวรรษที่ 14
2. ตรวจสอบความสัมพันธ์ของคนในอดีตและปัจจุบัน
3. ตอบคำถามเรื่องสภาพแวดล้อมโบราณและการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม และสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำนายวัฏจักรของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในอนาคต
4. เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญในการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นศึกษาและการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน
5. เผยแพร่องค์ความรู้ใหม่ต่อชุมชนท้องถิ่น ชุมชนวิชาการและชุมชนสาธารณะ
6. สร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ในระดับเยาวชนและอุดมศึกษา ทั้งชาวไทยและต่างประเทศ

## บทที่ 1

# บทนำของงานวิจัยด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม

นาฏสุดา ภูมิจันทร์

## 1.1 ที่มาและความสำคัญ

โครงการ โบราณคดีบนพื้นที่สูงที่ปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่ 2 (กันยายน 2546-กันยายน 2549) ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นระยะเวลา 3 ปี ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องจากโครงการในระยะที่ 1 (1 มีนาคม 2544-28 กุมภาพันธ์ 2546) เป็นการศึกษาแบบสหวิทยาโดยได้นำศาสตร์ทั้ง 3 ศาสตร์ คือ โบราณคดี มานุษยวิทยา และสิ่งแวดล้อม มาบูรณาการเข้าด้วยกัน เพื่อต้องการที่จะตอบคำถามอย่างกว้างในเรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม

“สิ่งแวดล้อม” เป็นคำที่มาจากภาษาฝรั่งเศสที่แปลว่า “รอบๆ ตัว” ดังนั้น คำว่าสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นล้อมรอบตัวเรา ซึ่งรวมถึงวัฒนธรรมที่เป็นความเชื่อถือปฏิบัติสืบต่อกันด้วย สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความเป็นอยู่และพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ซึ่งรวมถึงมนุษย์ด้วย ในขณะเดียวกันสิ่งมีชีวิตก็มีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมเพื่อความอยู่รอดของตนเอง

ในอดีตเมื่อธรรมชาติยังมีความอุดมสมบูรณ์ด้วยนานาสรรพสิ่ง ป่าไม้ สัตว์ป่า น้ำ มนุษย์ได้พึ่งพาใช้สอยทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อตนเพื่อการดำรงชีวิต การสืบต่อเผ่าพันธุ์ มนุษย์ต้องเรียนรู้ความเป็นไปของธรรมชาติที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดการอยู่รอด

สังคมของมนุษย์มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป และเป็นไปในทางเดียวกันคือเกิดการใช้สอยทรัพยากรธรรมชาติอย่างหลากหลาย ทั้งชนิดและปริมาณ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้ หากสิ่งใดที่เป็นสิ่งที่มีผู้นิยมและปฏิบัติกันเป็นหม่มาก ในไม่ช้าก็จะกลายเป็นวัฒนธรรมที่อาจเป็นไปได้ทั้งความเชื่อ และการเห็นคุณค่า สังคมมีการปฏิบัติกันในสังคมนั้นอย่างต่อเนื่อง

ความสำคัญของการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในอดีตก็เพื่อที่จะให้เกิดการเรียนรู้เหตุการณ์ ปฏิสัมพันธ์ที่ผ่านมาในอดีตที่ยาวนาน เท่าที่พอจะมีหลักฐานมาอธิบายได้ ว่ามีความเป็นมาอย่างไร มีการพึ่งพาระหว่างมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ อย่างไร ในรูปแบบไหน สภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร สิ่งแวดล้อมเหล่านั้นกำหนด พฤติกรรมอย่างไรของมนุษย์ ผลของการศึกษานอกเหนือจากที่จะได้ทราบถึงคุณค่าของการวิวัฒนาการเรื่องราวต่างๆ เพื่อที่จะสะท้อนให้เห็นภาพในอดีต สิ่งเหล่านี้ยังมีความสำคัญเชื่อมโยงมาถึงปัจจุบัน เพื่อที่จะได้สืบค้นถึงรากแก้วของชุมชน วัฒนธรรม ในแต่ละท้องถิ่นได้อย่างแท้จริง

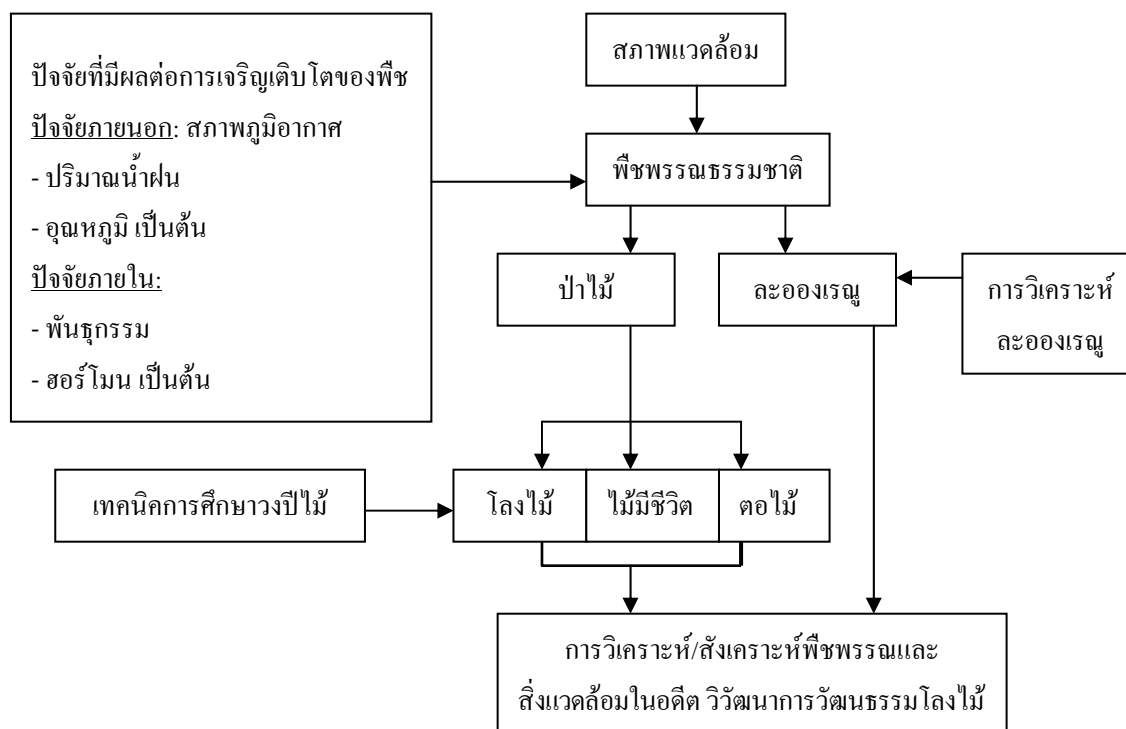
การศึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในครั้งนี้มีเป้าหมายที่สำคัญ คือ การศึกษาสิ่งแวดล้อมในอดีต ซึ่งอาจกล่าวได้ว่ายาวนานกลับไปถึงสมัยของผู้สร้างวัฒนธรรมโลงไม้ (57 ปีก่อนพุทธศักราช ถึง พุทธศตวรรษที่ 14) เป็นเรื่องที่ท้าทายต่อการสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้ในการค้นหาคิดของผู้คนในสมัยนั้น รวมทั้งสิ่งแวดล้อมทั้งทางชีวภาพและกายภาพว่าเป็นอย่างไร อย่างไรก็ดีตามจากหลักฐานที่สำคัญ คือ โลงไม้ที่ยังหลงเหลืออยู่ในพื้นที่ศึกษาอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นหลักฐานที่ค่อนข้างโดดเด่น การศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ที่หลงเหลืออยู่ในปัจจุบันและการศึกษาละอองเรณูจากหลุมขุดค้นทางโบราณคดี และพื้นที่ใกล้เคียง ทั้งหมดนี้เป็นหลักฐานที่สำคัญที่นำมาสู่การอธิบายสิ่งแวดล้อมในอดีตได้ในระดับหนึ่ง

ศาสตร์เกี่ยวกับการศึกษาวงปีหรือวงเจริญเติบโตของต้นไม้หรือที่เรียกว่า Dendrochronology ได้นำมาประยุกต์ใช้เป็นครั้งแรกในแหล่งโบราณคดีแหล่งนี้ของประเทศไทย ซึ่งในที่นี้ใช้คำว่า วงปีไม้กับงานโบราณคดี (Dendroarchaeology) คือ การประยุกต์วิชาว่าด้วยวงปีไม้กับหลักฐานทางด้านโบราณคดี ถึงแม้ว่าศาสตร์นี้จะแตกแขนงมาจาก Dendrochronology และเพิ่มมีการศึกษาอย่างจริงจังในประเทศไทยไม่นานเท่าไร (เช่น Pumijumnong *et al.* 1995; Buckley *et al.* 1996) แต่ Dendroarchaeology ในหลายๆ พื้นที่ซึ่งได้ทำการศึกษาวิจัยมาแล้ว เช่น Stahle *et al.* (1999) เป็นที่ยืนยันได้ว่าการประยุกต์ใช้ Dendroarchaeology นั้นประสบความสำเร็จ และเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยตอบคำถามต่างๆ ให้กับนักโบราณคดี นักมานุษยวิทยา และนักสิ่งแวดล้อมได้

เช่นเดียวกับเรณูวิทยาเป็นหลักฐานที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการศึกษาสิ่งแวดล้อมในอดีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของระบบนิเวศในอดีต คุณสมบัติที่พิเศษของเรณูพืชทำให้นักวิทยาศาสตร์พยายามคิดค้นวิธีการศึกษาเพื่อที่จะให้ได้ละอองเรณูพืชจากแหล่งที่ขุดค้นเพื่อที่จะทราบถึงสิ่งแวดล้อม สภาพภูมิอากาศในอดีตของพื้นที่นั้น

## 1.2 กรอบแนวคิดด้านวงปีและสิ่งแวดล้อม

### 1.2.1 กรอบความคิดหลัก

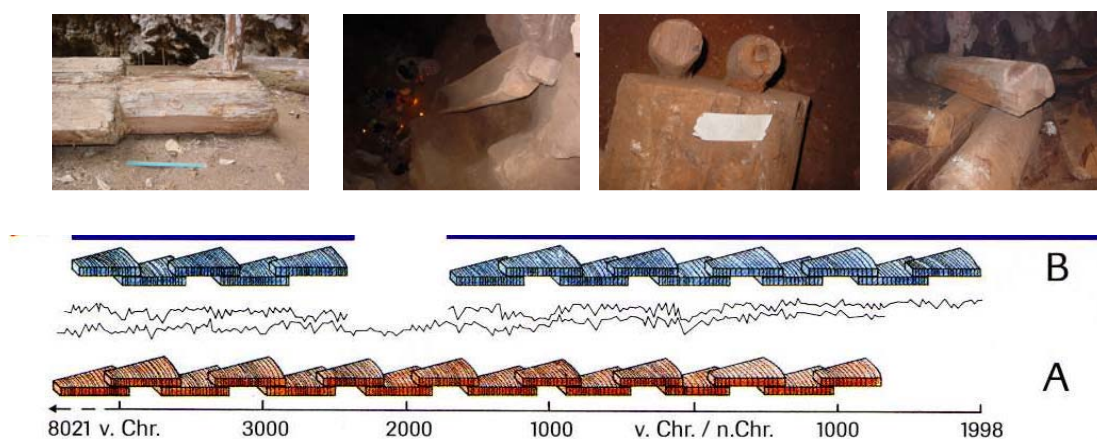


รูปที่ 1.1 กรอบความคิดด้านวงปีและสิ่งแวดล้อม

แนวคิดหลัก คือ สภาพแวดล้อมประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตที่สำคัญ คือ พืชพรรณธรรมชาติที่มีการวิวัฒนาการมาเป็นลำดับขั้นตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ มนุษย์ใช้

ประโยชน์จากพืชพรรณธรรมชาติในรูปแบบต่างๆ พืชพรรณธรรมชาติทั้งที่ให้ดอกและสปรอมีการร่วงหล่นและทับถมตามกาลเวลา การศึกษาละอองเรณูในแอ่งทับถมเพื่อที่จะอธิบายถึงสภาพพืชพรรณในอดีต ป่าไม้และพืชพรรณธรรมชาติที่สร้างวงปี สามารถศึกษารูปแบบและจำนวนวงปีไม้เพื่ออธิบายสภาพภูมิอากาศในอดีต การนำไม้มาใช้ประโยชน์บ่งบอกถึงเทคโนโลยี และวัฒนธรรม สามารถศึกษาได้จากรูปแบบวงปีของไม้นั้นๆ เช่น ไม้

## 1.2.2 กรอบความคิดด้านวงปี



รูปที่ 1.2 แสดงการซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากรูปแบบของหัวโลงต่างๆ

ความโดดเด่นของวัฒนธรรมโลงไม้ในพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน คือ รูปแบบของหัวโลงที่หลากหลาย และไม้ที่นำมาทำโลงส่วนมากเป็นไม้สักที่มีความสวยงามและคุณภาพดีมาก นอกจากนี้ไม้สักยังเป็นไม้เพียงไม่กี่ชนิดในเขตที่ร้อนชื้นที่มีศักยภาพในการศึกษาวงปีไม้ จากรูปที่ 1.2 แนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาเรื่องวงปีไม้จากหัวโลงที่หลากหลายหลายจึงใช้วิธีการซ้อนทับเพื่อหาความเหมือนของรูปแบบวงปี

## 1.3 วัตถุประสงค์ด้านวงปีและสิ่งแวดล้อม

1. เพื่อพิสูจน์โลงไม้ (ฝาบน/ล่าง) ที่ประกบกันมาจากไม้ต้นเดียวกัน
2. รูปแบบของหัวโลงที่แตกต่างกันและเหมือนกันในลักษณะสัมพันธ์กันในเรื่องเวลาหรือไม่อย่างไร
3. รูปแบบของหัวโลงที่แตกต่างกันและเหมือนกันต่างสัมพันธ์กันในเรื่องเวลาหรือไม่ อย่างไร
4. รูปแบบของหัวโลงที่แตกต่างกันและเหมือนกันต่างลุ่มน้ำกันสัมพันธ์กันในเรื่องเวลาหรือไม่ อย่างไร
5. เทคโนโลยีการใช้ไม้ในอดีต
6. กำหนดอายุโลงไม้ด้วยเทคนิคคาร์บอน-14
7. เพื่อศึกษาละอองเรณูจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาลอด และเพิงผาบ้านไร่
8. เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมของสิ่งแวดล้อมในอำเภอปางมะผ้า

## 1.4 คุณูปการของงานวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจาก การศึกษาวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมในอดีต คือ

1. เป็นการประยุกต์ใช้ศาสตร์วงปีไม้ครั้งแรกกับงานโบราณคดีในประเทศไทย
2. เพื่อเป็นการเน้นย้ำว่าการศึกษาวงปีไม้ควรใช้ศาสตร์ที่หลากหลายเพื่อช่วยตีความหรือบรรลุมิติประสพของงานวิจัย
3. ดัชนีวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดีเป็นหลักฐานและฐานข้อมูลของวงปีไม้ของประเทศไทยที่เก่าแก่มากที่สุด ณ ขณะนี้
4. ดัชนีวงปีไม้สามารถช่วยอธิบายความผันแปรของสภาพภูมิอากาศในอดีตของประเทศไทยได้
5. สภาพภูมิอากาศในอดีตสะท้อนให้เห็นถึงสภาพสิ่งแวดล้อมในอดีตบ่งบอกถึงความผันแปรตามธรรมชาติและอิทธิพลจากกิจกรรมมนุษย์
6. หลักฐานทางโบราณคดีโดยเฉพาะ ไม้สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของผู้คนในอดีต วัฒนธรรม และความเชื่อ
7. ละอองเรณูสามารถบ่งบอกถึงสภาพภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในพื้นที่นั้นๆ ได้
8. การใช้หลักฐานที่สามารถบ่งบอกถึงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมในอดีตต่างๆ อธิบายร่วมกันจะทำให้สร้างภาพในอดีตได้ชัดเจนขึ้น
9. ความเข้าใจสิ่งแวดล้อมที่ผ่านมาในอดีต ทั้งสภาพภูมิอากาศ สิ่งแวดล้อม มนุษย์ และวัฒนธรรม ปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน สามารถที่จะใช้เป็นแบบจำลองในอนาคตได้

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

นาฏสุดา ภูมิจันทร์, รัศมี ชูทรงเดช  
พิพัฒน์ กระแจะจันทร์, สินีนาฏ วรรณศรี  
และฉัตรศรี ศรีกาญจนวัฒนา

การทบทวนวรรณกรรมเป็นการรวบรวมจากโครงการระยะที่ 1 และเพิ่มเติมในโครงการระยะที่ 2 เพื่อให้เกิดความต่อเนื่อง การทบทวนในภาพกว้างโดยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยต่างๆที่บ่งบอกถึง สภาพภูมิอากาศโลกโดยรวมที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้พืชพรรณธรรมชาติเปลี่ยนแปลง และ “สภาพสิ่งแวดล้อมในอดีตของบริเวณพื้นที่ศึกษา-ปัจจุบัน” และหากเอกสารนั้นๆไม่ได้กล่าวถึงบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยตรง คือ “อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน” ก็จะเป็นบริเวณที่ใกล้เคียงที่สามารถจะเชื่อมโยงและเกิดภาพที่คล้ายคลึงกับพื้นที่ศึกษาได้<sup>1</sup> ดังนั้นการทบทวนวรรณกรรมในครั้งนี้จึงได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

- 1) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกโดยรวมที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ
- 2) การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการศึกษาทางด้านโบราณคดีกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อให้ทราบถึงบริบทของช่วงเวลาที่ทำการศึกษาสิ่งแวดล้อม และในที่นี้ได้เน้นในเรื่องของวัฒนธรรมโลงไม้เป็นพิเศษ ทั้งนี้เพราะตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดีที่ทำการศึกษาใน โครงการนี้ทั้งหมดเป็นไม้จากโลงและเสาไม้ของวัฒนธรรมโลงไม้ ตลอดจนวัฒนธรรมโลงไม้จากประเทศต่างๆ
- 3) การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการศึกษาสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งออกเป็นการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการศึกษาวงปีไม้ (Dendrochronology) ทั้งในทวีปเอเชีย และประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อให้เห็นภาพรวมของทิศทางการศึกษา และสิ่งแวดล้อมในอดีตและปัจจุบัน จากนั้นเป็นการอธิบายถึงสถานการณ์การทำป่าไม้ในประเทศไทยก่อนการจัดตั้งกรมป่าไม้ และเมื่อมีการจัดตั้งกรมป่าไม้ สุดท้ายเป็นการทบทวนวรรณกรรมเรื่องละอองเรณู (Pollen analysis) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาสิ่งแวดล้อมในอดีตเช่นเดียวกัน

### 2.1 การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมจากสมัยไพลโตซีนตอนปลาย

สภาพภูมิอากาศในช่วง 25,000 ปี เป็นช่วงที่น้ำแข็งที่ปกคลุมพื้นที่ทวีปมีการถอยร่นมากที่สุด อย่างไรก็ตามสภาพอากาศในขณะนั้นยังจัดว่ามีสภาพอากาศที่หนาวเย็น หิมะยังตกหนักในช่วงฤดูหนาวมากกว่าที่จะละลายหมดไป

<sup>1</sup> เนื่องจากต้องการเชื่อมโยงภาพให้เห็นสภาพสิ่งแวดล้อมตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ประวัติศาสตร์ จนถึงปัจจุบัน ดังนั้นความชัดเจนของแต่ละยุคจะมีมากเพียงใดขึ้นอยู่กับจำนวนเอกสารที่ค้นคว้ามาได้ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงการปกครองจากหัวเมืองต่างๆ มาเป็นจังหวัดทำให้ “ชื่อสถานที่” ที่จะกล่าวอ้างถึงในการทบทวนวรรณกรรมที่มีการกล่าวถึงอาจสลับไปมาระหว่าง “อาณาจักรล้านนา” “บริเวณภาคเหนือตอนบน” “จังหวัดแม่ฮ่องสอน” หรืออาจจะย่อเล็กลงมาเป็นบริเวณ “อำเภอปางมะผ้า” “ลุ่มน้ำของ-ลุ่มน้ำนาง”

ในช่วงฤดูร้อน ในพื้นที่ภูเขาสูงทั้งบริเวณตอนเหนือของอเมริกา ยุโรป และเอเชีย หิมะที่ตกและทับถมแผ่กว้างเป็นชั้นน้ำแข็งครอบคลุมพื้นที่สูง

โดยภาพรวมของอากาศช่วงไพลโตซีนตอนปลาย บริเวณขั้วโลกและพื้นที่แถบยุโรปยังปกคลุมด้วยน้ำแข็งเป็นพื้นที่กว้าง ส่วนบริเวณเขตรศูนย์สูตรพื้นแผ่นดินติดต่อกันเป็นบริเวณกว้างเช่น บริเวณ Sundaland (Gamble and Soffer 1990) พื้นที่ที่อยู่สูงกว่าเส้นศูนย์สูตรขึ้นมา เช่น ประเทศไทยมีสภาพอากาศหนาวเย็นมากกว่าในปัจจุบัน สภาพพืชพรรณทั่วไปเป็นป่าไม้ค่อนข้างโปร่ง และฤดูกาลชัดเจน (เนื่องจากความเย็นยังครอบคลุมพื้นที่เป็นส่วนใหญ่ ทำให้การระเหยของน้ำมีน้อย ปริมาณฝนค่อนข้างน้อย จึงทำให้ป่าไม้ยังไม่หนาแน่นเท่าในปัจจุบัน)

ช่วงสุดท้ายของไพลโตซีนตอนปลายอุณหภูมิและฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลง และในช่วงไพลโตซีนตอนปลายสภาพแวดล้อมในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และประเทศไทย อากาศมีสภาพที่แห้งและมีความชัดเจนของฤดูกาลมากกว่าในปัจจุบัน (Kealhofer and Penny 1998)

การศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูในประเทศไทย ในช่วงไพลโตซีนตอนปลาย เช่น Pramojanee and Hastings (1983) ดำเนินการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งโดยการศึกษาละอองเรณู ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล 2 ครั้ง ผลจากการศึกษาสรุปว่า ในช่วง  $16,200 \pm 1,300$  ปีก่อนปัจจุบัน เป็นช่วงของการเริ่มต้นของสมัยปลายไพลโตซีนระหว่างยุคน้ำแข็งสุดท้าย และช่วงที่สองระหว่าง  $8,400 \pm 1,300$  ปีก่อนปัจจุบัน เป็นช่วงเวลาเริ่มต้นของยุคโฮโลซีน สภาพอากาศในช่วงไพลโตซีนตอนปลายและโฮโลซีนตอนต้น มีสภาพอากาศที่ค่อนข้างแปรปรวน ซึ่งจะได้อีกครั้งหนึ่งถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลัน

## 2.2 การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมจากสมัยโฮโลซีนตอนปลาย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในโลก เกิดขึ้นได้จากปัจจัยร่วมหลายปัจจัย ดังนั้นการทำความเข้าใจความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศในแต่ละปัจจัย โดยการศึกษาจากรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอดีต สามารถช่วยในการคาดการณ์และควบคุมระดับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้

การศึกษการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอดีตสามารถทำได้หลายวิธี อาทิ การศึกษาจากข้อมูลที่มีการจดบันทึกไว้ในด้านต่างๆ และสามารถนำมาเชื่อมโยงเพื่ออธิบายลักษณะสภาพภูมิอากาศได้ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ เช่น การศึกษาจากปะการัง (coral) การตกตะกอนของธารน้ำแข็ง (varved sediment) ชั้นน้ำแข็ง (ice core) และวงปีไม้ (tree ring) ถูกนำมาใช้ในการจำลองและทำความเข้าใจสภาพภูมิอากาศในอดีต (palaeoclimatic reconstruction)

เนื่องจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่องของการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในอดีตของประเทศไทย นั้นยังมีอยู่น้อยมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องทบทวนวรรณกรรมภาพรวมของภูมิอากาศในบริบทของโลก เพื่อให้ทราบว่ามีมีการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมแต่ละช่วงอย่างไร เพราะปัจจัยอะไร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเปรียบเทียบกับภูมิอากาศในระดับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และระดับท้องถิ่นในอำเภอปางมะผ้าได้ ในส่วนนี้จะทบทวนวรรณกรรมในส่วนของสภาพภูมิอากาศในสมัย

โฮโลซีนตอนปลาย โดยเฉพาะช่วงเวลาประมาณ 500 ปีมาแล้ว (ตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 16 ถึงปัจจุบัน) ซึ่งครอบคลุมขอบเขตในมิติด้านเวลาของโครงการวิจัย

อนึ่งเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนในการอ่านเรื่องเวลา ขออธิบายว่าสภาพภูมิอากาศเป็นเรื่องของความต่อเนื่องและอธิบายด้วยค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างยาวนาน ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากลักษณะหนึ่งไปสู่อีกลักษณะหนึ่งในบางครั้งก็ค่อยเป็นค่อยไป ในบางครั้งก็จะมีการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลัน เนื่องจากปัจจัยที่ทำให้สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงมีมากมาย และสภาพภูมิอากาศที่เกิดการเปลี่ยนแปลงก็มีผลมาจากสภาพภูมิอากาศในอดีตเช่นกัน

## 2.2.1 การศึกษาสภาพภูมิอากาศในเขตซีกโลกเหนือ

สภาพภูมิอากาศโดยรวมเมื่อ 20,000 ปีก่อน พบว่าพื้นผิวโลกถูกปกคลุมด้วยน้ำแข็ง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของโลกซึ่งสัมพันธ์กับการรับปริมาณรังสีที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์น้อยลง ต่อมาประมาณ 6,000-7,000 ปีก่อน มีการลดลงของแผ่นน้ำแข็งที่ปกคลุมในพื้นที่บริเวณซีกโลกเหนือ ส่งผลให้มีการกระจายตัวของพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์ไปสู่ภูมิภาคต่างๆ อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังพบว่าระดับน้ำทะเลในช่วงเวลานี้ได้เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการละลายของชั้นน้ำแข็ง

ในช่วงกลางของยุคโฮโลซีน (Mid-Holocene) ประมาณ 5,000-6,000 ปีก่อน พบว่า สภาพภูมิอากาศมีความอบอุ่นเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อน สลับกับการเกิดยุคน้ำแข็งในช่วงเวลาสั้นๆ (Little Ice Age)

วัฏจักรการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดังกล่าวเกิดครั้งสุดท้ายในช่วงเวลาประมาณ 500 ปีมาแล้ว ทำให้นักวิทยาศาสตร์ในหลายสาขาให้ความสนใจ และทำการศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาดังแต่ศตวรรษที่ 16 จนถึงปัจจุบันอย่างจริงจังและต่อเนื่อง

วิธีการที่สามารถศึกษารูปแบบสภาพภูมิอากาศเฉพาะถิ่นในอดีตได้ง่ายและสะดวกที่สุด คือการค้นคว้าจากเอกสารเก่าที่มีการจดบันทึกสภาพภูมิอากาศไว้ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม รวมถึงข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่มีการบันทึกเช่นเดียวกับในปัจจุบัน เช่น จากบันทึกการเดินทางเรือบริเวณอ่าวฮัดสัน (Hudson Bay) ประเทศแคนาดา ในปี พ.ศ. 2294-2413 (ค.ศ. 1751-1870) และหลักฐานทางประวัติศาสตร์รวมถึงข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาในปี พ.ศ. 2257-2393 (ค.ศ. 1714-1850) พบว่า ความหนาวเย็นในฤดูร้อนอาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำแข็งในทะเล ที่พบว่ามีมากขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2353-2363 (ค.ศ. 1810-1820) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่มีการบันทึกว่าตั้งแต่ พ.ศ. 2352-2363 (ค.ศ. 1809-1820) สภาพภูมิอากาศเริ่มหนาวเย็นลง นอกจากนี้โดยภาพรวมของสภาพภูมิอากาศแถบนี้ พบว่าตั้งแต่ พ.ศ. 2303 (ค.ศ. 1760) สภาพภูมิอากาศมีความผันแปรสูงจนกระทั่งปี พ.ศ. 2363 (ค.ศ. 1820) สภาพภูมิอากาศจึงกลับมาหนาวเย็นอีกครั้ง นอกจากนี้สภาพภูมิอากาศในแถบตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2183-2443 (ค.ศ. 1640-1900) พบว่าในช่วง พ.ศ. 2393-2433 (ค.ศ. 1850-1890) สภาพภูมิอากาศมีความหนาวเย็นลงเช่นเดียวกัน

สำหรับการศึกษาในยุโรปกลาง ช่วงปี พ.ศ. 2068-2522 (ค.ศ. 1525-1979) พบว่า ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 16 ถึง 18 ปริมาณน้ำฝนรายปีมีปริมาณมาก นอกจากนี้ระดับอุณหภูมิในฤดูใบไม้ร่วงค่อนข้างคงที่จนกระทั่ง พ.ศ. 2213 (ค.ศ. 1670) จากนั้นระดับอุณหภูมิก่อยๆลดลงและคงสภาพความหนาวเย็นจนถึงต้นศตวรรษที่ 20 ในประเทศสวีเดนและแลนด์ช่วงปลายศตวรรษที่ 16 เกิดน้ำท่วมบ่อยครั้งและมีความผันแปรของสภาพภูมิอากาศมากขึ้น ต่อมาช่วงต้นศตวรรษที่ 17 เกิดความแห้งแล้ง หลังจากปี พ.ศ. 2228 (ค.ศ. 1685) สภาพภูมิอากาศมีความหนาวเย็นขึ้น

ในทุกฤดูกาล ช่วงศตวรรษที่ 18 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละฤดูกาลเพิ่มสูงขึ้นยกเว้นในฤดูหนาว และในช่วงศตวรรษที่ 19 พบว่าช่วง พ.ศ. 2355-2360 (ค.ศ. 1812-1817) มีความหนาวเย็นมากที่สุดในรอบ 500 ปี

นอกจากนี้การศึกษาในแถบไอซ์แลนด์ (Iceland) พบว่า ช่วงเวลาที่มีความหนาวเย็นที่สุด คือ ช่วงกลางศตวรรษที่ 18 ประมาณปี พ.ศ. 2293-2343 (ค.ศ. 1750-1800) ซึ่งช่วงเวลาที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับช่วงเวลาในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของยุโรปกลาง แต่ไม่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ บริเวณอาร์กติกและตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกาซึ่งกล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับการศึกษาในพื้นที่ส่วนอื่นของทวีปยุโรป เช่น ภาคเหนือของอิตาลี พบว่า ความหนาวเย็นเนื่องจาก Little Ice Age เริ่มต้นขึ้นในช่วงกลางศตวรรษที่ 15 และพบว่ามีหนาวเย็นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้มีการบันทึกว่าในฤดูหนาว พ.ศ. 2147-2148 (ค.ศ. 1604-1605) ที่เมืองเวนิส (Venice) และพีเดมอนต์ (Piedmont) มีระดับความหนาวเย็นลดลง โดยสังเกตได้จากการเกิดน้ำแข็งในทะเลสาบ ซึ่งสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปมีความสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในประเทศสวีเดนช่วงเวลาในการเกิด Little Ice Age ยังคงเกิดขึ้นต่อเนื่องจนกระทั่งถึงศตวรรษที่ 18 ในส่วนของทวีปเอเชียครอบคลุมสหภาพโซเวียต พบว่า ในสหภาพโซเวียตตั้งแต่ศตวรรษที่ 10 มีการเกิด Little Ice Age ขึ้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 12 ถึงต้นศตวรรษที่ 13 สืบเนื่องถึงศตวรรษที่ 16 ซึ่งเกิดขึ้นเร็วกว่าทวีปยุโรป ต่อมาในช่วงต้นของศตวรรษที่ 17 ความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศเริ่มลดลง และกลับมาหนาวเย็นอีกครั้งจนถึงกลางศตวรรษที่ 19 จึงค่อยๆ มีความอบอุ่นเพิ่มขึ้น สำหรับในประเทศจีนและญี่ปุ่นตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 18 จนถึงปัจจุบันพบว่าสภาพภูมิอากาศและความชื้นค่อนข้างคงที่

โดยสรุปแล้วการศึกษาสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลกโดยใช้ข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 16 พบว่า ในทวีปยุโรปเกิดช่วงเวลาที่หนาวเย็นผิดปกติช่วง พ.ศ. 2283-2393 (ค.ศ. 1740-1850) ซึ่งแตกต่างจากทวีปอเมริกาเหนือ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคนี้ ตั้งแต่ พ.ศ. 2343-2393 (ค.ศ. 1800-1850) มีความอบอุ่นขึ้น จากนั้นสภาพภูมิอากาศทั้งทวีปยุโรป อเมริกาเหนือ และเอเชีย มีความผันแปรของสภาพภูมิอากาศไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นในช่วง พ.ศ. 2483-2493 (ค.ศ. 1940-1950) ที่ในทวีปอเมริกาเหนือและเอเชียมีความอบอุ่นมากขึ้น แต่ทวีปยุโรปมีระดับความหนาวเย็นลดลง

นอกจากนี้การศึกษาจากวงปีไม้ (Dendrochronology) ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้ จากการศึกษาวงปีไม้ในพื้นที่แถบตะวันตกของอเมริกาเหนือสามารถจำลองสภาพภูมิอากาศย้อนหลังไปถึงศตวรรษที่ 17 โดยช่วงเวลาของยุค Little Ice Age คือ พ.ศ. 2145-2443 (ค.ศ. 1602-1900) สภาพภูมิอากาศในพื้นที่บริเวณนี้มีความผันแปรตลอดเวลา เนื่องจากพายุและภูเขาไฟระเบิดหลายครั้งก่อนศตวรรษที่ 20 นอกจากนี้ในการศึกษาพื้นที่แถบเหนือของทวีปอเมริกาเหนือ พบว่า ในศตวรรษที่ 17 อุณหภูมิแตกต่างกัน เนื่องจากการเกิด Little Ice Age และอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงต้นถึงกลางศตวรรษที่ 18 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการจดบันทึกดังกล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับการศึกษาด้านวงปีไม้ในทวีปยุโรป โดยเฉพาะประเทศอิตาลี เยอรมัน โปแลนด์ และฝรั่งเศส พบว่ามีความผันแปรของสภาพภูมิอากาศไปในทิศทางเดียวกัน โดย พ.ศ. 2093-2393 (ค.ศ. 1550-1850) เป็นช่วงเวลาของการเกิดยุค Little Ice Age ทำให้ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงประมาณ 1 องศาเซลเซียส จากนั้นระดับอุณหภูมิได้เพิ่มสูงขึ้นจนถึงกลางคริสต์ศตวรรษที่ 20

จากการศึกษา ice core ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศแคนาดา พบว่าระดับอุณหภูมิในฤดูร้อนตั้งแต่ พ.ศ. 2113-2403 (ค.ศ. 1570-1860) ลดต่ำลง แต่ช่วงเวลาที่หนาวเย็นที่สุด คือ พ.ศ. 2113-2163 (ค.ศ. 1550-1620) และ พ.ศ. 2223-2243 (ค.ศ. 1680-1700) ส่วนช่วงเวลาที่มีความหนาวเย็นที่สุดของ Greenland คือ คริสต์ศตวรรษที่ 17

## 2.2.2 การศึกษาสภาพภูมิอากาศในเขตซีกโลกใต้และเขตศูนย์สูตร

สำหรับการศึกษาสภาพภูมิอากาศในเขตซีกโลกใต้และเขตศูนย์สูตร ยังคงไม่กว้างขวางเท่ากับการศึกษาในเขตซีกโลกเหนือ

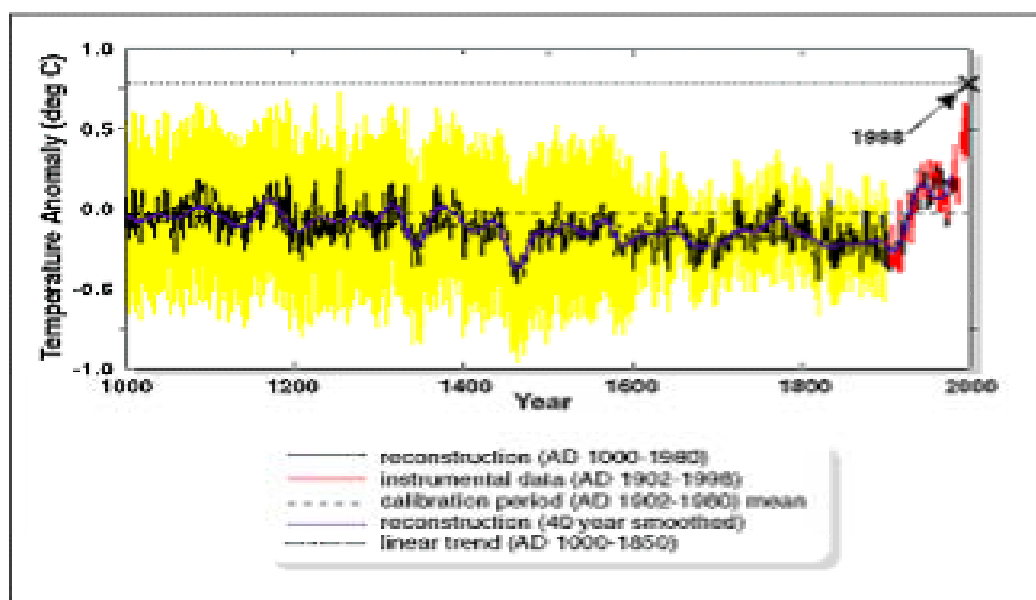
สำหรับพื้นที่ในเขตซีกโลกใต้ที่เริ่มมีการศึกษาไปบ้างแล้ว ได้แก่ ภาคใต้ของอเมริกาใต้ นิวซีแลนด์ และทัสมาเนีย ซึ่งการศึกษาสภาพภูมิอากาศในประเทศนิวซีแลนด์โดยใช้ศาสตร์วงปี (Dendrochronology) ย้อนกลับไปถึง พ.ศ. 2293 (ค.ศ. 1750) พบว่า ในช่วง พ.ศ. 2383-2412 (ค.ศ. 1840-1869) เป็นช่วงเวลาที่มีความหนาวเย็นมากที่สุด ส่วนการศึกษาสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ทางภาคใต้ของทวีปอเมริกาใดย้อนกลับไปได้จนถึงต้นศตวรรษที่ 16 พบว่า ในช่วง พ.ศ. 2043-2193 (ค.ศ. 1500-1650) ในเขตพาดตาโกเนียตอนกลาง (Central Patagonia) มีระดับอุณหภูมิติดลบ ในขณะที่พาดตาโกเนียตอนเหนือ (North Patagonia) มีอุณหภูมิติดลบในช่วงศตวรรษที่ 17-18 แต่ไม่มีหลักฐานสนับสนุนว่าพื้นที่ในแถบนี้ได้รับผลกระทบจากช่วงเวลาในการเกิด Little Ice Age สำหรับการศึกษาในเขตทัสมาเนียพบว่า มีระดับอุณหภูมิที่ต่ำลงผิดปกติในช่วง พ.ศ. 2403-2422 (ค.ศ. 1860-1879) และมีระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นผิดปกติตั้งแต่ พ.ศ. 2508 (ค.ศ. 1965) จนถึงปัจจุบันนอกจากนี้ มีผลสนับสนุนการจำลองสภาพภูมิอากาศในอดีตในแถบซีกโลกใต้โดยใช้ ice core ย้อนกลับไปถึง พ.ศ. 2083 (ค.ศ. 1540) พบว่า ในช่วง พ.ศ. 2353-2362 (ค.ศ. 1810-1819) มีความหนาวเย็นมากที่สุด จากนั้นระดับอุณหภูมิลดลงๆ เพิ่มสูงขึ้น และจากการศึกษาในเขตขั้วโลกใต้ (South Pole) ของทวีป Antarctica พบว่า พื้นที่แถบนี้ได้รับความหนาวเย็นเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ พ.ศ. 2083-2283 (ค.ศ. 1540-1740) แต่มีระดับความหนาวเย็นมากที่สุดในศตวรรษที่ 16 ซึ่งผลการศึกษามีความขัดแย้งกับการศึกษาในเขต Law Dome ที่ระดับความหนาวเย็นจะเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ พ.ศ. 2273-2453 (ค.ศ. 1730-1910)

สำหรับการศึกษาและจำลองสภาพภูมิอากาศในทวีปเอเชียโดยเฉพาะในแถบศูนย์สูตรยังไม่กว้างขวาง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านตัวอย่างที่จะนำมาศึกษา ทั้งในส่วนของคุณภาพและการบันทึกไว้ ข้อมูลจาก ice core หรือชนิดของต้นไม้ที่มีวงปีและมีศักยภาพเพียงพอในการศึกษา แต่การศึกษาที่เด่นชัดที่สุดในทวีปเอเชีย ได้แก่ การศึกษาทางด้านวงปี (Dendrochronology) ในประเทศจีนและญี่ปุ่น รวมถึงทิเบตและเทือกเขาหิมาลัย

จากการศึกษาและสร้างเส้นจำลองสภาพภูมิอากาศย้อนกลับไปถึง พ.ศ. 2268 (ค.ศ. 1725) ในเมืองปักกิ่ง (Beijing) ของประเทศจีน พบว่า ระดับอุณหภูมิในฤดูร้อนที่มีความหนาวเย็นที่สุด คือ พ.ศ. 2503-2512 (ค.ศ. 1960-1969) นอกจากนี้ การศึกษาในพื้นที่ทางตะวันตกของประเทศจีน พบว่า ช่วงเวลาที่มีความหนาวเย็นที่สุด คือ พ.ศ. 2143-2213 (ค.ศ. 1600-1670) และช่วงเวลาที่มีความอบอุ่นมากที่สุด คือ ช่วงกลางศตวรรษที่ 16 และช่วงต้นของศตวรรษที่ 18 และ 19 ส่วนการศึกษาในพื้นที่ทางตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ช่วงเวลาที่มีความหนาวเย็นมากที่สุด คือ พ.ศ. 2193-2213 (ค.ศ. 1650-1670) ในแคว้นแคชเมียร์ (Kashmir) ประเทศอินเดีย ข้อมูลสภาพภูมิอากาศย้อนหลังไปถึง พ.ศ. 2233 (ค.ศ. 1690) มีช่วงเวลาที่หนาวเย็นที่สุด 2 ช่วง คือ พ.ศ. 2263-2283 (ค.ศ. 1720-1740) และ พ.ศ. 2333-2383 (ค.ศ. 1790-1840) สำหรับการศึกษาสภาพภูมิอากาศในเขตภาคกลางของประเทศญี่ปุ่นย้อนกลับไปถึง พ.ศ. 1720 (ค.ศ. 1177) พบว่า ตั้งแต่ พ.ศ. 1743-2343 (ค.ศ. 1200-1800) เกิดความหนาวเย็น ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก Little Ice Age จากนั้นสภาพภูมิอากาศมีความอบอุ่นขึ้นตามลำดับจนกระทั่งถึงปัจจุบัน และเพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลสภาพภูมิอากาศดังกล่าวมาข้างต้น เทคนิคการตรวจวัดระดับ oxygen isotope ใน ice core ถูกนำมาใช้กับตัวอย่างที่เก็บมาจาก dunder ice cap ในพื้นที่ด้านตะวันตกของประเทศจีน ผลการศึกษา พบว่า ความหนาวเย็นเกิดขึ้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 16 ถึงต้นศตวรรษที่ 17 (พ.ศ. 2123-2193) ส่วนศตวรรษที่ 18 และ พ.ศ. 2463 (ค.ศ. 1920) ถึงปัจจุบัน สภาพภูมิอากาศมีความอบอุ่นเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ภาพรวม

ของสภาพภูมิอากาศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีความหนาวเย็นเกิดขึ้นสูงสุดในศตวรรษที่ 17 และมีระดับความหนาวเย็นที่ผิดปกติเกิดขึ้นอีกครั้งในช่วงปลายศตวรรษที่ 18 ถึงต้นศตวรรษที่ 19

ส่วนเอเชียใต้มีตัวอย่างกรณีศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากการศึกษาถ้ำหินโดโลไมต์ (Dolomite) ที่ประเทศเนปาล พบว่า การสะสมของ aragonite layers ระหว่างปี 2,300-1,500 ปี ก่อนปัจจุบัน บ่งบอกว่า ปริมาณฝนลดน้อยลงและทำให้ถ้ำแห้งมากขึ้น ขณะที่การแลกเปลี่ยนระหว่างแคลไซต์ (calcite) และ aragonite laminate หลังจากปี 1,500 ก่อนปัจจุบันมีการบันทึกว่าความชื้นสูงขึ้น การสะสมของ aragonite layers ในช่วง พ.ศ. 2093-2183 (ค.ศ.1550-1640) ซึ่งให้เห็นว่าการระเหยของน้ำในถ้ำลดลง หมายถึง สภาพบรรยากาศมีความชื้นมากขึ้น และเย็นลง ซึ่งสอดคล้องกับการเริ่มต้นยุค Little Ice Age (Denniston and Gonzalez 2000) การสร้างเส้นอุณหภูมิย้อนกลับไป 1,000 ปี บริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตร โดยใช้หลักฐานต่างๆ ได้แก่ วงปีไม้ ชั้นน้ำแข็ง การสร้างเส้นอุณหภูมิในอดีตแสดงให้เห็น 3 ลักษณะ ของความผันแปร คือ ช่วงของความหนาวเย็นที่ยาวนาน จากปี พ.ศ. 1543-2443 (ค.ศ. 1000-1900) ซึ่งอาจสอดคล้องกับผลกระทบจากการหมุนของโลกและ/หรือการลดลงของรังสีจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 2.1 แสดงอุณหภูมิที่ผิดปกติในระหว่างปี พ.ศ. 1543-2543 (ค.ศ. 1000-2000)

ที่มา: <http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/calibration.html>.

ในรูปที่ 2.1 แสดงช่วงอุณหภูมิในช่วง 1,000 ปี ซึ่งอาจจะเห็นความแตกต่างน้อยมาก ตัวอย่างเช่น ช่วง 50 ปี ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอาจเพียง 0.5 องศาเซลเซียส จากช่วงที่อากาศหนาวเย็นใน พ.ศ. 2043 (ค.ศ.1500) มาถึงช่วงอากาศร้อนใน 50 ปีสุดท้าย ในช่วงเวลาที่แค่นี้การเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญร่วมกับการเกิด Little Ice Age ในช่วงประมาณ พ.ศ. 1993-2393 (ค.ศ. 1450-1850) ปรากฏการณ์นี้เพิ่มขนาดใหญ่ขึ้น และอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอนาคต จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์และวงจรย้อนกลับจากการกระจายของเล็ด้านเนื่องจากเกิดภูเขาไฟระเบิด ถึงแม้ว่าจะมีโมเดลที่ทำนายว่าในปลายศตวรรษที่ 21 อุณหภูมิของโลกจะเพิ่มขึ้น 1-2 องศาเซลเซียส (IPCC 1996)

ในประเทศอินเดีย Yadav and Singh (2002) ได้ทำการศึกษาวงปีไม้จากพื้นที่ศึกษาทางด้านตะวันตกของเทือกเขาหิมาลัยและสร้างเส้นอุณหภูมิในเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมครอบคลุมช่วงปี พ.ศ. 2143-2530 (ค.ศ. 1600-1987) ผลการศึกษาพบว่า แนวโน้มช่วงอากาศที่หนาวเย็นเริ่มตั้งแต่ปลายศตวรรษที่ 17 และสิ้นสุดเมื่อเริ่มต้นศตวรรษที่ 20 ช่วงอากาศที่ร้อนที่สุด 30 ปี ในศตวรรษที่ 20 อยู่ระหว่าง พ.ศ. 2488-2517 (ค.ศ. 1945-1974) เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นอุณหภูมิที่สร้างในอดีตของ Yadav and Singh (2002) กับ Mann *et al.* (1999) พบว่ามีความคล้ายคลึงกันในช่วงศตวรรษที่ 19 ที่มีความหนาวเย็น และศตวรรษที่ 20 ที่อุณหภูมิสูงขึ้น ในศตวรรษที่ 18 เป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงสุดในยุค Little Ice Age แต่พบว่าอากาศหนาวเย็นที่หิมาลัย

สำหรับประเทศไทย การศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีตโดยใช้ศาสตร์ต่างๆ ประกอบกัน พบว่า ในช่วงเวลา 60,000-30,000 ปีก่อน สภาพภูมิอากาศมีความหนาวเย็นและแห้งแล้ง จากนั้นค่อยๆ มีความอบอุ่นและชุ่มชื้นเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่ง 20,000 ปีก่อน สภาพความหนาวเย็นและแห้งแล้งได้เกิดขึ้นอีกครั้ง จนกระทั่ง 11,000 ปีก่อนความแห้งแล้งสิ้นสุดลง สภาพภูมิอากาศกลับมามีความอบอุ่นและชุ่มชื้นอีกครั้ง สำหรับสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลา 10,000 ปีก่อนปัจจุบัน ข้อมูลสภาพภูมิอากาศยังไม่มี ความชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีการศึกษา เพื่อให้ทราบถึงสภาพภูมิอากาศที่ในอดีตที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือต่อไป

อาจสรุปในเบื้องต้นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ไม่ว่าจะเป็นยุโรป อเมริกา เอเชียตะวันออก เอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อาจมีความแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามความพยายามที่จะสร้างเส้นภูมิอากาศให้ครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง คงเป็นประเด็นการศึกษาที่ต้องดำเนินการต่อไป เพื่อที่จะได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เชื่อมโยงถึงมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในพื้นที่วิจัยได้อย่างชัดเจน

### 2.2.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลัน

สภาพภูมิอากาศที่มีลักษณะอย่างไรอย่างหนึ่งมาก่อนข้างยาวนานอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะตรงกันข้ามในระยะเวลาเพียงสั้นๆ ซึ่งการเกิดลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างมาก กล่าวคือสิ่งมีชีวิตไม่สามารถปรับตัวได้หรือเตรียมความพร้อมได้ทัน

สภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เมื่อโลกกำเนิดขึ้นมา ข้อมูลและหลักฐานต่างๆ ที่จะใช้ประกอบหรือยืนยันถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ บนพื้นโลก แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามประเทศในเขตร้อนชื้นหรือกึ่งร้อนชื้น สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอาจเห็นได้ไม่ชัดเจนเนื่องจากเหตุผลหลายประการ เหตุผลที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ตำแหน่งที่ตั้ง เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สำคัญได้แก่ รังสีจากดวงอาทิตย์ ถึงแม้ว่าแกนของโลกจะเอียง 23 1/2 องศา และหมุนรอบตัวเองและหมุนรอบดวงอาทิตย์ แต่ประเทศที่ตั้งอยู่ในบริเวณเขตร้อนย์สูตร ยังได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ ไม่แตกต่างกันมากนัก

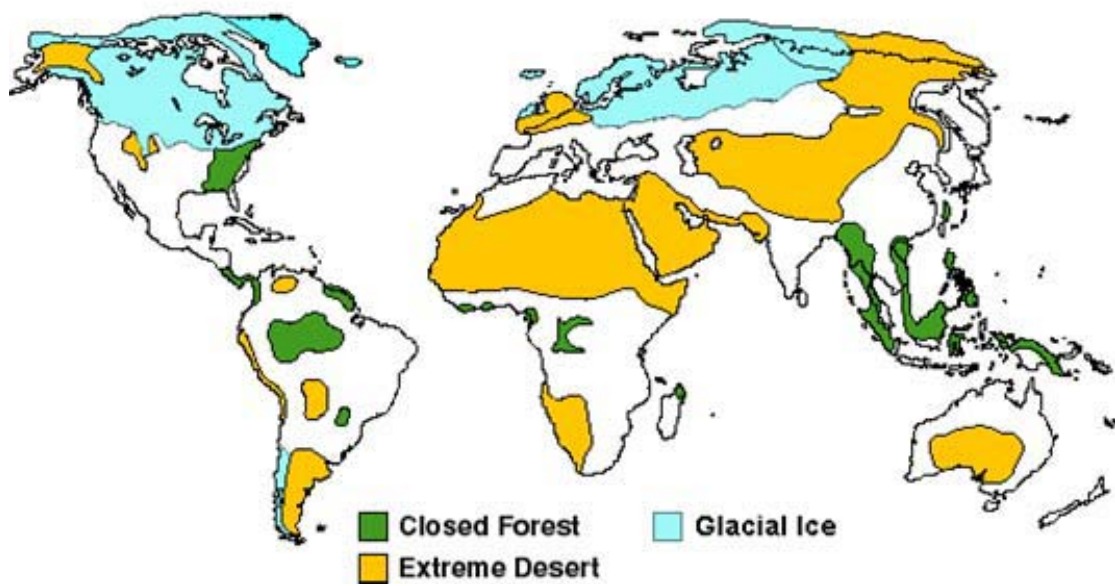
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (abrupt change) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงจากสภาพอากาศจากลักษณะหนึ่งไปสู่ลักษณะหนึ่งอย่างกะทันหันหรือทันทีทันใด

สาเหตุที่ทำให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน เนื่องมาจากระบบของโลกได้รับแรงกดดันเกิน  
เงื่อนไข เช่น การเกิดภูเขาไฟระเบิด หรือการสะสมของแรงดันต่างๆ ที่สะสมกันอยู่ เมื่อถึงจุดหนึ่งระบบโลกอาจ  
เปลี่ยนแปลงสภาพอากาศแบบฉับพลัน ซึ่งสาเหตุที่อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลัน  
ได้แก่

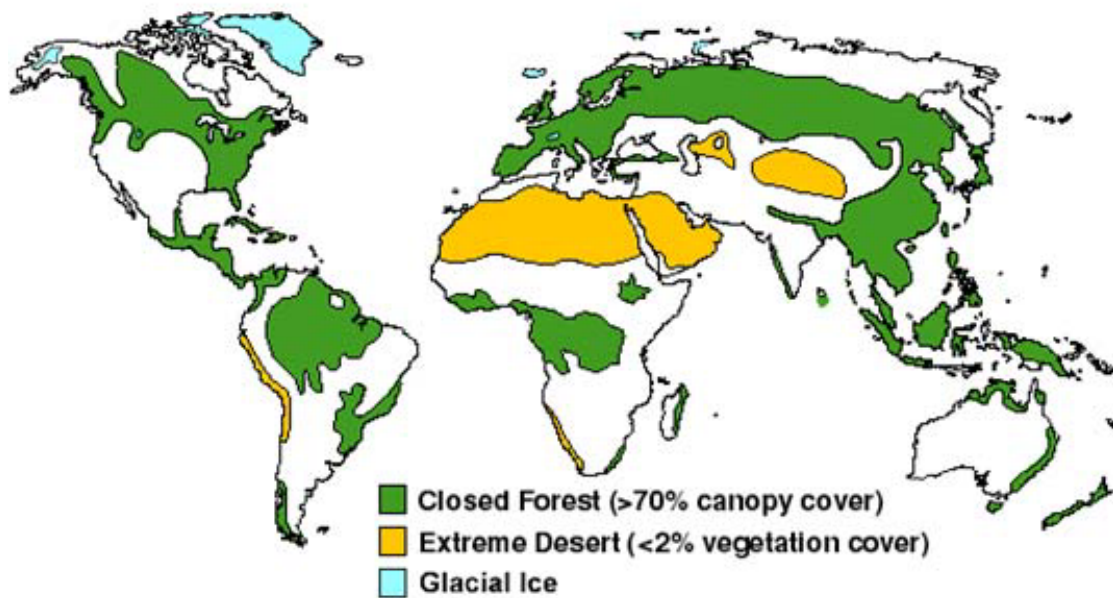
1. มหาสมุทร เนื่องจากน้ำมีความสามารถในการเก็บกักความร้อนได้มากกว่าแผ่นดินตั้งแต่ 10-100 เท่า ดังนั้นน้ำจึงเป็นตัวพาความร้อนจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งได้อย่างดี การเปลี่ยนแปลงการหมุนเวียนของน้ำทะเล โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับความเค็ม เช่น การเกิดสภาพอากาศหนาวเย็นจัด (Younger Dryas) น้ำที่ละลายมาจากธารน้ำแข็งทำให้น้ำทะเลตอนเหนือของแอตแลนติกจืดลงและทำให้ความสามารถของน้ำจืดตัวลง ดังนั้นกระบวนการหนาวเย็นจึงเกิดขึ้นทันที เหตุการณ์ความหนาวเย็นนี้เกิดขึ้นเมื่อ 8,200 ปีที่ผ่านมา
2. สภาพภูมิประเทศ สัดส่วนของสิ่งปกคลุมที่อยู่บนพื้นผิวโลกที่ครอบคลุมด้วยน้ำแข็งและหิมะมีผลกระทบโดยตรงต่ออุณหภูมิ เมื่อน้ำทะเลแข็งตัว จะทำให้โลกเพิ่มประสิทธิภาพการสะท้อน จึงเป็นสาเหตุให้อุณหภูมิเย็นลง
3. บรรยากาศ องค์ประกอบต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เมฆ ลม เหล่านี้มีผลต่อการหมุนเวียนสภาพภูมิอากาศ
4. สิ่งปกคลุมดิน วัตถุที่ปกคลุมพื้นผิวโลกมีศักยภาพในการดูดซับและสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน เช่น หิมะมีศักยภาพในการสะท้อนกลับรังสีดวงอาทิตย์ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และป่าไม้สามารถดูดซับพลังงานจากดวงอาทิตย์ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินมีผลความร้อนจากดวงอาทิตย์
5. ปัจจัยภายนอกอื่นๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ผลกระทบของดาวพระเคราะห์ต่อการกระจายของรังสีอาทิตย์ จุดดับบนดวงอาทิตย์ เป็นต้น

### 2.2.3.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลันสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย

รูปที่ 2.2 แสดงสิ่งปกคลุมบนพื้นผิวโลกเมื่อ 18,000 ปี ที่ผ่านมา บริเวณขั้วโลกเหนือปกคลุมด้วยน้ำแข็งประมาณ 29 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวโลก ตั้งแต่บริเวณเหนือประเทศรัสเซีย อาฟริกา และออสเตรเลีย สภาพอากาศหนาวเย็น ความชุ่มชื้นในบรรยากาศต่ำ ฤดูร้อนสั้นและฤดูหนาวที่ทารุณ สำหรับประเทศไทยปกคลุมด้วยสภาพป่าที่มีเรือนยอดหนาแน่น เปรียบเทียบกับรูปที่ 2.3 พบว่าพื้นผิวโลกมีป่าไม้ปกคลุมมากกว่า 18,000 ปีที่ผ่านมา และน้ำแข็งที่ปกคลุมบริเวณขั้วโลกเหนือลดน้อยลง ประเทศไทยมีสภาพป่าไม้ปกคลุมขยายเต็มพื้นที่มากขึ้น แสดงให้เห็นถึงการถอยร่นของน้ำแข็ง ความชื้นในบรรยากาศสูงขึ้น อุณหภูมิสูงขึ้นจึงทำให้การกระจายตัวของพืชครอบคลุมพื้นที่บริเวณส่วนต่างๆ ของโลกมากขึ้น



รูปที่ 2.2 แสดงสิ่งปกคลุมบนพื้นโลกเมื่อ 18,000 ปีที่ผ่านมา  
(ที่มา : <http://www.lakepowell.net/sciencecenter/paleoclimate.html>)



รูปที่ 2.3 แสดงสิ่งปกคลุมพื้นผิวโลกในปัจจุบัน  
(ที่มา : <http://www.lakepowell.net/sciencecenter/paleoclimate.html>)

ความผันแปรของสภาพภูมิอากาศโดยรวม

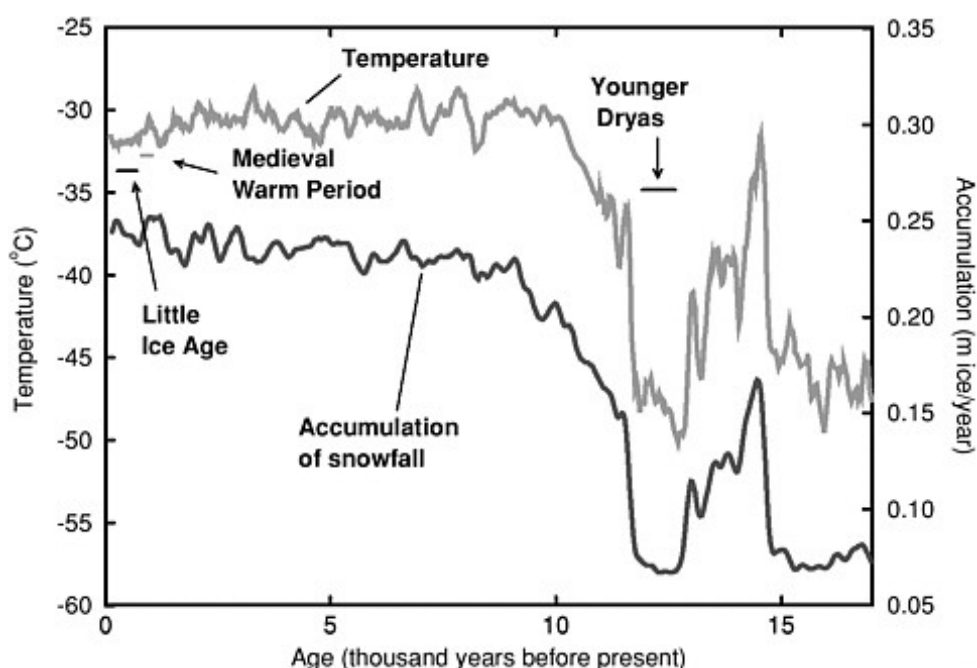
18,000 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิเพิ่มขึ้น อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ -9 องศาเซลเซียส และระดับน้ำทะเลสูง 300 ฟุต (90 เมตร)

15,000 ปีที่ผ่านมา น้ำแข็งขั้วโลกหยุดการขยายตัวและระดับน้ำทะเลสูงขึ้น

10,000 ปีที่ผ่านมา น้ำแข็งครอบคลุมพื้นผิวโลกอีกครั้ง (ice age) สัตว์ขนาดใหญ่สูญหาย

8,000 ปีที่ผ่านมา พื้นแผ่นดินที่เคยเชื่อมต่อกันถูกตัดขาด ทำให้สัตว์และพืชที่เคยอพยพถึงกันได้ถูกตัดขาดออกจากกัน

6,000 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิสูงขึ้นในระดับที่เหมาะสม



รูปที่ 2.4 ปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลัน (ที่มา: <http://www.nap.edu>)

รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางตอนกลางของกรีนแลนด์กว่า 17,000 ปีที่ผ่านมา แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของน้ำแข็งจาก 15,000 ปีที่ผ่านมา และการกระตุ้นให้เกิดความหนาวเย็นในช่วง Younger Dryas ต่อมาอุณหภูมิสูงขึ้น ประมาณ 8 องศาเซลเซียส

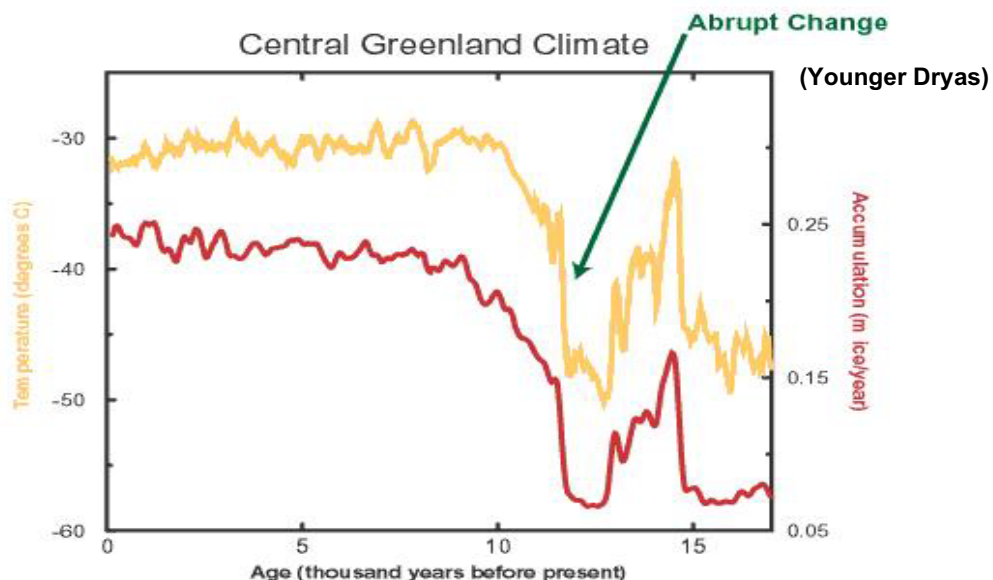
นักวิทยาศาสตร์เริ่มสงสัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลันเมื่อได้ศึกษาจากข้อมูลบรรพภูมิอากาศและได้พบกับปรากฏการณ์ และการเปลี่ยนแปลงอย่างกว้างขวางที่ยังทิ้งร่องรอยไว้ในหลักฐานบรรพภูมิอากาศ ได้แก่ ประวัติเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศของโลก วงปีไม้ ชี้น้ำแข็ง ตะกอน และจากหลักฐานอื่นๆ

### 2.2.3.1.1 สภาพอากาศหนาวเย็น (Younger Dryas Data: 11,000-10,000 ปีที่ผ่านมา)

Younger Dryas Data คือ สภาพอากาศที่ความหนาวเย็นกลับคืนมาสู่โลกอีกครั้งหนึ่ง จากหลักฐาน ice core การสะสมของตะกอนทะเล ทะเลสาบ และหนองน้ำ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโลกของเรามีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อ 20,000 ปีที่ผ่านมา จากเทคนิคการศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีตที่ได้มีการปรับปรุงและทำให้องค์ความรู้

ชัดเจนขึ้น มองเห็นภาพในอดีต ในปัจจุบันมีความชัดเจนว่า สภาพอากาศในอดีตมีการเปลี่ยนแปลงทั้งความถี่และความเร็ว ทั้งอากาศที่ร้อนขึ้นและเย็นลง และจากหนาวเย็นกลับไปร้อนอีกครั้งหนึ่ง ช่วงที่มีความชัดเจนมากที่สุดครั้งหนึ่งคือ สภาพอากาศที่หนาวเย็นในช่วง “Younger Dryas” สภาพอากาศที่หนาวเย็นครั้งแรกที่มีการตรวจพบในยุโรป และปรากฏหลักฐานกับดักดอกไม้ในบริเวณ อาร์คติก-แอลป์ หลักฐานฟอสซิล “Dryas Fossil” ของพืชในบริเวณเขตทุนดรา (ทุนดราเป็นชีวมณฑล (biome) ประเภทหนึ่งที่สภาพอากาศหนาวเย็นมาก ชั้นดินเย็นแข็งคงตัว (permafrost) ถูกละลายเจริญเติบโตขึ้นมาก จนพืชที่สร้างเนื้อไม้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ พืชที่สามารถขึ้นได้เป็นพืชอายุสั้น เช่น มอสต่างๆ เป็นต้น) ซึ่งให้เห็นถึงการย้อนกลับของตะกอนที่สภาพอากาศอุ่นขึ้น สิ่งแวดล้อมที่เป็นป่าไม้ การอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในอดีตทำให้เกิดความเข้าใจอย่างรวดเร็วถึงการตอบสนองของพืชพรรณต่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง และสรุปได้ว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

การศึกษาจากหลักฐานละอองเรณู ในทางตะวันออกเฉียงเหนือของอเมริกา พบว่าในช่วง Younger Dryas ซึ่งให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงจากป่าผสมผลัดใบ (mixed hardwood deciduous forest) เช่น ไม้โอ๊ก แอช สปรูส และเฟอร์ ไปเป็นป่าเขตหนาว (boreal) ได้แก่ สปรูส เฟอร์ บีช แอลเดอร์ นอกจากนี้ยังได้ใช้หลักฐานฟอสซิลขนาดใหญ่ (macrofossil) ได้แก่ พืชใบเข็ม และเมล็ด ในการยืนยันชนิดของพืชบริเวณนั้น เนื่องจากการใช้หลักฐานละอองเรณูอย่างเดียวอาจทำให้การอธิบายผลคลาดเคลื่อนเนื่องจากละอองเรณูอาจถูกลมพัดพาได้ในระยะทางที่ห่างไกล ผลการศึกษายืนยันว่าพืชในป่าเขตหนาวกระจายเข้ามาครอบคลุมในพื้นที่ดังกล่าวและทดแทนพืชที่ชอบอากาศที่อบอุ่นกว่า คือ ไม้สนขาว (white pine) สภาพอากาศที่หนาวเย็นขณะนั้นมีความรุนแรงซึ่งได้ใช้หลักฐานจากดินแอลเดอร์และเบิร์ช และประมาณอุณหภูมิว่าลดลงถึง 3-4 องศาเซลเซียส หิมะมีการทับถมสูงมากกว่าในปัจจุบัน จากการตรวจสอบค่าอายุโดย Atom Mass Spectrometer (AMS) พบว่าช่วงที่อากาศหนาวเย็นอยู่ระหว่าง 11,000-10,000 ปีก่อนปัจจุบัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกับอากาศที่หนาวเย็นในยุโรป ([http://www.gcemd.nasa.gov/records/GCMD\\_EARTH\\_LAND\\_Paleocl\\_Dryas1.html](http://www.gcemd.nasa.gov/records/GCMD_EARTH_LAND_Paleocl_Dryas1.html))



รูปที่ 2.5 แสดงช่วงการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในช่วง อากาศหนาวเย็น Younger Dryas

ช่วงเวลาเกิด : 12,900-11,500 yrs BP

ผลกระทบ: โดยทั่วไปปรากฏให้เห็นชัดเจนในยุโรป และอเมริกา เช่น

- การถูกแทนที่ของพื้นที่ป่าไม้ในสแกนดิเนเวียด้วยพืชเขตหนาว (Tundra: พืชที่ขึ้นอยู่ได้จะเป็นเพียงพืชอายุสั้น เช่น มอส เฟิร์น ไม่มีไม้ขนาดใหญ่ขึ้นอยู่เลย เนื่องจากช่วงฤดูกาลเจริญเติบโตสั้นมาก)
- การเพิ่มขึ้นของหิมะที่ปกคลุมบริเวณภูเขาสูง
- มีฝุ่นละอองมากขึ้น ซึ่งแหล่งกำเนิดมาจากทะเลทรายในเอเชีย
- มีความแห้งแล้งเกิดขึ้นทางเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน และทะเลทรายอะราเบีย เมโซโปเตเมีย อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการตั้งถิ่นฐานของประชาชนบริเวณเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ ก่อนที่จะมีการทำการเกษตร

สาเหตุที่ทำให้เกิดความหนาวเย็นกลับมาอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากการลดของความเค็มของน้ำทะเลซึ่งมีสาเหตุมาจากการละลายของน้ำแข็งทางขั้วโลกในทางตอนเหนือของอเมริกา ซึ่งทำให้การหมุนเวียนของกระแสน้ำเปลี่ยนแปลงไป

การศึกษาจากชั้นน้ำแข็งพบว่า Younger Dryas เกิดขึ้นช่วงสิ้นสุดยุคน้ำแข็งที่มีจุดสิ้นสุดประมาณ 9,600 B.C. ([http://www.en.wikipedia.org/wiki/younger\\_dryas](http://www.en.wikipedia.org/wiki/younger_dryas)) จากการศึกษาและวิเคราะห์ของ Backer (2002) เกี่ยวกับสาเหตุการเกิด Younger Dryas และ Little Ice Age ในพื้นที่ป่าร้อนชื้นในอเมริกา และแอฟริกา พบสาเหตุที่แตกต่างและผลกระทบที่แตกต่างกันดังนี้ คือ ประมาณ 20,000 ปีที่ผ่านมา ช่วง Last Glacial Maximum (LGM) ปริมาณน้ำฝนบริเวณป่าร้อนชื้นในอเมริกาใต้สูงกว่าป่าร้อนชื้นในอเมริกาเหนือ ซึ่งพบว่าบริเวณตอนเหนือนั้นถูกควบคุมโดย LGM มากกว่าพื้นที่ป่าร้อนชื้นด้านใต้ จึงทำให้เกิดสภาพภูมิอากาศแบบแห้งและหนาว บริเวณป่าร้อนชื้นเหนือเส้นศูนย์สูตร เมื่อมาถึงในยุคโฮโลซีนตอนต้น (Early Holocene: 6,000-10,000 BP) หรืออีกประมาณ 10,000 ปีที่ผ่านมา ป่าร้อนชื้นทางตอนใต้แห้งแล้งขึ้น แต่ทางเหนือมีความชุ่มชื้นเพิ่มมากขึ้น จนมาถึงปัจจุบัน พบว่าปริมาณน้ำฝนป่าร้อนชื้นทางตอนใต้ของเส้นศูนย์สูตรมากกว่าบริเวณด้านเหนือ สำหรับในแอฟริกา พบว่าป่าร้อนชื้นทางด้านเหนือมีสภาพอากาศที่เย็นและแห้ง ในสมัยยุคโฮโลซีนตอนต้น สภาพอากาศเปลี่ยนเป็นชุ่มชื้นขึ้น โดยสภาพทั่วไปขณะที่น้ำแข็งปกคลุมขั้วโลก สภาพบรรยากาศทั่วไปมีลักษณะดังนี้ คือคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทนในบรรยากาศต่ำ ระดับน้ำทะเลต่ำ เขตละติจูดที่สูงขึ้นไปปกคลุมด้วยน้ำแข็ง อุณหภูมิผิวน้ำทะเลต่ำ

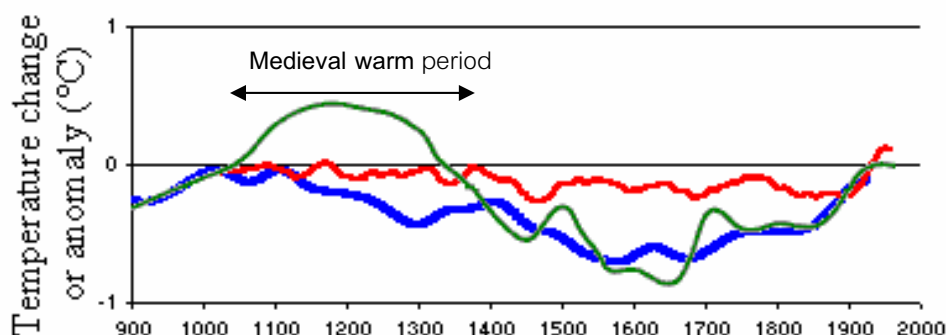
สาเหตุสำคัญที่ทำให้อากาศหนาวเย็น คือ รังสีจากดวงอาทิตย์ (solar radiation) และการระเบิดของภูเขาไฟ เป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้อากาศเย็นลงในช่วง “Little Ice Age” ขณะที่สาเหตุที่ทำให้สภาพอากาศเย็นลงในช่วง Younger Dryas มาจากการเปลี่ยนแปลงการหมุนเวียนของชั้นความเค็มของน้ำทะเล เนื่องมาจากสาเหตุความเค็มลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากการละลายของธารน้ำแข็งที่มาจากความเค็ม

จากการศึกษาชั้นตะกอนจากทะเลสาบในอเมริกาใต้ เห็นได้อย่างชัดเจนว่าตอนเหนือของอเมริกาใต้ มีความแห้งแล้ง ทั้ง 2 ช่วง คือ Younger Dryas และ Little Ice Age ขณะที่ทางตอนใต้ของอเมริกาใต้มีความชุ่มชื้นมากกว่าทั้ง 2 ช่วง

### 2.2.3.1.2 Medieval Warm Period (MWP หรือ Medieval Climate Optimal)

เป็นสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นผิดปกติ ในยุโรปสภาพอากาศแบบนี้เริ่มต้นตั้งแต่ ค.ศ. ที่ 10 ถึง

ค.ศ. ที่ 14



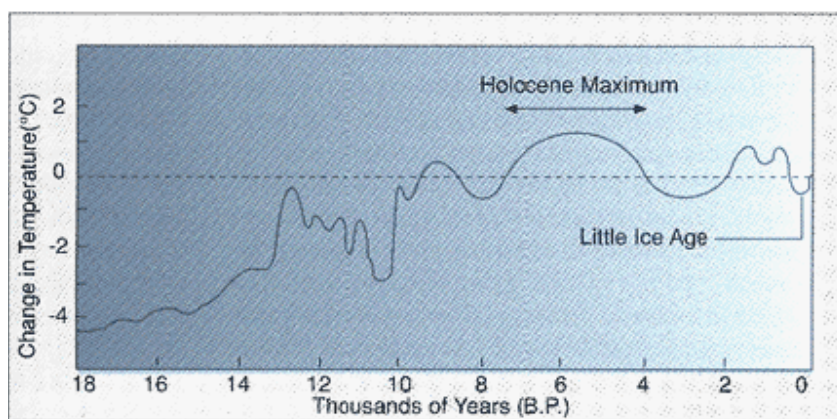
รูปที่ 2.6 ความผันแปรของอุณหภูมิในช่วง Medieval Warm Period

(ที่มา: ปรับปรุงจาก [http://en.wikipedia.org/wiki/Medieval\\_climate\\_optimum](http://en.wikipedia.org/wiki/Medieval_climate_optimum))

สภาพโดยทั่วไปในช่วง Medieval Warm Period สอดคล้องกับรังสีจากดวงอาทิตย์มีความรุนแรงสูงขึ้นซึ่งอยู่ระหว่าง พ.ศ. 1643-1793 (ค.ศ.1100 - ค.ศ.1250) ในช่วงเวลาดังกล่าวได้มีการบันทึกเกี่ยวกับการเดินทางของพวกไวกิ้งไปตามประเทศต่างๆบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตร เนื่องจากการละลายของธารน้ำแข็ง ในอ่าวเชคสเปียร์ นักวิจัยพบว่าความผันแปรของอุณหภูมิดังกล่าวเกิดจากความเข้มข้นของเกลือในมหาสมุทรแอตแลนติกทางเหนือ ความแห้งแล้งที่เกิดในสภาพอากาศดังกล่าวเกิดขึ้นติดต่อกันเป็นเวลานานและพบได้ในอเมริกา ทางตะวันออกของแคลิฟอร์เนีย จากการศึกษาจากชั้นน้ำแข็งจาก Sargasso Sea พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยโดยทั่วไปในช่วงดังกล่าวสูงกว่าอุณหภูมิในปัจจุบัน 1 องศาเซลเซียส ในทวีปแอฟริกาตะวันออก ในช่วง Medieval Warm Period พบว่ามีความแห้งแล้งมากกว่าในปัจจุบัน ([http://en.wikipedia.org/wiki/Medieval\\_climate\\_optimum](http://en.wikipedia.org/wiki/Medieval_climate_optimum))

### 2.2.3.1.3 Little Ice Age (พ.ศ. 1943-2443 หรือ ค.ศ.1400-1900)

ในปี พ.ศ. 1943-2403 (ค.ศ. 1400-1860) สภาพอากาศโลกหนาวเย็นลง ซึ่งเรียกว่า “Little Ice Age” อุณหภูมิลดต่ำลง 1-2 องศาเซลเซียส รูปที่ 2.7 ความหนาวเย็นได้กลับมาครอบคลุมพื้นผิวโลกอีกครั้ง แต่จะพบได้ชัดเจนบริเวณเส้นละติจูดสูง ความหนาวเย็นที่กลับมาอีกครั้งทำให้ฤดูการเจริญเติบโตของพืชสั้นลง ทำความเสียหายให้กับพืชทางการเกษตร จนเกิดปัญหาการขาดแคลน เช่น Irish Potato Famine



รูปที่ 2.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 18,000 ปี ก่อนปัจจุบัน

ที่มา : <http://www.lakepowell.net/sciencecenter/paleoclimate.html>

บทบาทของการเกิดภูเขาไฟและความผันแปรของรังสีดวงอาทิตย์ มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปัจจัยทั้งสองนี้ไม่เพียงทำให้เข้าใจเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วง Little Ice Age แต่ยังทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการทำนายผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อบรรยากาศในศตวรรษที่ 20 (Free and Alan 1999) ผลกระทบของ Little Ice Age ต่อยุโรปตะวันตกพบว่า สภาพอากาศที่หนาวเย็นเกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 1693-2003 (ค.ศ. 1150-1460) ช่วงที่หนาวเย็นมากที่สุด พ.ศ. 2103 (ค.ศ. 1560) และ พ.ศ. 2393 (ค.ศ. 1850) ความเสียหายทั้งต่อผลผลิตทางการเกษตร สุขภาพและเศรษฐกิจ และการอพยพของประชาชน ในประเทศอังกฤษพบว่าระหว่างช่วงที่อากาศหนาวเย็นมากที่สุด ฤดูการเพาะปลูกในอังกฤษสั้นลงไป 1-2 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนวันกับในปัจจุบัน ทำให้เกิดความเสียหายและความไม่พอเพียงกับผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งปีที่เลวร้ายที่สุดคือปี พ.ศ. 2359 (ค.ศ. 1816) ซึ่งเรียกว่าปีที่ไม่ฤดูร้อน “the year without summer” เป็นปีที่ประชาชนขาดแคลนอาหารมากที่สุดในช่วงศตวรรษที่ 17

ผลกระทบของ Little Ice Age ในสวิสเซอร์แลนด์พบว่า หิมะตกยาวนานจนมาถึงฤดูใบไม้ผลิ พาราไซ์ด้างชนิดที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในอากาศที่เย็นทำลายผลผลิตทางการเกษตร นอกจากนี้การที่หิมะตกอย่างมากทำให้หญ้าที่กักตุนไว้สำหรับปศุสัตว์ไม่พอเพียง เกษตรกรต้องใช้กิ่งของไม้สนเป็นอาหารทดแทนให้กับวัวในประเทศนอร์เวย์ เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในละติจูดที่สูงมีการอพยพเพื่อไปหาที่ดินที่ดีกว่า

ผลกระทบของ Little Ice Age ต่อป่าไม้ ทางตอนใต้ของออนตาริโอ พบว่า จากการศึกษาลงของเรณูหลังจากปี พ.ศ. 1943 (ค.ศ. 1400) พบว่า ดินมีขี้ซึ่งเป็นไม้เด่นและชอบสภาพอากาศที่อบอุ่นถูกแทนที่ โดยในช่วงแรกเป็นไม้โอ๊กและต่อมาเป็นไม้สน ([http://www2.sunysuffolk.edu/mandias/lia/little\\_ice\\_age.html](http://www2.sunysuffolk.edu/mandias/lia/little_ice_age.html))

โดยภาพรวมแล้วสภาพอากาศที่อุ่นขึ้นหรือหนาวเย็นลงจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆที่อยู่บนพื้นผิวโลกแตกต่างกันไป เช่น ในเขตละติจูดสูงอากาศที่หนาวเย็นลงเพียง 1-2 องศาเซลเซียส อาจเกิดวิกฤติกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ ได้ เนื่องจากว่าประเทศนั้นๆ มีอุณหภูมิเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญ อุณหภูมิมีบทบาทต่อการเจริญขึ้นของสิ่งมีชีวิต มีบทบาทต่อผลผลิตโดยรวมทางการเกษตร แต่อุณหภูมิส่งผลในจำนวนองศาที่เท่ากันอาจไม่กระทบกระเทือนกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ บนประเทศที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรนัก เพราะในเขตดังกล่าว ปริมาณน้ำฝนจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโต และกิจกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต

## 2.3 ภาพรวมของโบราณคดีในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ผู้วิจัยใช้หลักเกณฑ์การแบ่งยุคสมัยโดย รัศมี ชูทรงเดช และคณะ (2546) ซึ่งได้เสนอพัฒนาการของสังคมวัฒนธรรมในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ดังนี้

### 2.3.1 สมัยก่อนประวัติศาสตร์

สมัยก่อนประวัติศาสตร์ในพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบหลักฐานตั้งสมัยไพลสโตซีนตอนปลายเรื่อยมาจนถึงสมัยโฮโลซีนตอนปลาย โดยมีลำดับของพัฒนาการทางสังคมและวัฒนธรรมดังนี้

#### 2.3.1.1 วัฒนธรรมสมัยไพลสโตซีนปลาย (32,000-10,200 ปีมาแล้ว)

ระดับของสังคมน่าจะเป็นกลุ่มชน (band) ที่อยู่กันเป็นครอบครัว มีการใช้พื้นที่และการตั้งถิ่นฐานมี 4 แบบ คือ ที่พักอาศัยชั่วคราว ที่ฝังศพ แหล่งผลิตเครื่องมือ และแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตเครื่องมือหิน มักจะเคลื่อนย้ายบ่อยๆ มีรูปแบบการใช้พื้นที่บริเวณถ้ำที่ปากถ้ำกว้างและมีแสงสว่างส่องทั่วถึงเพิงผา ยอดคอย และริมน้ำ โดยมีวงจรการเคลื่อนย้ายตามแหล่งทรัพยากร และลักษณะของที่อยู่อาศัยโดยเฉพาะที่เป็นเพิงผา เช่น แหล่งโบราณคดีเพิงผาลอด ผิงผายาว ผาสูงหรือถ้ำที่มีปากถ้ำกว้างมีแสงสว่างส่องเพียงพอลงภายในถ้ำ เช่น แหล่งโบราณคดีถ้ำงูกลม หากเป็นที่โล่งมักจะอยู่บริเวณสันคอยที่ข้างบนเป็นป่าเต็งรังที่โล่งและไม่เป็นป่าดิบ เช่น แหล่งโบราณคดีผลิตเครื่องมือหินบ้านถ้ำลอด และถ้ำน้ำต่างๆ ซึ่งเป็นทั้งแหล่งทรัพยากรสำหรับอุปโภคบริโภค และวัตถุดิบสำหรับทำเครื่องมือหินกะเทาะ เช่น แหล่งโบราณบ้านไร่หาดหินกรวด

คนก่อนประวัติศาสตร์ในสมัยไพลสโตซีนมีวิถีชีวิตด้วยการหาอาหารตามธรรมชาติที่หลากหลายชนิดตามลักษณะสภาพแวดล้อมของพื้นที่ (broad spectrum economy) ทั้งป่าดงดิบ ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ ยังไม่มีการเลี้ยงสัตว์หรือเพาะปลูก การล่าสัตว์มักจะล่าสัตว์ขนาดใหญ่-กลาง-เล็ก และจับสัตว์น้ำ ตัวอย่างที่ชัดเจนคือ แหล่งโบราณคดีเพิงบ้านไร่ ถ้ำผี อยู่บนพื้นที่สูงประมาณ 780 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พบกระดูกสัตว์จำพวกลิง ค่อนข้างมากกว่าสัตว์ชนิดอื่นๆ ขณะที่แหล่งโบราณคดีเพิงผาลอดอยู่ใกล้แหล่งน้ำและที่ราบพบกระดูกสัตว์ขนาดใหญ่ตระกูลวัว/ควาย (รัศมี ชูทรงเดช และคณะ 2546) ภูมิอากาศสมัยนี้เป็นแบบฝนตกชุก สลับความแห้งแล้ง จัดเป็นภูมิอากาศแบบสวันนา ซึ่งมีสภาพไม่แตกต่างจากปัจจุบันมากนัก (เขมชาติ เทพไชย 2519; ทิพรรัตน์ สุขาวาย 2522)

#### 2.3.1.2 วัฒนธรรมสมัยโฮโลซีนตอนต้น (9,720-7,660 ปีมาแล้ว)

ระดับของสังคมเป็นกลุ่มชนเช่นเดียวกับสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย อยู่กันเป็นครอบครัวขนาดเล็ก ยังคงมีการเคลื่อนย้ายบ่อยๆ ตามวงจรหาอาหารตามฤดูกาล ใช้พื้นที่และตั้งถิ่นฐานแบบเดียวกับวัฒนธรรมสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย โดยพบนักพักพิงในเพิงผา ถ้ำ สันคอย/สันเขา ที่ราบหุบเขา และริมลำน้ำ หากแหล่งใดมีทรัพยากรที่หลากหลายประเภทก็มักจะย้อนกลับ ไปใช้พื้นที่บ่อยๆ เช่นเพิงผาลอด เป็นต้น

วิถีชีวิตของคนสมัยจากหลักฐานที่พบได้มีการประกอบกิจกรรมที่ผลิตเครื่องมือหิน รูปแบบของเครื่องมือและเทคโนโลยีในการผลิตเครื่องมือหินก็ยังคงเหมือนกับวัฒนธรรมสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย ดำรงชีพด้วยการล่าสัตว์ สัตว์ที่พบมาจากหลายสภาพแวดล้อมทั้งป่าเบญจพรรณและป่าดงดิบ ดังนั้นสภาพแวดล้อม

สมัยโฮโลซีนตอนต้นนี้จึงน่าจะไม่ได้แตกต่างจากสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย มีการหาอาหารตามธรรมชาติตามฤดูกาล มีพิธีกรรมการฝังศพ เป็นต้น (รัศมี ชูทรงเดช และคณะ 2546)

### 2.3.1.3 พัฒนธรรมสมัยโฮโลซีนตอนกลาง (5,360-2,995 ปีมาแล้ว)

ระดับของสังคมสันนิษฐานว่ายังเหมือนกับวัฒนธรรมไพลสโตซีนตอนปลายและโฮโลซีนตอนต้น คือเป็นกลุ่มชนขนาดเล็กที่ยังคงหาอาหารตามธรรมชาติอยู่

การเปลี่ยนแปลงที่เริ่มพบในสมัยนี้ที่โดดเด่น คือ เทคโนโลยี พบเครื่องมือหินที่มีการลับคมที่ส่วนปลาย (grinding stone) เครื่องมือหินขัด โกลนหินขัด และการทำภาชนะดินเผาเนื้อดิน ผิวเรียบและตกแต่งด้วยลายเชือกทาบ โบราณวัตถุเหล่านี้มักจะพบบนชั้นบนๆ เหนือชั้นวัฒนธรรมที่พบเครื่องมือหินกะเทาะจำนวนมาก ตัวอย่างที่พบได้แก่ แหล่งโบราณคดีลำผี เพิงผาล้ำลอด เป็นต้น กอร์มัน (Gorman 1970) สันนิษฐานว่าเป็นสิ่งที่บ่งบอกการเริ่มต้นของการเพาะปลูก (domestication) แต่ไม่พบหลักฐานทางตรงโดยเฉพาะเมล็ดพืชปลูก อย่างไรก็ตามเครื่องมือหินกะเทาะก็ยังมีการทำอย่างต่อเนื่องควบคู่ไปกับเครื่องมือมีรูปแบบใหม่

การตั้งถิ่นฐานก็มีรูปแบบที่เหมือนกับวัฒนธรรมสมัยโฮโลซีนตอนกลาง คือ ใช้พื้นที่บริเวณเพิงผา สันคอย และที่ราบริมน้ำอย่างต่อเนื่อง เช่น แหล่งโบราณคดีเพิงผาล้ำลอด มีการเข้าไปพักอาศัยชั่วคราว มีกิจกรรมการซ่อมเครื่องมือหินขัด ขณะนี้ยังไม่พบแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชนในวัฒนธรรมโฮโลซีนตอนกลาง (รัศมี ชูทรงเดช และคณะ 2546)

### 2.3.1.4 วัฒนธรรมสมัยโฮโลซีนตอนปลาย

สมัยโฮโลซีนตอนปลายเป็นสมัยที่พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมและเริ่มพบความหลากหลายทางวัฒนธรรมภายในพื้นที่สูง โดยเฉพาะรูปแบบการปลงศพ และการอยู่อาศัยในที่ราบ แต่รูปแบบการใช้ทรัพยากรป่าไม้ การใช้พื้นที่และเครื่องมือเครื่องใช้บางประเภทยังสืบทอดต่อมา

#### 2.3.1.4.1 วัฒนธรรมโลงไม้ (2,200 ปีมาแล้ว หรือ 57 ปีก่อน พุทธศักราช-พุทธศตวรรษที่ 14)

วัฒนธรรมโลงไม้เป็นวัฒนธรรมที่ใช้ไม้ซุงมาทำเป็นโลงศพ ที่มีสองฝาประกบกัน ส่วนปลายด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านแกะสลักเป็นรูปแบบต่างๆ โลงไม้มักจะวางพาดบนคาน โดยถูกเก็บเอาไว้ตามถ้ำ วัฒนธรรมโลงไม้พบแพร่กระจายอยู่หลายประเทศ ได้แก่ จีน เวียดนาม พม่า อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และไทย ในส่วนประเทศไทยพบโลงไม้กระจายอยู่ในแนวเทือกเขาตะวันตก ได้แก่ แม่ฮ่องสอน ตาก กาญจนบุรี ชุมพร รวมทั้งส่วนอื่นๆ ของประเทศ ได้แก่ เชียงใหม่ สุโขทัย และอุบลราชธานี เป็นต้น

#### ก) การศึกษาเกี่ยวกับวัฒนธรรมโลงไม้ในอดีต

ถ้ำและเพิงผาหลายแห่งในเขตจังหวัดแม่ฮ่องสอนเคยเป็นที่พักพิงของมนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์หลายยุคหลายสมัยด้วยกัน นักโบราณคดีได้ค้นพบร่องรอยการอยู่อาศัยของมนุษย์สมัยดึกดำบรรพ์ กระจัดกระจายอยู่หลายแห่ง โดยเฉพาะในอำเภอปางมะผ้า ในบรรดาหลักฐานที่พบนั้น สิ่งที่น่าสนใจเรียกว่า "โลงผีแมน" จะเจดุดประกายจินตนาการของคนทั่วไปได้มากที่สุด ตามตำนานเดิมเล่าว่า ผีแมนเป็นอมมนุษย์ที่อาศัยอยู่ในเมืองที่เร้นลับซึ่งมนุษย์ธรรมดาไม่อาจค้นพบทางเข้าได้เลย นอกเสียจากจะมีใบไม้วิเศษที่ผีแมนใช้เป็น

ใบผ่านทางและใครก็ตามเมื่อเข้าไปได้ แล้วจะต้องรักษาสัจจะอย่างมั่นคง มิฉะนั้นอาจจะอาศัยอยู่ในเมืองนั้นไม่ได้ โลงไม้ลักษณะคล้ายคลึงกันนี้นอกจากมีอยู่ในบริเวณจังหวัดแม่ฮ่องสอนแล้ว ยังมีผู้ค้นพบที่ถ้ำล่อง อำเภอเชียงดาว และในถ้ำอีกหลายแห่งในจังหวัดกาญจนบุรี อาทิ ถ้ำองบะ (ปาริชาติ เรืองวิเศษ 2536)

Gorman (1970) ได้ดำเนินการสำรวจบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในระหว่างปี พ.ศ. 2508-2509 โดยได้เริ่มสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2508 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2509 เป็นเวลา 10 เดือน และทำการขุดค้นที่แหล่งโบราณคดีถ้ำผีแมน โดยมีวัตถุประสงค์ของการขุดค้น คือ เขตร่อนน่าจะเป็นศูนย์กลางของการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ และจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดี 3 แหล่งในจังหวัดแม่ฮ่องสอน คือ ถ้ำผีแมน ถ้ำผาชัน และถ้ำปุงสูง มีการค้นพบเมล็ดพืชต่างๆ ที่กำหนดอายุทางวิทยาศาสตร์ได้ประมาณหมื่นกว่าปีที่ถ้ำผีแมน ทำให้แหล่งโบราณคดีแห่งนี้เป็นที่รู้จักกันทั่วโลกเพราะเป็นแหล่งที่พบหลักฐานการเริ่มเพาะปลูกที่เก่าแก่มากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และในโลก

อย่างไรก็ดีงานของกอร์มัน (Gorman) นั้นไม่ได้เน้นที่โลงไม้ ดังนั้นกอร์มันจึงกล่าวถึงหลักฐานทางโบราณคดีที่ได้จากการขุดค้นเท่านั้น เรื่องของโลงผีแมนจึงไม่เป็นที่รู้จักเท่าที่ควร (รัศมี ชูทรงเดช 2542)

การศึกษาสภาพแวดล้อมในอดีตของถ้ำผีแมนโดยอาศัยการศึกษาจากสภาพแวดล้อมในปัจจุบันเป็นหลัก จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลทางโบราณคดีที่ได้จากการขุดค้น เช่น เครื่องมือหิน เศษเครื่องปั้นดินเผา ชากพืช ชากสัตว์ แนวถ่าน และชั้นดิน เป็นต้น มาวิเคราะห์และตีความหมายเป็นสภาพแวดล้อมในอดีต หลักฐานที่ขุดค้นถ้ำผีแมน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วัฒนธรรม คือ วัฒนธรรมฮัวบินเนียน (Haobinhanian) ซึ่งพบชากเครื่องมือหินกรวดกะเทาะหน้าเดียว เครื่องมือหิน เครื่องมือหินบด ชากสัตว์ และชากพืช ส่วนวัฒนธรรมที่สองพบหลักฐานทางวัฒนธรรมเป็นเครื่องมือหินชนิดใหม่ซึ่งมีวัฒนธรรมต่อเนื่องมาจากวัฒนธรรมแรก ได้แก่ เครื่องมือสะเก็ดหิน ขวานหินขัด มีดขัด ชากพืช ชากสัตว์ และเศษเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งนับได้ว่าเป็นเครื่องปั้นดินเผาที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทย (ทิพรัตน์ สุขาดาว 2522)

ในปี พ.ศ. 2525 มีการสำรวจแหล่งโบราณคดีในเขตอำเภอเมือง และอำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน การสำรวจส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งโบราณคดีที่พบโลงไม้

ในช่วงปี พ.ศ. 2529-2531 มีการดำเนินการสำรวจอีกครั้งหนึ่งโดยคณะโบราณคดีจากกรมศิลปากร การสำรวจครั้งนี้มุ่งสำหรับแหล่งโบราณคดีที่พบโบราณวัตถุประเภทโลงไม้เท่านั้น (รัศมี ชูทรงเดช 2542)

รัศมี ชูทรงเดช (2542) ได้เสนอรายละเอียดเกี่ยวกับวัฒนธรรมโลงไม้ว่า “โลงไม้” สร้างจากไม้สัก ไม้สน และขุดตรงกลางลำต้นไม้เป็นร่องยาว และการสลักส่วนปลายทั้งสองด้านเป็นรูปแบบต่างๆ โลงที่พบมีความยาวประมาณ 2-10 เมตร ความกว้างประมาณ 50-70 เซนติเมตร และยืนยันว่าโลงไม้ที่พบเป็นโลงศพเพราะมักจะพบกระดูกคนอยู่ร่วมกับโลงไม้แม้บางโลงจะไม่พบกระดูกคนในโลงก็ตาม อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยรายงานว่าขณะที่ทำการสำรวจ พบว่าแหล่งโบราณคดีประเภทถ้ำเกือบทั้งหมดอยู่ในสภาพที่บอบช้ำจากการทำลายโดยมนุษย์และธรรมชาติ เช่น รอยกัดแทะบนโลงไม้ เป็นต้น

แหล่งโบราณคดีประเภทถ้ำผีแมนที่แม่ฮ่องสอนมีการกำหนดอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 โดยนักโบราณคดีชาวออสเตรเลีย ดร. ปีเตอร์ เกรฟ (Grave *et al.* 1994) พบว่าโลงไม้มีอายุระหว่าง 2,080±60 BP ถึง 1,240±90 BP หรือ 57 ปีก่อนพุทธศักราช ถึงพุทธศตวรรษที่ 14<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Calibrated with 2 sigma (รัศมี ชูทรงเดช 2546)

สุรศักดิ์ อนันต์เวทยานนท์ (2530) ได้เสนอสารนิพนธ์ระดับปริญญาตรีโดยการเปรียบเทียบรูปแบบหัวโครงระหว่างโครงไม้ที่เมืองกาญจนบุรีและแม่ฮ่องสอน และเชดศักดิ์ ตรียาภิวัฒน์ (2541) ได้ประมวลจากการสำรวจและเสนอว่าถ้าที่พบโครงไม้ มีการเลือกใช้ไม้ที่คงและลักษณะทางกายภาพของแหล่งพิเศษเฉพาะสำหรับที่ฝังศพ

นอกจากที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนแล้ว การสำรวจทางโบราณคดีของคณะสำรวจไทย-เดนมาร์ก โดย Sørensen และชิน อยู่ดี พ.ศ. 2503 ได้พบแหล่งโบราณคดีที่พบโครงไม้ที่จังหวัดกาญจนบุรี และได้ส่งตัวอย่างไม้จากถ้ำองปะไปตรวจหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 ได้ค่าอายุเท่ากับ  $2,180 \pm 100$  BP (Sørensen 1974) นอกจากนี้จะพบโครงไม้ที่ถ้ำองปะร่วมกับหลักฐานอื่นๆ แล้ว ปรีชา กาญจนาคม (2526) ได้ทำการสำรวจบริเวณแม่น้ำน้อยแควน้อยตอนบนและสำรวจพบโครงไม้อยู่ในถ้ำอาบยาด้วย

ในปี พ.ศ. 2542 ถือเป็นปีที่เริ่มมีการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้อย่างจริงจังขึ้น โดยโครงการสำรวจและจัดระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน และนับจากปีนั้นเป็นต้นมาจนกระทั่งปัจจุบันความรู้เกี่ยวกับวัฒนธรรมโครงไม้ทั้งทางด้านอายุสมัย สภาพวิถีชีวิตได้เกิดภาพที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

## ข) ลักษณะทางสังคมและวัฒนธรรม

รัศมี ชูทรงเดช (2546) ได้สรุปลักษณะของวัฒนธรรมโครงไม้ไว้ดังนี้

คนโบราณในวัฒนธรรมโครงไม้ เป็นคนมองไกลอดีตที่ลักษณะไม่เหมือนคนเอเชียตะวันออก เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี แต่มีลักษณะก่อนข้างจะเหมือนกับคนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในปัจจุบัน ระดับของสังคมน่าจะเป็นสังคมชนเผ่าที่มีความสัมพันธ์กันเครือญาติและอยู่ในโคตรตระกูลเดียวกัน และมีช่างเฉพาะทางที่มีความรอบรู้ในเรื่องของไม้และมีฝีมือเชิงช่างในด้านการแกะสลักหัวโครงและทำโครงศพ

สำหรับการดำรงชีพไม่มีหลักฐานที่ชัดเจนเกี่ยวกับการทำเกษตรกรรม เพราะยังไม่พบแหล่งโบราณคดีประเภทที่อยู่อาศัย แต่ยังมีการล่าสัตว์ป่าอยู่ ตัวอย่างที่ชัดเจนคือการขุดค้นพบกระดูกสัตว์เผ่าไฟในชั้นวัฒนธรรมโครงไม้จากแหล่งโบราณคดีบ้านไร่ และน่าจะมีการติดต่อแลกเปลี่ยนกับชุมชนภายนอก เทคโนโลยีการทำเครื่องมือเครื่องใช้นั้นยังคงใช้ภาชนะดินเผาเนื้อดิน ผิวเรียบ รมควัน และลายเชือกทาบที่มีหลายขนาด ใช้เครื่องมือและเครื่องประดับทำจากโลหะประเภทเหล็กและสำริด เครื่องมือเหล็กที่พบมักจะเป็นเครื่องมือที่เกี่ยวกับงานช่างไม้ เช่น เลื่อย ขวาน เป็นต้น

รูปแบบของการตั้งถิ่นฐานมีการใช้พื้นที่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างระบบนิเวศเช่นเดียวกับวัฒนธรรมก่อนหน้านี้นี้ แต่เพียงผาและถ้ำถูกเปลี่ยนหน้าที่ใช้เป็นที่ฝังศพ โดยเฉพาะถ้ำที่ถูกเลือกที่ใช้เป็นที่ฝังศพประจำตระกูลเป็นถ้ำที่อยู่บนเทือกยอดของหน้าผาหินปูน ถ้ำอยู่ใกล้กับพื้นมักจะเป็นถ้ำที่มีทางเข้าที่มีมืดซิดและอยู่ในตำแหน่งที่ลึกๆ ของภูเขา หากไม่สังเกตจะไม่ทราบว่าข้างในมีโพรงถ้ำที่ใหญ่หรือเป็นทางยาว ปัจจุบันยังไม่พบแหล่งโบราณคดีประเภทที่อยู่อาศัย ข้อสังเกตจากขนาดภาชนะดินเผาที่เป็นหลักฐานทางอ้อมที่อาจจะบอกว่าชุมชนวัฒนธรรมโครงไม้ น่าจะมีการตั้งถิ่นฐานกึ่งถาวรคล้ายกับคนบนพื้นที่สูงที่ทำเกษตรกรรมแบบเลื่อนลอย มีการเคลื่อนย้ายบางฤดูกาลที่อาจจะเกี่ยวเนื่องกับการทำไร่ หรือหาของป่า ภาชนะดินเผาส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก-ปานกลาง ซึ่งคล่องตัวต่อการเดินทางบ่อยๆ เหตุผลอีกประการหนึ่งน่าจะเกี่ยวกับภูมิประเทศที่เป็นเขาสูง ภาชนะดินเผาขนาดเล็กจะมีความเหมาะสมต่อการติดตัว ดังนั้นจึงไม่พบภาชนะดินเผาขนาดใหญ่ในแหล่งโบราณคดีวัฒนธรรมโครงไม้

ส่วนเรื่องของความเชื่อ ความเชื่อเกี่ยวกับความตายน่าจะเป็นเรื่องสำคัญในวัฒนธรรมโลงไม้ เพราะมีความพิถีพิถันในการเตรียมการปลงศพ นับตั้งแต่การการเตรียมศพ ไม้ทำโลง การทำโลง การแกะสลักหัวโลง การเลือกที่ตั้งที่ขากลับโดยเฉพาเป็นถ้ำบนหน้าผา ที่มีทัศนียภาพที่เห็นสภาพแวดล้อมกว้างไกลโดยรอบ และมีการวางของเช่นที่นาคจะเป็นข้าวของเครื่องใช้ของผู้ตาย (รัศมี ชูทรงเดช และคณะ 2546) ที่สำคัญพิธีกรรมเกี่ยวกับความตายของผู้คนในวัฒนธรรมนี้ นับว่ามีความเกี่ยวพันกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรไม้ในป่าเบญจพรรณอย่างมาก โดยสังเกตได้จากไม้ส่วนใหญ่ที่นำมาทำเป็นโลงศพเป็นไม้สักซึ่งเป็นไม้เด่นในป่าประเภทนี้

รูปแบบของโลงศพและการวางโลงที่พบในอำเภอปางมะผ้า มีลักษณะรูปแบบอย่างหลากหลาย มีรายละเอียดดังนี้

### ค) ลักษณะและองค์ประกอบโลงไม้

โลงไม้หรือที่เรียกว่า “โลงผีแมน” นั้น เป็นชื่อที่ชาวบ้านเรียกโลงไม้ลักษณะเป็นไม้ซุงผ่าครึ่ง ซีก และทำการขุดไม้ด้านในออกให้เป็นแอ่งตามส่วนโค้งของลำต้นคล้ายรางข้าวหมูและการแกะบริเวณหัวและท้ายโลงเป็นรูปแบบต่างๆ

โลงไม้ส่วนใหญ่จะวางตัวไว้บนเสาและคาน 2 คู่ เพื่อยกให้ตัวโลงสูงขึ้นเหนือพื้นถ้ำ การวางตัวของเสาและคานจะเป็นรูปตัว H เสาไม้จะทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของโลงไม้ซึ่งตั้งลงบนคาน คานไม้ซึ่งเสียบทะลุเสาไม้ดังกล่าวจะมีลักษณะเหมือนไม้กระดาน วางตัวในแนวตั้ง และคานไม้นั้นจะเสียบเข้ากับเสาไม้ซึ่งมีการเจาะเป็นช่องทะลุเพื่อให้คานไม้เสียบเข้าได้ โลงไม้ที่พบตามซอกหลืบถ้ำมักมีขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง แล้วแต่ลักษณะของซอกหลืบถ้ำว่ามีขนาดเล็กใหญ่เท่าใด มีความกว้างขนาดไหน ลักษณะโค้งเว้าอย่างไร การวางตัวของโลงไม้นั้นมีความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ถ้ำ และลักษณะทางธรณีวิทยาของถ้ำ คือ ลักษณะของพื้นที่ถ้ำ ลักษณะของถ้ำ ซอกหลืบหิน ผ่นถ้ำ ความสูงของเพดานถ้ำ

ขนาดของโลงไม้นั้นจะแตกต่างกันไป ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 1.2-9.0 เมตร จึงกำหนดขนาดเป็นโลงขนาดเล็ก (ความยาวน้อยกว่า 2.0 เมตร) โลงขนาดกลาง (ขนาดยาวมากกว่า 2.0 เมตร ถึง 5.0 เมตร) และโลงขนาดใหญ่ (ยาวมากกว่า 5.0 เมตรขึ้นไป) สำหรับอัตราส่วนความสัมพันธ์กับความกว้างของโลงไม้นั้น ไม่มีความแน่นอน

องค์ประกอบของโลงไม้นั้นจำแนกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของตัวโลงและหัวโลง โดยส่วนของตัวโลงนั้นแบ่งย่อยได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนของที่เป็นเสมือนฝาโลงคือใช้ประคบปิดอยู่ด้านบนและส่วนที่เป็นเสมือนตัวโลงซึ่งรองรับอยู่ด้านล่าง ส่วนหัวโลงไม้นั้น ส่วนใหญ่แล้วช่างมักจะแกะหัวโลงทั้งสองด้านให้มีความเหมือนกัน แต่บางครั้งก็ต่างกัน หรือการแกะโลงไม้ซึ่งมีแบบหัวโลงด้านหนึ่งเป็นหัวสัตว์มักพบคู่กับหัวโลงที่อีกด้านหนึ่งเป็นหางสัตว์ (จักรินรัฐ นิยมคำ 2541) การจัดหมวดหมู่ของกลุ่มโลงไม้ที่พบ จำแนกออกเป็นแบบหลักได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงรูปแบบหัวโลงที่พบในแหล่งโบราณคดีโลงไม้ในอำเภอบางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

| รูป<br>แบบ | ภาพ<br>ประกอบ                                                                       | คำอธิบายรูปแบบหัวโลง                                                                        | รูป<br>แบบ | ภาพ<br>ประกอบ                                                                       | คำอธิบายรูปแบบหัวโลง                                                                     |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1A         |    | แท่งไม้ปลายมน ขนาดยาวยื่นออกมา 1 แท่ง                                                       | 6C         |    | แท่งไม้สี่เหลี่ยมมน ขนาดเล็ก ยื่นออกมา 1 แท่ง คล้ายแบบ 1B แต่มีขนาดเล็ก และเพรียวบางกว่า |
| 1B         |    | แท่งไม้ปลายมน ขนาดสั้น ยื่นออกมา 1 แท่ง                                                     | 6D         |    | แท่งไม้ขนาดยาว เล็ก ทรงครึ่งวงกลม ยื่นออกมา 1 แท่ง                                       |
| 2A         |    | แท่งไม้สี่เหลี่ยมปลายมน ขนาดยาว ยื่นออกมา 1 แท่ง มีสันแบนด้านล่าง ที่สันด้านล่างมีการเจาะรู | 6E         |    | แท่งไม้ขนาดยาวยื่นออกมา 1 แท่ง แบนตรง ทรงผาย คล้ายแบบ 4B                                 |
| 2B         |    | แท่งไม้สี่เหลี่ยมปลายมน ขนาดสั้น ยื่นออกมา 1 แท่ง มีสันแบนด้านล่าง                          | 6F         |    | แท่งไม้ขนาดยาว ยื่นออกมา 1 แท่ง ปลายทงรี คล้ายแบบ 5C                                     |
| 2C         |    | แท่งไม้สี่เหลี่ยมปลายมน ขนาดสั้น ยื่นออกมา 1 แท่ง มีสันแบนด้านล่างเจาะรู                    | 7          |    | แท่งไม้ยาว ยื่นออกมา 1 แท่ง มีสัน ทรงเหลี่ยม                                             |
| 3A         |    | แท่งไม้แกะสลักคล้ายหัวหมู                                                                   | 8A         |    | แท่งไม้แบน ยื่นออกมา 1 แท่ง                                                              |
| 3B         |    | แท่งไม้แกะสลักคล้ายหัวสัตว์เลื้อยคลาน จำพวกงู                                               | 8B         |    | แท่งไม้ลักษณะเป็นแผ่น ปลายหัวแกะโค้ง ยื่นออกมา 1 แท่ง                                    |
| 3C         |   | แท่งไม้แกะสลักคล้ายหัวสัตว์สี่เท้าขนาดเล็กจำพวกแมว                                          | 8C         |   | แท่งไม้ ปลายหัวแกะโค้ง ยื่นออกมา 2 แท่ง                                                  |
| 3D         |  | แท่งไม้แกะสลักคล้ายสัตว์สี่เท้าขนาดใหญ่ จำพวกลา หรือม้า                                     | 8D         |  | แท่งไม้แบน และเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยื่นออกมา 2 แท่ง                                  |
| 3E         |  | แท่งไม้แกะสลักคล้ายหัวนก                                                                    | 9A         |  | แบบท่อนไม้ไร้รูปร่างแน่นอน แกะโค้ง เจาะรูแบบห่วง                                         |
| 4A         |  | แท่งไม้สี่เหลี่ยมยาว ยื่นออกมา 2 แท่ง ปลายตัดแหลม                                           | 9B         |  | แท่งไม้สี่เหลี่ยม ทำมุมด้านล่าง ล็อกกับตัวโลง                                            |
| 4B         |  | แท่งไม้แบนยาว ยื่นออกมา 1 แท่ง ด้านบนหักลาดเป็นสัน มักพบร่วมกับแบบ 3C                       | 9C         |  | แท่งไม้เหลี่ยม ทรงกระบอกก้นมน                                                            |
| 4C         |  | แท่งไม้แบบท่อนยาว ปลายโค้ง ยื่นออกมา 1 แท่ง                                                 | 9D         |  | แท่งไม้ปลายแหลม ยื่นออกมา 1 แท่ง                                                         |
| 5A         |  | แท่งไม้หัวจุกปลายจุ่ม ยื่นออกมา 1 แท่ง                                                      | 9E         |  | แท่งไม้ยื่นออกมาเล็กน้อย ทำเป็นเส้นนูนยาว 2 เส้น ติดกับปลายโลง                           |
| 5B         |  | แท่งหัวจุกปลายแหลม                                                                          | 9F         |  | หัวโลงรูปหน้า                                                                            |
| 5C         |  | แท่งหัวจุกทรงรี ปลายตัด ยื่นออกมา 1 แท่ง                                                    | 9G         |  | แท่งไม้ขนาดโค้งมนยื่นออกมา 1 แท่ง มีรูด้านล่าง                                           |
| 5D         |  | แท่งไม้หัวจุกทรงรี ปลายตัด ยื่นออกมา 2 แท่ง                                                 | 9H         |  | แท่งไม้ขนาดสั้นรูปสี่เหลี่ยมยื่นออกมา 1 แท่ง มีรูวงกลมตรงกลาง 2 วงต่อกัน                 |
| 5E         |  | แท่งไม้หัวจุกทรงกลม ยื่นออกมา 1 แท่ง                                                        | 9I         |  | แท่งไม้ทรงกระบอก ยื่นออกมา 1 แท่ง                                                        |
| 5F         |  | แท่งไม้หัวจุกแท่งยาว ติดปลายโลง 1 แท่ง                                                      | 10         |  | แบบไม่มีการแกะสลักหัวโลง                                                                 |
| 6A         |  | แท่งไม้ยาว ปลายกลมมน คล้ายหัวไม้ขีด ยื่นออกมา 1 แท่ง                                        | 11         |  | แท่งไม้ยื่นออกมา 1 แท่ง แกะสลักเป็นเหลี่ยม จุ่มลงด้านล่าง ขอบโลงแกะเป็นชั้น              |
| 6B         |  | แท่งไม้ขนาดใหญ่ ทรงเตอะทะ                                                                   | 12         |  | แท่งไม้ขนาดสั้น มีหัวโลงด้านเดียว ตัวโลงเป็นทรงโค้งรูปไข่                                |

การกระจายตัวของโลงไม้แต่ละรูปแบบพบว่ามีกระจายตัวอยู่ทั่วไปในอำเภอปางมะผ้า แต่พบมากในกลุ่มน้ำสำคัญ 2 กลุ่มน้ำ คือ กลุ่มน้ำของ กลุ่มน้ำกลาง กลุ่มน้ำแม่ละนา และกลุ่มน้ำย่อยโป่งแสนปึก ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงการกระจายตัวของรูปแบบโลงไม้ที่พบทั่วไปในกลุ่มน้ำต่างๆ

| กลุ่มน้ำ   | รูปแบบ                                                                                               |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| น้ำกลาง    | 1A, 1B, 2A, 2B, 2C, 3A, 4B, 5B, 5C, 5D, 5F, 6A, 6B, 6C, 8E, 9B, 9D, 10, 11<br>(10 รูปแบบหลัก)        |
| แม่ละนา    | 1B, 6C, 8C<br>(3 รูปแบบหลัก)                                                                         |
| น้ำของ     | 1A, 1B, 2A, 2B, 2C, 3C, 3D, 3E, 4B, 5C, 5D, 5E, 5F, 6C, 6F, 8D, 9B, 9C, 9G, 9H, 10<br>(9 รูปแบบหลัก) |
| โป่งแสนปึก | 2A, 2B, 3A, 3B, 5B, 6E, 8C, 8D<br>(5 รูปแบบหลัก)                                                     |

นอกจากนี้พบว่าลักษณะฝาและโลงของโลงไม้บางถ้ำ เช่น ถ้ำปางคาม 3 ตัวโลงจะมีการจัดทำเป็นขอบขึ้นมา สันนิษฐานว่าเพื่อให้การประกอบของฝาและโลงสนิทยิ่งขึ้น

กล่าวโดยสรุป ชุมชนวัฒนธรรมโลงไม้ที่อาศัยอยู่พื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน น่าจะเป็นชุมชนดั้งเดิมที่พัฒนามาจากชุมชนก่อนประวัติศาสตร์ที่หาอาหารตามธรรมชาติ (hunting-gathering societies) ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้ตั้งแต่ 16,000 ปีมาแล้ว มีพิธีกรรมปลงศพที่ฝังร่างลงบนดินแล้วทับด้วยหินข้างบน และชุมชนก่อนประวัติศาสตร์น่าจะอาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวจนถึง 2,200 ปีมาแล้ว จึงเกิดประเพณีความเชื่อการฝังศพแบบใหม่ที่มีการนำโครงกระดูกฝังในโลงไม้และนำไปไว้ตามถ้ำที่เป็นหน้าผาใกล้ยอดเขา

ผลการวิเคราะห์แบบแผนการกระทำและพิธีกรรมการปลงศพ แสดงว่าชุมชนในวัฒนธรรมโลงไม้เป็นสังคมระดับชนเผ่าสืบสายโคตรตระกูลเดียวกันและเป็นเครือญาติกัน เป็นสังคมไม่มีการแบ่งชนชั้นที่ชัดเจน ภายในสังคมมีการแบ่งหน้าที่การทำงานภายในสังคม มีเทคโนโลยีสูงเกี่ยวกับงานเครื่องไม้ และมีความรู้เกี่ยวกับป่าไม้เป็นอย่างดี วัฒนธรรมโลงไม้มีอายุอยู่ระหว่าง 57 ปีก่อนพุทธศักราช ถึงพุทธศตวรรษที่ 14

#### 2.3.1.4.2 วัฒนธรรมเนินดินรูปวงกลม (พุทธศตวรรษที่ 14-19)

ในประมาณพุทธศตวรรษที่ 14 ซึ่งเป็นช่วงวัฒนธรรมโลงไม้ตอนปลายมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการปลงศพที่แตกต่างและชัดเจนในบริเวณอำเภอปางมะผ้า คือ การฝังศพเนินดินรูปวงกลม ตามสันเขา และมีทัศนียภาพที่งดงามเห็นป่าไม้ ภูเขาโดยรอบ มีของที่ฝังร่วมเป็นเครื่องเคลือบจากเตาล้านนา และมีเครื่องมือเหล็กที่มักเป็นรูปแบบของอาวุธมากกว่าเครื่องมือเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ใบหอกยาว

ระดับของสังคมและเศรษฐกิจการดำรงชีพสันนิษฐานว่าชุมชนวัฒนธรรมเนินดินรูปวงกลมน่าจะเป็นชุมชนบนพื้นที่สูงระดับชนเผ่าอิสระ ซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้จัดหาของป่าเพื่อแลกเปลี่ยนเครื่องถ้วยกับชุมชนพื้นราบตั้งแต่ก่อนช่วงพุทธศตวรรษที่ 18-22 ซึ่งมีการค้าขายภายในแผ่นดินอย่างเข้มข้นและกว้างขวางระหว่างรัฐต่างๆ ในประเทศไทย พม่า และจีนตอนใต้ เพราะมีการพบหลักฐานเครื่องถ้วยที่ฝังร่วมกับเนินดินรูปวงกลมตลอดแนวพื้นที่สูงเทือกเขาตะวันตกจากจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ไปถึงตาก กลุ่มคนที่อยู่บนเทือกเขาสูงเหล่านี้

น่าจะมีความสัมพันธ์กัน ชุมชนบนพื้นที่สูงนี้น่าจะเป็นผู้ที่มีความรู้และชำนาญ (specialization) ในการหาทรัพยากรจากในป่าเป็นอย่างดี

ผลการศึกษาแหล่งโบราณคดีเนินดินรูปวงกลมที่จังหวัดตาก ดร. ปีเตอร์ เกรฟ และ ดร. ลิซ่า คิลโฮเฟอร์ (Grave and Kealhofer 1999) เสนอว่า มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเนื่องจากการเผาป่า ซึ่งอาจจะเกี่ยวกับการทำไร่เกษตรกรรมแบบไร่เลื่อนลอย

## 2.3.2 สมัยประวัติศาสตร์

### 2.3.2.1 สมัยล้านนา (โบราณสถาน) ถึงสมัยปัจจุบัน

ล้านนาเป็นดินแดนแห่งขุนเขาและป่าไม้มีอาณาเขตกว้างขวาง ศิลปวัฒนธรรม และวิถีชีวิตเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง มีพื้นที่ครอบคลุม 8 จังหวัดของทางภาคเหนือตอนบนของไทย คือ เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน และแม่ฮ่องสอน อาณาจักรนี้รุ่งเรืองในยุคเดียวกับอาณาจักรสุโขทัยและอยุธยา ตอนต้นและตอนกลาง (ชนเชษฐาเมือง 2538) มีเมืองเชียงใหม่เป็นศูนย์กลางมาตั้งแต่ พ.ศ. 1839 อันเกิดจากการรวมตัวระหว่างบ้านเมืองในที่ราบลุ่มเชียงรากับที่ราบลุ่มเชียงใหม่ ซึ่งเป็นการนำกลุ่มชนไต-ไท กับชนชาติและเผ่าอื่นๆ อีกมากมายเข้ามาประสมประสานกับกลุ่มชนดั้งเดิมของที่ราบลุ่มเชียงใหม่ลำพูน (สุจิตต์ วงษ์เทศ 2538)

ล้านนาแต่เดิมเป็นนครรัฐมีเจ้าครองนครปกครองสืบต่อกันมาหลายสมัย ในช่วงของการขยายอาณาเขตเมืองเป็นเอกราชบ้างตกเป็นเมืองขึ้นบ้าง ท้ายที่สุดอาณาจักรล้านนาตกเป็นประเทศราชของสยามประเทศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2317 จนกระทั่งปี พ.ศ. 2437 สมัยรัชกาลที่ 5 ได้มีการปฏิรูปการปกครองแบบเทศาภิบาลขึ้น นครต่างๆ ของล้านนาจึงอยู่ในฐานะจังหวัดในปี พ.ศ. 2476 โดยทางการแต่งตั้งผู้ว่าราชการจังหวัดมาปกครองจนถึงทุกวันนี้

#### 2.3.2.1.1 ประวัติศาสตร์ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน

แม่ฮ่องสอนตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศไทย ระหว่างเส้นรุ้งที่ 17° 38' ถึง 19° 48' เหนือ และ เส้นแวงที่ 97° 20' ถึง 98° 39' ตะวันออก ตั้งอยู่ในเทือกเขาถนนธงชัยอันประกอบด้วยภูเขาหลายสิบลูกตั้งสลับซับซ้อนสูงต่ำบ้างกระจัดกระจายอยู่ทั่วบริเวณ มีพื้นที่รวม 12,681.3 ตารางกิโลเมตร (กองสนเทศสิ่งแวดล้อม 2542) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่า มักมีทางน้ำไหลผ่านและหลายแห่งมีประชาชนพลเมืองอาศัยอยู่ในบริเวณที่ราบระหว่างเนินเขาที่มีขนาดไม่เล็กจนเกินไป จังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นจังหวัดที่มีลักษณะพิเศษด้านหนึ่ง คือ วัฒนธรรม กล่าวคือเป็นพื้นที่ที่ประชาชนเชื้อชาติไทยใหญ่จำนวนมากอาศัยอยู่ นอกจากนี้ยังมีประชาชนที่เป็นชาวเขาอาศัยอยู่อีก 4-5 เผ่า ได้แก่ กะเหรี่ยง มูเซอ แม้ว และลีซอ (เจดศักดิ์ ศรีธัญญ์วิวัฒน์ 2541; อดุลลักษณ์ สุนทรกุล 2546) สำหรับจังหวัดแม่ฮ่องสอนนั้นมีประวัติการก่อตั้ง ดังนี้

จังหวัดแม่ฮ่องสอนนั้นเดิมเป็นป่า มีคนอาศัยอยู่ห่างๆ กัน และอยู่อาศัยเพียงชั่วคราว จนถึงสมัย "พระยาภาณุรังษานุรักษ์" เป็นพระยาเชียงใหม่ (พ.ศ. 2368-2389) ได้ให้ "เจ้าแก้วเมืองมา" ออกไปจับช้างป่า ครั้นนั้นเจ้าแก้วเมืองมาได้รวบรวมพรรคพวกไทยใหญ่ให้เข้าตั้งบ้านเรือนอยู่เป็นหลักแหล่ง มีหัวหน้าขึ้นปกครอง 2 แห่ง คือ บ้านโป่งหมู และบ้านแม่ฮ่องสอน ซึ่งปัจจุบัน บ้านโป่งหมูเรียกว่า ตำบลปางหมู อยู่ห่างจากที่ว่าการอำเภอแม่ฮ่องสอนประมาณ 6 กิโลเมตร ส่วนการที่เจ้าเมืองตั้งชื่อบ้านว่า "แม่ฮ่องสอน" นั้นก็โดยอาศัยเหตุที่ทำการสอนช้างในร่องห้วย จึงอนุโลมว่า แม่ฮ่องสอนช้าง ที่มีคำว่า "แม่" นำหน้านั้นหมายถึงทางน้ำหรือแม่น้ำ ต่อมา

ผู้อพยพจากหัวเมืองไทยใหญ่ ในปี พ.ศ. 2409 เจ้าฟ้าเมืองนายนพพรครอบครัวเข้ามาตั้งที่บ้านแม่ฮ่องสอนและ  
 ชานกะเลซึ่งเป็นหลายเขยเจ้าโกหลานญาติเจ้าฟ้าเมืองมอกไหมอพยพไปตั้งบ้านขุนยวมบนเขาริมน้ำขวม ในปี  
 พ.ศ. 2517 เจ้าฟ้าอินทวิชยานนท์ เจ้าเมืองนครเชียงใหม่ตั้งบ้านแม่ฮ่องสอนให้เป็นเมือง มีพญาสิงหนาท (ชานกะเล)  
 เป็นพ่อเมืองปกครองคนแรก เมืองนี้มีพ่อเมืองมาจนถึง พ.ศ. 2451 จึงไม่มีการตั้งพ่อเมือง ต่อมาในปี พ.ศ. 2443  
 รวมเมืองแม่ฮ่องสอน เมืองขุนยวม เมืองยวม เมืองปาย ตั้งเป็นบริเวณเรียก "บริเวณเชียงใหม่ตะวันตก" ตั้งที่ว่าการ  
 อยู่ที่เมืองขุนยวม ต่อมาอีก 3 ปี ที่ว่าการเมืองขุนยวมถูกย้ายมาตั้งที่เมืองยวม (แม่สะเรียง) ต่อมาเปลี่ยนเรียกว่า  
 "พายัพเหนือ" กระทั่งปี พ.ศ. 2453 ได้ย้ายที่ว่าการเมืองมาตั้งที่เมืองแม่ฮ่องสอน ยุบเมืองแม่ฮ่องสอน เมืองปาย  
 เมืองยวม เมืองขุนยวม ลงเป็นอำเภอ รวมตั้งเป็นจังหวัดแม่ฮ่องสอน ขึ้นมณฑลพายัพ ต่อมาอำเภอเมือง  
 แม่ฮ่องสอนเปลี่ยนเป็น "อำเภอม่วยต๋อ" แล้วเปลี่ยนเป็นเมืองแม่ฮ่องสอนจนถึงทุกวันนี้ โดยจังหวัดแม่ฮ่องสอน  
 ขึ้นกับกระทรวงมหาดไทยในปี พ.ศ. 2476 (จีน อยู่ดี 2500)

อำเภอปางมะผ้า เป็นพื้นที่ปกครองหนึ่งของจังหวัดแม่ฮ่องสอน มีพื้นที่ 924.8 ตารางกิโลเมตร  
 (กองสนเทศสิ่งแวดล้อม 2542) อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยมีอาณาเขตทางเหนือติดต่อกับ  
 รัฐฉานของประเทศพม่า ทิศใต้และทิศตะวันตกติดต่อกับอำเภอเมืองจังหวัดแม่ฮ่องสอน และทิศตะวันออกติดต่อ  
 กับอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (คณะนักศึกษาศาสาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาทรัพยากร รุ่นที่ 11  
 2540)

### 2.3.2.1.2 สมัยประวัติศาสตร์ในอำเภอปางมะผ้า

ในระหว่างพุทธศตวรรษที่ 21-22 เป็นช่วงสมัยล้านนา อำเภอปางมะผ้า น่าจะเป็นบริเวณที่มี  
 ความสำคัญในฐานะที่เป็นพื้นที่ซึ่งอุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า จึงเป็นที่ต้องการทั้งจากรัฐ  
 ภายในประเทศไทยและนอกประเทศไทย เช่น พม่า และจีน เป็นต้น ในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงทาง  
 วัฒนธรรมที่อย่างชัดเจน คือ การเปลี่ยนแปลงความเชื่อจากการนับถือผี เป็นการนับถือพุทธศาสนา

การตั้งถิ่นฐานมีการย้ายลงมาอยู่บริเวณเนินดินที่ราบระหว่างหุบเขาที่มีน้ำไหลผ่าน เช่น แหล่ง  
 โบราณคดีเมืองแพม 1 และเมืองแพม 2 บริเวณที่ราบมีความเหมาะสมในการทำการเพาะปลูกข้าวและปลูกพืชผล  
 ประเภทต่างๆ มีการสร้างสิ่งก่อสร้างถาวรที่เกี่ยวข้องกับพุทธศาสนา และหลักฐานอื่นๆ เช่น พระพุทธรูปสมัย  
 ล้านนา-เชียงแสน รูปแบบสิงห์ 2, ถ้วยชามสมัยราชวงศ์หมิง, เครื่องถ้วยที่ผลิตจากเตาในสมัยล้านนา เช่น เตาสันกำแพง  
 เตาเวียงกาหลง เป็นต้น ชุมชนที่มีการสร้างศาสนสถานที่เป็นศูนย์กลางกิจกรรมของชุมชน น่าจะเป็นชุมชนขนาดใหญ่  
 และการตั้งถิ่นฐานคงจะกระจายตัวตามเนินเขา สันเขา และที่ราบริมน้ำ โบราณสถานที่พบมักจะอยู่บริเวณที่ราบ  
 ระหว่างหุบเขา ซึ่งในอำเภอปางมะผ้ามีพื้นที่ราบที่น้อยมาก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่อาจจะมีการเคลื่อนย้าย  
 ของชุมชนบางส่วนออกไปยังพื้นที่อำเภอขุนยวม ปาย และแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีพื้นที่ราบมากกว่า

สำหรับรูปแบบของเศรษฐกิจการค้าจึงน่าจะมีการติดต่อกับชุมชนภายนอกอย่างเข้มข้น  
 โดยเฉพาะแลกเปลี่ยนค้าขายสินค้าจากในป่า ซึ่งน่าจะส่งผลให้เกิดอาชีพที่แตกต่างและหลากหลายกันในสังคม  
 เช่น พ่อค้า นายพราน กสิกร ช่างตีเหล็ก ช่างปั้นหม้อ เป็นต้น หากพิจารณาจากสภาพภูมิประเทศ อำเภอปางมะผ้า  
 เปรียบเสมือนกับชุมทางของการค้าของป่าเพราะอยู่ระหว่างรัฐล้านนาและพุกาม และมีเส้นทางที่ติดต่อไปยังพม่า  
 ได้อย่างสะดวกทางแม่น้ำปายสู่แม่น้ำสาละวินควบคู่กับการเดินทางตามสันดอย (รัศมี ชูทรงเดช และคณะ 2546)

ต่อมาในพื้นที่อำเภอปางมะผ้าสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้เป็นพื้นที่ที่ทหารญี่ปุ่นคัดคนจาก  
 อำเภอปายไปยังจังหวัดแม่ฮ่องสอนเพื่อเข้ารุกรานประเทศพม่า ต่อมาเส้นทางนี้ได้ใช้ในการคมนาคมติดต่อ  
 สำหรับพ่อค้าและประชาชน โดยมีจุดพักค้างแรมที่บ้านสบป่อง แม่อุ้มอง ซึ่งมีห้วยแม่อุ้มองไปลงน้ำลาง ไม่ว่าจะเป็น

เดินทางด้วยรถยนต์หรือทางเท้าจะต้องแวะค้างคืนที่บ้านสบป่อง ในช่วงปี พ.ศ. 2491 ทางราชการได้จัดตั้งสถานีตำรวจภูธรตำบลเพื่อรักษาความปลอดภัยแก่ผู้สัญจรผ่าน ณ จุดที่เรียกว่า "ปางมะฝ้า" เพราะจุดนี้สามารถหามะนาวปรุงอาหารได้ (มะฝ้า หรือหมากฝ้า เป็นภาษาไต แปลว่า มะนาว)

ในรัศมี 20 กิโลเมตรโดยรอบเป็นภูเขาสลับซับซ้อน แทบจะตัดขาดจากโลกภายนอกโดยสิ้นเชิง มีชาวไต (ไทยใหญ่) มุเซอร์ ลีซอ ตั้งบ้านเรือนอยู่เป็นหย่อมๆ จนในปี พ.ศ. 2520 ทางราชการได้ตัดถนนให้ดีขึ้น ชาวพื้นราบ ชาวเขาจากต่างอำเภอหรือต่างจังหวัด และผู้หลบหนีเข้าเมืองจากประเทศพม่าได้อพยพเข้ามาตั้งถิ่นฐานมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาตามมา เช่น ปัญหาการจัดทำทะเบียนราษฎร์ การบุกรุกทำลายป่า การปลุกปั่นการเสพติดและค้ายาเสพติด และความไม่ปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินจากโจรผู้ร้ายและกองกำลังจากชนกลุ่มน้อยตามแนวชายแดน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย จึงได้ประกาศจัดตั้งกิ่งอำเภอปางมะฝ้า แยกการปกครองจากอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเมื่อปี พ.ศ. 2530 (คณะนักศึกษาศาสาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาทรัพยากร รุ่นที่ 11 2540) และได้จัดตั้งเป็นอำเภอปางมะฝ้าในปี พ.ศ. 2541 (สำนักงานอำเภอปางมะฝ้า 2540)

อำเภอปางมะฝ้าจัดได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของทรัพยากรการท่องเที่ยวสูงมากแห่งหนึ่งทางภาคเหนือ ทั้งทรัพยากรธรรมชาติ วัฒนธรรม ประเพณี และแหล่งโบราณคดียุคก่อนประวัติศาสตร์ที่สำคัญมากมาย โดยเฉพาะแหล่งท่องเที่ยวประเภท “ถ้ำ” ที่ถูกจัดเป็นสัญลักษณ์ของอำเภอปางมะฝ้า (ชีวิต เข้มเจริญ 2544)

## 2.4 การศึกษาวัฒนธรรมโลงไม้ในประเทศต่างๆ

ในประเทศจีน พิธีกรรมการฝังศพโดยการบรรจุศพไว้ในโลงไม้พบในแหล่งโบราณคดี Pao-Lun-Yuan ใน Chao-Hua ทางตอนเหนือของ Szechwan และที่สุสาน Tung-Sun-Pa ใน Pa Hsien ใกล้กับบริเวณแม่น้ำ 2 สาย ไหลมาบรรจบกัน คือ แม่น้ำ Chai-Ling-Chiang กับ Yangtze โลงไม้ที่พบลักษณะคล้ายเรือท้องแบน ตรงกลางท่อนไม้ขุดและเป็นช่องสำหรับใส่ศพและเครื่องเซ่น (Chang 1977) นอกจากนี้ยังมีเอกสารบางชิ้นที่ได้กล่าวถึงพิธีกรรมเกี่ยวกับความตาย ซึ่งจะเป็นพิธีกรรมครั้งที่ 2 คือการเก็บกระดูกมาฝัง เช่นบริเวณถ้ำบนหน้าผา “ผาตาย” ซึ่งเป็นถิ่นฐานของชาวจ้วงหรือเยว่ หลักฐานโลงไม้พบได้ตามถ้ำของหน้าผาสูงนี้ (ทองแถม นาถจำนง 2534)

ในประเทศเวียดนาม ได้มีการค้นพบโลงไม้ของวัฒนธรรมดองซอน ทางตอนเหนือของประเทศเวียดนาม นอกจากนี้ยังพบเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ที่อุทิศให้กับผู้ตาย (Higham 1989) รูปแบบของโลงไม้ในวัฒนธรรมดองซอนของเวียดนามไม่มีการตกแต่งรูปแบบหัวโลง ซึ่งแตกต่างไปจากโลงไม้ที่พบที่อำเภอปางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

โลงไม้ที่เกาะบอร์เนียว จากการสำรวจแหล่งโบราณคดีที่รัฐซาบาห์ ประเทศมาเลเซีย บนเกาะบอร์เนียวพบว่ามีการฝังศพเป็นจำนวนมากที่ยังคงเหลือร่องรอยหลักฐานโลงไม้ รูปแบบโลงไม้ที่พบที่ซาบาห์ มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป แต่ส่วนใหญ่แล้วโลงไม้จะทำมาจากไม้เนื้อแข็ง (Harrison and Harrison 1971)

ในประเทศฟิลิปปินส์ Tenazas (1983) ได้เสนอบทความเรื่องความสัมพันธ์ของพิธีกรรมฝังศพด้วยโลงรูปเรือ ซึ่งพบอยู่ตามถ้ำต่างๆ ของประเทศฟิลิปปินส์ โดยที่หัวโลงจะมีการแกะสลักเป็นรูปสัตว์ต่างๆ ซึ่งรูปแบบของหัวโลงจะขึ้นอยู่กับเพศและสถานภาพของผู้ตาย

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าอายุประมาณการของวัฒนธรรมโลงไม้จากแหล่งต่างๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

| พื้นที่           | ค่าอายุ (yrs BP) |             |
|-------------------|------------------|-------------|
|                   | อายุเก่าที่สุด   | อายุใหม่สุด |
| จินตอนใต้         | 2,600-2,300      | 100         |
| กาญจนบุรี         | 2,300            | -           |
| แม่ฮ่องสอน        | 2,100            | 1,200       |
| อุบลราชธานี       | -                | -           |
| ซาราวัก (Sarawak) | 1,200            | -           |
| ซาบะห์ (Sabah)    | 1,000            | 500         |
| ฟิลิปปินส์        | 900-800          | -           |

ที่มา: เชดส์คัลด์ ตรีรยาภิวัฒน์ (2541)

นอกจากนี้ยังมีเอกสารที่กล่าวถึงโลงไม้ผลการศึกษาโครงการความร่วมมือระหว่าง นักโบราณคดีจาก มหาวิทยาลัยแห่งชาติออสเตรเลีย (Australia National University) และของเวียดนาม (Vietnamese Institute of Archeology and the Center for Southeast Asia Prehistory) ในขณะทำการสำรวจ-ขุดค้น ได้พบโลงไม้ที่มีรูปร่างคล้ายเรือแคนูคาดว่าเก่าแก่ที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากการกำหนดค่าอายุจากโลงไม้ สันนิษฐานว่าอายุประมาณ 100 ปี ก่อนปีปัจจุบัน การค้นพบครั้งนี้มีความสำคัญต่อคณะผู้วิจัยดังนี้คือ สถานที่พบคือในคลองใกล้กับหมู่บ้านดองซา (Dong Xa) ห่างจากกรุงฮานอยทางตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 50 กิโลเมตร สภาพที่พบคือโลงไม้ผ่าเดียวขนาด 2.3 เมตร พร้อมกับร่างผู้ตาย ผ้าที่ใช้ในการห่อศพยังอยู่ในสภาพดี เสื้อที่ทำมาจากหญ้าพื้นเมือง เครื่องถ้วยชาม และลูกปัด นอกจากความสนใจเรื่องชนชาติดองซอง (Dong Son people) ที่อาศัยอยู่บริเวณปากแม่น้ำแดง การอนุรักษ์สิ่งทองซึ่งจะทำให้ทราบถึงชนิดของเส้นใย (ไฟเบอร์) ที่ใช้ในอดีต และบทบาทของผู้หญิงในอดีต และจะใช้อธิบายเกี่ยวกับสถานภาพทางเศรษฐกิจของประชากรในเมืองนี้ในอดีตแล้ว คณะผู้วิจัยยังสนใจโลงไม้ในพื้นที่ จากการใช้เทคนิคเรดาร์สำรวจใกล้พื้นผิวดินเพื่อตรวจหาโลงไม้เพื่อที่จะพยายามระบุขอบเขตพื้นที่ที่มีโอกาสจะพบโลงไม้แต่ปรากฏว่าไม่พบ จนมีการทดน้ำในคลองออกชั่วคราวจึงพบโลงไม้จมอยู่ในคลอง กลุ่มนักวิจัยกล่าวว่าพบโลงไม้ในพื้นที่ดองซาเป็นเรื่องปกติ แต่โลงไม้ที่มีรูปร่างคล้ายเรือแบบนี้พบได้น้อยมาก ถึงแม้ว่าจะได้มีการบันทึกโดยนักโบราณคดีชาวเวียดนามไว้แล้ว และการที่พบร่างมนุษย์ในโลงไม้รูปเรือพร้อมเครื่องบวงสรวงเพื่อเตรียมเข้าพิธีกรรมไม่ได้เป็นเรื่องปกติ นอกจากนี้ความสำคัญของโลงไม้โดยวิธีการทำเรือ Prof. Peter Bellwood จากมหาวิทยาลัยแห่งชาติออสเตรเลีย กล่าวว่าป็นวิธีเดียวกับที่ทำในประเทศจีน เมื่อ 5,000 ปีที่ผ่านมา “โดยการใช้ไม้ขนาดเล็ก ทำให้เกิดรูในไม้และทั้งส่วนบนและส่วนล่างท่อนไม้ วางไม้ที่มีรูปร่างปลายแหลม (rectangular) ลงไปในรูและกดพร้อมทั้งใส่สอดไม้ลงไปกับเป็นวิธีการผ่าไม้โดยไม่ต้องใช้เหล็ก” นอกจากนี้ทางคณะนักวิจัยจะนำตัวอย่างไม้กลับไปทำที่กรุงแคนเบอร์รา ประเทศออสเตรเลียโดยจะทำการเคลือบโพลีเอททิลีน กลูโค (polyethythyene glycol) เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป (<http://info.anu.edu.au>)

จากรายงานของคณะที่มิวิจัยจากออสเตรเลีย หากเมื่อเทียบอายุของโลงไม้ที่พบในพื้นที่ศึกษาที่อำเภอปางมะผ้าแล้ว ในประเทศไทยมีอายุที่เก่าแก่กว่า ตัวอย่างโลงไม้ในพื้นที่ศึกษาที่อำเภอปางมะผ้าพบในปริมาณที่แตกต่างกันไปตามแต่ละถ้ำหรือเพิงผา ขณะนี้ความชัดเจนในเรื่องการอนุรักษ์โลงไม้เหล่านี้ยังไม่มีความชัดเจน

การศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรของไนโตรเจนที่ข่อยสลาลงไม้ของกษัตริย์ “King Midas Tomb” ประเทศตุรกี โดยฟังใจแดงอ่อน (เชื้อรา) (Fillee *et al.* 2001) ของไม้จากแหล่งโบราณคดีในหลุมฝังศพที่เก่าแก่ปกติเมื่อค้นพบจะมีการผุพังค่อนข้างมาก ทำให้เกิดข้อจำกัดในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องอาหาร สิ่งแวดล้อม และสุขภาพ และวัฒนธรรมตามพิธีกรรมของผู้สร้างและผู้ใช้ จากหลุมศพนี้ชาวตุรกีเชื่อว่าเป็นของกษัตริย์ Phrygian King Midas แปลร้อยปีก่อน คณะนักวิจัยได้ประยุกต์ใช้ stable nitrogen isotope เพื่อที่จะทำการพิสูจน์ อาหารในอดีตของกษัตริย์ ค้นหาแหล่งไนโตรเจนสำหรับสังคมของฟังใจที่ทำลายไม้จากหลุมศพ หลักฐานทางวัฒนธรรม และส่วนของร่างกายที่ยังหลงเหลืออยู่ ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์โลงไม้ สิ่งของที่เหลืออยู่ และโครงสร้างของที่ฝังศพที่ทำด้วยไม้ (wooden tomb) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสียหาย ฟังใจ ปริมาณที่มากของ  $^{15}\text{N}$  ค่าเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าอาหารอุดมสมบูรณ์ไปด้วยเนื้อสัตว์ ฟังใจแดงอ่อนมีการทำลายไม้ตลอดทั้งหลุมฝังศพ สิ่งเหล่านี้ชี้ชัดว่าปริมาณ  $^{15}\text{N}$  ที่ทำลายไม้เป็นไนโตรเจนที่ต้องการของฟังใจในการย่อยสลายสิ่งของต่างๆ ในหลุมศพ การกระจายของแร่ธาตุอาหารโดยฟังใจถูกจำกัดโดยโครงสร้างของเซลล์ของไม้ที่ต่างประเภทกันซึ่งปรากฏว่าเป็นการเลือกใช้ไม้เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำโลงไม้ที่จะลดการผุพังลงให้ได้มากที่สุด โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ชี้ให้เห็นถึงความสามารถของช่างไม้ในสมัยนั้นที่ได้เลือกไม้ที่ทนทานต่อการถูกทำลาย ได้แก่ ไม้ซีดาร์ (decay-resistant cedar) สำหรับโลงและพื้น ไม้จูนิเปอร์ขนาดใหญ่ (juniper logs) เป็นโครงสร้างส่วนนอกเพื่อป้องกันการถูกทำลาย

จากการศึกษาของ February (1996) ถึงชนิดของไม้ที่นำมาทำโลงบริเวณชนบทของ Vredendal ในอาฟริกาใต้ ตัวอย่างได้มาจากการขุดค้นของนักโบราณคดีเนื่องจากต้องการใช้พื้นที่ดังกล่าวเป็นที่จอดรถ บริเวณสุสานดังกล่าวคาดว่าเริ่มใช้เมื่อปี พ.ศ. 2380 (ค.ศ. 1837) ไม้ที่ใช้ทำโลงส่วนใหญ่ถูกทำลายโดยปลวกและเป็นไม้ที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์มาก่อน คนที่ถูกฝังอยู่ในพื้นที่นั้นจะเป็นสังคมคริสเตียน ซึ่งพบรูปแบบการฝังที่แตกต่างกันไปเนื่องจากความยากจน การใช้ไม้ที่ราคาถูกโดยส่วนใหญ่เป็นไม้สนทั้งหมด น่าจะเป็นผลจากการเข้าไม่ถึงทรัพยากรธรรมชาติ

อาจสรุปได้ว่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ประชาชนทุกยุคทุกสมัยได้ใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับพิธีกรรมการตาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ไม้ตามท้องถิ่น และเช่นเดียวกับการใช้ไม้สักเพื่อทำโลงไม้ในพื้นที่ปางมะผ้า และคาดว่าในอดีตไม่น่าจะมีการนำไม้ที่เคยใช้ทำโลงหรือเสาไม้แล้วกลับมาใช้ทำโลงอีก เนื่องจากทรัพยากรธรรมชาติป่าไม้ในพื้นที่อุดมสมบูรณ์ จึงคาดว่าสังคมของประชากรขณะนั้นสามารถเข้าถึงทรัพยากรธรรมชาติอย่างทั่วถึง

## 2.5 วงปีไม้กับสิ่งแวดล้อม

วงปีไม้กับสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยเพิ่งเริ่มต้นศึกษาเมื่อไม่นานมานี้ งานวิจัยแทบทั้งหมดเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างวงปีไม้กับสภาพภูมิอากาศในอดีต ซึ่งย้อนกลับไปได้ไม่กี่ทศวรรษ ในขณะที่การศึกษาวงปีไม้ในประเทศแถบเอเชียถือว่าได้พัฒนาไปมาก เพราะได้มีการศึกษามานานกว่าและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงมีข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในอดีตที่เก่ากว่าในประเทศไทย

ต้นไม้แต่ละชนิดมีการเจริญเติบโตและมีลักษณะการสร้างวงปีที่แตกต่างกัน เนื่องมาจากปัจจัยภายใน (biological factor; ฮอร์โมน พันธุกรรม เป็นต้น) และปัจจัยภายนอก (สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น) ดังนั้น จึงพบว่าในเขตอากาศ (climate zone) ที่มีสภาพภูมิอากาศชัดเจน เช่นในพื้นที่เขตกึ่งหนาวและเขตอบอุ่น ไม้ที่มีศักยภาพเพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับวงปีจึงมีเป็นจำนวนมาก (Schweingruber 1993) ในทางตรงกันข้ามประเทศในเขตกึ่งร้อน

ชื้น (tropical climate zone) หรือกึ่งร้อนชื้น (sub-tropical climate zone) มีต้นไม้ไม้ที่ชนิดที่สร้างวงปีให้เห็นชัดเจน (เช่น Coster 1927, 1928; Pumijumnong *et al.* 1995) และมีไม้ในเขตนี้นับว่ามีวงปีไม้ชัดเจน (Sass *et al.* 1995; Nobochi *et al.* 1995) ไม้ในเขตนี้นับว่ามีวงปีไม้มาปีละ 2 วง เนื่องจากในพื้นที่นั้นมีฤดูฝน 2 ครั้ง และฤดูแล้ง 2 ครั้ง (Jacoby 1980) สำหรับในประเทศไทยชนิดของไม้ที่ได้มีการนำมาศึกษาทางด้านวงปีไม้แล้ว คือ ไม้สัก ไม้สนสองใบ และไม้สนสามใบ

### 2.5.1 การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงปีไม้ในเอเชีย

อาจกล่าวได้ว่าการศึกษาวงปีไม้ในบริเวณเอเชีย หรือแถบป่าร้อนชื้น มีการพัฒนาน้อยมากหากเทียบกับประเทศอื่นๆ ของโลก ประเด็นสำคัญที่เป็นเช่นนี้คงเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศที่มีความไม่ชัดเจนของฤดูกาล ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นไม้มีตลอดทั้งปีและทำให้ไม่เห็นความชัดเจนระหว่างเนื้อไม้ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ไม้สร้างวงปี Bass and Vetter (1989) กล่าวว่า การศึกษาวงปีไม้ในเขตร้อนชื้น (tropical rain forest) และกึ่งร้อนชื้น (subtropical rainforest) ในเวลาที่ผ่านมาไม่มีความเป็นไปได้ แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโดยรวมของโลก และความเชื่อมต่อกันของสภาพภูมิอากาศ ทำให้ต้องเข้าใจสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ ดังนั้น ความพยายามที่จะศึกษาทางด้านวงปีไม้เพื่อเป็นเครื่องมือบ่งบอกถึงสภาพภูมิอากาศจึงเริ่มขึ้น

อย่างไรก็ดีปรากฏเอกสารอ้างอิงที่เก่าแก่ที่พอจะประมาณได้ว่ามีเค้าโครงที่จะศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้หรือเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของต้นไม้ในเขตกึ่งป่าร้อนชื้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบเอเชีย คือ Geiger (1915) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของฮอร์โมนกับการทิ้งใบของไม้สักที่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย นอกจากนี้ Coster (1927, 1928) ได้ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการหยุดการเจริญเติบโตของไม้สักกับสภาพภูมิอากาศที่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย และพบว่ามีความสัมพันธ์กัน นอกจากนี้ยังได้มีการกล่าวไว้ในเอกสาร โดย Brandis นักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมันที่ได้เข้ามาอยู่ในประเทศอินเดียและประเทศพม่าเป็นเวลานาน ได้กล่าวถึงไม้สักว่าเป็นไม้ที่มีวงปี (Liese 1986)

การศึกษากับวงปีไม้สักที่ทำอย่างเป็นเรื่องราวและสร้างดัชนีไม้สักขึ้นเป็นเส้นแรกเป็นการศึกษาของนักอุตุนิยวิทยา ชาวเนเธอร์แลนด์ ซึ่งในสมัยนั้นประเทศอินโดนีเซียยังเป็นเมืองขึ้นของประเทศเนเธอร์แลนด์ (Berlage 1931) ได้ทำการสร้างดัชนีของไม้สักที่มีอายุมากที่สุดคือประมาณ 400 ปี จากหมู่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย และทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีกับปัจจัยต่างๆ ทางสภาพภูมิอากาศ และพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างเด่นชัด โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน ต่อจากนั้นนักวิทยาศาสตร์จากทั้งประเทศออสเตรเลีย (Murphy 1994; Murphy and Whetton 1989; Palmer and Murphy 1993) นักอุตุนิยวิทยาชาวเนเธอร์แลนด์ (DeBore 1951) และนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกา (Jacoby and D'Arrigo 1990) ได้นำดัชนีไม้สักของ Berlage มาทำการวิเคราะห์ใหม่โดยใช้เทคโนโลยีด้านการคิดคำนวณที่ทันสมัยขึ้น ซึ่งผลการศึกษาโดยรวมพบว่า ขนาดความกว้างวงปีของไม้สักจากชวามีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในช่วงที่เปลี่ยนจากฤดูแล้งมาเป็นฤดูฝน

จะเห็นได้ว่าการศึกษาวงปีไม้สักในประเทศอินโดนีเซียมีความเข้มข้นพอสมควรในช่วง พ.ศ. 2458-2536 (ค.ศ. 1915-1993) และการศึกษาทั้งหมดจะเป็นนักวิทยาศาสตร์จากต่างประเทศที่ได้นำความรู้เกี่ยวกับศาสตร์ทางด้านวงปีไม้ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของวิชาชีววิทยาเข้ามาประยุกต์ใช้จนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2549) ไม่มีผลงานวิจัยใหม่ๆ จากประเทศนี้เลย อาจเนื่องมาจาก ไม้สักในประเทศอินโดนีเซียมีเพียงที่เกาะชวาและคาดว่า

เป็นไม้สักที่นำเข้ามาปลูกตั้งแต่สมัยก่อน (Hesmer 1970) และอีกสาเหตุหนึ่งอาจเป็นเพราะไม่มีนักวิทยาศาสตร์ที่สนใจเกี่ยวกับเรื่องนี้เป็นชาวอินโดนีเซีย

ประเทศอินเดีย เป็นประเทศหนึ่งในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรป่าไม้ ทำให้การศึกษาวงปีไม้ค่อนข้างที่จะมีความต่อเนื่อง รวมทั้งสถาบันการศึกษาและสถาบันอื่นๆ ที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับงานวิจัยทางด้านนี้ เช่น Birbal Sahni Institute of Palaeobotany, LUCKNOW เป็นต้น เนื่องจากที่ตั้งของเมืองอยู่ทางตอนเหนือของประเทศอินเดียและอยู่ใกล้กับเทือกเขาหิมาลัยทำให้สถาบันนี้มีความหมายเกี่ยวกับเรื่องพืชพรรณในอดีตและเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ สถาบัน Climatology and Hydrometeorology Division, Indian Institute of Tropical Meteorology มีงานวิจัยมากมายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งลมมรสุม จึงมีงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์อย่างต่อเนื่อง ได้แก่ Chowdhury (1940) Pant and Borgaonkar (1983) และ Bhattacharyya *et al.* (1992) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความกว้างของวงปีของไม้สักพบว่าปริมาณน้ำฝนของเดือนตุลาคมของปีที่ผ่านมามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความกว้างวงปี Borgaonkar *et al.* (1996) ได้ศึกษาความกว้างวงปีของไม้ *Cedrus deodara* จากสามพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกันทางตะวันตกของเทือกเขาหิมาลัย ผลจากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความกว้างวงปี และปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความกว้างวงปี และได้มีการสร้างเส้นภูมิอากาศในช่วงก่อนฤดูฝนคือ มีนาคม-เมษายน-พฤษภาคม เส้นอุณหภูมิที่สร้างขึ้นใหม่ย้อนหลังกลับไปถึงในศตวรรษที่ 18 Borgaonkar *et al.* (1994) ศึกษาความกว้างวงปีไม้จากไม้ต่างชนิดกัน คือ Abies, Cedrus, Picea และ Pine จากทางตะวันตกของเทือกเขาหิมาลัย โดยที่ความกว้างของวงปีไม้ได้แสดงศักยภาพในการศึกษาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศเป็นอย่างดีและได้สร้างเส้นน้ำฝนที่ Srinagar, Kashmir, India กลับไปถึงศตวรรษที่ 18 นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยต่างๆ อีกมาก

## 2.5.2 การศึกษาวงปีที่เกี่ยวข้องกับวงปีไม้ในประเทศไทย

การศึกษาวงปีไม้ในประเทศไทยเริ่มขึ้นเมื่อไม่กี่ปีมานี้เอง เอกสารงานวิจัยชิ้นแรกเป็นของ Thammincha *et al.* (1988) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านรัศมีของไม้สนสองใบ และ สนสามใบ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ต่อจากนั้นอีก 7 ปี คือในปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ. 1995) ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับไม้สักขึ้นเป็นครั้งแรกของประเทศไทย (Pumijumnong 1995; Pumijumnong *et al.* 1995a, 1995b) โดยที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลไม้สักบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด คือ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำพูน จังหวัดแพร่ จังหวัดตาก และจังหวัดลำปาง จำนวนพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 29 พื้นที่ศึกษา จำนวนตัวอย่าง 425 ตัวอย่าง จาก 288 ต้น ผลการศึกษาพบว่า ไม้สักที่ยาวที่สุด 312 ปี จากพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่ต๋อน จังหวัดตาก ผลการศึกษาสรุปโดยภาพรวมคือ ไม้สักทางภาคเหนือของประเทศไทยตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิใกล้เคียงกัน คือ ปริมาณน้ำฝนในช่วงคาบเกี่ยวจากฤดูแล้งมาสู่ฤดูฝน (เมษายน-กรกฎาคม) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความกว้างวงปี ส่วนอุณหภูมิมีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ และจากการศึกษาครั้งนี้ได้สร้างเส้นน้ำฝนและเส้นอุณหภูมิกลับไปถึงปี พ.ศ. 2413 (ค.ศ. 1870) พบว่าโดยเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในช่วงที่ไม่มีข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา (พ.ศ. 2413-2454 หรือ ค.ศ. 1870-1911) ไม่มีความแตกต่างจากสภาพปัจจุบันมากนัก (พ.ศ. 2454-2533 หรือ ค.ศ. 1911-1990) ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในปัจจุบัน เช่นเดียวกับปริมาณน้ำฝน และกราฟในช่วงปัจจุบัน (พ.ศ. 2454-2533 หรือ ค.ศ. 1911-1990) จะมีความแปรปรวนมากกว่าในอดีต

นอกจากนี้การศึกษาเรื่องวงปีไม้ในประเทศไทย ยังมีคณะนักวิจัยชาวต่างชาติที่ให้ความสำคัญ โดยเฉพาะได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับไม้สนในทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและมีผลการศึกษาในเบื้องต้นซึ่งได้มีการตีพิมพ์แล้ว คือ Buckley *et al.* (1995) และ D'Arrigo *et al.* (1997)

ส่วนการทำงานวิจัยในด้านอื่นๆเกี่ยวกับวงปีไม้ในประเทศไทย จะเป็นงานวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาในระดับมหาบัณฑิต เช่น Boonchirdchoo (1996) ทำการศึกษความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีไม้สน กับตัวแปรด้านอากาศ กรมศึกษาอุทยานแห่งชาติน้ำหนาวและภูกระดึง ประเทศไทย ผลจากการศึกษาพบความกว้างวงปีของไม้สนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี และมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี Phanijkul (1999) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Correlative Study of Teak Ring Width and Climatological Data from Srisatchanalai Area, Northern Thailand ผลจากการศึกษาพบว่าความกว้างวงปีของไม้สักที่มีชีวิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในเดือนกรกฎาคม ส่วนไม้สักจากเสาที่บ้านเก่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และสิงหาคม Sukkosol (1998) ได้ทำการศึกษาเรื่อง A Study of Drought and Flood Events in Thai Historical Data of The 20<sup>th</sup> Century and Comparison with Meteorological Data and Tree-ring Indices. การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเอาข้อมูลเหตุการณ์ประวัติศาสตร์ไทยในช่วงศตวรรษที่ 20 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหตุการณ์ฝนแล้งและน้ำท่วมมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากปี พ.ศ. 2454-2536 (ค.ศ. 1911-1993) และข้อมูลวงปีไม้สนสามใบ ผลจากการศึกษาพบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับความกว้างวงปีไม้และสนับสนุนข้อมูลประวัติศาสตร์มากกว่าข้อมูลอุณหภูมิ โดยที่ปริมาณน้ำฝนเดือนพฤศจิกายนและตุลาคมมีผลเชิงบวกต่อความกว้างวงปีของไม้สนสามใบในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

การศึกษาวงปีไม้ในประเทศไทยมา นานาสดา ภูมิงานงค์ (2542) ศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีตบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากการเก็บข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ป่าเบญจพรรณที่แตกต่างกัน 3 เขตในประเทศไทยมา คือ บริเวณ Pago Division, Magwe Division และ Mandalay Division พบว่า ไม้สักที่พม่าอายุมากที่สุด 250 ปี (จากข้อมูลที่เก็บมาทำการศึกษา) จากพื้นที่ Moswe Forest Reserve ในเขต Pago Division สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมินั้น เนื่องจากไม่สามารถได้ข้อมูลที่จดบันทึกจริงจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่พม่า ข้อมูลจริงมีเพียง 10 ปีเท่านั้น ดังนั้นข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำมาใช้ในการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีกับสภาพภูมิอากาศได้นำมาจากข้อมูลที่เผยแพร่ในอินเทอร์เน็ต ผลจากการวิเคราะห์พบว่า มีเพียงพื้นที่ Malalay Division เท่านั้น ที่ไม้สักมีการตอบสนองกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในลักษณะที่สามารถจะอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งข้อมูลคล้ายคลึงกับผลการศึกษาที่ประเทศไทยเป็นอย่างมาก

การวิจัยทางด้านวงปีไม้จากไม้เก่าในแหล่งโบราณคดีของประเทศไทยได้เริ่มต้นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2544 ภายใต้โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยมี รศ.ดร. นานาสดา ภูมิงานงค์ เป็นวิจัยทางด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมโบราณ โดยเป็นแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้ที่พบในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอนมีอายุ 57 ปีก่อนพุทธศักราช หรือ พุทธศตวรรษที่ 14 (รัศมี ชูทรงเดช 2546) ผลการศึกษาในขณะนี้ได้รับการตีพิมพ์แล้วในขณะนี้คือ การศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดีโลงไม้ในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเป็นการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดีถ้ำแม่กลางจันทร์หมายเลข 1 และ 3 (นานาสดา ภูมิงานงค์ 2544) ในปีเดียวกัน พิพัฒน์ กระแจะจันทร์ (2544) ได้ศึกษาแหล่งโบราณคดีหุบเขาบ้านไร่ หรือเพิงผาบ้านไร่ เป็นกรณีศึกษา เพื่อจัดทำเป็นสารนิพนธ์ในระดับปริญญาตรี และในปี พ.ศ. 2546 ในโครงการประชุมทางวิชาการของโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงฯ ได้มีการเสนอบทความจำนวน 2 บทความ คือ การศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ (พิพัฒน์ กระแจะจันทร์ 2546) และการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดีถ้ำบ่อไคร้

(สินีนาฏ วรรณศรี 2546) ผลการศึกษาพบว่าสภาพแวดล้อมในอดีตมีความอุดมสมบูรณ์กว่าในปัจจุบัน และกลุ่มคนในวัฒนธรรมโลงไม้มีเทคโนโลยีที่คล้ายคลึงกันด้วยการทำโลงไม้จากไม้ต้นเดียวกัน Wannasri (2004) ได้ศึกษาตัวอย่างโลงไม้จากบ้านบ่อไคร้และบ้านไร่ โดยการเก็บตัวอย่างของโลงไม้ทั้งหมดจากแหล่งโบราณคดี ใช้เทคนิคด้านวงปีไม้ในการจัดสร้างเส้นอายุของโลงไม้แต่ละตัวอย่าง และกำหนดค่าอายุของหัวโลงไม้ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ คาร์บอน 14 ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบหัวโลงไม้ที่แตกต่างกันไม่มีนัยถึงการวิวัฒนาการในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน กล่าวคือรูปแบบหัวโลงไม้ต่างๆ สร้างขึ้นมาในช่วงเวลาเดียวกัน/ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังมีความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสาร Science Asia (Wannasri 2004) และบทความเสนอในงานประชุมวิชาการ “พลวัตทางสังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง” จำนวน 2 บทความ (รัศมี ชูทรงเดช 2549)

## 2.6 ประวัติการใช้ประโยชน์จากไม้สัก

ล้านนาเป็นดินแดนแห่งขุนเขาและป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2531 ดินแดน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน มีพื้นที่ป่าเขารวมกันถึง 63 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมดเฉพะน่ามีพื้นที่ป่าเขาถึง 80 เปอร์เซ็นต์ เชียงใหม่มีพื้นที่ป่าเขาประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ แม่ฮ่องสอนและลำปางประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ลำพูนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ พะเยาประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเชียงรายและแพร่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์

ขุนเขาที่ปกคลุมด้วยต้นไม้ย่อมสะท้อนถึงลักษณะของดินและสะท้อนว่าปริมาณน้ำฝนมีมากพอเพียงในการหล่อเลี้ยงต้นไม้เหล่านั้น เท่ากับเป็นบ่อเกิดของแหล่งน้ำลำธารมากมาย ซึ่งเป็นที่ประจักษ์ชัดเจนอยู่แล้วสำหรับบทบาทของภาคเหนือตอนบนในด้านนี้ ขุนเขา ป่าไม้ สายน้ำ และหุบเขา ย่อมหมายถึงความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ เกษตรกรรมที่ให้ผลผลิตอย่างดี

ประวัติของการใช้ไม้สักสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วงเวลาใหญ่ๆ คือ ระยะเวลาก่อนตั้งกรมป่าไม้ ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่มีการใช้ประโยชน์จากไม้สักอย่างมหาศาล ระยะเวลาภายหลังตั้งกรมป่าไม้ เป็นช่วงระยะเวลาที่เริ่มมีการจัดการเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรไม้สัก

### 2.6.1 ระยะเวลาก่อนตั้งกรมป่าไม้

การจัดการป่าไม้ของประเทศไทยตามประวัติศาสตร์แล้ว เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นตั้งแต่สมัยเริ่มตั้งประเทศไทย คือ สมัยกรุงสุโขทัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปลูกป่าในสมัยพ่อขุนรามคำแหงนั้น พระองค์ท่านได้แขวนกระดิ่งไว้ที่ประตูวัง ใครมีทุกข์ร้อนก็มาลั่นกระดิ่งร้องทุกข์ พระองค์ท่านก็ได้สอบสวนให้ความยุติธรรม พระองค์ทรงชักนำให้ราษฎรปลูกป่า ในปี พ.ศ. 1214 พ่อขุนรามคำแหงได้ปลูกต้นตาลไว้จนมีอายุถึง 14 ปี จึงให้ช่างสกัดหินทำเป็นแท่นต่อแท่นศิลาอาสน์สำหรับให้พระได้นั่งเทศน์สั่งสอนประชาชนในวันสีลวันพระ (ธรรมสวนะ) ส่วนวันธรรมดาพ่อขุนรามคำแหงก็จะได้ไปทรงนั่งเป็นประธาน ปรีกษาความบ้านความเมือง เรื่องนี้ทำให้เห็นว่า พ่อขุนรามคำแหงมีพระราชโบายที่อบรมพสกนิกรของพระองค์ให้มีความรักป่า รักสวน รักการปลูกสร้าง พร้อมทั้งอบรมศีลธรรมไปด้วยในตัว และได้จารึกไว้เป็นหลักฐานที่อ้างอิงได้ว่ามีการปลูกสร้างสวนป่าในสมัยพระองค์

แต่ตลอดระยะตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาเป็นราชธานีมาจนถึงสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ตอนต้น เป็นระยะเวลา 546 ปี ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านการจัดการป่าไม้ เพราะ

- สมัยก่อนยังไม่ได้เห็นความสำคัญของป่าไม้ต่อการพัฒนาประเทศ
- เป็นที่เชื่อกันว่า ป่าไม้เป็นแหล่งเพาะเชื้อของโรคภัยไข้เจ็บหลายอย่าง

- ต้องการให้ราษฎรได้ทำความเจริญก้าวหน้าในด้านการปลูกข้าว, การเกษตรแต่เพียงด้านเดียว ถือว่าป่าดงนั้นเป็นของสาธารณะ ควรจะได้บุกเบิกโค่นถาง เผา เปลี่ยนเป็นนาหรือเป็นไร่เสียให้หมด
- การปกครองบ้านเมืองไม่ค่อยจะสงบ จึงไม่มีเวลาที่จะคิดถึงเรื่องป่าไม้ และสมัยนั้นมองไปทางไหนก็มีแต่ป่า

จากเหตุผลดังกล่าวนี้ จึงไม่ได้ควบคุมเรื่องการป่าไม้แต่อย่างใด การทำไม้ และการเก็บหาของป่า จะตัดฟัน ใช้สอย หรือซื้อขายของราษฎรจึงเป็นไปอย่างเสรีในระยะ 6 ศตวรรษที่ผ่านมา จนเมื่ออังกฤษได้ครอบครองอินเดียและพม่าบางส่วนแล้ว ได้มีการทำไม้สักเป็นสินค้าออกต่างประเทศ เมื่อทราบว่าเมืองไทยยังมีไม้สักอยู่มาก พวกอังกฤษ พม่า และจีนในท้องถิ่นก็เริ่มตัดโค่นไม้สักในเมืองไทยส่งออกทำสินค้าไปต่างประเทศกันมากขึ้น

พ.ศ. 2372 รัฐบาลของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 3 เห็นว่า สมควรที่จะควบคุมกิจการป่าไม้ให้เป็นกิจจะลักษณะโดยในระยะนั้นหรือสมัยนั้นก็มีเพียงการเก็บภาษี เรียกว่า “การเก็บภาษีขอนไม้สัก” ที่จะผ่านกรุงเทพฯ ออกไปต่างประเทศตามจดหมายเหตุผลปีที่ 1/จ.ศ. 1191 (พ.ศ. 2372) ได้มีการตั้งขุนจำเริญรักษาขึ้นเป็นเจ้าภาษีขอนไม้สัก และจากจดหมายเหตุผลฉบับเดียวกันนี้ทำให้ทราบว่าการทำไม้กระยาเลยบางอย่างออกมาใช้ประโยชน์ เช่น ไม้ตะแบก ไม้ตะเคียน ไม้ยาง และไม้อุโลก

พ.ศ. 2385 ตามจดหมายเหตุผลปีที่ 16/จ.ศ. 1204 พระยาเชียงใหม่และพระยาลำปาง บอกรับยังกรุงเทพฯ ว่ามีชาวอังกฤษ ชาวมอญ และชาวพม่าจากเมืองเมะลาลิง มาตัดไม้สักที่อยู่ตามชายแดนเมืองเชียงใหม่ ลำพูน และเมืองตาก แล้วก็นำเอาเงินมามอบไว้ให้ 500 เหรียญ (ลงจะเป็นรูป) พระยาทั้งสองนั้นยังไม่ทราบว่าทำอะไรกับเงิน 500 เหรียญนั้นว่าควรจะได้รับหรือไม่ ไม้สักก็ถูกตัดโค่นแล้ว จึงแจ้งมายังกรุงเทพฯ เรื่องนี้แสดงให้เห็นว่า ชาวต่างประเทศเริ่มเข้ามามีบทบาทในการทำไม้ในปี พ.ศ. 2385 หรือก่อนหน้านั้นแล้ว

พ.ศ. 2389 ตามจดหมายเหตุผลปีที่ 68/จ.ศ. 1208 นั้น ทางกรุงเทพฯ ได้แจ้งให้เจ้านายทางหัวเมืองฝ่ายเหนือจัดส่งไม้สักเป็นส่วยทดแทนทองคำที่เคยส่งได้ จะเห็นได้ว่า การทำไม้และการค้าไม้ได้เกิดขึ้นในสองลุ่มน้ำเช่นกัน คือ แม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาละวิน ซึ่งรวมเอาแม่น้ำเมยและแม่น้ำปายเข้าไปด้วย

การอนุญาตทำไม้ในครั้งนั้น ผู้ใดจะทำไม้สักทางภาคเหนือจะต้องไปขออนุญาตจากเจ้านายฝ่ายเหนือ ผู้เป็นเจ้าของป่า เมื่ออนุญาตเจ้านายจึงเขียนใบอนุญาตลงบนใบลานให้ไว้แก่ผู้รับทำป่าเป็นคัมมือทุกราย และไม่มีข้อสัญญาอันหนึ่งอันใดเลย นอกจากคำอนุญาต "ให้ตัดไม้ในป่าดงนั้นๆ" เท่านั้น เพราะฉะนั้นผู้รับอนุญาต (ทำไม้) จะตัดฟันไม้เล็กหรือไม้ใหญ่ หรือทำประการใดก็ได้หมด เนื่องจากมอบให้เจ้าผู้ครองนครภาคเหนือเป็นผู้ดำเนินการเองทั้งสิ้นในช่วงนี้รัฐจึงยังไม่ได้รับประโยชน์อันใดจากการทำป่าไม้สักในประเทศ

เหตุการณ์ต่างๆ ในการป่าไม้ภาคเหนือได้ดำเนินการมาอย่างขลุกขลักตลอดระยะเวลาจนถึง พ.ศ. 2416 พระเจ้าอิทธิวิไชยชนกที่เป็นเจ้าผู้ครองนครเชียงใหม่และมีเจ้าพระยารัตนธิเบศน์ เมื่อครั้งยังเป็นพระนรินทรราชเสนี ขึ้นมาเป็นเจ้าหลวงประจำอยู่ ณ เมืองเชียงใหม่ ได้มีการปรับปรุงวิธีการตัดไม้และเก็บค่าต่อใหม่ โดยได้ขอเพิ่มค่าต่อเพื่อเป็นส่วนแบ่งให้รัฐบาลกลางส่วนหนึ่ง สำหรับใช้ทำนุบำรุงหัวเมืองฝ่ายเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าไม้สักทางเขตชายแดนฝั่งตะวันตกของเมืองเชียงใหม่ เช่น ป่าแม่ขุม, ป่าแม่เมย, ป่าท่าตึง, ป่าท่าสองยาง และป่าแม่เมย (เข้าใจว่าเป็นป่าแม่เหยะ) โดยการเก็บเงินค่าต่อนั้นยังคงเดิม ส่วนการขออนุญาตตัดฟันนั้นมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม คือ ผู้ตัดฟัน (หรือผู้รับสัมปทานป่าไม้) จะต้องได้ใบอนุญาตซึ่งมีตราของเจ้าผู้ครองนครประทับหนึ่งดวงจึงจะเป็นใบอนุญาต (สัมปทาน)

พ.ศ. 2417 เนื่องจากเหตุการณ์อนุญาตให้ทำไม้ของผู้เป็นเจ้าของป่าต่างๆ มิได้เป็นไปโดยยุติธรรมและสมควร เนื่องจากเจ้าของป่า (ไม้สักทางเหนือ) ส่วนมากเห็นแก่ได้ มักจะให้อนุญาตซ้ำซ้อน ดังนั้นจึงมักเกิดกรณี

พิพาทระหว่างผู้ขออนุญาต ผู้รับอนุญาต และเจ้านายเจ้าของป่าอยู่เนืองๆ และมีคำร้องทุกข์ของบรรดาพ่อค้าไม้หรือผู้ทำไม้ถึงรัฐบาลอยู่เสมอ พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 5 จึงมีพระบรมราชโองการ 2 ฉบับ ฉบับหนึ่งว่าด้วย "การภาษี" ไม้ขอนสักและไม้กระยาเลย พ.ศ. 2417 (จ.ศ. 1236) ในพระบรมราชโองการอีกฉบับหนึ่ง มีความสำคัญว่า สัญญาที่ผู้รักษาเมืองหรือเจ้าผู้ครองนครจะทำกับชาวต่างประเทศนั้นต้องได้รับสัตยาบันจากรัฐบาลจึงจะมีผลบังคับใช้ การทำไม้สักทางภาคเหนือก็สงบเรียบร้อยชั่วคราว เหตุการณ์นี้สะท้อนให้เห็นว่า เมื่อการทำไม้สักในพม่าถูกจำกัดขอบเขตตามวิธีการป่าไม้ของ Dr. Brandis ก็ทำให้พวกเขาหันเหความสนใจมาสู่เมืองไทย และพวกพ่อค้าไม้ต่างประเทศก็มาประสบปัญหาเกี่ยวกับเจ้านายเจ้าของป่า ถึงแม้ว่าการตัดฟันไม้อาจจะกระทำได้เหมือนในพม่า ก่อนการจัดการของ Dr. Brandis ก็ตาม

พ.ศ. 2426 รัฐบาลกลางได้พยายามเจรจากับผู้ครองนครฝ่ายเหนืออีกครั้งหนึ่งหลังจากตกลงกันแล้วเมื่อ พ.ศ. 2416 ขอมีส่วนควบคุมและแบ่งผลประโยชน์จากป่าไม้สักคนละครึ่งเป็นผลสำเร็จ

พ.ศ. 2427 มีประกาศพระบรมราชโองการเรื่อง "การซื้อไม้ขอนสัก" .เพราะเมื่อรัฐบาลได้ทำสัญญาทางพระราชไมตรีกับประเทศอังกฤษ คนในบังคับอังกฤษก็ได้เข้ามาลงทุนทำป่าไม้มากขึ้น ความยุ่งยากในการทำและซื้อไม้ขอนสัก จึงบังเกิดขึ้นเนืองๆ พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวจึงได้มอบให้พระเจ้าน้องยาเธอ กรมหลวงพิชิตปรีชากรเสด็จขึ้นไปจัดราชการที่นครเชียงใหม่ ได้ทรงเปลี่ยนแปลงให้ข้อสัตยาบันสัญญา การตัดฟันไม้ป่าขึ้นและเพิ่มเติมค่าตอบแทนเป็น 2 รูปี เงินค่าตอบแทนเจ้าพระยาธนธิเบศร์ กับกรมหลวงพิชิตปรีชากรได้ขอขึ้นนั้น ได้เป็นของรัฐบาลกลางทั้งสิ้น

ในระหว่าง พ.ศ. 2430-2432 เมื่อรัฐบาลได้สามารถควบคุมกิจการป่าไม้สักในมณฑลพายัพจนเป็นระเบียบรัดกุมดีแล้ว ได้มีชาวตะวันตกคนแรกเป็นชาวอเมริกัน ชื่อ Dr. Cheek ได้ขอร่วมลงทุนทำไม้สักกับรัฐบาล ปรากฏว่าประสบความล้มเหลว ต้องมีการฟ้องร้องเรียกเงินคืน และต้องรีบไม้ที่ทำออกมาเป็นของหลวงทั้งสิ้นจาก บทเรียนอันนี้ทำให้คิดกันว่า ควรจัดการให้ป่าเป็นของหลวงทั้งสิ้น

พ.ศ. 2432 ได้มีผู้ซึ่งมีความสนใจและมีความคิดเห็นการณโกลในกิจการป่าไม้ที่นักการป่าไม้ควรจะระลึกถึง คือ พระยาดำรงราชพลขันธ์ เป็นเอกอัครราชทูตประจำกรุงเบอร์ลิน ท่านได้มีความสนใจเกี่ยวกับกิจการป่าไม้และเห็นความสำคัญของกิจการป่าไม้ที่จะเกี่ยวกับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศขึ้นมาอย่างต้องแท้และจริงจัง จึงเสนอเรื่องผ่านกระทรวงการต่างประเทศให้มีการปรับปรุงเกี่ยวกับกิจการป่าไม้ในประเทศนี้เสียใหม่ กับได้เสนอร่าง พระราชบัญญัติและระเบียบที่เกี่ยวข้องมายังกรุงเทพฯ เพื่อพิจารณาสนับสนุนข้อเสนอ ท่านก็ได้บันทึกเล่าถึงสถานการณ์ป่าไม้ในประเทศเยอรมันไว้ด้วย

พ.ศ. 2435 นอกจากได้มีการแสดงว่ารัฐบาลสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวแห่งกรุงสยามนั้นมีความสนใจที่จะหาแหล่งศึกษาวิชาการป่าไม้ให้นักศึกษาไทยอยู่ แต่ยังทราบกันไม่เป็นที่ชัดแจ้งและได้มีเหตุการณ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำไม้ในป่าเมืองไทยหลายประการ

กรมพระดำรงราชานุภาพซึ่งในขณะนั้นดำรงตำแหน่งเสนาบดีกระทรวงมหาดไทย เป็นผู้ดูแลถนัดถายความคิดเห็นและได้รับพระบรมราชานุญาตจากพระบาทสมเด็จพระจุลเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้สรรหาผู้ที่ได้รับการศึกษาทางด้านการป่าไม้มารับราชการ โดยมีแนวคิดที่จะจัดตั้งหน่วยงานด้านการป่าไม้ขึ้นในประเทศไทย และได้เจรจาขอตัว นาย H.A. Slade เจ้าหน้าที่ป่าไม้ในกรมป่าไม้พม่า จากรัฐบาลอินเดีย นาย H.A. Slade เดินทางมาถึงประเทศไทยในเดือนมกราคม พ.ศ. 2439 ในฐานะที่เป็นผู้ที่มีประสบการณ์มากและเป็นผู้ทำงานอย่างจริงจัง เริ่มจับงานเกี่ยวกับปัญหาไม้สักทันที

นาย H.A. Slade ได้ทำรายงานเสนอต่อเสนาบดีกระทรวงมหาดไทย ลงวันที่ 26 มิถุนายน 2439 มีข้อความพอสรุปดังนี้

- กล่าวถึงวิธีการจัดการป่าไม้ในประเทศพม่า ที่แล้วมา
- กล่าวถึงการซื้อขายราษฎรบังหลวงในวงการป่าไม้สยาม
- กล่าวถึงการทำป่าทั้งหมดเป็นของรัฐบาลสยาม
- กล่าวถึงการจัดตั้งกรมป่าไม้เพื่อรับหน้าที่ดูแลจัดการป่าไม้
- กล่าวถึงการสัมปทาน โดยปรับปรุงวิธีให้และวิธีการเก็บภาษีและค่าต่อ

พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้รับรายงานจากกระทรวงมหาดไทยและได้มีพระราชหัตถเลขาเห็นชอบด้วยกระทรวงมหาดไทยและเห็นด้วยความคิดหรือรายงานของนาย H.A. Slade ว่าถูกต้องดีแล้วทุกประการ กรมป่าไม้จึงได้ถูกตั้งขึ้นในวันที่ 18 กันยายน 2439 เป็นต้นมา มีชื่อภาษาอังกฤษว่า The Royal Forest Department (สำนักวิชาการป่าไม้ 2539)

## 2.6.2 ระยะเวลาภายหลังตั้งกรมป่าไม้

รัฐบาลไทยได้จัดตั้ง "กรมป่าไม้" ขึ้นด้วยวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ

- 1) เพื่อให้มีการคุ้มครองป่าไม้
- 2) เพื่อให้มีการบำรุงส่งเสริมความสมบูรณ์ของป่า
- 3) เพื่อจัดวางโครงการทำไม้ เพื่อให้ป่าไม้อำนวยประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ และอำนวยความผาสุกแก่ประชาชนได้มากที่สุด และยืนยาวที่สุดเท่าที่จะทำได้

กรมป่าไม้ของไทยได้ดำเนินการเจรจาขอโอนกรรมสิทธิ์พื้นที่ป่าไม้ในมณฑลพายัพเป็นสมบัติของแผ่นดินในปี พ.ศ. 2440 มีการประกาศใช้กฎหมายรักษาป่าและควบคุมการทำไม้และจัดเก็บภาษีให้รัดกุมยิ่งขึ้น รวมทั้งจัดส่งนักเรียนไทยไปศึกษาวิชาการป่าไม้ที่ Imperial Forest College เมืองเครกูน ประเทศอินเดีย การจัดการป่าไม้ของล้านนาจึงเข้ามาอยู่ในการควบคุมของรัฐบาลไทยอย่างเต็มที่ โดยนำหลักวิชาการป่าไม้ตามแนวของประเทศอังกฤษมาใช้โดยเน้นการรวมศูนย์การจัดการป่าไม้โดยรัฐบาลส่วนกลาง

นับตั้งแต่ล้านนาได้โอนกรรมสิทธิ์การจัดการป่าไม้แก่กรมป่าไม้แห่งราชอาณาจักรไทย ป่าได้ถูกจัดการเพื่อเศรษฐกิจเป็นด้านหลัก โดยเน้นเพียงการตัดไม้เพื่อการส่งออก บริษัทต่างประเทศ อาทิ บริษัทบอมเบย์เบอร์มา บริษัทบริติชบอร์เนียว บริษัทสยามฟอเรสต์ เป็นต้น ตลอดจนถึงบริษัทภายในประเทศและหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ คือ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.) ได้เข้ามาสัมปทานไม้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย ซึ่งอยู่ในมือของบริษัทต่างประเทศถึง 85 เปอร์เซนต์ ส่วนที่เหลือเป็นรัฐบาลและพ่อค้าพื้นเมือง โดยในภาคเหนือตอนบนในปี พ.ศ. 2521 มีพื้นที่ป่าที่มีการให้สัมปทานรวม 83,309.74 ตารางกิโลเมตร ไม้สักที่ส่งออกจากประเทศสยามในปี พ.ศ. 2466 เป็นจำนวน 58,309.74 ตัน และในปี พ.ศ. 2467 จำนวนถึง 58,282 ตัน

นอกจากนั้น ป่ายังถูกจัดการเพื่อตอบสนองการพัฒนาด้านเศรษฐกิจในรูปแบบอื่นอีก อาทิ การให้สัมปทานไม้หมอนรถไฟ ไม้พื้นรถไฟ เมื่อได้มีการสร้างทางรถไฟมาถึงภาคเหนือ และการให้สัมปทานขุดเหมืองแร่ในเขตป่า ตลอดจนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในช่วงเริ่มแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 1 เป็นต้นมา มีการสร้างถนน การสร้างเขื่อน ไฟฟ้ามาอย่างต่อเนื่อง นโยบายส่งเสริมพืชเศรษฐกิจเพื่อการส่งออกภายใต้การปฏิบัติเขียวได้ส่งผลให้เกิดการขยายพื้นที่การปลูกพืชเศรษฐกิจอย่างขนานใหญ่ ข้าวโพด จึง ทะลักได้รุกรานเข้าไปในผืนป่า ภูคอย เพื่อสนองตอบนโยบายการส่งออกของรัฐบาล

การออกกฎหมายป่าไม้ประกาศให้ป่าเป็นของรัฐ รัฐเป็นผู้จัดการป่าแต่เพียงผู้เดียว คนที่อยู่ในป่าและใช้ประโยชน์จากป่าตั้งแต่ครั้งก่อนจึงตกเป็นผู้กระทำความผิด ป่าจึงถูกเข้าใจว่าเป็น "ของหลวง" ความรู้สึกเป็นเจ้าของที่เคยจัดการดูแลป่ามาโดยตลอดเริ่มเลือนไป ชุมชนที่อยู่กับป่าได้แต่มองดูการทำลายป่าอย่างถูกต้องตามกฎหมายและนโยบายของรัฐโดยไม่มีสิทธิจัดการทรัพยากรใกล้เคียง บ้านของคนแม่แต่น้อย ส่งผลให้พื้นที่ป่าลดลง ปี พ.ศ. 2508 มีพื้นที่ป่าไม้ภาคเหนือตอนบน 54,085,753 ไร่ (82.34 เปอร์เซ็นต์) แต่ในปี พ.ศ. 2534 มีพื้นที่ป่า 38,126,875 ไร่ (58.05 เปอร์เซ็นต์) จึงเท่ากับลดลงไปถึง 15,958,878 ไร่ และใน พ.ศ. 2542 มีพื้นที่ป่าเหลือ 25.3 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ประเทศ

การลดลงของพื้นที่ป่าทางภาคเหนือได้สะท้อนอย่างชัดเจนถึงประสิทธิผลการจัดการป่า โดยการรวมศูนย์อำนาจการจัดการไว้ที่รัฐส่วนกลาง (ชัชวาล ทองดีเลิศ 2542)

การเข้ามาของบริษัทค้าไม้ของอังกฤษในดินแดนล้านนาสมัยรัชกาลที่ 5 เป็นจุดเริ่มแรกของการตัดไม้จำนวนมหาศาล ไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ทรงคุณค่าที่สุดของภูมิภาคนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สัก ซึ่งถือว่าเป็นไม้สักที่คุณค่าที่สุดในบรรดาไม้ทั้งหลาย เพราะเหตุว่าไม้สักคงทน ไม่หดหรือแตกเมื่ออากาศเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบา ปลูกไม่กัดและมีผลผลิตไม้สวยงามเหนือกว่าไม้ชนิดอื่น

ก่อนที่จะมีการพัฒนาการสร้างเรือจักรกลและเครื่องบน เรือไม้เป็นพาหนะที่มีประสิทธิภาพที่สุด ไม้สักเป็นไม้ที่มีราคาสูงและเป็นที่ต้องการมาก ต่อเมื่อเรือจักรกลพัฒนามากขึ้น ความต้องการไม้สักจึงลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ไม้สักก็ยังเป็นที่ต้องการอย่างมากในแง่ของเครื่องตกแต่งภายในบ้านและอาคาร

เมื่ออังกฤษเข้ามาทางทิศตะวันตกจากชายแดนพม่า จังหวัดแม่ฮ่องสอนและจังหวัดเชียงใหม่จึงเป็นจุดแรกที่มีการโค่นไม้สักมาก ต่อมาเมื่อเกิดรถไฟสายเชียงใหม่-กรุงเทพฯ ตั้งแต่ต้น พ.ศ. 2460 การขนส่งรถไฟสะดวกและรวดเร็วกว่าเดิม การค้าไม้จึงเริ่มขยายออกไปถึงลำปางและแพร่อันเป็นจุดผ่านของทางรถไฟ นับแต่นั้นมา ไม้สักได้กลายเป็นสินค้าอันดับหนึ่งของล้านนา รายได้จำนวนมากยที่ธุรกิจไม้สักสร้างขึ้นตกอยู่ในมือของเจ้าเมืองในล้านนา ทำให้รัฐบาลกลางตั้งกรมป่าไม้เพื่อยึดกุมอำนาจการจัดการทรัพยากรป่าไม้แต่ผู้เดียว

จากพื้นที่ทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2504 รวม 320.7 ล้านไร่ พื้นที่ป่าไม้ของไทยมีจำนวน 171 ล้านไร่ (53.3 เปอร์เซ็นต์) อยู่ในล้านนาถึง 43 เปอร์เซ็นต์ แต่พอถึงปี พ.ศ. 2531 พื้นที่ไม้ทั่วประเทศเหลือเพียง 90 ล้านไร่ และพื้นที่ป่าไม้ล้านนาเหลือ 31.6 ล้านไร่ หมายความว่าในช่วงเวลาเกือบ 3 ทศวรรษ ป่าไม้ในล้านนาถูกทำลายไปถึง 12 ล้านไร่ (ธนศ เจริญเมือง 2538)

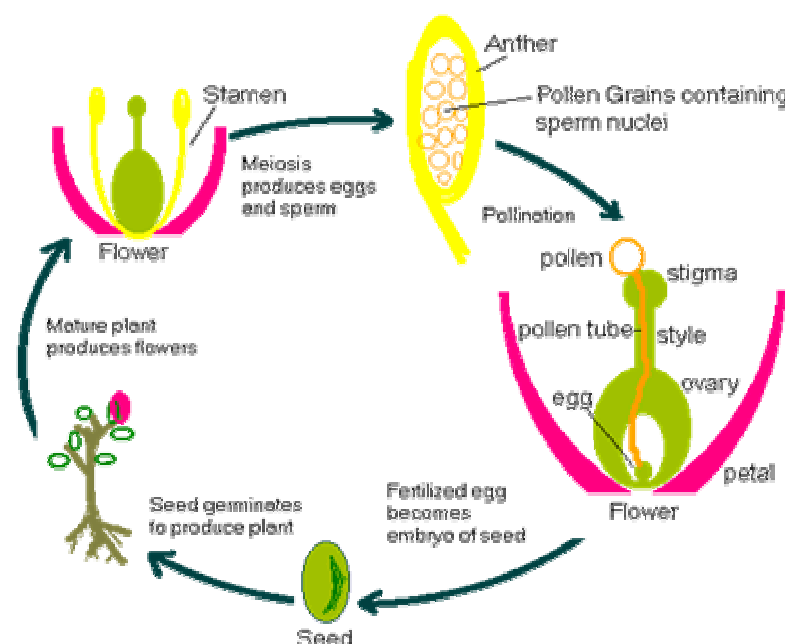
โดยภาพรวม ปัญหาจากการตัดไม้สักเป็นจำนวนมากในอดีต โดยเฉพาะเมื่อมีการจัดตั้งกรมป่าไม้ (ในสมัยรัชกาลที่ 5) โดยให้ความสำคัญในเชิงเศรษฐกิจมากกว่าเชิงระบบนิเวศ ทำให้ป่าไม้ในประเทศไทยลดน้อยลงตามลำดับ จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีผลต่อการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวงปีไม้ ที่ต้องการข้อมูลไม้สักที่มีอายุมาก ดังนั้นตัวอย่างไม้ที่จะนำมาศึกษาเชื่อมโยงระหว่างอดีตกับปัจจุบันจึงเป็นเรื่องที่มีความเป็นไปได้น้อย เพราะข้อมูลที่ทำการศึกษาจากตัวอย่างไม้จากวัฒนธรรมโลงไม้ในอำเภอปางมะผ้าจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีอายุ 57 ปีก่อน พ.ศ.-พุทธศตวรรษที่ 14 (รัศมี ขูทรงเดช 2546) ในขณะที่ไม้สักปัจจุบันที่มีการศึกษาทางด้านวงปีไม้พบว่าอายุ 300 กว่าปี (นาฏสุดา ภูมิจันทร์ 2542) อย่างไรก็ตามความเป็นไปได้ที่จะเชื่อมโยงข้อมูลวงปีของไม้สักเพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาสภาพอากาศในอดีตอาจมีความเป็นไปได้โดยการศึกษาจากไม้สักที่ใช้ในการสร้างสิ่งก่อสร้างที่เก่าแก่ หรือการใช้ตัวอย่างไม้สักจากพื้นที่อื่น เช่น จากประเทศพม่า

## 2.7 การทบทวนวรรณกรรมละอองเรณูและพืช

ละอองเรณูและสปอร์เป็นส่วนสำคัญของวัฏจักรของพืชมีท่อลำเลียงน้ำ เพราะเป็นส่วนที่มีผนังที่แข็งแรง ละอองเรณูและสปอร์โดยทั่วไปมีปริมาณมาก ง่ายต่อการจำแนก และเป็นส่วนที่ถูกเก็บรักษาไว้ได้ในบริเวณที่มีการทับถม ดังนั้นการปรากฏและความมากมายในแหล่งทับถมสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดในอดีตสำหรับองค์ประกอบของสังคมพืชที่เคยเจริญเติบโตในบริเวณพื้นที่นั้นทั้งในปัจจุบันและอดีต นักโบราณคดีและนักสิ่งแวดล้อมโบราณใช้ข้อมูลจากละอองเรณูในการจำลองสภาพแวดล้อมในอดีต

### 2.7.1 ความแตกต่างระหว่างสปอร์และละอองเรณู

สปอร์เป็นเซลล์สืบพันธุ์ของพืชชั้นต่ำ เช่น มอส เห็ดราหางม้า และเฟิร์น การปรากฏเป็นครั้งแรกของสปอร์ในรูปของฟอสซิลในชั้นล่างของหินยุคซิลลูเรีย (Silurian) ต่อมาเกิดการพบฟอสซิลขนาดใหญ่ของพืชมีท่อลำเลียงน้ำ สำหรับละอองเรณูเป็นส่วนของสเปิร์มซึ่งเป็นส่วนของเซลล์สืบพันธุ์ของเมล็ดพืชที่อยู่ในพืชพวก Gymnosperm ตัวอย่างเช่นสน และพวก Cycads และพวก Angiosperm คือพืชมีดอกทั่วไป การพบละอองเรณูครั้งแรกในชั้นบนของยุคดีโวเนียน (Devonian) สอดคล้องกับการพบฟอสซิลเมล็ดในช่วงต้นๆ ในทางอเมริกาเหนือ ทั้งสปอร์และละอองเรณูมีผนังที่แข็งแรงและคุณลักษณะเช่นนี้ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ในชั้นการทับถมเป็นเวลานาน ผนังเซลล์ของทั้งสปอร์และละอองเรณูมีลักษณะเฉพาะ (sculpture) และรูเปิด (aperture) ทั้งสองลักษณะนี้ใช้ในการจำแนกชนิดของพืช



รูปที่ 2.8 วัฏจักรการเกิดละอองเรณู  
(ที่มา <http://www.geo.arizona.edu>)

การศึกษาละอองเรณูและสปอร์ต้องใช้กล้องไมโครสโคปที่มีกำลังขยายสูงเพราะว่าทั้งละอองเรณูและสปอร์มีขนาดเล็ก โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 10 ไมโครมิเตอร์ (micrometers:  $\mu\text{m}$ ) และ 200  $\mu\text{m}$  (1 มิลลิเมตร มีขนาด 1,000  $\mu\text{m}$  และ 1 มิลลิเมตรมีขนาดเท่ากับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวเข็มหมุด) นักวิทยาศาสตร์นับและ

จำแนกละอองเรณูโดยใช้กล้องไมโครสโคปและเปรียบเทียบกับไลอะแกรมของละอองเรณู เพื่อมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสัมพันธ์หรือความมากมายของละอองเรณูในพื้นที่ศึกษา

การศึกษาละอองเรณูเพื่อบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมในอดีตหรือระบบนิเวศในอดีตในประเทศไทยมีไม่มากนัก เนื่องจากความหลากหลายของพืชเขตร้อนชื้น การขาดฐานข้อมูลในการวินิจฉัยชนิดละอองเรณู เป็นข้อจำกัดที่ทำให้นักวิชาการเห็นว่าเป็นปัญหาอุปสรรคในการจำแนกชนิดพืช

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาพรวมของโลกที่สำคัญๆ เช่นยุคน้ำแข็ง (Ice Age มากกว่า 10,000 ปีที่ผ่านมา) ยุค Younger Dryas ประมาณ 11,000-10,000 ปีที่ผ่านมา ยุค Medieval Warm Period ประมาณ พ.ศ. 1643-1793 (ค.ศ. 1100-1250) และยุค Little Ice Age ประมาณ พ.ศ. 1943-2443 (ค.ศ. 1400-1900) พบว่าประเทศต่างๆ ได้ใช้ละอองเรณูมาเป็นหลักฐานในการอธิบายเหตุการณ์เหล่านี้ เพื่ออธิบายและยืนยันความสอดคล้องว่าสภาพอากาศเหล่านี้เกิดขึ้นทั่วโลกหรือไม่อย่างไร การวิจัยเหล่านี้มีมากในประเทศแถบยุโรปและอเมริกา ซึ่งอาจจะมีความชัดเจนเกี่ยวกับเรื่องของสภาพภูมิอากาศมากกว่าประเทศที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งละติจูดที่ไม่สูงมากเช่นประเทศไทย

## 2.7.2 การศึกษาละอองเรณูในประเทศไทย สมัยไพลสโตซีนตอนปลาย-โฮโลซีน

### 2.7.2.1 บริเวณภาคกลาง

Hutangkura (2000) ศึกษาพืชพรรณในอดีตของยุคโฮโลซีนและสภาพแวดล้อมในอดีตโดยการวิเคราะห์ทางเรณูวิทยาจากตัวอย่างตะกอนดินยุคโฮโลซีนที่ระดับความลึก 10-12 เมตร จากผิวดิน บริเวณพื้นที่ของเหมือง S.A.P. mining Co., Ltd. ที่ตั้งอยู่ที่แอ่งบ่อพลอย อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี โดยเลือกเก็บดินตะกอนที่มีการสะสมตัวของอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูงซึ่งจะเป็นตะกอนดินเหนียวสีดำเนื้อละเอียด และตรวจสอบอายุด้วยวิธีเรดิโอคาร์บอน จากตัวอย่างไม้ที่ฝังตัวอยู่ในชั้นเดียวกันกับตัวอย่างดิน ซึ่งได้ค่าอายุประมาณ  $4,540 \pm 50$  ปีก่อน

ผลการวิเคราะห์ Pollen diagram สามารถจำแนกพืชออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ 1) กลุ่มพืชกึ่งหนาว/กึ่งศูนย์สูตร 2) กลุ่มพืชแถบศูนย์สูตร (ปาดิบแล้งและป่าผสมผลัดใบ) 3) กลุ่มพืชที่อาศัยในหนองบึง และ 4) กลุ่มพืชที่อาศัยในน้ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ไม่พบสภาพแวดล้อมแบบกึ่งหนาว/กึ่งศูนย์สูตร ผลการศึกษาพบเรณูพืชพวกสน (*Pinus* spp.) แต่สภาพแวดล้อมแบบป่าเบญจพรรณถึงป่าดิบแล้ง สภาพแวดล้อมแบบหนองบึงและแบบพื้นที่ชุ่มน้ำ ยังสามารถพบได้ในบริเวณแอ่งบ่อพลอยในปัจจุบัน

### 2.7.2.2 ภาคเหนือตอนล่างและภาคเหนือ

ในปี พ.ศ. 2547 ได้มีศึกษาละอองเรณูเพื่อเป็นหลักฐานชี้วัดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ทุ่งแสลงหลวง จังหวัดพิษณุโลก ผลการศึกษาได้แบ่งสังคมพืชออกเป็น 7 กลุ่มใหญ่ได้แก่ 1) กลุ่มพืชแบบป่าเขตกึ่งร้อนชื้น (subtropical forest) 2) กลุ่มพืชแบบป่าร้อนชื้น (tropical forest) 3) กลุ่มพืชที่เจริญเติบโตในน้ำ (aquatic habitat) 4) กลุ่มพืชที่เจริญเติบโตในหนองบึง (swamp habitat) 5) กลุ่มพืชจำพวกหญ้า (grass) 6) กลุ่มพืชประเภทปาล์ม (palm) และ 7) กลุ่มพืชพวกเฟิร์น (fern group) ผลการตรวจหาอายุด้วยวิธี radiocarbon dating ในระดับความลึก 97 เซนติเมตร ได้อายุประมาณ  $1,150 \pm 40$  ปีก่อนปีปัจจุบัน (cal A.D. 780-990) ประมาณ พ.ศ. 1323-1533 พบว่าสภาพพืชพรรณที่พบใกล้เคียงกับสภาพพืชพรรณในปัจจุบัน โดยมีสังคมพืชแบบกึ่งร้อนชื้น

ได้แก่ สนต่างๆ และมีไฟเข้ามาในพื้นที่ในช่วงอายุ  $877 \pm 40$  ปีก่อนปีปัจจุบัน เนื่องจากพบสปอร์ของหญ้าในปริมาณที่มาก (Wannakoaw 2004)

พื้นที่มรดกโลกคือกรุงสุโขทัยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูในพื้นที่วัดเก่าต่างๆ โดยมนัส วัฒนศักดิ์ (Watanasak 2003) พบละอองเรณูส่วนใหญ่ที่เป็นต้นไม้หรือไม้พุ่ม ได้แก่ สน (Pinaceae) ตาลโตนด (Palmae) สาเล่แก่นใจ (Capparidaceae) เครือออน (Symphoremataceae) ไคร้มด (Aquifoliaceae) ข่อย (Moraceae) จั๊หนอน (Sapindaceae) คาง (Mimosaceae) ษะมดต้น (Malvaceae) มะขาม (Caesalpinaceae) มะพร้าว (Palmae) มะม่วง (Anacardiaceae) สมอพิเภก (Combretaceae) สะเดา (Meliaceae) สะแกนา (Combretaceae) พืชตระกูลหญ้า พืชน้ำเฟิร์น ได้แก่ หญ้าหัวไม้ขีด (Eriocaulaceae) หญ้าถอดปล้อง (Equisetaceae) หญ้า/ข้าว (Gramineae) บัวสาย (Nymphaeaceae) ฤๅษ (Lycopodiaceae) ชายผ้าสีดา (Polypodiaceae) ฤๅ (Gleicheniaceae) และผักฤๅขม (Blechnaceae) ผลการส่งตัวอย่างถ่านที่พบในแหล่งขุดค้นทั้งสิ้น 7 ตัวอย่างได้ค่าอายุดังต่อไปนี้ conventional radiocarbon age  $280 \pm 30$  BP (ค.ศ. 1643 หรือ พ.ศ. 2186) ละอองเรณูมีการสะสมมากอยู่ในระดับชั้นผิวดิน ในดินที่ระดับลึกลงไปไม่พบหรือพบละอองเรณูน้อยมาก ค่าอายุที่ตรวจวัดได้เป็นค่าอายุยุคหลังกรุงสุโขทัย นอกจากนี้ได้พบเสาไม้เก่าในพื้นที่ศึกษา หลังจากที่ได้มีการพิสูจน์ว่าเป็นไม้เต็ง (*Shore obtuse*: Dipterocarpaceae) ได้ส่งไปตรวจค่าอายุพบว่าอายุที่ได้ Conventional radiocarbon age  $480 \pm 60$  BP (ค.ศ. 1430 หรือ พ.ศ. 1973) จากผลการศึกษาละอองเรณูที่พบซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้ที่นำมาใช้ประโยชน์ในครัวเรือนไม่ว่าจะเป็นพืชอาหาร สมุนไพร หรือเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น มะพร้าว มะม่วง และพืชน้ำ แสดงให้เห็นว่าสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่ลุ่ม ส่วนไม้ป่าหรือไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ที่มีการพบละอองเรณูคือไม้สน ซึ่งนักวิจัยได้ตั้งข้อสังเกตว่า การที่พบละอองเรณูของไม้สน สภาพพื้นที่ดังกล่าวอาจมีอากาศที่เย็นกว่าในปัจจุบันหรือมีการนำไม้สนเข้ามาปลูกในบริเวณพื้นที่ศึกษา ในประเด็นตรงนี้อาจต้องระมัดระวังในการอธิบายผลซึ่งจากตารางแสดงปริมาณที่พบละอองเรณู พบว่า มีละอองเรณูของไม้สนไม่มากนัก 1 หรือ 2 มากที่สุด คือ 7 อาจเป็นไปได้ว่าละอองเรณูนี้ถูกพัดพามาจากพื้นที่อื่น และไม่คิดว่าจะมีการนำไม้สนมาปลูกในบริเวณพื้นที่ศึกษา เนื่องจากสนค่อนข้างที่จะต้องการสภาพภูมิประเทศที่เป็นฤดูกาลมีความแห้งแล้งชัดเจน

รัฐพงษ์ พวงทับทิม (1998) ศึกษาละอองเรณูและสปอร์ของพืชในอดีต บริเวณแอ่งพญางูเขา “อ่างกา” ที่ยอดดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อสร้างแผนผัง (pollen and spore diagram) แสดงปริมาณการสะสมตัวของละอองเรณูและสปอร์ตั้งแต่อดีต โดยได้ตัวอย่าง sphagnum peat core ลึก 2 เมตร ซึ่งเก็บด้วย hand-auger ที่หุ้มด้วยพลาสติกพร้อมกับแช่เย็นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน core ที่ศึกษาชื่อ Ang-Ka 1A โดยสุ่มตัวอย่างดินที่นำมาจากหลุมเจาะ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ทุกความลึก 2 เซนติเมตร นำมาสกัดแยกละอองเรณูและสปอร์ออกจากตะกอนดินด้วยวิธีของ Jarupongsakul (1987) แล้วนำมาทำสไลด์ถาวรโดยใช้ซิลิโคนออยล์ AK 2000 เป็น mounting media ตรวจสอบชนิดและปริมาณละอองเรณูและสปอร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยการนับจำนวนเรณูและสปอร์ทำตามวิธีของ Moore, Webb and Collinson (1991)

ผลการตีความจาก pollen and spore diagram ของ peat bog (1A) ซึ่งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 2,565 เมตร ได้ชี้ว่าเมื่อประมาณ 4,300 ปีที่ผ่านมา พื้นที่นี้เป็นป่าดิบเขา และสามารถแบ่งภูมิอากาศบริเวณนี้ได้เป็น 6 ช่วง ตามการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศซึ่งอุ่นและเย็นขึ้นโดยใช้พรรณไม้เขตอบอุ่นเป็นดัชนีบ่งชี้ ซึ่งหลักฐานนี้สนับสนุนว่า ภูมิอากาศในยุคโฮโลซีนไม่คงที่ นอกจากนี้ จากการพบละอองเรณูของ polygonum และหญ้า แสดงว่าบริเวณนี้อาจถูกบุกรุกจากกิจกรรมของมนุษย์ การศึกษาในพื้นที่เดียวกันโดยอังกาเร แก้วชื่น

(2541) ได้ศึกษาชนิดและสังคมพืชในอดีตรอบโฮโลซีนตอนปลายเพื่อการเปรียบเทียบสภาพภูมิอากาศ บริเวณพื้นที่ศึกษา “อ่างกา” ใกล้ยอดดอยอินทนนท์ โดยการวิเคราะห์ทางเรณูวิทยาจากตัวอย่างตะกอนดินและตรวจหาอายุจากตัวอย่างอินทรีย์วัตถุด้วยวิธีเรดิโอคาร์บอน จำนวน 44 ตัวอย่าง จากหลุมขุดเจาะ 3 หลุม พบว่า เมื่อประมาณ 1,250±60 ปีมาแล้ว จนถึงปัจจุบัน บริเวณพื้นที่ศึกษามีระบบนิเวศแบบ “ป่าดิบเขาระดับสูงถึงป่าในเขตอบอุ่น” โดยพบเรณูและสปอร์ของพืชในเขตป่าดิบเขาระดับสูง และพบพันธุ์พืชในเขตอบอุ่นบางชนิดซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ ได้แก่ *Quercus* spp., *Rhododendron* sp., *Castanopsis* sp. และ *Betula* spp. และพบว่าในช่วงเวลา 160±65 ปีที่ผ่านมา ระบบนิเวศดังกล่าวนี้เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งในปัจจุบัน โดยพืชในเขตอบอุ่นบางชนิดที่เคยเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่กลับลดจำนวนลง เช่น ไม้ก่อ (*Quercus* spp.) หรือไม้พบบ้างได้แก่ ไม้ก่อ/เกาลัด (*Castanopsis* sp.), พวก *Myrsinaceae*, *Ilex* spp., *Euphorbiaceae* และ *Margocolporite vanwijhei* ในขณะที่พบเรณูและสปอร์ของพืชพวกกก (*Cyperaceae*) เฟิร์นสร้อยนารี (*Lycopodium* sp.) เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงว่าสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษาในอดีตมีความหนาวเย็นกว่าในปัจจุบัน

จากผลการศึกษาทั้งสองที่อ่างกาได้สรุปได้ว่า ตั้งแต่ประมาณ 4,000 ปี ที่ผ่านมามีบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยมีสภาพอากาศแบบเขตอบอุ่นคือมีอากาศหนาวเย็นกว่าในปัจจุบัน และสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาจนในช่วงประมาณ 160 ปีที่ผ่านมาสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงซึ่งส่งผลให้พืชพรรณเปลี่ยนแปลงไปด้วยจนถึงในปัจจุบัน

### 2.7.2.3 ภาคใต้

Chaotip (Purintavaragul 1999) ศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการของทะเลสาบสงขลา ซึ่งเป็น lacustrine/ lagoonal sequence และปฏิสัมพันธ์กับการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ พื้นที่ทะเลสาบใหญ่แยกจากทะเลด้วย beach barrier system Satingpra Peninsula ที่เป็นที่ตั้งถิ่นฐานในยุคประวัติศาสตร์ช่วงแรก (2,000-1,400 ปีมาแล้ว) โดยแบ่งออกเป็นทะเลสาบน้ำจืดเล็กๆ (ทะเลน้อย) ซึ่งช่วงที่ทะเลสาบแยกออกจาก lagoonal system น่าจะเกี่ยวข้องกับการสร้างคลองเมื่อประมาณ 1,500 ปี และการตั้งถิ่นอาศัยของมนุษย์ โดยการศึกษา Quaternary geology ก็เพื่อทำความเข้าใจ Holocene evolution ในพื้นที่มาแล้ว

การวิเคราะห์ทางเรณูวิทยา ได้จาก core TN3 Assemblage แบ่งเป็น 3 พวก ได้แก่ 1) fern spores dominant with minor mangrove pollen/spores and freshwater-derived pollen 2) mangrove pollen/spores dominant with subordinate freshwater-derived fern spores, freshwater-derived pollen, marine and freshwater algae และ 3) freshwater-derived fern spores dominant with subordinate mangrove pollen/spores and freshwater-derived pollen

การแปลความหมายด้านสิ่งแวดล้อมและการทดแทนสังคมพืชแสดงถึงความแตกต่างกับพื้นที่ในปัจจุบัน คือ

1. พวกป่าชายเลนที่อยู่ตามชายฝั่งมีมากกว่าในปัจจุบันโดยพวกที่เด่นๆ เป็นโกงกาง(*Rhizophoraceae*) ซึ่งพบทั่วไปในป่าชายเลนบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยที่พบมากในปัจจุบัน คือ *Sonneratia caseolaris* และใน pollen profile ไม่ได้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสังคมป่าชายเลน
2. ใน pollen profile แทบจะไม่พบสังคมพืชแบบ freshwater herbaceous swamp ที่พบมากในทะเลน้อยในปัจจุบัน
3. ไม่พบหลักฐานทางเรณูวิทยาในด้านการพัฒนาของเสม็ด (*Melaleuca cajuputi*) พื้นที่ชุ่มน้ำที่เป็นป่าพรุที่เด่นในปัจจุบันซึ่งเสม็ดเป็นพืชทางเศรษฐกิจ (trade plant) ในอดีต และการที่ใน pollen profile ไม่พบตัวแทนของสังคมพืชในปัจจุบันอาจสะท้อนถึง low pollen productivity

ผลการศึกษาไม่พบหลักฐานในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ แต่พบว่ามี grassland vegetation ซึ่งแสดงถึงการมีไฟไหม้พื้นที่ และพบเรณูของสน กระจายอยู่ในส่วนล่างของ core ผลที่ได้นี้จะนำไปใช้คำนวณอายุ chronological depth ของ Kra ecotone และเป็นข้อมูลแรกทาง climatic history ของพื้นที่ทั้งหมด

#### 2.7.2.4 ภาควิชาออกเฉียงเหนือ

การศึกษาโดย Kealhofer (1996) ได้มีการเจาะ core 4 cores ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2539 ด้วย livingstone corer จากทะเลสาบกุมภวาปี เพื่อศึกษาเรณู, phytolith, ธรณีสัณฐานและเคมีของดิน โดยเน้นการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ (human landscape use) ในช่วงปลายสมัยไพลสโตซีนและต้นโฮโลซีน โดยตัวอย่าง phytolith ที่ใช้วิเคราะห์มากกว่า 100 ตัวอย่าง ทำ correspondence analysis เช่น raw count, presence/absence และ เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ phytolith จาก core ซึ่งมีความยาว 6.18 เมตร จากทะเลสาบกุมภวาปีได้แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงด้านภูมิอากาศ ด้านธรณีสัณฐานและการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมซึ่งจากหลักฐาน burned phytolith ได้ชี้ว่า การเกิดไฟป่าในป่าผสมผลัดใบและป่าผลัดใบแล้ง (mixed deciduous-dry deciduous forest) ได้เริ่มมาตั้งแต่ช่วงโฮโลซีนตอนต้น และมีหลักฐานแสดงว่าการเพาะปลูกเริ่มมีความสำคัญในยุคโฮโลซีนตอนกลางและการเกิดไฟป่าก็ลดลง และผลการวิเคราะห์ core 3KUM ได้ชี้ว่าสภาพแวดล้อมของ Southeast Asia และประเทศไทยในช่วงไพลสโตซีน ตอนปลาย มีความแห้งแล้งมากกว่าและฤดูกาลชัดเจนกว่าในปัจจุบัน และพบว่าไฟและพืชพรรณต่างๆ เริ่มมีมากขึ้นในช่วงสิ้นสุดสมัยไพลสโตซีน สอดคล้องกับที่พบว่ามีไฟเพิ่มขึ้นในช่วงสมัยโฮโลซีนตอนต้น ซึ่งเป็นช่วงที่ภูมิอากาศและรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเริ่มเสถียร

ในช่วงต้นโฮโลซีน (ประมาณ 7,500 B.C.) มีการเปลี่ยนแปลงพืชพรรณที่สำคัญ พบว่าการเพาะปลูกได้ขยายมาถึงพื้นที่ที่เป็นป่าผลัดใบแล้ง และข้อมูล phytolith แสดงว่าเริ่มมีการใช้ข้าวกันมากในช่วงปลายของสมัยโฮโลซีนตอนต้น นอกจากนี้ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเผาไหม้สูงสุดของ phytolith ที่ชี้ถึงการเกิดไฟป่าที่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาการตั้งถิ่นฐานที่บ้านเชียงและพื้นที่ใกล้เคียง เป็นหลักฐานว่ามนุษย์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่

Penny (2001a) ได้วิเคราะห์สิ่งแวดล้อมในอดีตที่แอ่งสกลนคร ภาควิชาออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย ที่ราบสูงโคราชด้านเหนือเป็นแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ของไทย แต่ยังไม่ค่อยมีข้อมูลทางด้านการตั้งชุมชนกับสิ่งแวดล้อมเท่าใดนัก สำหรับข้อมูลทางเรณูวิทยาจากหนองหาน กุมภวาปี ซึ่งเป็นทะเลสาบที่อยู่ในแอ่งสกลนคร ได้แสดงถึงช่วงเวลาที่มีการรบกวนพื้นที่ป่า และความถี่ของการเกิดไฟป่า ในช่วง 6,400-6,600 ปีก่อน แต่ยังไม่สามารถที่จะบอกถึงสาเหตุได้ ข้อมูลทางเรณูวิทยาที่ได้ จึงยากที่จะนำไปเชื่อมกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณที่คาดว่าจะถูกบุกรุกโดยมนุษย์

แม้ว่าการวิเคราะห์ palaeovegetation จะสามารถให้ข้อมูลของการพัฒนาด้านเทคโนโลยีการเกษตรได้ในหลายๆ พื้นที่ เช่น ยุโรปหรือเม็กซิโก แต่ในประเทศไทยกลับไม่ค่อยมีการศึกษารายละเอียดของ palaeovegetation ในพื้นที่เท่าใดนัก ทำให้ข้อมูลทั้งทางโบราณคดี biogeography และ palaeoethnology ของภาคอีสานที่เกี่ยวข้องในส่วนนี้ขาดหายไปโครงการ the University of Pennsylvania Thailand Palaeoenvironmental Project (TPP) ร่วมกับคณะวิจัย Centre for Palynology and Palaeoecology มหาวิทยาลัย Monash จึงทำการศึกษาข้อมูล palaeobotanical และ palaeoenvironment

จากการเก็บตะกอนดิน 15 cores จาก 3 พื้นที่ศึกษาในที่ราบสูงโคราช 11 cores จากหนองหาน กุมภวาปี 2 cores จากหนองพะโค และ 2 cores จากหนองหาน สกลนคร ผลการศึกษาลำดับชั้นหินและแร่ควิเคราะห์ core KUM1 และ KUM3 จากกุมภวาปี พบว่า มีอายุถึง 14,300 ปีมาแล้ว Penny (2001b) ได้ชี้ให้เห็นจากข้อมูลว่าในพื้นที่แอ่งสกลนครปกคลุมด้วยพืชตระกูลถั่วและตระกูลสน คล้ายคลึงกับการอธิบายพืชพรรณทางตะวันตกเฉียงใต้ของจีน เจื่อนไขของสภาพอากาศหนาวเย็นกว่าและแห้งแล้งกว่าในปัจจุบัน ระดับของการเผาไหม้ฟอสซิลค่อนข้างสูง ตลอดช่วงเวลา 40,000 ปี ป่าไม้ใบกว้างในเขตร้อนชื้นและป่าผลัดใบเป็นไม้เด่นในช่วงสมัยไพลสโตซีน/โฮโลซีน ยังคงหลงเหลือ ไม้ก่อไม้สนเป็นหย่อมๆ เนื่องจากการที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย เชื่อมโยงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและชนิดพืชพรรณ ในตารางที่ 2.4 สรุปผลการศึกษาจากงานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับละอองเรณู โดยพยายามให้เห็นความแตกต่างในเรื่องระยะเวลา และสภาพระบบนิเวศหรือชนิดพืชพรรณ ซึ่งผลการศึกษาเท่าที่ประมวลมา ในบางครั้งอาจจะไม่สามารถระบุชนิดป่าไม้ (ชื่อชนิดป่าในปัจจุบัน) หรือบางครั้งสามารถอธิบายได้ในภาพรวมของโครงสร้างป่าแต่ไม่ระบุชนิดพืชพันธุ์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความมากน้อยหรือความเด่นของหลักฐาน (ละอองเรณู) ที่สามารถอธิบายได้มากน้อยขนาดไหน

ตารางที่ 2.4 สรุปการศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูวิทยาในประเทศไทยที่บ่งชี้ถึงระยะเวลาและระบบนิเวศในอดีต

| อายุ (C-14 BP)                                                            | พื้นที่ศึกษา                                                        | ระบบนิเวศ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ผู้แต่ง      |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 38,300±600 (AMS/P=AMS determination based on pollen) ถึง 6,700±50 (AMS/P) | หนองพะโค ทางใต้ของจังหวัดอุดรธานี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย | จัดกลุ่มละอองเรณูออกเป็น arboreal pollen (AP: พืชที่ส่วนมากกระจายพันธุ์ในเขตหนาว) non-arboreal pollen (NAP: พืชที่ส่วนมากไม่ได้กระจายพันธุ์ในเขตหนาว) และ total pollen (TP : จำนวนละอองเรณูรวม) ผลการวิเคราะห์พบว่าในช่วงยุคน้ำแข็ง สภาพอากาศเย็นและแห้งกว่าในปัจจุบัน ข้อมูลละอองเรณูส่วนมากเป็น Fagaceous-Coniferous (ตระกูลก่อและตระกูลสน) คล้ายคลึงกับทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน การเปลี่ยนแปลงพืชพรรณในช่วงรอยต่อยุคไพลโตซีนและยุคโฮโลซีนสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ คือพืชเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนมีเพิ่มขึ้นในช่วงต้นยุคโฮโลซีน (ประมาณ 7,000 ปีก่อนปัจจุบัน) สอดคล้องกับความชื้นที่สูงขึ้น จากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงพืชพรรณในช่วงกลางและปลายยุคโฮโลซีน พบว่ามีอิทธิพลทั้งจากไฟป่าและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ | Penny (2001) |

ตารางที่ 2.4 สรุปการศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูวิทยาในประเทศไทยที่บ่งชี้ถึงระยะเวลาและระบบนิเวศในอดีต (ต่อ)

| อายุ (C-14 BP)               | พื้นที่ศึกษา                    | ระบบนิเวศ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ผู้แต่ง        |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 10,820±50 ถึง 6,330±50 (AMS) | หนองทะเลสองห้อง จังหวัด<br>ตรัง | <p>ในการศึกษาละอองเรณูครั้งนี้เป็นการยากที่จะนำไปอธิบายเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ<br/>สปีร์ที่พบมากเป็นพวกมอส เฟิร์น จำนวนมาก ซึ่งอาจสรุปได้ว่าพื้นที่ศึกษานี้เหมาะสม<br/>สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพืชพันธุ์ในระดับท้องถิ่น (local) มากกว่า การ<br/>เปลี่ยนแปลงพืชพันธุ์ร่วมกับสภาพอากาศที่แห้ง และไฟทำให้เกิดความสับสนที่จะสรุปว่า<br/>เป็นผลกระทบจากมนุษย์หรือเกิดจากธรรมชาติ</p> <p>ความชัดเจนของพืชพันธุ์ไม่เคยคงที่ในช่วงเวลากว่า 10,600 ปี ป่าไม้ถูกทำลายก่อน 4,000<br/>BP การสูญหายไปของปาล์ม <i>Borassodendron machadonis</i> ผลจากกิจกรรมของมนุษย์<br/>การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน สภาพภูมิอากาศ หรือการผสมผสานของปัจจัยเหล่านี้<br/>ขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของไม้ผล (<i>Artocarpus</i> type: jackfruit) ต้น ไม้ใหญ่ได้รับการอนุรักษ์<br/>และเริ่มมีการปลูกพืชประเภทปาล์ม (<i>Areca</i>) การหายไปของ <i>Hymenophyllaceae</i> (<i>Filmy</i><br/><i>fern</i>) บ่งบอกถึงว่าป่าไม้ไม่ได้อยู่ในสภาพที่ชื้น แต่ชนิดของต้นไม้ที่นี้ที่เคยแพร่กระจาย<br/>ไปสู่ป่าพรุ ซึ่งสามารถที่จะขึ้นได้ดีในป่าร้อนชื้น (<i>tropical evergreen forest</i>) มีการบ่งว่ามี<br/>การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในพื้นที่ซึ่งเชื่อมโยงกับการเพิ่มขึ้นของน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังมี<br/>หลักฐานชี้ว่าป่าไม้ในภาคใต้ของประเทศไทยได้รับผลกระทบจากไฟซึ่งมีความต่อเนื่อง<br/>มาถึงช่วงโฮโลซีน</p> | Maloney (1997) |

ตารางที่ 2.4 สรุปการศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูวิทยาในประเทศไทยที่บ่งชี้ถึงระยะเวลาและระบบนิเวศในอดีต (ต่อ)

| อายุ (C-14 BP)                                                               | พื้นที่ศึกษา | ระบบนิเวศ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ผู้แต่ง                    |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 19,190±120 <sup>14</sup> C yrs BP<br>(22,783 cal yrs BP) ถึง<br>640±40 (AMS) | กว๊านพะเยา   | <p>ผลการศึกษา ละอองเรณูและสปอร์ ผู้วิจัยได้แบ่งชั้นพีทพันธุ์ออกเป็น 7 ชั้น โดยชั้นที่อยู่ลึกที่สุด ชั้นที่ 1 อายุที่กำหนดจาก C14 ประมาณ 19,190±120</p> <p>ชั้นที่ 1 ละอองเรณูที่พบมากได้แก่ตระกูลสน, ไม้ใบแคบตระกูล Dacrydium (วงศ์ Podocarpaceae) นอกจากนี้ยังพบละอองเรณู ที่ใกล้เคียงกับรูปแบบของ Hopea/Shorea type (วงศ์ Dipterocarpaceae) ตระกูลก่อ (Quercus) สปอร์ของเฟิร์นในปริมาณที่มาก</p> <p><u>รอยต่อระหว่างชั้นที่ 1 และ 2</u> ละอองเรณูของตระกูลสนยังพบในปริมาณที่มาก ละอองเรณูของตระกูลก่อเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้สปอร์ของหญ้าและตระกูลส้ายหญ้าเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในทางกลับกันสปอร์ของเฟิร์นลดลงอย่างชัดเจน</p> <p><u>ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3</u> สปอร์ของหญ้าและตระกูลส้ายหญาลดลงอย่างชัดเจนในขณะที่สปอร์เฟิร์นขนนกเพิ่มมากขึ้น</p> <p><u>ชั้นที่ 4</u> ปริมาณละอองเรณูของไม้ตระกูลสนลดลงโดยที่สัดส่วนของละอองเรณูตระกูลก่อเพิ่มมากขึ้น ผสมกับสังคมพืชชนิดอื่นได้แก่ ตระกูลสมอไทย-สมอพิเภก วงศ์ยาง และสปอร์ของหญ้าในปริมาณที่มาก</p> <p><u>ชั้นที่ 5</u> ละอองเรณูของตระกูลสนเพิ่มมากขึ้นอีกร่วมกับละอองเรณูของตระกูลก่อ วงศ์ยาง การเพิ่มขึ้นของสปอร์วงศ์ปาล์ม</p> <p><u>ชั้นที่ 6 และ 7</u> ปริมาณของละอองเรณูของไม้ตระกูลสน ตระกูลก่อ พบในปริมาณที่มาก</p> <p>Penny and Kealhofer (2004) แปลงใจต่อการปรากฏของละอองเรณูของไม้ตระกูลสนในปริมาณที่มากและต่อเนื่องและผลจากการศึกษาชั้นส่วน (Phytoliths) พบชั้นส่วนของไม้สนหลงเหลืออยู่น้อยมาก ต่างกับไม้ตระกูลก่อที่ยังคงพบขึ้นส่วนในปริมาณที่มาก Penny and Kealhofer (2004) ให้เหตุผลว่าไม้สนไม่ควรที่จะขึ้นระดับความสูงที่ค่อนข้างต่ำบริเวณรอบกว๊านพะเยา (300 เมตร จากระดับน้ำทะเล) ในความเป็นจริงของการกระจายไม้สนในธรรมชาติในปัจจุบันของประเทศไทยสามารถพบการกระจายของไม้สนสองใบและสามใบในพื้นที่ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 200-300 เมตร บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สุรินทร์ ศรีสะเกษ จึงเป็นข้อสังเกตว่าในอดีต (ประมาณ 19,190 ปีก่อนปีปัจจุบัน) มีความเป็นไปได้สูงที่ไม้สนยังกระจายครอบคลุมอยู่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย</p> | Penny and Kealhofer (2004) |

ตารางที่ 2.4 สรุปการศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูวิทยาในประเทศไทยที่บ่งชี้ถึงระยะเวลาและระบบนิเวศในอดีต (ต่อ)

| อายุ (C-14 BP)                                                                                                                                | พื้นที่ศึกษา                                         | ระบบนิเวศ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ผู้แต่ง                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 12,220±70 (age±error yrs. BP):<br>12,400 (calibrated 2 ซิกมา)<br>ถึง 5,540±70 (age±error yrs. B.P):<br>4,380 (calibrated 2 ซิกมา)             | หนองหารกุมภวาปี,<br>หนองพะโค, หนองหาน<br>สกลนคร      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ตะกอนดินจากแอ่งกุมภวาปี มีอายุประมาณ 14,350 ปีก่อนปีปัจจุบัน มีจุดประ แสดงให้เห็นถึงสภาพอากาศตามฤดูกาลที่มีสภาพแห้งและเปียก และไม่พบละอองเรณูเนื่องจากจะถูกออกซิไดซ์ไประหว่างอากาศแห้ง</li> <li>- KUM3 (หนองหานกุมภวาปี) อายุ 11,200 ปีก่อนปีปัจจุบัน อยู่ในสภาพไม่มีอากาศ แสดงว่าถูกน้ำขังอยู่ พืชพรรณไม้หลากหลายชนิดเด่นได้แก่ไม้สน ซึ่งในปัจจุบันไม่พบไม้สน</li> <li>- การเปลี่ยนแปลงพืชพรรณในช่วง 9,800 ปีก่อนปีปัจจุบันมีความชัดเจน มีความหลากหลายของพืชพรรณป่าผลัดใบมีการขยายตัว พบ Altingia, Combretaceae, Dipterocarpaceae ในช่วง 8,000-6,900 ปีก่อนปีปัจจุบัน รอบๆทะเลสาบควรเป็นป่าผสมผลัดใบและป่าดิบแล้ง และมีความชุ่มชื้นมากกว่าในปัจจุบัน</li> <li>- 6,600-6,400 ปีก่อนปีปัจจุบัน (โฮโลซีน) ถึงแม้ว่าความชุ่มชื้นจะเพิ่มขึ้นแต่พืชพรรณกลับลดลงหรือบางชนิดหายไป มีถ่านเพิ่มมากขึ้นแสดงว่าเกิดไฟป่าขึ้นทั่วไป อย่างไรก็ตามแต่กลับมีละอองเรณูของสนเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นไปได้ที่สนมีความทนไฟ และปกดินสนมีสปอร์เป็นปริมาณมากและกระจายไปได้ไกล</li> <li>- 2,500 ปีก่อนปีปัจจุบัน ป่าไม้โค่นรบกวนมาก ป่ามีความแห้งแล้งขึ้น</li> </ul> | Kealhofer and Penny (1998)            |
| Age in radiocarbon years BP ±1 S.D<br>1,620±32 (calibrated age BP 2 ซิกมา<br>1549-1413) ถึง 1,572±46 (calibrated<br>age BP 2 ซิกมา 1545-1350) | ลุ่มน้ำมูล ในที่ราบสูง<br>โคราช<br>จังหวัดนครราชสีมา | จากการศึกษาละอองเรณู พบว่าพื้นที่ป่าไม้และการเพาะปลูกมีการเปลี่ยนแปลงเรื่อยมา โดยช่วงแรกเป็นพื้นที่ป่าและมีการทำลายพื้นที่ป่า ต่อมาสภาพพื้นที่เป็นทุ่งหญ้าซึ่งอาจแสดงถึงการทำนาและการเพาะปลูก นอกจากนี้ในช่วงโฮโลซีนตอนปลาย พบว่ากิจกรรมของมนุษย์ทั้งการตั้งถิ่นฐานและการใช้ทรัพยากรในพื้นที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสังคมพืชในพื้นที่ค่อนข้างชัดเจนกว่าอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Boyd and Mcgraph (2001)               |
| 1360 Conventional                                                                                                                             | อุทยานแห่งชาติแม่ยม<br>จังหวัดแพร่                   | ป่าร้อนชื้น พืชที่พบ ไม้จู้ ( <i>Bombax sp.</i> , ไม้ยาง ( <i>Dipterocarpus sp.</i> ), ไม้ตะเคียน ( <i>Hopea sp.</i> ) ไม้ตะแบก ( <i>Lagerstroemia sp.</i> ) Rubiaceae และปาล์ม, ส่วนละอองเรณูพืชที่พบในเขตอบอุ่นและกึ่งเขตอบอุ่นพบในปริมาณน้อย ได้แก่ ไม้สน ( <i>Pinus sp.</i> ) ต้นกัลลิ่งเสือโคร่ง ( <i>Betula sp.</i> ) และไม้ก่อ ( <i>Quercus sp.</i> ) นอกจากนี้ปริมาณเรณูของหญ้ามี่แนวโน้มน่ามากขึ้นและสปอร์ของเฟิร์นมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้มีสาเหตุการเปลี่ยนแปลงมาจากกิจกรรมของมนุษย์และไฟป่า                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Komomjinda and Wattanakornsiri (2000) |

ตารางที่ 2.4 สรุปการศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูวิทยาในประเทศไทยที่บ่งชี้ถึงระยะเวลาและระบบนิเวศในอดีต (ต่อ)

| อายุ (C-14 BP)        | พื้นที่ศึกษา                                               | ระบบนิเวศ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ผู้แต่ง                   |
|-----------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 620±40 (calibrated)   | หลังคาเพิงคาบ้านไร่<br>อำเภอปางมะผ้า จังหวัด<br>แม่ฮ่องสอน | ละอองเรณูไม้ยืนต้นที่พบได้แก่ ไม้สน ( <i>Pinus sp.</i> ) Annonaceae, <i>Bauhinia sp.</i> <i>Jatropha sp.</i> <i>Xylia sp.</i> พืชล้มลุก ได้แก่ พวกกุศ (ยังไม่มีกรนับจำนวน ไม่สามารถสรุปชนิดป่าไม้ได้)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Trikanchanawattana (2005) |
| 280±30 (Conventional) | เขตอุทยานประวัติศาสตร์<br>สุโขทัย จังหวัดสุโขทัย           | พบละอองเรณูส่วนใหญ่ที่พบที่เป็นต้นไม้หรือไม้พุ่ม ได้แก่ สน (Pinaceae) ตาลโตนด (Palmae) สาลี่แก่นใจ (Capparidaceae) เครือออน (Symphoremataceae) ไคร้มด (Aquifoliaceae) ข่อย (Moraceae) จันทน์ (Sapindaceae) คาง (Mimosaceae) ชะมดต้น (Malvaceae) มะขาม (Caesalpiniaceae) มะพร้าว (Palmae) มะม่วง (Anacardiaceae) สมอพิเภก (Combretaceae) สะเดา (Anacardiaceae) สมอพิเภก (Combretaceae) สะเดา (Meliaceae) สะแกนา (Combretaceae) พืชตระกูลหญ้า พืชน้ำเฟิร์น ได้แก่ หญ้าหัวไม้ขีด (Eriocaulaceae) หญ้าถอดปล้อง (Equisetaceae) หญ้า/ข้าว (Gramineae) บัวสาย (Nymphaeaceae) กูดขน (Lycopodiaceae) ขยี้ผ้าสีดา (Polypodiaceae) กูด (Gleicheniaceae) และผักกูดขม (Blechnaceae) | Watanasak (2003)          |
| 160±40 (calibrated)   | ถ้ำลอด จังหวัดแม่ฮ่องสอน                                   | ไม้ยืนต้นได้แก่ ไม้ก่อ ( <i>Castanopsis sp.</i> ) ไม้สน ( <i>Pinus sp.</i> ) Annonaceae (วงศ์กระดังงา) <i>Phyllanthus sp.</i> (มะขามป้อม) Lauraceae (อบเชย) Ulmaceae (ปอแพน)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Trikanchanawattana (2005) |

จากการทบทวนการศึกษาละอองเรณูในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย พอจะอนุมานได้ว่า 40,000 ปีก่อนปีปัจจุบันสภาพอากาศโดยรวมของประเทศไทยเย็นและแห้งแล้งกว่าในปัจจุบันมีป่าสนกระจายครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ภาคเหนือ และบางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยของประเทศไทย

จนมาถึงประมาณ 20,000 ปีก่อนปีปัจจุบันสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น และอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณฝนมากขึ้นทำให้เกิดการกระจายตัวของพื้นที่ป่ากึ่งร้อนชื้น (ป่าผสมผลัดใบ) และป่าร้อนชื้น (ป่าไม่ผลัดใบ) ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ เช่นพื้นที่ลุ่มมีปริมาณน้ำฝนมากส่วนใหญ่จะปกคลุมด้วยป่าร้อนชื้น

10,000 ปีก่อนปีปัจจุบัน อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยและปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้ป่าร้อนชื้นมีความอุดมสมบูรณ์

8,000 ปีก่อนปีปัจจุบันจนถึงปัจจุบัน พบว่าถึงแม้สภาพอากาศจะใกล้เคียงกับในช่วง 10,000 ปีก่อนปีปัจจุบัน แต่การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การพึ่งพิงการใช้ทรัพยากรป่าไม้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้พื้นที่ป่าไม้เขตร้อนชื้นลดลงอย่างมากและป่ากึ่งร้อนชื้นหรือป่าผสมผลัดใบครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น เป็นข้อสรุปที่นักวิจัยนำเสนอรูปแบบจำลองขึ้นมาจากข้อมูลสภาพแวดล้อมจากผู้วิจัยหลายๆ ท่าน ที่มีข้อมูลสอดคล้องกัน

อย่างไรก็ตามการศึกษาละอองเรณูในพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ยังไม่พบการศึกษาใด นอกจากผลจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีถ้ำผี (Spirit cave) โดย Chester Gorman ในปี พ.ศ. 2509 (ค.ศ. 1956) จากบทความเรื่อง “Excavations at Spirit Cave, North Thailand โดย Gorman (1970) ซึ่งได้พบชิ้นส่วนพืชและเมล็ดทั้งที่สมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ดังสรุปในตารางที่ 2.5

ในส่วนของการบรรยายสภาพพื้นที่ป่าไม้บริเวณถ้ำผี มีข้อสังเกตบางประการ คือ Gorman ได้กล่าวถึงสภาพป่า โดยอ้างนักพฤกษศาสตร์หลายท่าน เช่น A. Kuchler and J. Sawyer และอาจารย์เต็ม สมิตินันท์ (โดยไม่ได้ระบุหนังสืออ้างอิงปี พ.ศ.) ได้กล่าวถึงป่าไม้บริเวณถ้ำผีแมนว่า พื้นที่บริเวณหุบเขาด้านล่าง (the valley floor) มีพืชขนาดใหญ่งอกอยู่หนาแน่น มีป่าเบญจพรรณขึ้นอยู่ทั่วไป ได้แก่ ไม้เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) ไม้ตะแบกหรือตะแบกเลือด (*Lagerstroemia balansae*) ไม้สัก (*Tectona grandis*) และสมอเทศ (*Terminalia arata*) มีต้นไม้ขนาดกลาง ได้แก่ ไม้พะยุง (*Dalbergia donganaiensis*) อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula*) นอกจากนี้มีพืชเล็กๆ งอกคลุมดินอยู่ทั่วไป ได้แก่ Graminoide ไม้พุ่มกอสูง ไม้ซาง ส่วนบริเวณที่ลาดสูง (the higher stone vegetation) เป็นลาดเขาสูงต่อเนื่องจากบริเวณพื้นที่หุบเขา มีพืชพวกไม้ยาง ไม้พลวง ไม้เหียง ที่มีความสูงมากและใบแน่นทึบ นอกจากนี้เป็นต้นไม้ที่เลื้อยลงมา เช่น ยอป่า ส่วนพืชใบเล็ก ได้แก่ สนเปลือกบาง (*Pinus kesiya*) และสนเปลือกหนา (*Pinus merkusii*) ก่อหลุม (*Castanopsis argyrophylla*) ข้อสังเกตจากการกล่าวถึงสภาพป่าไม้บริเวณถ้ำผีแมนในขณะนั้น (พ.ศ. 2509) แตกต่างไปจากสภาพป่าไม้ในปัจจุบัน (พ.ศ. 2548) ในปัจจุบันจากการที่ไปเก็บข้อมูลและสำรวจสภาพป่าบริเวณรอบๆ ถ้ำผีแมน พบว่าส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณ ตั้งแต่ระดับความสูงปานกลางถึงยอดเขา ส่วนบริเวณพื้นที่ราบลุ่มได้ถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ทำไร่กระเทียมของชาวบ้าน ในบริเวณดังกล่าวไม่ปรากฏสภาพป่าที่จะมีต้นสนหรือต้นก่อ ซึ่งเป็นไม้ที่ขึ้นอีกระบบนิเวศหนึ่ง

Gorman (1970) ได้สรุปเกี่ยวกับพืชที่ถ้ำผีแมนว่า อาจจะไม่ใช่พืชที่มนุษย์นำมาปลูกขึ้น เพราะหลักฐานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสภาพแวดล้อม ปริมาณของซากพืชที่พบ โครงสร้างและขนาดของเมล็ดพืช และเครื่องมือเครื่องใช้ในการเพาะปลูก หลักฐานต่างๆ ที่กล่าวมานี้ไม่พอเพียงต่อการสนับสนุนว่าพืชดังกล่าวเป็นพืชที่มนุษย์เพาะปลูกขึ้น แต่มนุษย์ในยุคนั้นอาจนำเอาพืชมากินเป็นอาหารแล้วทิ้งเมล็ดโดยไม่ตั้งใจที่จะบำรุงหรือทำกันอย่างจริงจัง

ตารางที่ 2.5 ซากพืชที่พบบริเวณถ้ำผีแมน (Gorman 1970)

| ชื่อพืช            | Family                  | Genus                | ส่วนของพืช  | สภาพ              | จำนวน  | หลุมขุดค้น | ระดับที่พบ | ชั้นวัฒนธรรม | ค่าอายุคาร์บอน 14 (corrected date) <sup>1</sup>                                                                           |
|--------------------|-------------------------|----------------------|-------------|-------------------|--------|------------|------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| เต้า               | Cucurbitaceae           | Lagenaria            | เปลือกผล    | ชิ้นส่วน          | มากมาย | B1-B2      | 3          | 1            | 9,455 ± 360 (GAK 1845)                                                                                                    |
| จำพวกหมาก          | Palmae                  | Areca                | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วน          | 2      | B1-B2      | 4          |              | 10,390 ± 310 (TF 803)<br>11,857 ± 580 (FSU 316)<br>11,690 ± 560 (FSU 315)                                                 |
| จำพวกหมาก          | Palmae                  | Areca                | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วน          | มากมาย | B3         | 2          | 2            | 7,622 ± 300 (FSU 317)<br>8,142 ± 390 (FSU 314)<br>8,806 ± 200 (GAK 1846)<br>8,750 ± 140 (TF 802)<br>8,776 ± 190 (FSU 318) |
| ถั่วลันเตา         | Palmae หรือ Leguminosae | Raphia pisum         | เมล็ด       | ทั้งเมล็ดเป็นถ่าน | 1      | B1-B2      | 4          | 1            | 9,455 ± 360 (GAK 1845)                                                                                                    |
| ถั่วปากอ้า         | Leguminosae             | Phaseolus, Glycine   | เมล็ด       | ทั้งเมล็ดเป็นถ่าน | มากมาย | B1-B2      | 4          |              | 10,390 ± 310 (TF 803)<br>11,857 ± 580 (FSU 316)<br>11,690 ± 560 (FSU 315)                                                 |
| ถั่วปากอ้า         | Leguminosae             | Phaseolus, Glycine   | เมล็ด       | ทั้งเมล็ดเป็นถ่าน | 1      | B3         | 2          | 2            | 7,622 ± 300 (FSU 317)                                                                                                     |
| มะกิม, มะกอกเลื่อม | Burseraceae             | Canarium             | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วนเป็นถ่าน  | มากมาย | B3         | 1,2        |              | 8,142 ± 390 (FSU 314)                                                                                                     |
| แตงกวา             | Cucurbitaceae           | cucumis              | เมล็ด       | ทั้งเมล็ด         | 1      | B3         | 1          |              | 8,806 ± 200 (GAK 1846)                                                                                                    |
| จำพวกคิปลีพริกไทย  | Piperaceae              | Piper                | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วน          | 1      | B3         | 2          |              | 8,750 ± 140 (TF 802)                                                                                                      |
| มะเขือ             | Euphorbiaceae           | Candlenut, Aleurites | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วนเป็นถ่าน  | มากมาย | B3         | 2          |              | 8,776 ± 190 (FSU 318)                                                                                                     |

ตารางที่ 2.5 ชากพืชที่พบบริเวณถ้ำผีแมน (Gorman 1970) (ต่อ)

| ชื่อพืช            | Family        | Genus                | ส่วนของพืช  | สภาพ              | จำนวน  | หลุมขุดค้น | ระดับที่พบ | ชั้นวัฒนธรรม | ค่าอายุคาร์บอน 14 (corrected date) <sup>1</sup> |
|--------------------|---------------|----------------------|-------------|-------------------|--------|------------|------------|--------------|-------------------------------------------------|
| ถั่วปากอ้า         | Leguminosae   | Phaseolus, Glycine   | เมล็ด       | ทั้งเมล็ดเป็นถ่าน | 1      | B3         | 2          | 2            | 7,622 ± 300 (FSU 317)                           |
| มะกิม, มะกอกเลื่อม | Burseraceae   | Canarium             | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วนเป็นถ่าน  | มากมาย | B3         | 1,2        |              | 8,142 ± 390 (FSU 314)                           |
|                    |               |                      |             |                   |        |            |            |              | 8,806 ± 200 (GAK 1846)                          |
| แตงกวา             | Cucurbitaceae | cucumis              | เมล็ด       | ทั้งเมล็ด         | 1      | B3         | 1          |              | 8,750 ± 140 (TF 802)                            |
| จำพวกคิปติพริกไทย  | Piperaceae    | Piper                | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วน          | 1      | B3         | 2          |              | 8,776 ± 190 (FSU 318)                           |
| มะเยา              | Euphorbiaceae | Candlenut, Aleurites | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วนเป็นถ่าน  | มากมาย | B3         | 2          |              |                                                 |
| มะขาง              | Sapotaceae    | Mudhuca              | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วน          | 1      | B3         | 2          |              |                                                 |
| ท้อ                | Rosaceae      | Prunus               | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วน          | 3      | B3         | 3          | 1            | 9,455 ± 360 (GAK 1845)                          |
| กระจับ             | Trapaceae     | Trapa                | เปลือกเมล็ด | ชิ้นส่วน          | 1      | B3         | 3          |              | 10,390 ± 310 (TF 803)                           |
| สมอพิเภก           | Combretaceae  | Terminalia           | เปลือก      | ชิ้นส่วน          | 1      | B3-B4      | 3a         |              | 11,857 ± 580 (FSU 316)                          |
|                    |               |                      |             |                   |        |            |            |              | 11,690 ± 560 (FSU 315)                          |

หมายเหตุ : FSU=Florida State University; GaK Gakushuin University; TF=Tata Institute of Fundamental

Research 1: Radiocarbon determinations corrected to half-life

ภาพรวมการศึกษาละอองเรณูในประเทศไทยที่ผ่านมาเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและต้องการหลักฐานมาช่วยสนับสนุนในการที่จะอธิบายระบบนิเวศนั้นๆ ในอดีต ความชัดเจนของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามธรรมชาติหรือจากกิจกรรมของมนุษย์ (โดยเฉพาะไฟ) ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดพืชพรรณหรือชนิดป่า

การศึกษาเกี่ยวกับละอองเรณูและพืชพรรณในอดีตในประเทศไทยยังขาดการศึกษาอย่างเป็นระบบ ขาดฐานข้อมูลในการใช้อ้างอิง จึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นและเร่งด่วนที่ควรที่จะสร้างนักวิจัยที่มีความรู้เฉพาะในสาขานี้เพิ่มเติม

## บทที่ 3

### วิธีวิทยา

นาฏสุดา ภูมิจันทร์ (บรรณาธิการ)  
สินีนาวรรณศรี และฉัตรศรี ศรีกาญจนวัฒนา

การศึกษาด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมในอดีต แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การศึกษาด้านวงปีไม้ การศึกษาด้านละอองเรณู และการกำหนดอายุด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำความรู้ที่ได้ในแต่ละส่วนมาบูรณาการร่วมกันในการสร้างความรู้ความเข้าใจตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งการศึกษาในแต่ละส่วนอาศัยวิธีวิทยาเฉพาะด้าน ดังนี้

### 3.1 วิธีวิทยาด้านวงปีไม้

การศึกษาวงปีไม้ (Dendrochronology) มาจากรากศัพท์คำว่า dendro รวมกับ chronology โดย dendro หมายถึง ต้นไม้ และ chronology หมายถึง วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับเวลา และเหตุการณ์ต่างๆ โดยสรุปแล้ว Dendrochronology หมายถึง วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับวันเวลาของเหตุการณ์ต่างๆ โดยใช้ลักษณะของวงปีต้นไม้เป็นตัวชี้วัด โดยแบ่งออกเป็นวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ ที่นำวงปีไม้ไปประยุกต์ วิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของวงปีต้นไม้กับลักษณะภูมิอากาศ (Dendroclimatology) ลักษณะทางนิเวศวิทยาของต้นไม้ (Dendroecology) ลักษณะทางอุทกวิทยา (Dendrohydrology) ลักษณะทางธรณีวิทยา (Dendrogeomorphology) และงานด้านโบราณคดี (Dendroarcheology) เป็นต้น (Fritts 1976)

#### 3.1.1 หลักการศึกษาทางด้านวงปีไม้

หลักการศึกษาทางด้านวงปีไม้ ประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ ดังนี้

##### 3.1.1.1 หลักความเหมือนกัน (uniformitarian)

กระบวนการทางด้านกายภาพและชีวภาพที่เชื่อมโยงหรือมีผลกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบันย่อมที่จะเคยเกิดขึ้นในอดีตมาก่อน จนสามารถกล่าวได้ว่า ปัจจุบันเป็นกฎเกณฑ์ไปสู่อดีต และในทางตรงกันข้าม อดีตคือกฎเกณฑ์สู่ออนาคต คือสามารถทำนายอนาคตได้นั่นเอง ดังนั้น เมื่อทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีไม้กับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันแล้ว แสดงว่าความสัมพันธ์นี้เคยเกิดขึ้นในอดีตเช่นเดียวกัน หลักการนี้ทำให้สามารถที่จะทำนายและจัดการสภาพแวดล้อมในอนาคตได้

##### 3.1.1.2 ปัจจัยจำกัด (limiting factors)

ปัจจัยจำกัดเป็นปัจจัยที่อธิบายได้ว่าอัตราของกระบวนการต่างๆ ของพืชจะเกิดได้เร็วเท่ากับปัจจัยที่จำกัดที่มากที่สุด เช่น หากฝนเป็นปัจจัยจำกัดของพืช ดังนั้นปริมาณน้ำฝนที่จะผลิตโดยต้นไม้ใน 1 ปี จะสะท้อนถึงปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ตกในพื้นที่นั้นในปีนั้น

### 3.1.1.3 ผลรวมของการเจริญเติบโตของต้นไม้ (aggregate tree growth)

ลำดับการเจริญเติบโตของต้นไม้แต่ละต้น สามารถที่จะแยกส่วนและนำไปสู่ผลรวมทั้งหมดของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้งมนุษย์และธรรมชาติ ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ตลอดเวลา เช่น วงปีของต้นไม้ที่เติบโตขึ้นในเวลา 1 ปี มีผลมาจากปัจจัยรวมต่างๆ อาทิ ปัจจัยทางด้านอายุของต้นไม้ซึ่งเป็นเรื่องทางสรีรวิทยา สภาพภูมิอากาศ ปัจจัยภายนอก ได้แก่ การระบาดของแมลง เหล่านี้เป็นต้น ดังนั้นหากต้องการศึกษาผลจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมปัจจัยใดมากที่สุด ควรพยายามลดปัจจัยทางด้านอื่นให้เหลือน้อยที่สุด

### 3.1.1.4 ขอบเขตทางระบบนิเวศวิทยา (ecological amplitude)

หมายถึง ชนิดไม้สามารถที่จะเจริญเติบโต ขยายพันธุ์ เพิ่มจำนวน ขยายไปยังพื้นที่กว้างหรือแคบ หรืออาจจะจำกัดในบางพื้นที่ หลักการนี้มีความสำคัญเพราะว่าชนิดพืชที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาด้านวงปีไม้ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับขอบเขตของระบบนิเวศวิทยานั้นๆ ซึ่งจะเป็นตัวสะท้อนถึงระบบนิเวศวิทยาที่ไม้เติบโตอยู่

### 3.1.1.5 หลักในการเลือกพื้นที่ศึกษา (site selection)

การเลือกพื้นที่ในการศึกษาต้องเลือกให้เข้ากับข้อกำหนดที่จะทำให้เส้นดัชนีที่มีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมที่ต้องการศึกษามากที่สุด เช่น ต้นไม้ที่ตอบสนองต่อความแห้งแล้งสามารถที่จะพบได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยจำกัด ดังนั้น ถ้าสนใจเกี่ยวกับความแห้งแล้งในอดีตควรที่จะมีเป้าหมายในการเลือกเก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่มีน้ำเป็นปัจจัยจำกัด เป็นต้น

### 3.1.1.6 หลักเกณฑ์ในการเปรียบเทียบความเหมือน (cross dating)

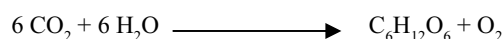
การเปรียบเทียบความเหมือน คือ การเปรียบเทียบลักษณะของวงปีไม้ของต้นไม้ภายในต้นเดียวกันปีต่อปีว่ามีความเหมือนกัน หรือมีความแตกต่างกันอย่างไร โดยการเปรียบเทียบความเหมือนนี้มีจุดประสงค์เพื่อต้องการหารูปแบบการเจริญเติบโตของต้นไม้ภายในต้นเดียวกัน หรือภายในหมู่ไม้เดียวกันที่เหมือนกัน และเป็นสัดส่วนมากพอที่จะนำไปสร้างเส้นดัชนีเพื่อเป็นตัวแทนต้นไม้ หรือหมู่ไม้ในพื้นที่ศึกษา

### 3.1.1.7 การจำลองแบบ หรือการถอดแบบ (replication)

เป็นหลักการศึกษาสภาพแวดล้อมเพื่อจำลองแบบหรือถอดแบบจากสภาพแวดล้อมนั้นให้ได้ใกล้เคียงกับธรรมชาติมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อต้องการลดการรบกวนหรือความผิดพลาดจากปัจจัยอื่นๆให้น้อยที่สุด ในการศึกษาจะต้องเลือกพื้นที่ศึกษาที่มีต้นไม้มากกว่า 1 ต้นและในแต่ละต้นต้องเก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ตัวอย่าง เพื่อที่จะลดความคลาดเคลื่อนของความแตกต่างในต้นไม้ต้นเดียวกัน (intra-tree variability) (Cook and Kairiukstis 1990)

## 3.1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

ทฤษฎีเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืช ประกอบด้วยปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ ปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในที่สำคัญ ได้แก่ น้ำ แร่ธาตุ อาหาร แสงแดด และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ส่วนปัจจัยภายในที่สำคัญ ได้แก่ ฮอร์โมน และอายุ เป็นต้น แสดงสมการการสังเคราะห์แสงของพืช คือ



การใช้วงปีไม้ศึกษาสภาพแวดล้อมในอดีต (Dendrochronology) มีหลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่างเฉพาะเจาะจง (purposive selection) เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษา กล่าวคือ ถ้าต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีกับสภาพภูมิอากาศ (Dendroclimatology) ตัวอย่างไม้ที่เก็บควรขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงหรือที่มีน้ำฝนและอุณหภูมิเป็นปัจจัยจำกัด โดยที่ลักษณะภายนอกทั่วไปของต้นไม้ต้องมีรูปทรงดี เปลือกกลม และตรง พยายามหลีกเลี่ยงต้นไม้ที่ได้รับอันตรายจากไฟป่า แมลง สัตว์กัดแทะ ให้มากที่สุด เพื่อที่จะลดปัจจัยรบกวนภายนอกอย่างอื่นดังสมการการเจริญเติบโตของ Fritts (1976) คือ

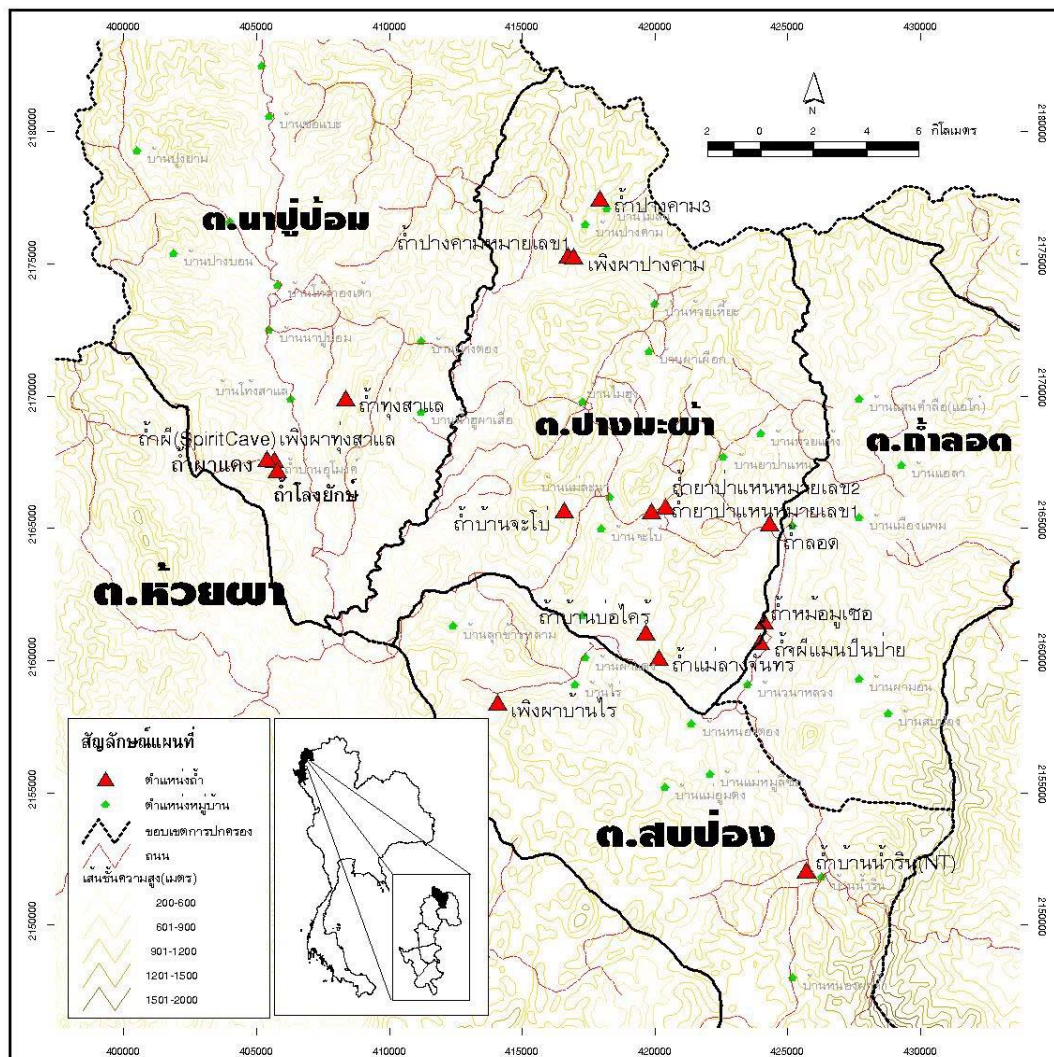
$$R_t = A_t + C_t + D1_t + D2_t + E$$

เมื่อ  $A_t$  = อายุของไม้ปีที่  $t$   
 $C_t$  = สภาพภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ) ปีที่  $t$   
 $D1_t$  = ปัจจัยภายใน เช่น ฮอร์โมน พันธุกรรม  
 $D2_t$  = ปัจจัยภายนอก เช่น ไฟป่า โรคแมลง ลม  
 $E$  = ความคลาดเคลื่อนอื่นๆ

### 3.1.3 พื้นที่ศึกษา หลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่าง

#### 3.1.3.1 พื้นที่ศึกษา

ตัวอย่างไม้ที่ใช้ในการศึกษาในโครงการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น ตัวอย่างไม้ที่มาจากไม้ปัจจุบันที่มีชีวิต โดยเป็นไม้ที่เติบโตอยู่ในพื้นที่อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน และตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้ที่พบในอำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยการศึกษาไม้จากแหล่งโบราณคดีจัดแบ่งโดยอาศัยขอบเขตลุ่มน้ำเป็นเกณฑ์ เนื่องจากถ้าที่พบหลักฐานโลงไม้ส่วนใหญ่มีที่ตั้งกระจายอยู่ในสองลุ่มน้ำสำคัญ คือ ลุ่มน้ำของ ลุ่มน้ำลาง ลุ่มน้ำแม่ละนา และลุ่มน้ำสาขา คือ ลุ่มน้ำโป่งแสนปึก ทั้งนี้เพื่อจะได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมในอดีตเพื่อเชื่อมโยงจนมาถึงปัจจุบันว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



แผนที่ที่ 3.1 แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ศึกษา

### 3.1.3.1.1 สภาพพื้นที่ศึกษาไม้ที่มีชีวิต

พื้นที่ศึกษาไม้ที่มีชีวิต ประกอบด้วยพื้นที่ศึกษาในเขตอนุรักษ์ 3 แห่ง คือ พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน และพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-ผาเสื่อ ซึ่งพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 พื้นที่ เป็นป่าที่พบไม้สัก และไม้สน ขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป และเป็นพื้นที่ที่มีข้อมูลของสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการศึกษาอีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1.3.1.1.1 พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย

ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปายนี้มีแหล่งโบราณคดีหลายแห่ง โดยเฉพาะแหล่งโบราณคดีประเภทถ้ำในวัฒนธรรมโลหะ ซึ่งชาวบ้านทั่วไปเรียกว่า “ถ้ำผีแมน” และพบหลักฐานทางโบราณคดีที่พบในถ้ำ ได้แก่ โลงศพไม้โบราณ ภาพเขียนสีโบราณ และเครื่องมือเครื่องใช้ประเภทโลหะ เป็นต้น (รัชนี ขูทรงเดช 2546)

### 1) สถานที่ตั้งและอาณาเขต

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปายได้รับการจัดตั้งให้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา พ.ศ. 2515 เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าที่ใหญ่ที่สุดของจังหวัดแม่ฮ่องสอน มีพื้นที่ 738,195 ไร่ หรือ 1,181 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ครึ่งหนึ่งของอำเภอปางมะผ้า และพื้นที่บางส่วนของอำเภอเมืองและอำเภอปาย

|             |                                                                                                       |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ทิศเหนือ    | จด ตำบลเมืองแปง อำเภอปาย ตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน                                      |
| ทิศใต้      | จด ตำบลเมืองแปง อำเภอปาย ตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน                                      |
| ทิศตะวันออก | จด ตำบลแม่นาเติง ตำบลเวียงใต้ ตำบลทุ่งยาว อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน                                  |
| ทิศตะวันตก  | จด แนวถนนทางหลวงสาย 1095 ปางมะผ้า-แม่ฮ่องสอน ตำบลปางหมู<br>ตำบลหมอกจำแป๋ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน |

### 2) ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศ ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน มีที่ราบอยู่น้อยมาก มักจะเป็นที่อยู่อาศัยและที่ทำกินของประชาชนซึ่งเป็นชาวเขาเผ่าต่างๆ ที่อาศัยอยู่เป็นส่วนใหญ่ เช่น มูเซอ ลีซอ จีนฮ่อ กะเหรี่ยง ดองสุ ไทยใหญ่ เป็นต้น มีระดับความสูงของเทือกเขาจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 400-1,900 เมตร ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญหลายสาย เช่น แม่น้ำปาย ลำน้ำหลวง ลำน้ำน้อย ลำน้ำด่าง ลำน้ำแม่สะงา เป็นต้น

พื้นที่ส่วนใหญ่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย ประกอบด้วยพื้นที่สูงที่มีลักษณะภูเขาเด่นชัด 3 ลักษณะ คือ 1) ภูเขาหินอัคนีเป็นเทือกเขาแนวเหนือใต้ บริเวณตะวันออก 2) ภูเขาหินปูน (karst topography) บริเวณตอนกลางก่อนไปทางทิศเหนือจดพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน และ 3) ภูเขาหินทรายบริเวณด้านทิศตะวันตก และทิศใต้

### 3) ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิประเทศเป็นแบบฝนเมืองร้อน ฤดูกาลสามารถแบ่งเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยเฉพาะในเดือนสิงหาคมจะมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในรอบปี ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ อากาศจะหนาวเย็นและแห้งแล้ง โดยเฉพาะในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมเป็นเดือนที่มีหมอกมากที่สุด ส่วนฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม มีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป โดยเฉพาะเดือนเมษายนมีอากาศร้อนที่สุดในรอบปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีในคาบ 10 ปี เท่ากับ 1,284.12 มิลลิเมตร และวันฝนตกเฉลี่ยตลอดปีในคาบ 10 ปี เท่ากับ 138 วัน ฝนตกมากที่สุดในเดือนสิงหาคม 238.55 มิลลิเมตร และมีวันฝนตกมากที่สุด 25.6 วัน ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยปานกลางในคาบ 10 ปี เท่ากับ 26.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน 41.56 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคมเท่ากับ 8.57 องศาเซลเซียส

### 4) ลักษณะป่าไม้

สภาพป่าค่อนข้างสมบูรณ์ เนื่องจากมีลักษณะพื้นที่ที่อยู่ต่ำไปจนถึงพื้นที่สูงมากจึงทำให้มีสภาพป่าหลายลักษณะอยู่รวมกัน เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าดงดิบ ป่าสนเขา เป็นต้น มีพรรณไม้ที่สำคัญ คือ ไม้สัก แดง ประดู่ เต็ง รัง พลวง ก่อ สน รัก เป็นต้น สังคมพืชสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ป่าเบญจพรรณหรือป่าโปร่งผสม (mixed deciduous forest) พบไม้ผลัดใบหลายชนิดขึ้นปะปนกัน พื้นที่ป่าไม่รกทึบ ไม้ที่พบเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางบางแห่งมีไม้ยืนต้นหนาแน่น
2. ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) ป่าชนิดนี้กระจายตัวอยู่ตามที่ราบลุ่ม โดยมากพบขึ้นเป็นหย่อมๆ ไม้ที่พบส่วนใหญ่เป็นไม้ในตระกูลยาง ไม้พื้นล่างไม่รกทึบ และส่วนมากเป็นกล้าของไม้ใหญ่
3. ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) ป่าเต็งรังในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปายนี้จัดเป็นสังคมป่าเต็งรังผสมสนเขาซึ่งพบในบริเวณที่เป็นสันเขามีหินโผล่ ไม้สนเป็นพุ่มสนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese) ขึ้นปะปนกับพันธุ์ไม้ในป่าเต็งรัง ไม้พื้นล่างที่พบเป็นพวกปรังป่า (*Gycas siamensis* Miq.)

### 3.1.3.1.1.2 พื้นที่รักษพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน

#### 1) สถานที่ตั้งและอาณาเขต

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน ตั้งอยู่บริเวณที่ดินป่าแม่ปายฝั่งขวาตอนล่าง อยู่ในพื้นที่ตำบลนาปู่ป้อม ตำบลปางมะผ้าและตำบลถ้ำลอด อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พื้นที่รับผิดชอบ 173,125 ไร่ หรือ 277 ตารางกิโลเมตร ที่ตั้งทำการเขตฯ อยู่บริเวณพิกัด 47QMB 079625 ในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 หมายเลขระวาง 4648 II, 4648 III และ 4648 IV มีอาณาเขตติดต่อกับ

|             |                                                                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ทิศเหนือ    | จด สหภาพพม่า                                                                                                              |
| ทิศใต้      | จด เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย ห้วยน้ำโป่ง ตำบลถ้ำลอด<br>อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน                             |
| ทิศตะวันออก | จด อุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง ตำบลแม่มาเดิง อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน                                                      |
| ทิศตะวันตก  | จด ลำห้วยน้ำของ พื้นที่เตรียมประกาศเป็นอุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-น้ำตกผาเสื่อ<br>ตำบลนาปู่ป้อม อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน |

#### 2) ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพพื้นที่ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ หรือ 164,468 ไร่ มีลักษณะเป็นภูเขาสลับซับซ้อนตลอดพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 300-1,538 เมตร มีที่ราบน้อย ส่วนมากเป็นที่ราบตามหุบเขาและที่ราบริมห้วย มีประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ หรือ 8,657 ไร่ สภาพพื้นที่ป่าแม่ปายขวาตอนล่าง ป่าโป่งแสนปึก ป่าสันปันแดนที่จะกำหนดเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ เป็นป่าต้นน้ำลำธารที่สำคัญมากแห่งหนึ่งของจังหวัดแม่ฮ่องสอน พื้นที่เทือกเขาทางด้านทิศเหนือเป็นทิวเขาถนนธงชัยที่ทอดแนวจากทิศตะวันตกวกไปทางทิศตะวันออก มีแนวสันปันน้ำยาวประมาณ 47 กิโลเมตร แบ่งเขตแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหภาพพม่า เทือกเขาขึ้นไปบรรจบกับเทือกเขาถนนธงชัยกลางเป็นสันปันน้ำ ซึ่งเป็นต้นน้ำของลำน้ำปายและห้วยที่สำคัญหลายสาย มีลำห้วยน้ำของใหญ่ ห้วยโป่งแสนปึก ห้วยปงยับ ห้วยน้ำปง ห้วยแม่ละนา ห้วยน้ำราง ห้วยน้ำแพม ซึ่งมีน้ำปริมาณมากไหลตลอดทั้งปี ลำห้วยบางสายไหลตลอดผ่านภูเขาหินปูนทำให้เกิดถ้ำต่างๆ มากมาย แนวยอดเทือกเขาทั้งหมดในพื้นที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญที่ไหลลงสู่แม่น้ำปาย มียอดเขาสูงที่สุด 1,538 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางบนดอยสันหลวง

บริเวณเนินเขาและภูเขาสูงมีเนื้อที่ประมาณร้อยละ 95 ของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่ปายฝั่งขวาตอนล่าง มีความลาดชันมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเทือกเขาทอดยาวจากเหนือจดใต้ มีสภาพเป็นภูเขาหินเก่า บางแห่งสูงชัน มีหน้าผาปรากฏอยู่ทั่วไป เกิดมาจากโครงสร้างทางธรณีที่เป็นลักษณะภูมิประเทศที่

เป็นหินปูน (karst topography) ยกตัวขึ้นเมื่อหลายล้านปีก่อน ซึ่งมีอิทธิพลต่อภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้นๆ มาก เพราะเป็นแนวเทือกเขายาวเหมือนเป็นกำแพงกั้นเมฆฝน ด้านที่ได้รับลมจากทะเลจะเป็นบริเวณที่มีฝนตกสม่ำเสมอ ทำให้เป็นพื้นที่ที่อุดมสมบูรณ์ด้วยพืชพรรณไม้ที่หนาทึบ มีสัตว์ที่สับร่ายอากาศที่สวยงาม

บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง พื้นที่ที่อยู่ริมน้ำห้วยสายต่างๆ ดินเป็นดินตะกอนที่ลำนํ้าพัดพามาทับถม เกิดเป็นแนวแคบๆ บริเวณที่ราบระหว่างหุบเขาและสันดินริมน้ำมีสภาพพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลิกเนอดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียวเป็นทรายแป้ง ลิกเลลงไปจะเป็นดินทรายผสมกรวดซึ่งจะพบชั้นดินแตกต่างกันเป็นชั้นๆ แสดงถึงการทับถมของตะกอนลำนํ้าในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ดินมีการระบายน้ำได้ดีปานกลาง บริเวณนี้จึงมักเป็นแหล่งที่ตั้งของชุมชน หมู่บ้าน หรือเป็นที่ทำกินของราษฎรส่วนใหญ่ในพื้นที่ทำการสำรวจ

### 3) ลักษณะป่าไม้

เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของพื้นที่มีระดับความสูงแตกต่างกันระหว่าง 300-1,500 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีอิทธิพลต่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อมากระทบกับเทือกเขาที่ขวางอยู่ ทำให้พื้นที่ได้รับปริมาณน้ำฝนแตกต่างกัน จึงทำให้มีสภาพของสังคมพืชแตกต่างกันไปตามระดับความสูงและลักษณะเฉพาะของพื้นที่ ดังนั้น ความหลากหลายทางชีวภาพก็มากขึ้นตามไปด้วย พื้นที่ป่าแห่งนี้ บางแห่งเคยเป็นป่าโครงการทำไม้มาก่อน จึงทำให้สังคมพืชชั้นล่างเปลี่ยนแปลงไปบ้าง พอจำแนกได้ดังนี้

1. ป่าเบญจพรรณหรือป่าโปร่งผสม (mixed deciduous forest) เป็นสังคมป่าที่ชอบขึ้นอยู่ในบริเวณที่ราบเชิงเขาหรือบริเวณที่มีระดับต่ำกว่าป่าเต็งรังลงมา มักขึ้นในพื้นที่ที่มีหน้าดินลิก มีหินกรวดน้อย ป่าชนิดนี้มีเรือนยอด 3 ชั้น ความสูงของเรือนยอดไม้ยืนต้นประมาณ 30-35 เมตร พันธุ์ไม้เด่นที่สำคัญที่พบมากในป่าประเภทนี้ ได้แก่ ไม้สัก แดง ตะแบก เสลา อินทนิล ประดู่ ตะคร้อ มะกอก ตะเคียนหนู ปอสา เลี่ยน เป็นต้น ป่าชนิดนี้ยังมีไม้ไผ่ผสมขึ้นอยู่หลายชนิด เช่น ไผ่หนาม ไผ่รวก ไผ่ซาง รวมทั้งมีกล้วยไม้ดอกหลายชนิด เช่น ดอกคำตัง เป็นต้น

2. ป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest) ป่าเต็งรังที่พบจัดเป็นป่าเต็งรังผสมป่าเต็งรังบางแห่งผสมไม้สนเขา (dipterocarpus-pineyum-merkusii) พบในบริเวณที่เป็นสันเขา มีหน้าดินน้อยและมีหินโผล่ ไม้สนที่พบเป็นสนสองใบ ขึ้นสะสมอยู่ในป่าเต็งรัง มีเรือนยอด 3 ชั้น ความสูงของเรือนยอดประมาณ 20-25 เมตร บริเวณที่หน้าดินน้อยมีเรือนยอด 3 ชั้น ไม้ชั้นเรือนยอดจะมีความสูงไม่เกิน 15 เมตร พรรณไม้เด่นที่พบ เช่น เต็ง รัง เหียง พลวง รกฟ้า สมอ แหน

3. ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) กระจายตัวอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มตามฝั่งลำห้วยที่มีปริมาณความชื้นสูงและพบตามบริเวณสันเขา หุบห้วยที่มีน้ำในช่วงฤดูฝนเมื่อเทียบกับป่าเบญจพรรณ สังคมป่าชนิดนี้จะกินบริเวณไม่กว้างมากนัก โดยมากพบเป็นหย่อมๆ และบริเวณห้วยบางจุดมีเรือนยอด 3 ชั้น ความสูงของไม้เรือนยอดมากกว่า 35 เมตร ส่วนใหญ่เป็นไม้วงศ์ก่อ (Fagaceae) ผสมอยู่ พรรณไม้เด่นที่พบ ได้แก่ ยางโคน ตะแบกใหญ่ มะไฟป่า คอแลน ส้าน มะเดื่อปล้อง พืชเกาะยึดที่สำคัญ ได้แก่ เถาวัลย์ รวมทั้งกล้วยไม้ป่าหลายชนิด เช่น รองเท้านารี มอส เฟิร์น และเฟื่อยลม ในบริเวณที่มีความชื้นสูงอาจพบป่าดิบชื้น (moist evergreen forest) ขึ้นอยู่แทนป่าดิบแล้ง แต่มีจำนวนน้อยมาก จะพบต้นค้อขึ้นปะปนอยู่ด้วย

4. ป่าดิบเขา (hill evergreen forest) จะพบอยู่ในบริเวณใกล้หุบลำห้วยที่มีความชุ่มชื้นมากตามเขตภูเขาสูงในระดับ 1,000 เมตรขึ้นไป โครงสร้างจะเป็นเรือนยอด 3 ชั้น ความสูงของเรือนยอด

มากกว่า 25 เมตร พืชจะเป็นไม้ในวงศ์ก่อ (Fagaceae) ผสมอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นพรรณไม้เด่นของป่าประเภทนี้ที่พบ ได้แก่ ก่อเดือย ก่อหนาม ก่อตลับ ก่อнок และอาจพบพรรณไม้อื่นขึ้นปะปนอยู่ เช่น ไม้สน กำลัง-เสือโคร่ง จำปีป่า เป็นต้น พืชยืคเกาะที่สำคัญ ได้แก่ กล้วยไม้ เช่น ขี้หลวงหลังลาย ชายผ้าสีดา มอส พื้นที่ป่าจะพบผักกูดและเฟิร์นขึ้นหนาแน่น รวมทั้งเห็ดต่างๆ ขึ้นตามซากไม้ผุพัง ป่าประเภทนี้เป็นป่าที่มีคุณค่ายิ่งต่อมนุษย์ เนื่องจากเป็นป่าต้นน้ำลำธารและเป็นแหล่งชันน้ำที่สำคัญ

5. ป่าสนเขา (pine forest) ป่าชนิดนี้มีกระจายกระจายเป็นหย่อมเล็กๆ ตามบริเวณที่สูง โดยเฉพาะตามสันเขา มีสนสองใบและสนสามใบและอาจขึ้นปะปนกับป่าประเภทอื่น ถ้าเป็นป่าสนเขาที่อยู่บนภูเขาที่มีความสูงมากกว่า 1,000 เมตร ส่วนใหญ่จะเป็นสนสามใบ (*Pinus kesiya*)

6. ป่าเขาหินปูน เป็นป่าที่ขึ้นอยู่เฉพาะตามภูเขาที่เป็นภูเขาหินปูนเท่านั้น สภาพป่าแคระแกรน ไม้มีขนาดเล็ก เนื่องจากมีชั้นหน้าดินน้อยมาก จากการสำรวจชนิดพรรณไม้บริเวณที่เข้าถึง มีชนิดไม้คล้ายกับป่าดงดิบชื้น

### 3.1.3.1.3 พื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-ผาเสื่อ

#### 1) สถานที่ตั้งและอาณาเขต

อุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-น้ำตกผาเสื่อ ตั้งอยู่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน มีเนื้อที่ประมาณ 305,000 ไร่ หรือ 488 ตารางกิโลเมตร อยู่ในลุ่มน้ำแม่ปาย จัดตั้งขึ้นเนื่องจากวนอุทยานถ้ำปลา และวนอุทยานน้ำตกผาเสื่ออยู่บริเวณผืนป่าเดียวกัน กรมป่าไม้จึงให้ดำเนินการสำรวจจัดตั้งเป็นอุทยานแห่งชาติ ให้จัดตั้งเป็นอุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-น้ำตกผาเสื่อ เมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2540 เดิมเป็นป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่ปายฝั่งขวาตอนล่างมีอาณาเขตติดต่อกับ

|             |                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|
| ทิศเหนือ    | จด รัฐฉาน สาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพพม่า และอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน |
| ทิศใต้      | จด ห้วยหมากอื่น และห้วยผึ้ง และอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน     |
| ทิศตะวันออก | จด ลำน้ำของ และตำบลปางมะผ้า อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน               |
| ทิศตะวันตก  | จด รัฐฉาน สาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพพม่า และอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน |

อุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-น้ำตกผาเสื่อมีสภาพป่าอุดมสมบูรณ์ และยังมีทิวทัศน์สวยงาม วัฒนธรรมท้องถิ่นที่น่าสนใจ คือ ประเพณีการบวชปอยสาละของชาวไทยใหญ่ จุดเด่นที่น่าสนใจของอุทยานฯ ได้แก่ น้ำตกผาเสื่อ น้ำตกห้วยขาน น้ำตกคากาญ น้ำตกแม่สะงากลาง น้ำตกห้วยโป่งอ่อน ถ้ำพระบาทคู่ ภูโครนน้ำพุร้อน วนอุทยานถ้ำปลา ระยะทางจากจังหวัดแม่ฮ่องสอน ถึงอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน 2 กิโลเมตร และระยะทางจากอำเภอแม่ฮ่องสอน ถึงสำนักงานอุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-น้ำตกผาเสื่อ 25 กิโลเมตร เป็นถนนลาดยางทั้งหมด

#### 2) ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนเป็นลูกคลื่น และมีความสูงชันประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ สูงจากระดับน้ำทะเลต่ำสุด 300 เมตร และสูงสุด 1,918 เมตร สภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแหล่งน้ำอุปโภคบริโภคที่สำคัญ ได้แก่ น้ำแม่สะงา, น้ำแม่สะงี, ลำน้ำของ และลำน้ำปาย

### 3) ลักษณะป่าไม้ และสัตว์ป่า

อุทยานแห่งชาติถ้ำปลา-น้ำตกผาเสื่อ มีสัตว์ป่าอาศัยอยู่เป็นจำนวนมากเพราะเป็นอุทยานฯ ที่มีความอุดมของธรรมชาติอยู่มาก สัตว์ป่าที่มีมากได้แก่ นกนานาชนิด ไก่ป่า เก้ง และหมูป่า ส่วนสัตว์ที่เป็นจุดเด่น ได้แก่ นก เก้ง หมูป่า ไก่ป่า ลิง กระรอก และหมี เป็นต้น



รูปที่ 3.1 แสดงพื้นที่ป่าสักตามธรรมชาติในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน



รูปที่ 3.2 แสดงพื้นที่ป่าสนตามธรรมชาติในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

### 3.1.3.1.2 สภาพพื้นที่ศึกษาไม้จากแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้

แหล่งโบราณคดีที่เก็บตัวอย่างและทำการวิเคราะห์ไปบางส่วนจากโครงการระยะที่ 1 ในพื้นที่ลุ่มน้ำของมีจำนวน 2 แหล่งโบราณคดี ได้แก่ แหล่งโบราณคดีถ้ำผาแดง และโลงยักษ์ ส่วนในลุ่มน้ำล่างมีจำนวน 7 แหล่ง คือ แหล่งโบราณคดีถ้ำลอด ถ้ำบ้านน้ำริน ถ้ำแม่กลางจันทร์หมายเลข 1 และ 3 เพิงผาบ้านไร่ และถ้ำบ่อไคร้ ซึ่งเป็นแหล่งโบราณคดีที่ตั้งในลุ่มน้ำแม่ละนาที่จัดเป็นสาขาย่อยหนึ่งของลุ่มน้ำล่าง ในพื้นที่จำนวนแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ลุ่มน้ำล่างจะมีจำนวนมากที่สุด ทั้งนี้เพราะเป็นพื้นที่ที่ทางโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอนได้ดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดี ดังนั้นจึงเน้นการศึกษาในลุ่มน้ำนี้ด้วยทางหนึ่งเพื่อให้เกิดภาพรวมของสิ่งแวดล้อมตามลำดับเวลา แหล่งโบราณคดีโลงไม้เหล่านี้ผลจากการกำหนดอายุทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีคาร์บอน 14 พบว่ามีอายุ 57 ปีก่อน พ.ศ. ถึง พุทธศตวรรษที่ 14 (รัศมี ชูทรงเดช 2546)

แหล่งโบราณคดีที่ได้เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์เพิ่มเติมในโครงการระยะที่ 2 จากลุ่มน้ำล่าง ได้แก่ ถ้ำผีแมนป็นป่าย ถ้ำหม้อมุเซอ และเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมจากหุบเขาบ้านไร่ จากลุ่มน้ำของ ได้แก่ ถ้ำผี เพิงผาท่งสาแล ถ้ำบ้านทุ่งสาแล เก็บตัวอย่างเพิ่มเติมจากถ้ำบ้านบ่อไคร้ ลุ่มน้ำแม่ละนา ได้แก่ ถ้ำยาป่าแหนหมายเลข 1 และยาป่าแหนหมายเลข 1 และ ลุ่มน้ำสาขาโป่งแสนปึก ได้แก่ น้ำจาง ปางคาม

โลงไม้จากแหล่งโบราณคดีเหล่านี้ส่วนใหญ่ทำมาจากไม้สัก โดยแหล่งโบราณคดีที่เลือกศึกษาในแต่ละแหล่งเป็นแหล่งโบราณคดีที่เป็นตัวแทนที่ดีในการศึกษาเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างลุ่มน้ำ เพราะมีรูปแบบหัวโลงที่เหมือนและแตกต่างกัน และโลงไม้ที่ยังคงพบอยู่ในแต่ละถ้ำยังมีปริมาณพอสมควรและอยู่ในสภาพที่จะนำมาศึกษาได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องกันในทางวัฒนธรรม

### พื้นที่ศึกษาแหล่งโบราณคดีในลุ่มน้ำล่าง

#### 3.1.3.1.2.1 แหล่งโบราณคดีถ้ำลอด

##### 1) ที่ตั้ง

แหล่งโบราณคดีถ้ำลอดตั้งอยู่หมู่ที่ 3 บ้านถ้ำลอด ตำบลสบป่อง ภายในสถานีพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่าถ้ำน้ำลอด ถ้ำลอดเป็นถ้ำที่มีลักษณะธารลอดที่มีน้ำไหลผ่านทะลุเทือกเขาหินปูน ปากทางน้ำออกของถ้ำลอดอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 640 เมตร ประกอบด้วย 3 คูหา คือ ถ้ำเสาหิน ถ้ำตุ๊กตาและถ้ำผีแมน

##### 2) สภาพแวดล้อม

สภาพป่าบริเวณแหล่งโบราณคดีถ้ำลอดปกคลุมด้วยป่าเบญจพรรณเป็นพื้นที่กว้าง มีไม้ไผ่ขึ้นปะปนอยู่ทั่วไป พันธุ์ไม้ที่พบได้แก่ ไม้สัก กระจายอยู่ห่างๆ ไทร ไม้หว้า ไม้รัก ไม้จ๊ว ไม้ก่อ เป็นต้น โดยพบขึ้นอยู่บริเวณพื้นที่ราบริมน้ำและที่ลาดเชิงเขา ส่วนพรรณไม้ที่ขึ้นบริเวณหลังคาถ้ำจะเป็นพันธุ์ไม้ในป่าเต็งรัง โดยขึ้นปะปนไปกับไม้ในป่าเบญจพรรณ ไม้เด่นที่พบมีไม้เต็ง รัง เป็นต้น พื้นที่บางส่วนไม่ห่างจากแหล่งโบราณคดีมากนักได้ถูกจับจองเพื่อทำไร่ และปลูกข้าว

### 3) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

#### ก) ถ้ำเสาหิน

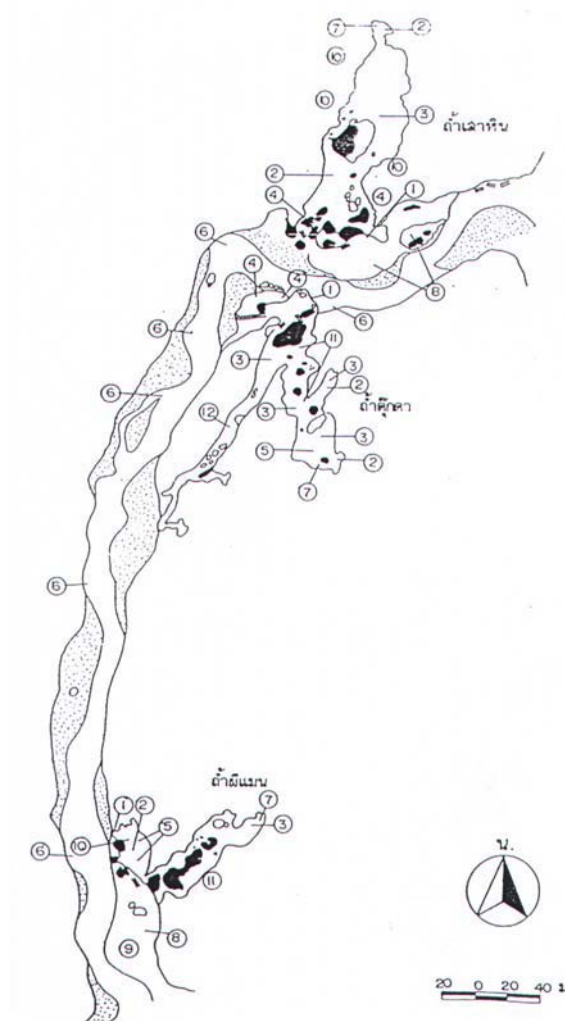
เป็นคูหาถ้ำภายในถ้ำลอด จะพบเสาหินขนาดใหญ่รูปทรงกระบอก สวยงามด้วยลวดลายของหินย้อยที่มาบรรจบกันกับหินงอก เด่นเป็นสง่าขนานอยู่สองข้างทางเดิน นอกจากนี้ยังพบม่านหินย้อย หินกาบเพชร ซึ่งเกิดจากการตกผลึกของแร่แคลไซต์ จะสะท้อนแสงไฟเกิดเป็นประกายแวววาวงดงามมาก บริเวณใกล้เคียงยังมีม่านเบคอน ซึ่งเป็นหินย้อยมีลักษณะเป็นชั้นๆ เกิดจากองค์ประกอบของสารละลายที่จับตัวกันเป็นเวลานาน ในถ้ำนี้ไม่พบหลักฐานทางโบราณคดี

#### ข) ถ้ำตุ๊กตา

เป็นคูหาอีกคูหาหนึ่งในถ้ำลอด เป็นถ้ำที่มีความสวยงามมากในบรรดาถ้ำต่างๆ เพราะจะพบลักษณะเด่นทางธรณีวิทยามากมาย เช่น เวทีหิน ทำนบหินปูน หลอดหินย้อย หินระนาด หินตุ๊กตา ซึ่งพบเป็นกลุ่มของหินงอกจากพื้นถ้ำที่มีรูปร่างคล้ายตุ๊กตาเรียงตามกันจำนวนมาก ดอกไม้ถ้ำ เป็นผลึกแร่อะราโกไนต์ที่มีลักษณะคล้ายดอกไม้ พบบริเวณผนังถ้ำและเพดานถ้ำ เป็นลักษณะที่ไม่ค่อยพบเห็นได้ในถ้ำอื่นมากนัก นอกจากลักษณะทางธรณีวิทยาต่างๆ แล้วยังพบภาพเขียนโบราณเป็นรูปกวาง ชนุ และพระอาทิตย์ ภายในถ้ำนี้ ปัจจุบันภาพเขียนมีสภาพเลือนลางมาก (สุเมธรัตน์ สวัสดิ์สวัสดิ์ 2542)

#### ค) ถ้ำผีแมน

เป็นคูหาสุดท้ายของถ้ำลอด ตัวถ้ำอยู่สูงจากพื้นดินที่ลำนํ้าลงไหลผ่านประมาณ 20 เมตร บริเวณปากทางเข้าถ้ำจะมีลานกว้าง ทางเข้าถ้ำมีลักษณะเป็นหลืบและช่องทางแคบๆ และมีความสำคัญทางโบราณคดีและประวัติศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2529 ถ้ำนี้ได้รับการสำรวจโดยกรมศิลปากร หลักฐานที่พบในขณะนั้นได้แก่ โลงไม้ และเสาไม้ เศษภาชนะดินเผา และกระดูกปะปน (สถาพร ขวัญยืน และคณะ 2530) และในปี พ.ศ. 2542 ถ้ำลอด ได้รับการสำรวจและบันทึกข้อมูลโดยโครงการสำรวจและจัดระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำในจังหวัดแม่ฮ่องสอน (สิทธิพงศ์ ศิลกวานิช 2543) และต่อมาในปี พ.ศ. 2544 แหล่งโบราณคดีแห่งนี้ได้รับการสำรวจโดยโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งพบโลงไม้ประมาณ 10 โลง มีความยาวประมาณ 3-7 เมตร ส่วนใหญ่ถูกทำลายมีสภาพแตกหัก นอกจากนี้ยังพบชิ้นส่วนกระดูกมนุษย์ เศษภาชนะดินเผา หินกรวดแม่น้ำ และพบร่องรอยของดินสีแดง (ดินเทศ) ที่อาจนำมาใช้ในพิธีศพ (รัศมี ชูทรงเดช 2545)



แผนผังที่ 3.1 แหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอด

ที่มา: โครงการสำรวจและจัดระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน 2543

### 3.1.3.1.2.2 แหล่งโบราณคดีถ้ำบ้านน้ำริน

#### 1) ที่ตั้ง

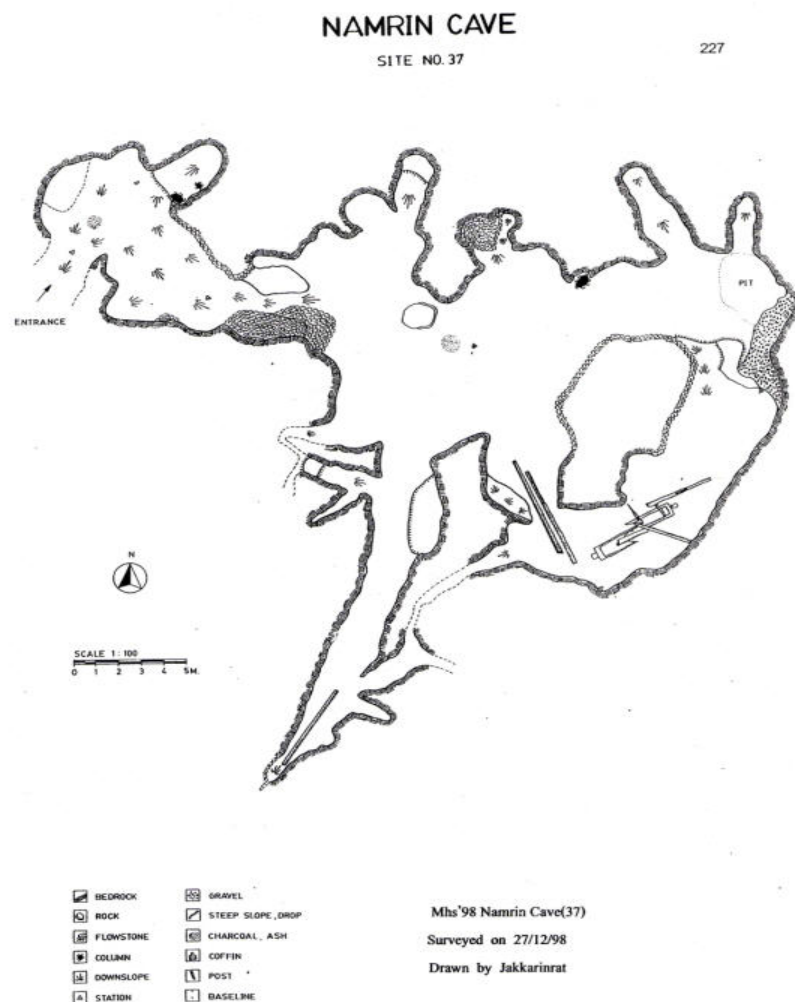
แหล่งโบราณคดีแห่งนี้ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำลาด มีลักษณะเป็นถ้ำหินปูนบริเวณริมทางหลวงสาย 1095 (สบป่อง-แม่ฮ่องสอน) หากเดินทางโดยรถยนต์จากอำเภอปาย เมื่อถึงบ้านน้ำริน (อยู่ทางซ้ายมือ เมื่อมาจากอำเภอปาย) เมื่อสุดทางที่บริเวณท้ายหมู่บ้านเดินทางเท้าอีกประมาณ 15 นาที พบถ้ำน้ำริน

#### 2) สภาพแวดล้อม

สภาพป่ารอบแหล่งโบราณคดีเป็นป่าเบญจพรรณ มีไม้ไผ่ขึ้นปะปนอยู่ทั่วไป พรรณไม้ที่พบได้แก่ ไม้สัก ไม้รัก ไม้จ๊ว ไม้ก่อ เป็นต้น พื้นที่บริเวณแหล่งโบราณคดีส่วนใหญ่มีที่ราบเชิงเขาค่อนข้างมากพอสมควรจึงใช้ในการปลูกพืชไร่และมีการปลูกข้าวโดยอาศัยน้ำจากห้วยน้ำริน

### 3) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

เป็นถ้ำแห่งมีโถงใหญ่ 1 โถง มีโถงไม้ขนาดใหญ่และเสาไม้ขนาดใหญ่ โถงวางอยู่บนพื้นดิน หัวโถงมีลักษณะเป็นจุกใหญ่



แผนผังที่ 35 แหล่งโบราณคดีหมายเลข 37

### แผนผังที่ 3.2 แหล่งโบราณคดีบ้านน้ำริน

#### 3.1.3.1.2.3 แหล่งโบราณคดีถ้ำบ่อไคร้

##### 1) ที่ตั้ง

แหล่งโบราณคดีถ้ำบ้านบ่อไคร้มีลักษณะเป็นถ้ำประเภท non-active ตำแหน่งถ้ำอยู่ในจุดเกือบสูงสุดของยอดเขาที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 920 เมตร และมีระดับความสูงจากที่ราบลุ่มน้ำลางทางด้านทิศใต้ของถ้ำประมาณ 290 เมตร ปากถ้ำหันไปทางทิศเหนือ โดยค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM 419640 N 2161218 E

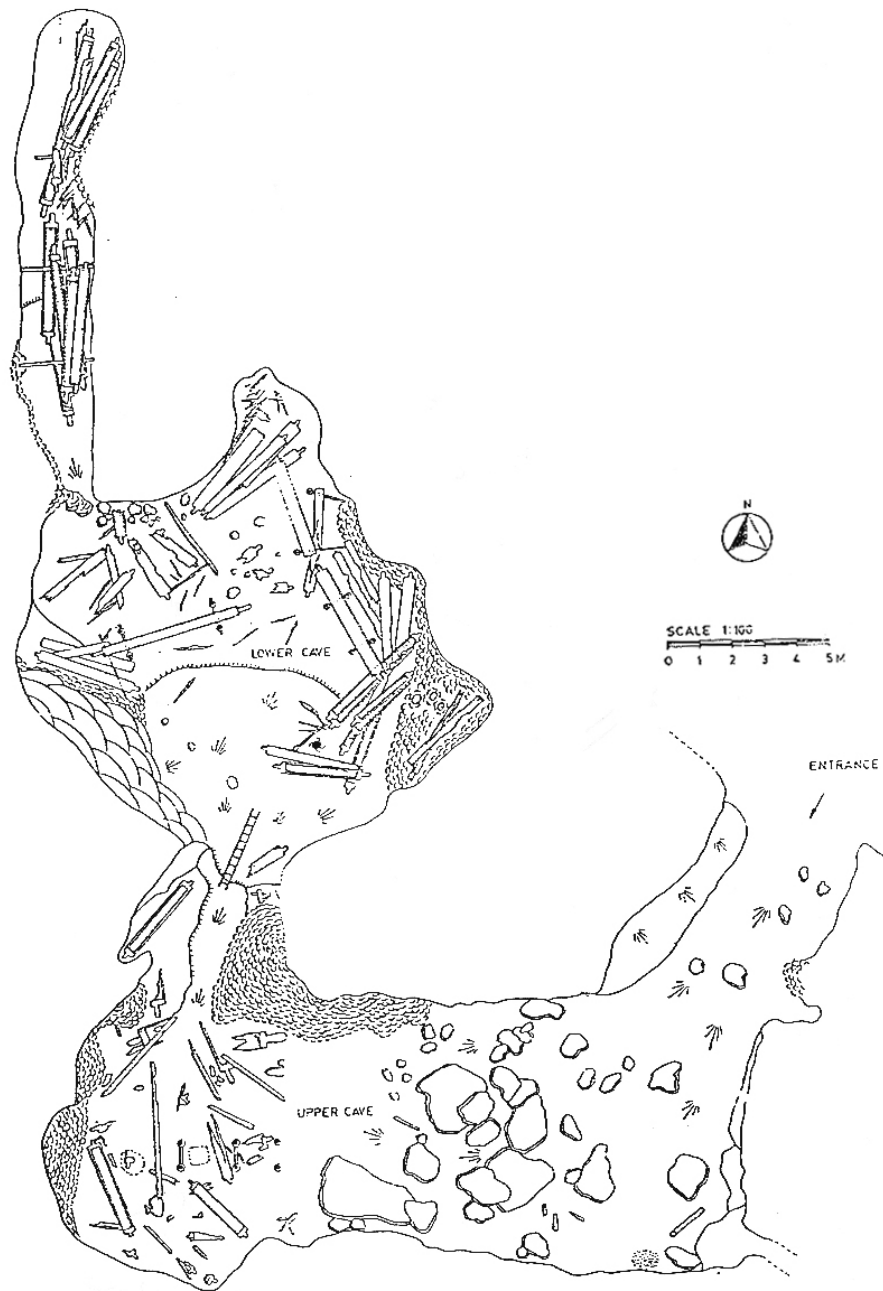
## 2) สภาพแวดล้อม

สภาพป่าโดยรอบเป็นป่าเบญจพรรณมีสภาพค่อนข้างเสื่อมโทรม ส่วนใหญ่ถูกแผ้วถางทำการเกษตร ดังนั้นไม้ส่วนใหญ่ที่พบจึงเป็นไม้ไผ่พบกระจายอยู่ทั่วไป ชนิดไม้ในป่าเบญจพรรณที่พบมีไม้จืด ไม้แดง เป็นต้น

## 3) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

สภาพถ้ำเหมือนกองหินถล่มอยู่ทางด้านขวามือของทางเดิน ปากถ้ำมีความกว้างประมาณ 4 เมตร สูงประมาณ 2 เมตร ภายในถ้ำแบ่งออกเป็น 3 คูหา โครงไม้ที่พบทั้งหมดทำจากไม้สัก (*Tectona grandis* L.) มีขนาดความกว้างเฉลี่ยประมาณ 35-50 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 3-4 เมตร โครงที่ยาวที่สุดมีความยาวประมาณ 5 เมตร จากลักษณะการวางโครงไม้ทั้งหมดสะท้อนถึงการไม่มีกฎเกณฑ์หรือข้อบังคับในการวางโครงไม้ของคนในอดีตหรือลักษณะที่แตกต่างกันออกไป อาจเกิดจากข้อจำกัดของลักษณะถ้ำที่มีพื้นที่จำกัด

นอกจากหลักฐานโครงไม้แล้วในแหล่งโบราณคดีนี้ยังพบหลักฐานอื่นๆ ได้แก่ เศษภาชนะดินเผาแบบเนื้อดิน (earthenware) ทั้งที่อยู่ในโครง ใต้โครง และพื้นที่รอบๆ ในคูหาที่ 3 รวมทั้งหมด 15 ชิ้น พบพื้น ชั้นส่วนกระดุมมนุษย์กระจายอยู่ทั่วไป และเครื่องประดับเหล็กลักษณะเป็นแหวนหรือห่วงกลมขนาด 2 เซนติเมตร (เชิดศักดิ์ ตรียาภิวัฒน์ 2541)

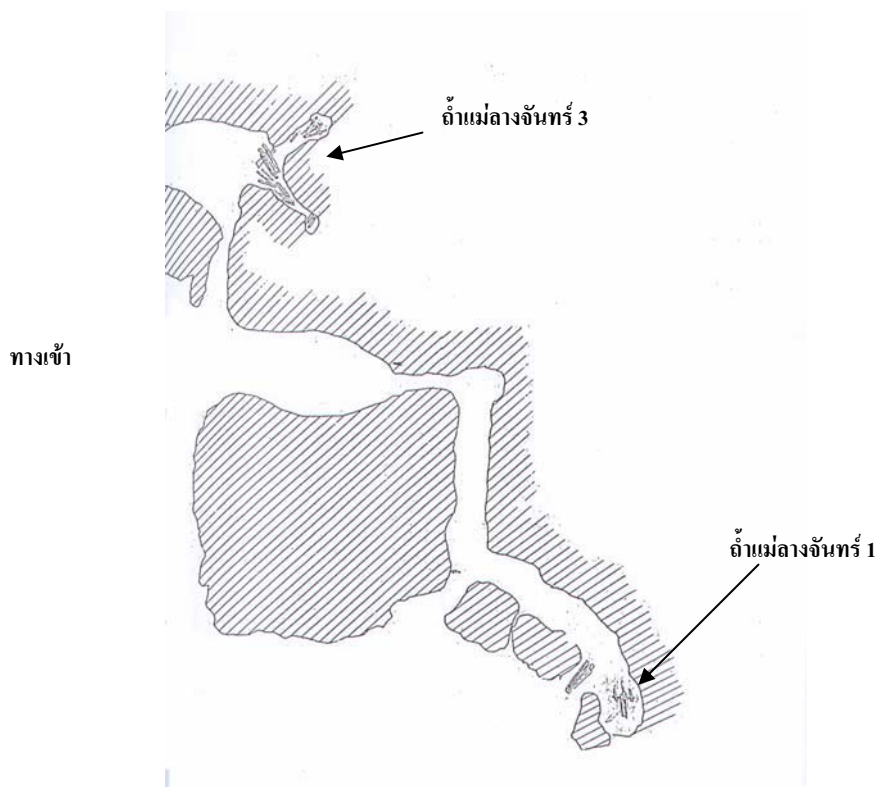


แผนผังที่ 3.3 แหล่งโบราณคดีถ้ำบ้านโป่งไคร้

ที่มา: โครงการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูล ปี 2541-43

#### 3.1.3.1.2.4 แหล่งโบราณคดีถ้ำแม่กลางจันทร์ 1

ถ้ำแม่กลางจันทร์เป็นกลุ่มถ้ำ ประกอบด้วยถ้ำที่พบโครงกระดูกมนุษย์หลายถ้ำ การศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างของถ้ำแม่กลางจันทร์ 1 และ 3 สภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นป่าเบญจพรรณ ไม้ที่พบมีไม้สัก ไม้แดง ไม้รัก ไม้ในวงศ์ก่อ เป็นต้น แต่ที่พบไม้ไผ่ขึ้นปะปนกระจายอยู่ทั่วไปทั้งในพื้นที่เชิงเขา และที่ลาดชันของเชิงเขา ในบางจุดจะพบไม้เต็งรังขึ้นปะปนอยู่บ้างในส่วนของยอดเขาของภูเขา



แผนผังที่ 3.4 ที่ตั้งของถ้ำกลางจันทร์ 1 กับถ้ำกลางจันทร์ 3

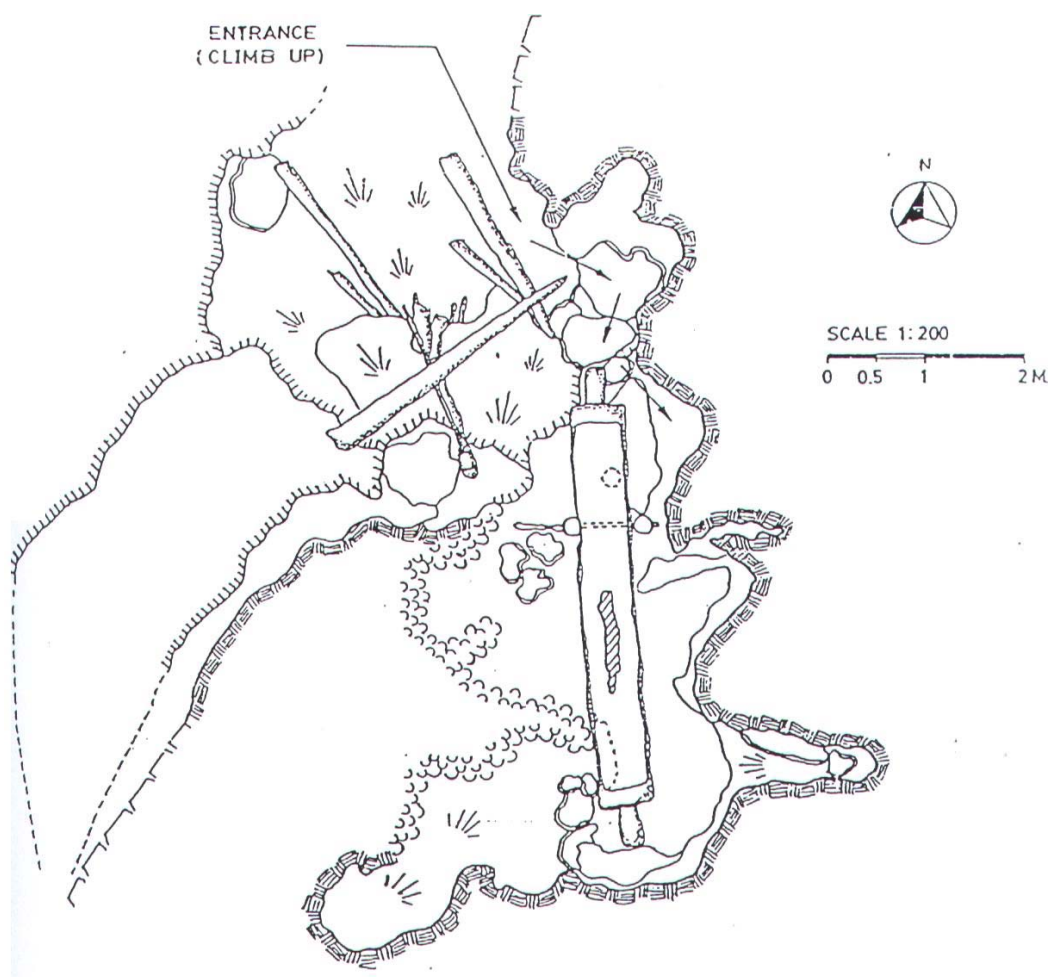
ที่มา: สถาพร ขวัญยืน และคณะ 2530

### 1) ที่ตั้ง

ถ้ำแม่กลางจันทร์ เชิดศักดิ์ ตรีวิทยาวัฒน์ (2541) ได้เรียกส่วนนอกสุดว่าถ้ำกลางจันทร์ 1 โดยมีทางขึ้นถ้ำอยู่ติดกับทางหลวงหมายเลข 1095 (สบป่อง-แม่ฮ่องสอน) ห่างจากโรงพยาบาลปางมะผ้าประมาณ 200-300 เมตร

### 2) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

เป็นเพิงผาที่มีหินขึ้นระเกะระกะบนพื้นดินมีเศษของโลงซึ่งได้ถูกทำลาย ชำรุดมาก และอีกส่วนหนึ่งเป็นเพิงผาสูงประมาณ 4-5 เมตร พบโลงไม้วางพาดอยู่กับเสาและคานด้านหนึ่งและอีกด้านหนึ่งพาดอยู่บนหิน สภาพโลงค่อนข้างสมบูรณ์ มีรอยผูกตามธรรมชาติที่บริเวณพื้นโลง นอกจากนี้มีส่วนหัวโลงวางอยู่ที่พื้น 1 อัน



แผนผังที่ 3.5 แหล่งโบราณคดีถ้ำแม่กลางจันทร์ 1  
ที่มา: โครงการสำรวจ และการจัดทำระบบฐานข้อมูล ปี 2541-43

### 3.1.3.1.2.5 ถ้ำแม่กลางจันทร์ 3

#### 1) ที่ตั้ง

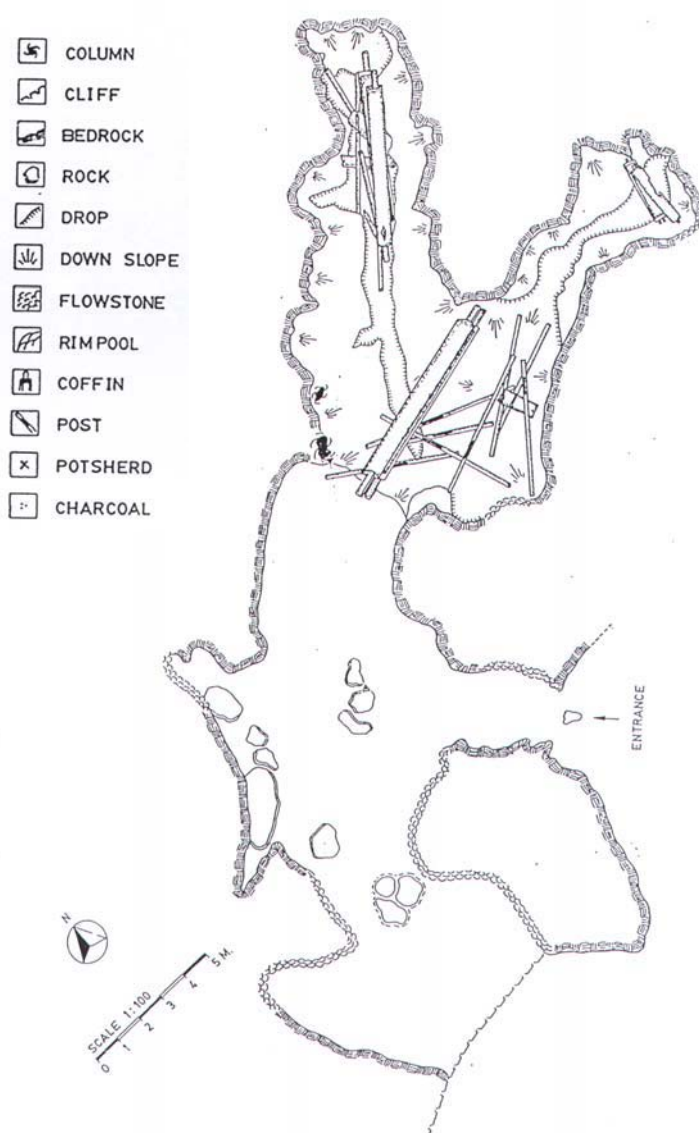
ถ้ำแม่กลางจันทร์ 3 เป็นบริเวณที่ติดต่อกับถ้ำแม่กลางจันทร์ 1 โดยแยกออกมาจากบริเวณถ้ำแม่กลางจันทร์ 1 ไปทางซ้ายมือประมาณ 10-20 เมตร จะพบโพรงหิน เข้าไปตามช่องนั้นจึงพบกับช่องทางถ้ำ มีก้อนหินสูงประมาณ 1.7 เมตรขวางอยู่ ซึ่งสามารถปีนข้ามได้และจะมาพบกับปากถ้ำอีกด้านหนึ่งซึ่งเป็นลานกว้าง พบต้นมะขามขนาดใหญ่ทอดลำต้นขนานไปกับพื้นดิน (เชิดศักดิ์ ตรียาภิวัฒน์ 2541)

#### 2) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

สภาพทางโบราณคดี ปากถ้ำจะมีพื้นที่เป็นลานค่อนข้างกว้างมีแสงแดดส่องลงมาพอสมควร แต่บริเวณที่พบโลงจะมีคืบมาก พื้นถ้ำเป็นร่องและแอ่งใหญ่พอสมควร พบโลงไม้ขนาดใหญ่จำนวน 3 โลงและโลงขนาดเล็กจำนวน 1 โลง หลักฐานทางโบราณคดีอย่างอื่นไม่ปรากฏในการสำรวจเมื่อปี 2541-2543

(เชดส์คัลล์ ตรีธาภิวัฒน์ 2541) แต่จากการสำรวจของกรมศิลปากรในปี 2530 (สถาพร ขวัญยืน และคณะ 2530) รายงานว่าพบหลักฐานทางโบราณคดีอื่นๆร่วมด้วย เช่น เศษภาชนะดินเผา และเครื่องมือหินกะเทาะ

กรมศิลปากรรายงานเมื่อปี พ.ศ. 2530 (สถาพร ขวัญยืน และคณะ 2530) มีจำนวนถึง 8 โลง และมีเสาทั้งสิ้น 13 เสา และจากการเข้าไปในพื้นที่เมื่อ 3-7 กรกฎาคม 2544 พบจำนวนโลงที่บริเวณถ้ำแม่กลางจันทร์ 1 เพียง 1 โลง และหัวโลงที่พื้น 1 อัน จำนวนเสาที่ถ้ำโลงอยู่ 2 เสา และมีโลงที่คงหักร่วงหล่นลงมาอีก 1 โลง สำหรับภายในถ้ำแม่กลางจันทร์ 3 พบโลงใหญ่ 2 โลง ที่อยู่ด้านนอกสุด กับ 1 โลงใหญ่อยู่ลึกเข้าไปตามร่องรอยแตกของถ้ำทางด้านซ้ายมือ และโลงเล็ก 1 โลงที่อยู่บริเวณด้านลึกเข้าไปในถ้ำ



แผนผังที่ 3.6 แหล่งโบราณคดีถ้ำกลางจันทร์ 3

ที่มา: โครงการสำรวจ และการจัดทำระบบฐานข้อมูลฯ ปี 2541-43

### 3.1.3.1.2.6 แหล่งโบราณคดีถ้ำอูมอ

#### 1) ที่ตั้ง

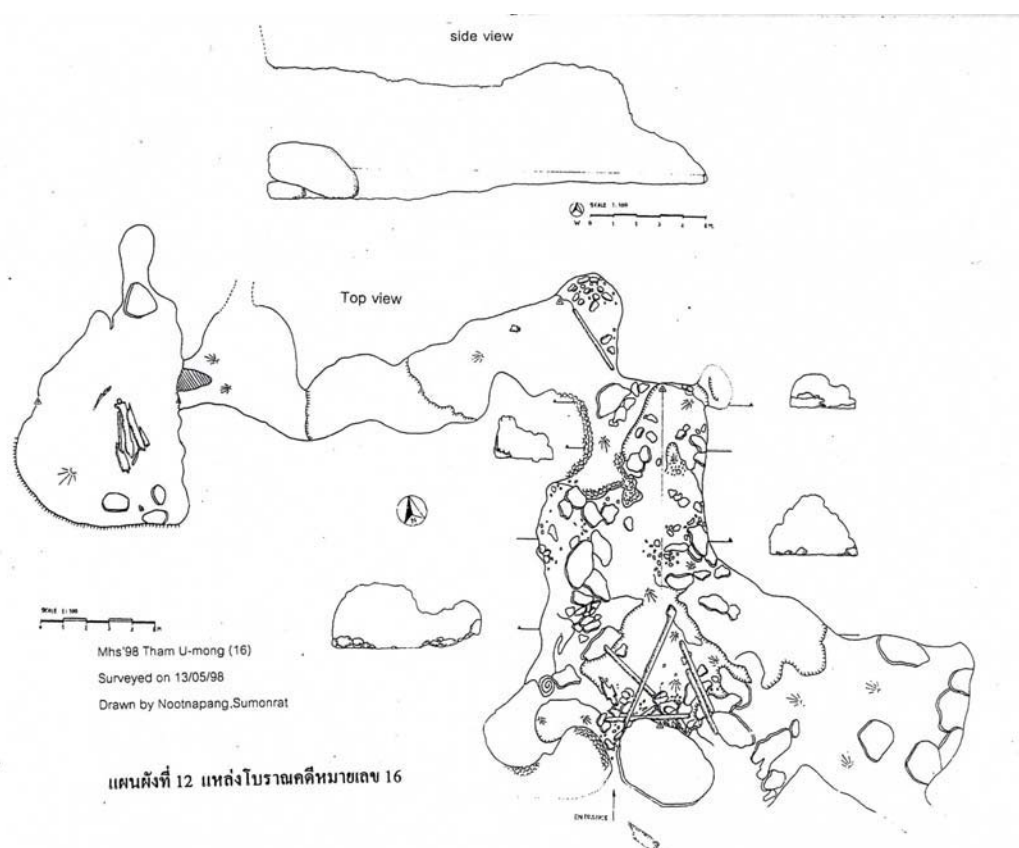
แหล่งโบราณคดีแห่งนี้ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตม มีลักษณะเป็นถ้ำเพิงผาหินปูนบริเวณริมทางหลวงสาย 1095 (สปป.-แม่ฮ่องสอน) หากเดินทางโดยรถยนต์จากอำเภอปาย เมื่อผ่านบ้านน้ำรินมาประมาณ 5-10 นาที จะเห็นลักษณะที่ราบ ทางซ้ายมือเป็นภูเขา มีลำธารไหลขนานสองข้างทาง ด้านขวามือจะเห็นหน้าผาลักษณะคล้ายกองหินกลม และมีโพรงถ้ำอยู่ทางด้านบนสูงจากพื้นด้านล่างประมาณ 50 เมตร

#### 2) สภาพแวดล้อม

พื้นที่รอบแหล่งโบราณคดีมีสภาพเป็นป่าเบญจพรรณ สภาพค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ พบไม้หลายชนิดได้แก่ ไม้สัก ไม้รัก ไม้แดง ไม้จำปา ไม้ก่อ เป็นต้น ป่าไม้พบกระจายอยู่ทั่วไปขึ้นปะปนไปกับไม้ขนาดเล็กใหญ่ พื้นที่บางส่วนของยอดเขาสูงจะพบไม้เต็ง ไม้รัง พลอง เหียง ซึ่งเป็นไม้ที่เติบโตในป่าเต็งรัง

#### 3) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

จากการศึกษาของ รัศมี ชูทรงเดช (2546) มีหัวโลง 5 แบบ ในถ้ำนี้ คือ 1A, 5C, 5D, 6A และ 9B จากการศึกษาของปีเตอร์ เกรฟ และคณะ (Grave et al. 1994) ได้มีการนำตัวอย่างโลงไม้รูปแบบ 5D จากแหล่งโบราณคดีแห่งนี้ไปทดสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์พบว่ามีอายุในช่วงปี พ.ศ. 743-1243



#### แผนผังที่ 3.7 แหล่งโบราณคดีถ้ำอูมอ

### 3.1.3.1.2.7 แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่

ข้อมูลของแหล่งโบราณคดีแห่งนี้มีรายละเอียดมากกว่าแหล่งโบราณคดีแห่งอื่น ทั้งนี้ เพราะได้มีการจัดทำเป็นสารนิพนธ์ และบทความ ภายใต้การดูแลของโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอ ปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

#### 1) ที่ตั้ง

แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ตั้งอยู่ในเขตหมู่บ้านบ้านไร่ ตำบลสบป่อง อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน อยู่สูงจากพื้นราบประมาณ 160-200 เมตร มีลำน้ำลางอยู่ห่างประมาณ 300-400 เมตร ทางทิศใต้ของแหล่ง ตั้งอยู่ในพิกัดภูมิศาสตร์ตามระบบ UTM 0414112 N2158402 E ในแผนที่บ้านแม่ละนา ราว 4648 III ขนาด 1: 50,000 (กรมแผนที่ทหาร 2519)

#### 2) สภาพแวดล้อม

สภาพป่าโดยรอบแหล่งในปัจจุบันมีความหลากหลายของพรรณไม้ โดยมากเป็นป่าเบญจพรรณ ไม้เด่นที่พบเป็นไม้สัก และไม้ไผ่ชนิดต่างๆ ไม้ก่อ ไม้จู้ และไม้หว้าพบอยู่บ้าง พื้นที่ภายในแหล่งมีพรรณไม้ที่ขึ้นเป็นไม้แบบไม้ผลัดใบเติบโตอยู่ ส่วนบริเวณหลังคาเพิงผาพบไม้แบบป่าเต็งรัง เช่น ไม้เต็ง รัง และพลวง ขึ้นปะปนกับไม้สัก



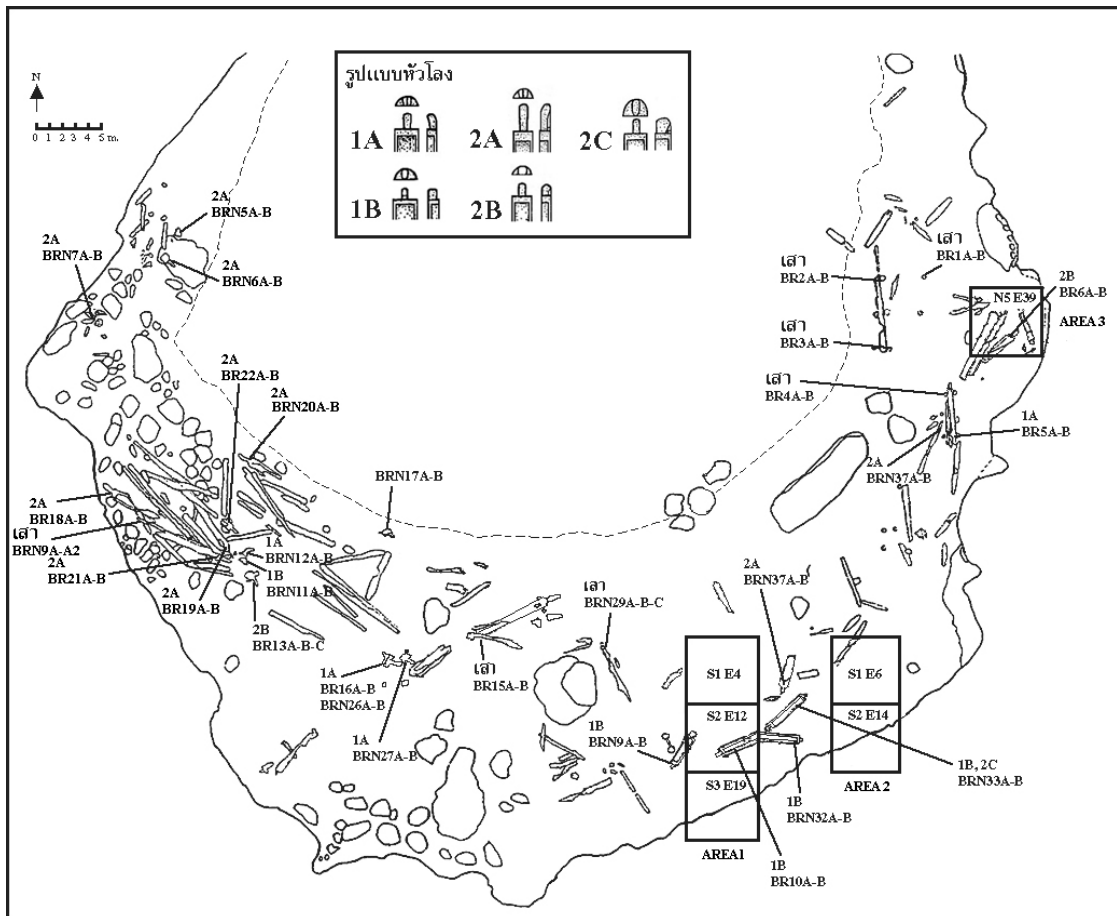
รูปที่ 3.3 แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ โลงไม้และเสาไม้กระจายอยู่ทั่วไปตามแนวเพิงผา

ที่มา : ถ่ายภาพโดย พิชพันธ์ กระแจะจันทร์ 2544

#### 3) สภาพแหล่งโบราณคดี และหลักฐานทางโบราณคดี

สภาพเพิงผามีลักษณะเปิดโล่งมีขนาดกว้างยาวประมาณ 105x142 เมตร อุณหภูมิค่อนข้างคงที่ อากาศค่อนข้างแห้ง สว่าง แดดส่องไม่ถึงจึงทำให้โลงไม้อยู่ในสภาพดี หลักฐานที่พบในแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่มีด้วยกันหลายประเภท และอายุสมัย เช่น เครื่องมือหินกะเทาะ ภาพเขียนสีบนผนังเพิงผา เศษภาชนะดินเผา และโลงไม้กับเสาไม้เป็นจำนวนมาก

หลักฐานบนผิวดินที่พบมากที่สุดเป็นโลงไม้ และเสาไม้ สภาพส่วนใหญ่กระจาย กระจาย ผุพัง แตกหัก บางชิ้นมีร่องรอยไฟไหม้ เสาโลงมีทั้งตั้งอยู่ และล้มนอนบนพื้นดิน เช่นเดียวกับโลงไม้ ปัจจุบันมีโลงไม้เพียง 3 กลุ่มเท่านั้นที่โลงไม้อยู่วางพาดบนคานไม้ที่สอดเข้ากับตัวเสา



แผนผังที่ 3.8 แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ การกระจายตัวของรูปแบบหัวโลง  
ตำแหน่งของรหัสตัวอย่างที่เก็บ และหลุมขุดค้นทางโบราณคดี

### 3.1.3.1.2.8 ถ้ำผีแมนป็นปาย

#### 1) ที่ตั้ง

ถ้ำผีแมนป็นปาย ตั้งอยู่ในเขตบ้านนาหลวง หมู่ 3 ตำบลสบป่อง อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 0424010 N 2160709 E สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 693 เมตร

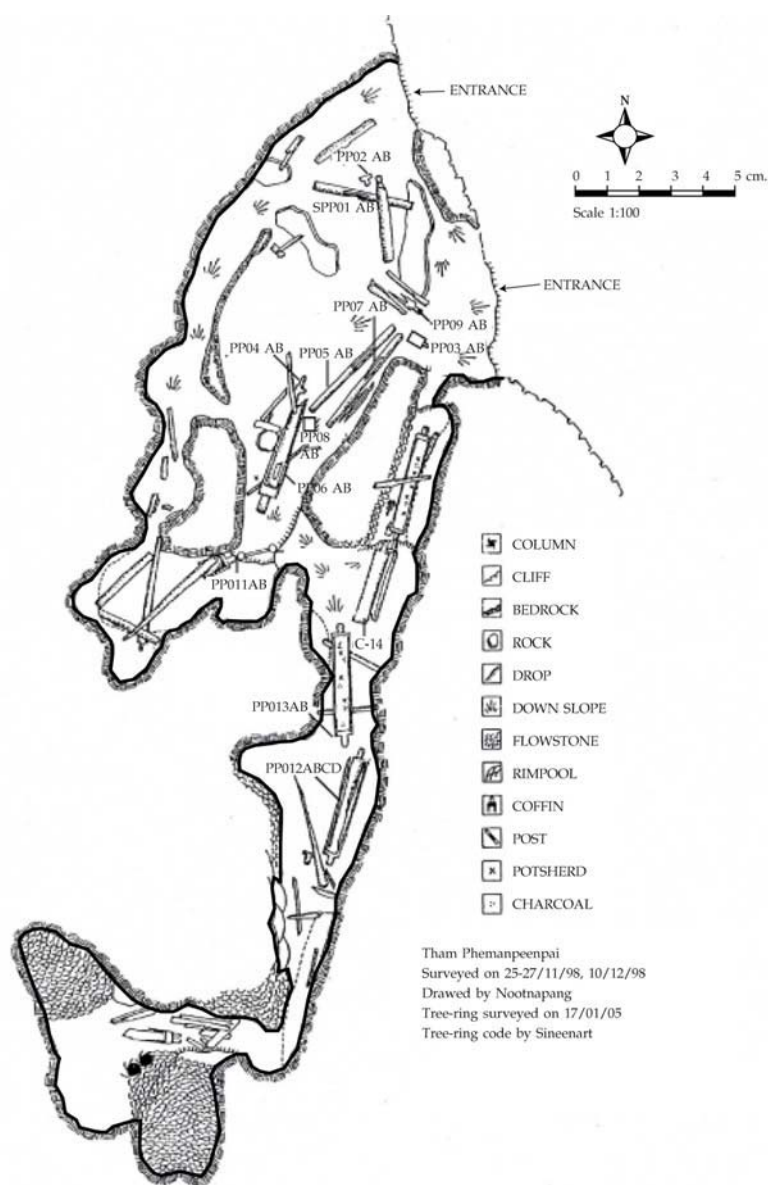
#### 2) สภาพแวดล้อม

ทางเดินไปถ้ำอยู่ตรงข้ามกับโรงเรียนประชาอุทิศ ผ่านพื้นที่ที่เป็นป่าเบญจพรรณ เลื่อมโทรมไปประมาณ 30 นาที ทางขึ้นถ้ำเป็นหน้าผาหินปูนสูงชัน อยู่ไม่ห่างจากลำน้ำลาง ปากถ้ำอยู่บนหน้าผา ซึ่งต้องปีนป่ายเข้าไปจึงเป็นที่มาของชื่อถ้ำ แหล่งโบราณคดีแห่งนี้เคยได้รับการสำรวจโดยโครงการสำรวจและจัดระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ใน พ.ศ. 2542 สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างวงปี

ไม้ในวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2548 จำนวน 27 ตัวอย่าง (cores) แบ่งออกเป็น โกงไม้ 8 ชิ้น เสาไม้ 5 ชิ้น และชิ้นไม้ที่ไม่สามารถระบุประเภทได้จำนวน 2 ชิ้น รวมเป็นจำนวน 15 ชิ้น

### 3) สภาพ แหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

ถ้ำเป็นถ้ำแห่งปากทางเข้าถ้ำหันหน้าลงสู่ด้านล่าง โกงแรกเป็นพื้นที่แห่งมีโกงไม้ที่ชำรุดวางอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบ ทางซ้ายมือมีโกงถ้ำขนาดเล็กที่มีโกงพาดอยู่ตามหลืบถ้ำ และวางอยู่กับพื้นถ้ำ สำหรับสาเหตุของการเลือกเก็บตัวอย่างแหล่งโบราณคดีแห่งนี้ก็เพราะรูปแบบหัวโกงที่พบมีลักษณะคล้ายคลึงกับที่พบในแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ และเพิงผาถ้ำลอด คือ รูปแบบ 1B และ 2A นอกจากนี้แล้วแหล่งโบราณคดีแห่งนี้ยังมีระยะทางอยู่ในพื้นที่ระหว่างแหล่งโบราณคดีทั้งสองอีกด้วย ซึ่งอาจมีความเป็นไปได้ในการเชื่อมโยงข้อมูลของทั้งสองแหล่งเข้าด้วยกัน



แผนผังที่ 3.9 แหล่งโบราณคดีถ้ำผีแมนปาย

### 3.1.3.1.2.9 ถ้ำหม้อมุเซอ

#### 1) ที่ตั้ง

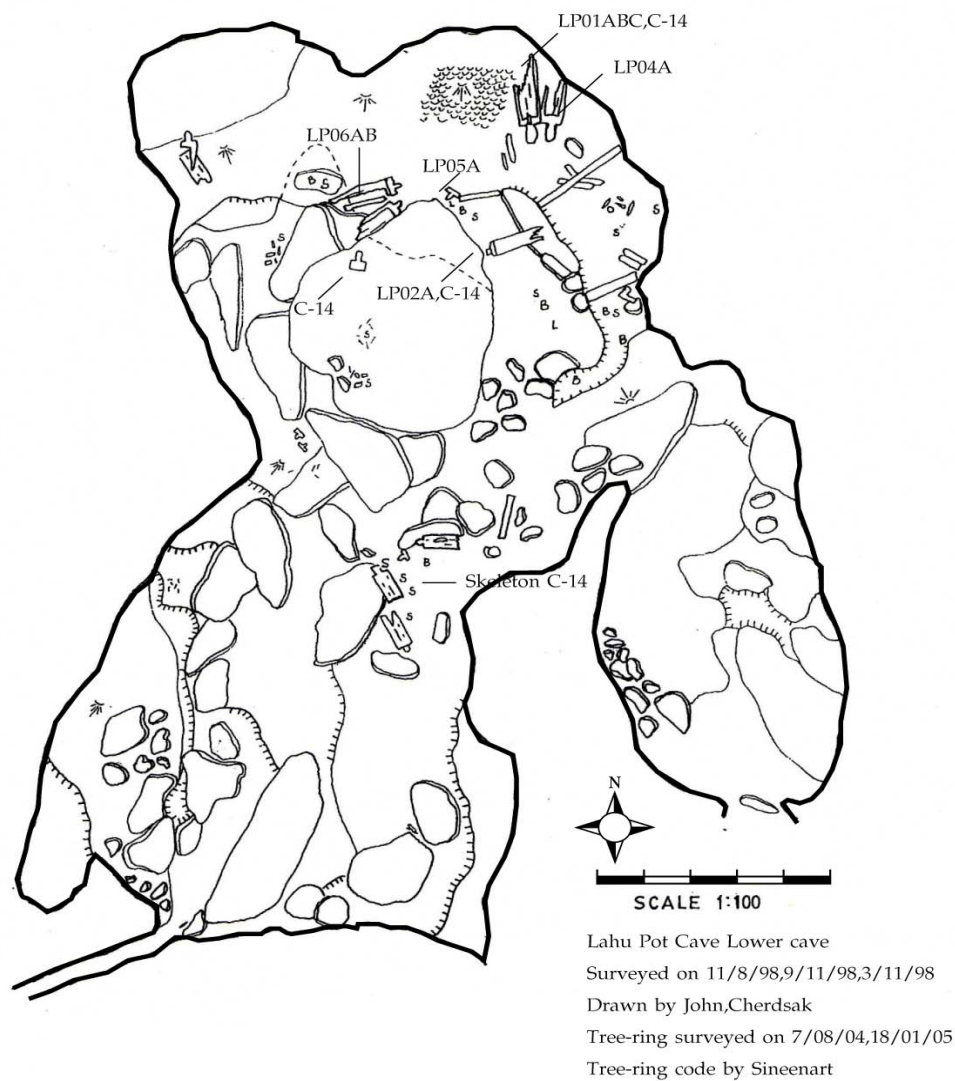
ถ้ำหม้อมุเซอ ตั้งอยู่ในเขตบ้านวนาหลวง หมู่ 3 ตำบลสบป่อง อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 0424128 N 2161479 Eจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 758 เมตร

#### 2) สภาพแวดล้อม

ใช้เส้นทางเดินเข้ามาที่ถ้ำทางเดียวกับถ้ำผีแมนป็นป่า โดยมีทางแยกด้านซ้ายมือ และเดินเลาะแนวเขาที่มีหินแหลมคม จนถึงหน้าปากถ้ำ ไม่ห่างจากแหล่งโบราณคดีถ้ำผีแมนป็นป่ามากนัก จากปากถ้ำสามารถมองเห็นลำน้ำลาว สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปเป็นป่าเบญจพรรณ การเก็บตัวอย่างไม้วันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2548 จำนวน 13 ตัวอย่าง (cores) แบ่งออกเป็นไม้ 6 ชั้น คานไม้ 1 ชั้น และชั้นไม้ที่ไม่สามารถระบุประเภทได้จำนวน 1 ชั้น รวมเป็นจำนวน 8 ชั้น

#### 3) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

แหล่งโบราณคดีแห่งนี้เคยได้รับการสำรวจโดย ดร.ปีเตอร์ เกรฟ (Grave *et al.* 1994) มีชื่อถ้ำว่า “Lahu Pot Cave” ซึ่งได้มีการนำชิ้นไม้จากโลงไปกำหนดค่าอายุพบว่ามีอายุเก่าที่สุดในบรรดาโลงที่พบในอำเภอปางมะผ้าขณะนั้น ค่าอายุที่ได้คือ  $2,080 \pm 60$  yrs BP และ  $1,540 \pm 120$  yrs BP (ในขณะนั้นก่อนที่ทางโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงฯ ระยะที่สอง จะค้นพบว่ามีแหล่งโบราณคดีโลงไม้ที่มีอายุเก่ากว่า) ดังนั้นแหล่งโบราณคดีแห่งนี้จึงมีความสำคัญที่อาจเป็นตัวแทนของวงปีไม้จากโลงไม้ในพื้นที่แถบนี้ นอกจากนี้ยังพบรูปแบบหัวโลงที่หลากหลายอีกด้วย และแหล่งโบราณคดีอยู่ในพื้นที่ระหว่างแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ และถ้ำลอด จึงน่าจะเป็นจุดเชื่อมโยงในด้านค่าอายุได้ดีเช่นเดียวกับถ้ำผีแมนป็นป่า



แผนผังที่ 3.10 แหล่งโบราณคดีถ้ำหม้อมุเซอ

### พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำของ

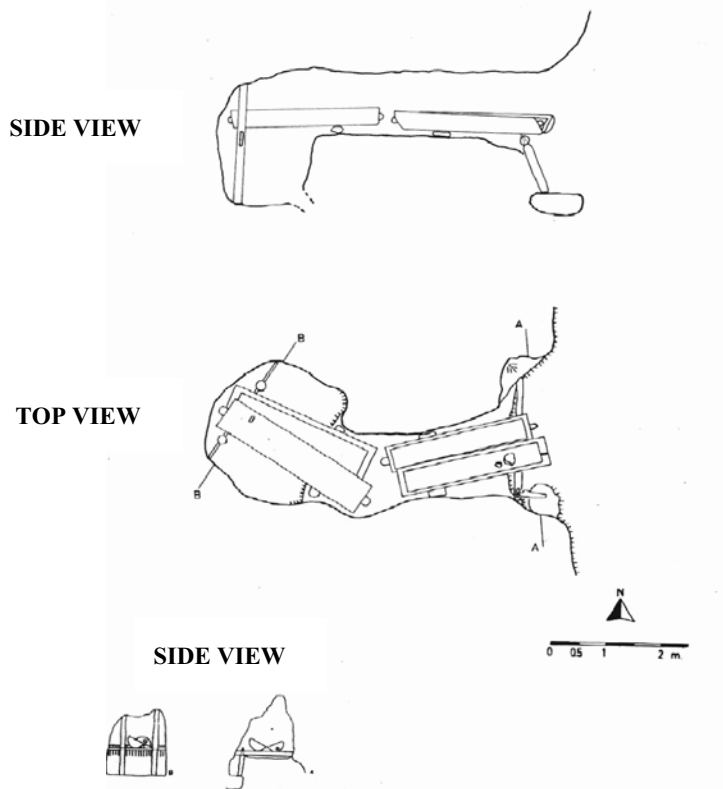
#### 3.1.3.1.2.10 ถ้ำผาแดง

##### 1) ที่ตั้ง

เส้นทางการเดินทางไปยังแหล่งโบราณคดีใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 1095 (สบป่อง-แม่ฮ่องสอน) เลี้ยวขวาวบริเวณจุดตรวจน้ำของ ทางไปบ้านนาปูมประมาณ 16 กิโลเมตร จะเห็นทางน้ำไหลจากภูเขาลงไปยังลำน้ำของที่อยู่ด้านล่าง ซึ่งมีน้ำไหลตลอดทั้งปี จากนั้นเดินเท้าเข้ามาทางเขาด้านซ้ายมือ

## 2) สภาพแวดล้อม

สภาพป่าตลอดทางเป็นป่าที่มีลักษณะสมบูรณ์คล้ายป่าดิบชื้นและป่าเบญจพรรณ พบไม้ไผ่ และไม้สักในบริเวณนี้บ้าง แต่พบไม้สักเป็นจำนวนมากบริเวณสองข้างทางที่แยกจากจุดตรวจน้ำของ



แผนผังที่ 3.11 แหล่งโบราณคดีถ้ำผาแดง

ที่มา : โครงการสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน 2542

## 3) สภาพแหล่งโบราณคดี และหลักฐานทางโบราณคดี

ถ้ำผาแดงมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 435 เมตร ปากถ้ำหันไปทางทิศตะวันออก พบเห็นเหล็กออกไซด์ปรากฏอยู่ทั่วไป หลักฐานโครงไม้ที่พบจำนวน 4 ฝา (จำนวน 2 โครง) ตั้งอยู่บนเสา-คาน และบางส่วนพาดอยู่บนคานที่คานไว้กับชะง่อนหิน โครงมีขนาดความยาวประมาณ 2 เมตร ปลายด้านหนึ่งทำเป็นจุกกลมมน ปลายอีกข้างหนึ่งไม่มีหัวโครง

### 3.1.3.1.2.11 ถ้ำโครงไม้

#### 1) ที่ตั้ง

แหล่งโบราณคดีถ้ำโครงไม้ตั้งอยู่ในเขตตำบลนาปูป้อม อำเภอปางมะผ้า โดยใช้ทางหลวงหมายเลข 1095 (สบป่อง-แม่ฮ่องสอน) เลี้ยวขวาตรงจุดตรวจน้ำของ อันเป็นเส้นทางสู่บ้านนาปูป้อม ทางเส้นนี้ โดยทั่วไปยังเป็นทางดิน ยกเว้นบางช่วงที่ขาดต่อการขับขึ้นที่สูงจึงจะเป็นถนนคอนกรีต การใช้เส้นทางนี้จะต้องตัดข้ามลำน้ำของ 2 ครั้ง จากนั้นจะเป็นทางคอนกรีตประมาณ 100-200 เมตร พบพื้นที่การเกษตรบนเนินเขา ด้านซ้ายมือ หากมองขึ้นไปจากจุดนี้จะเป็นโครงถ้ำบนหน้าผา คือ ถ้ำผาแดง ซึ่งมีทางน้ำไหลออกจากถ้ำ

เช่นเดียวกับถ้ำลอด การเดินทางเท้าผ่านถ้ำนี้ไปทะเลที่ปากทางน้ำเข้าอีกด้านของเขา ต้องผ่านช่วงที่แคบของถ้ำ และหากมีระดับน้ำสูงจะรอดไปค่อนข้างลำบาก การใช้เส้นทางรถยนต์ ต้องใช้เส้นทางด้านซ้ายมือของถ้ำและข้ามลำน้ำของ ผ่านพื้นที่สวนป่า บริเวณที่เป็นทางขึ้นปากถ้ำ มีหินถล่มก้อนใหญ่อยู่หน้าถ้ำให้หาทางเดินขึ้นไป ทางด้านขวามือค่อนข้างชัน ตำแหน่งของถ้ำอยู่สูงจากที่ราบริมน้ำของประมาณ 300 เมตร และสูงจากปากทางน้ำเข้าของผาแดงประมาณ 50-100 เมตรและมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 760-800 เมตร

## 2) สภาพแวดล้อม

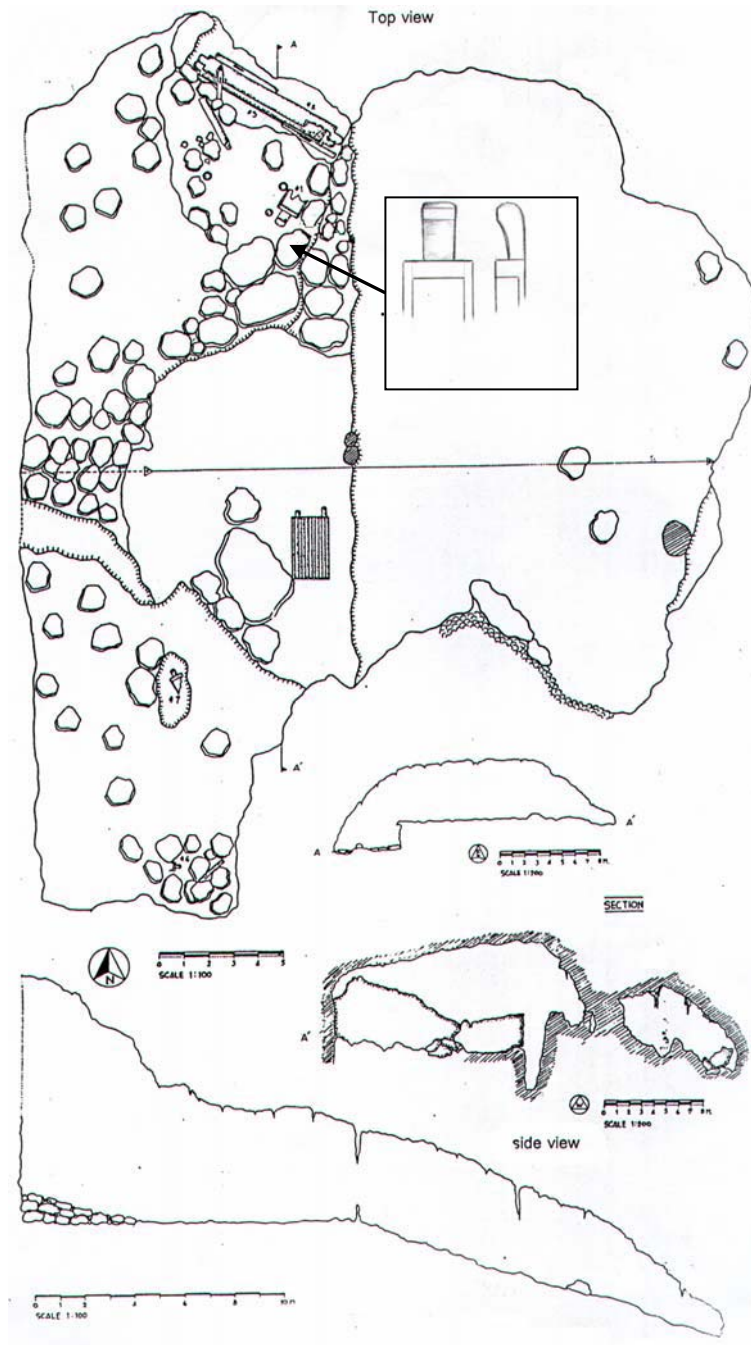
โดยรอบเป็นป่าเบญจพรรณขึ้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ ในพื้นที่ใกล้กับตัวแหล่งจะพบทั้งไม้ที่เติบโตตามธรรมชาติ ได้แก่ ไม้สัก ไม้แดง ไม้รัก จำปาป่า และไม้ในวงศ์ก่อ เป็นต้น ในพื้นที่บางส่วนปัจจุบันได้มีการปลูกสร้างเป็นสวนไม้สัก ไม้ไผ่พบอยู่ทั่วไปมีทั้งไม้ไผ่ขนาดเล็ก และใหญ่

## 3) สภาพแหล่งโบราณคดี และหลักฐานทางโบราณคดี

ถ้ำมีลักษณะเป็น โถงกว้างมีหลืบ และโพรงหลายแหล่ง ปากถ้ำหันไปทางทิศตะวันตก โดยพื้นที่ของถ้ำสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นลานระดับเดียวกัน พบแคว้ไม้ไผ่ตั้งอยู่ อีกส่วนมีลักษณะเป็นที่ลาดดังลงไป เมื่อมองเข้าไปจากปากถ้ำทางซ้ายมือ จะเป็นแอ่งหลุมยุบ พบโลงไม้พร้อมทั้งเสา และคาน ซึ่งมีขนาดใหญ่มากกลุ่มหนึ่ง พบร่องรอยการถูกทำลายโดยมนุษย์ เช่น รอยฟัน และเผา ส่วนทางขวาจะมีโพรงคล้ายหลุมยุบลงไป สภาพภายในถ้ำค่อนข้างสว่าง ดินมีลักษณะเป็นทรายแป้ง ละเอียดร่วน ปกคลุมก้อนหินที่ถล่มลงมาจากการยุบตัวของถ้ำ พืชพันธุ์ไม้โดยทั่วไปจัดอยู่ในประเภทป่าเบญจพรรณ ซึ่งบริเวณที่ใกล้กับทางน้ำเข้าถ้ำผาแดงจัดเป็นป่าแบบชื้นสูง พืชพันธุ์ค่อนข้างหนาแน่น สภาพพื้นที่มีลักษณะลาดลงต่ำทอดตัวไปจนถึงหลุมยุบซึ่งลำน้ำเล็กไหลมารวมตัวกัน

หลักฐานที่พบเป็นโลงไม้ ขนาดที่ใหญ่มาก จนเป็นที่มาของชื่อถ้ำ คือ กว้างประมาณ 84 เซนติเมตร ยาวประมาณ 580 เซนติเมตร ล้วนทำจากไม้สัก พบจำนวน 7 ชิ้น หรือประมาณ 3-4 โลง อยู่ในสภาพค่อนข้างสมบูรณ์ การตกแต่งที่หัว-ท้ายโลง พบเพียงแบบเดียวเท่านั้น คือ แบบแท่งไม้สี่เหลี่ยมปลายมนยื่นออกมา 1 แท่ง ด้านบนแกะให้เว้าขึ้นแล้วตัดจนหักเรียบก่อนที่จะโค้งมนลงด้านล่าง เนื่องจากการทำโลงไม้ขนาดใหญ่ ดังนั้นเสาที่ทำขึ้นมารองรับจึงมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย คือ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณตั้งแต่ 25-32 เซนติเมตร และมีความยาวประมาณ 3-4 เมตร เสาบางต้นก็พบว่ามีแกะสลักตกแต่งที่ปลายหัวเสาให้มีลักษณะคล้ายกับรูปสัตว์ พบจำนวน 1 ต้น ซึ่งการทำเสารองรับโลงไม้ลักษณะพิเศษแบบนี้อาจเป็นสัญลักษณ์ หรือความเชื่อบางอย่างก็เป็นได้

นอกจากนี้ยังพบ เศษภาชนะดินเผาจำนวน 6 ชิ้น แบ่งเป็นภาชนะ 4 ชิ้น และส่วนลำตัว 2 ชิ้น เป็นเศษภาชนะดินเผาแบบเนื้อดิน และได้พบเครื่องมือหินกะเทาะบริเวณเพิงผาหน้าถ้ำ โลงยักษ์กระจายอยู่ทั่วไป พบเครื่องมือหินที่มีลักษณะเป็นเครื่องมือหินกะเทาะหน้าเดียว เครื่องมือหินกะเทาะสองหน้า และเครื่องมือหินแบบสุมาตราลิท สันนิษฐานว่าน่าจะมีอายุประมาณ 7,500 ปีมาแล้ว (รัศมี ชูทรงเดช 2544)



แผนผังที่ 3.12 แสดงสภาพแหล่งโบราณคดีถ้ำโลงยักษ์ และรูปแบบหัวโลงที่พบ  
ที่มา: โครงการสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน 2542

### 3.1.3.1.2.12 ถ้ำผี

#### 1) ที่ตั้ง

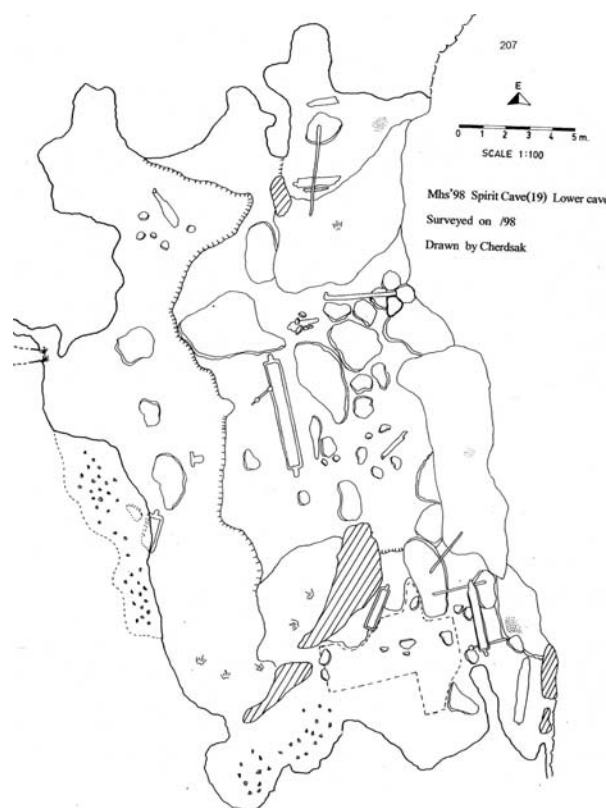
ตั้งใกล้หมู่บ้านทุ่งสาแล ตำบลนาปู่ป้อม อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัด UTM 0406098 N 2166948 E สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 903 เมตร อยู่บนเทือกเขาเดียวกันกับแหล่งโบราณคดีถ้ำโลงยักษ์ ชั้นโลง แก้วหิน ผาแดง ศรีโสภณ และเพิงผาทุ่งสาแล

## 2) สภาพแวดล้อม

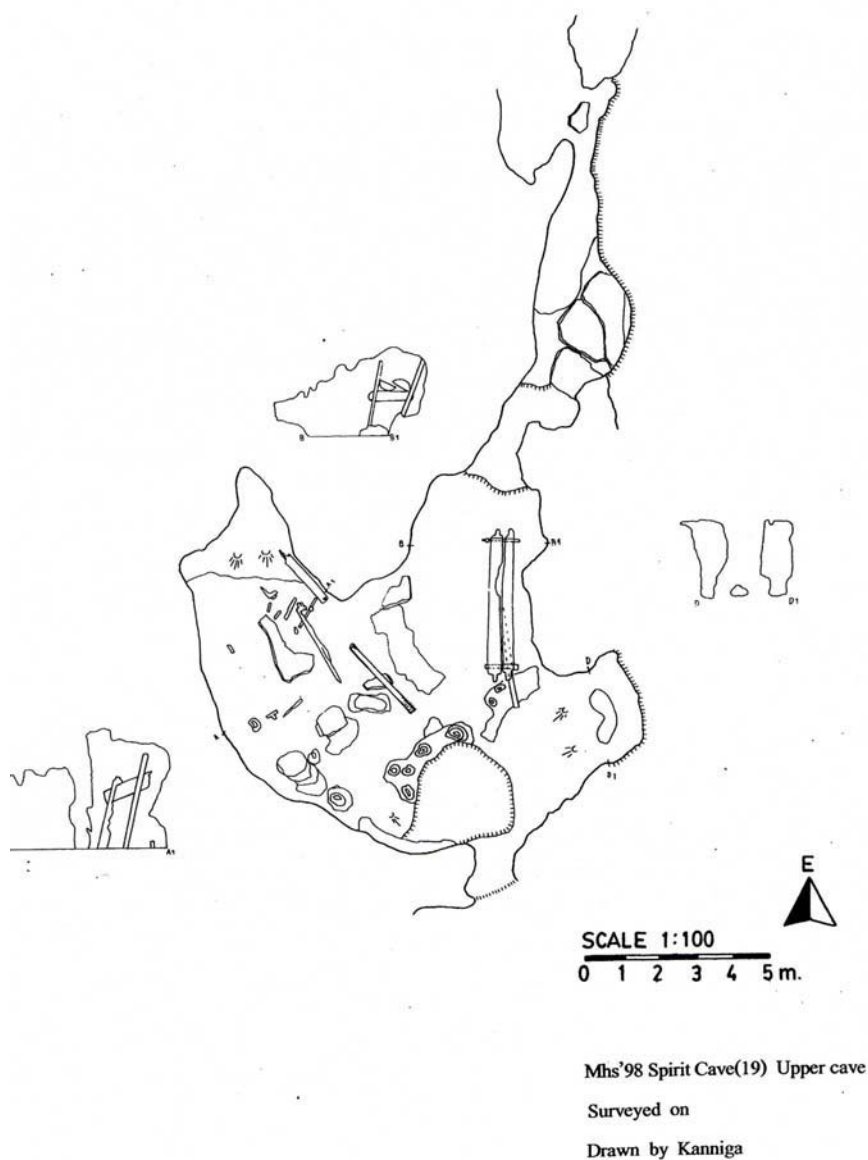
ถ้ำผี ตั้งอยู่ทางฝั่งซ้ายมือของลำน้ำของ (เมื่อแยกเข้ามาตามถนนเลียบลำน้ำของ หันหน้าไปตามลำน้ำในทิศทางจากบ้านนาปู่ป้อม) บริเวณพื้นที่เป็นป่าเบญจพรรณที่ค่อนข้างสมบูรณ์มีไม้สักเป็นไม้เด่น มีการทำไร่ข้าว กระเทียม ของชาวเขาอยู่บริเวณเชิงเขาด้านติดต่อกับลำน้ำของ ถึงแม้พื้นที่จะอยู่ภายใต้การดูแลของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน แต่พบร่องรอยการลักลอบตัดไม้ โดยมีทั้งที่กานไม้ซึ่งหมายถึงการควั่นโคนต้นโดยรอบเพื่อตัดต่อลำเลียงน้ำของต้นไม้ เพื่อให้ยืนต้นตาย และต่อไม้สักที่หลงเหลืออยู่ในอนาคตหากไม่มีการควบคุมจัดการที่ดี รวมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับการทำการเกษตรบนพื้นที่สูง อาจจะทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวอาจหมดไปและตามมาด้วยปัญหาการพังทลายของหน้าดิน และการขาดความอุดมสมบูรณ์ของดิน

## 3) สภาพ แหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำแห้ง (non-active) เป็นถ้ำที่มีปากถ้ำกว้าง แสงสว่างส่องถึงเกือบทั่วบริเวณ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่โลงไม้ค่อนข้างชื้นและผุพังง่ายกว่าบริเวณถ้ำที่มีค้ำและแห้ง จากปากถ้ำเป็นโลงแรกพบโลงที่มีขนาดใหญ่ตั้งอยู่บนเสาและคาน โลงค่อนข้างสมบูรณ์ นอกจากนี้ในโลงมีชอกหลืบเล็กๆหลายช่องและมีโลงกระจัดกระจาย ทรูปไม้สมบูรณ์ มีการวางโลงหลายแบบ เช่น พบโลงที่วางพาดอยู่บนคานกับหลืบถ้ำ ส่วนทางด้านซ้ายมือของถ้ำ (หันหน้าเข้าถ้ำ) บริเวณด้านบนมีอีก 1 โลง (โลงที่ 2) มีขนาดไม่กว้างมากนักโลงนี้พบร่องรอยการขุดค้นในปี พ.ศ. 2513-2514 (ค.ศ. 1970-1971) (Gorman 1972) ยังมีไม้ไผ่ที่ปักเป็นเขตเหลืออยู่ พบโลงถ้ำที่ต่อกันมีโลงไม้หลายโลงวางอยู่บนเสาและคาน (สิทธิพงษ์ ศิลกวานิช 2543)



แผนผังที่ 3.13 แหล่งโบราณคดีถ้ำผี (โองล่าง)



แผนผังที่ 3.14 แหล่งโบราณคดีถ้ำผี (โถงบน)

### 3.1.3.1.2.13 เเพงผาทุ่งสาแล

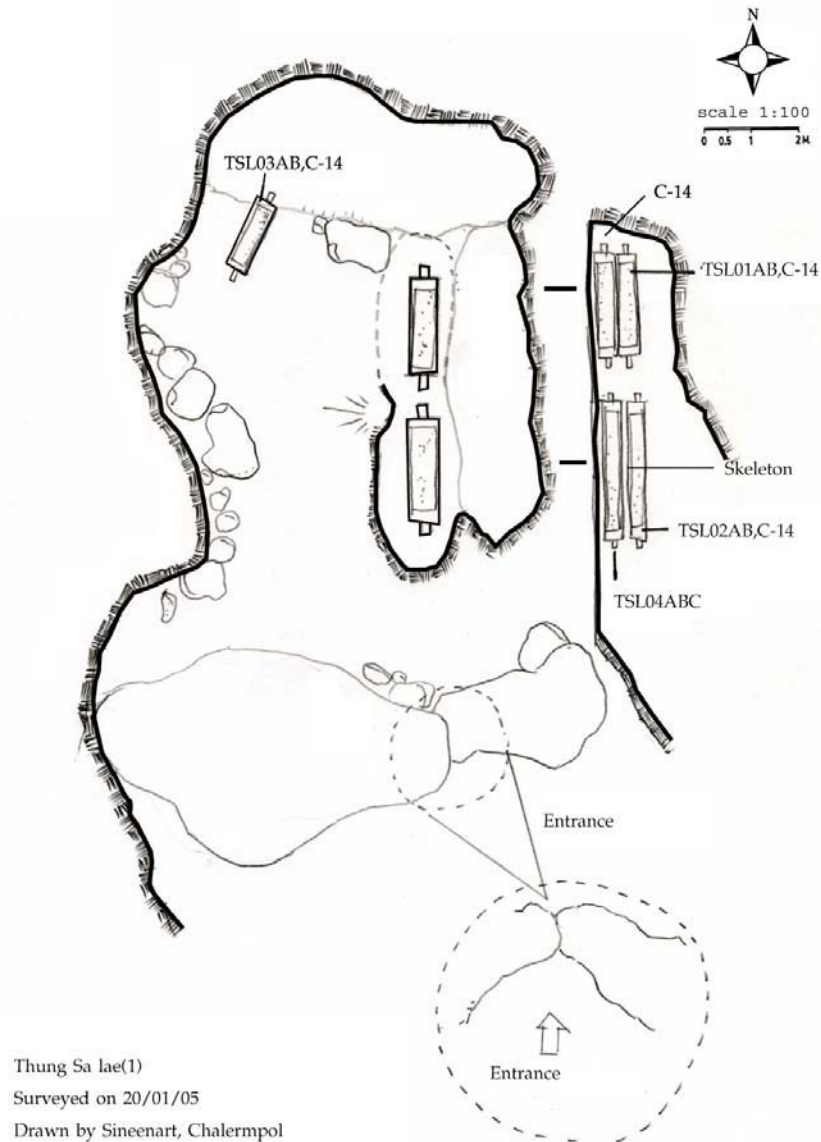
#### 1) ที่ตั้ง

เพงผาทุ่งสาแล ตั้งอยู่ใกล้บ้านทุ่งสาแล ตำบลนาปู่ป้อม อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 0405737 N 2167601 E ระดับความสูงจากน้ำทะเล 769 เมตร

#### 2) สภาพแวดล้อม

เส้นทางที่เดินไปที่ตั้งเพงผา ต้องผ่านพื้นที่ป่าและทุ่งหญ้า สภาพป่าโดยรอบเป็นป่าเบญจพรรณ พบไม้สัก แดง ตะเคียนหนู กล้วย เสี้ยวดอกขาว มีไผ่ขึ้นปะปน แหล่งโบราณคดีแห่งนี้ถือเป็นแหล่งโบราณคดีที่พบเพิ่มเติมใหม่ในโครงการฯ ระยะที่สอง ดังนั้นจึงยังไม่มีหลักฐานโบราณคดีอื่นๆ นอกจากโถงไม้

รูปแบบหัวโลงของแหล่งโบราณคดีแห่งนี้มีลักษณะที่แตกต่างไปจากที่เคยจัดประเภทไว้ ดังนั้นจึงใช้ชื่อว่า 9G และ 9H เก็บตัวอย่างโลงไม้ในวันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2548 จำนวน 9 ตัวอย่าง (core) แบ่งออกเป็นโลงไม้ 4 ชั้น



แผนผังที่ 3.15 แหล่งโบราณคดีเพิงผาทุ่งสาแล

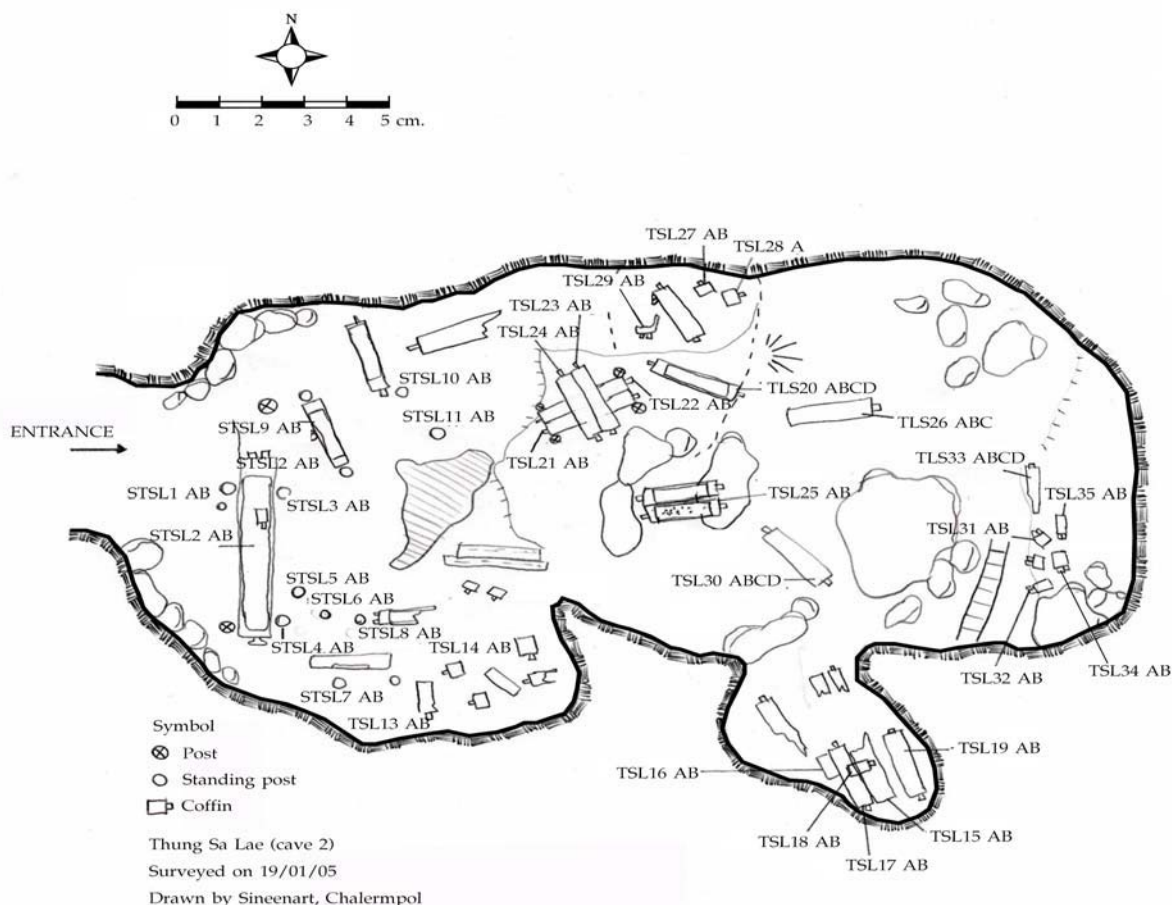
### 3.1.3.1.2.14 ถ้ำหมู่บ้านทุ่งสาแล

#### 1) ที่ตั้ง

ถ้ำหมู่บ้านทุ่งสาแล ตั้งอยู่ที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM 0408498 N 2169922 E อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 931 เมตร

#### 2) สภาพแวดล้อม

ใช้เส้นทางด้านหลังหมู่บ้านทุ่งสาแล ข้ามลำน้ำของ ผ่านพื้นที่ปลูกไร่กระเทียม แล้วเดินตัดขึ้นเขาผ่านสภาพป่าทั้งป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง สภาพป่าโดยรอบถ้ำเป็นป่าเบญจพรรณ มีไม้สักที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ แดง ตะเคียนหนู กล้วย เสี้ยวดอกขาว มีไฟขึ้นปะปน บริเวณคูหาด้านนอกของถ้ำพบเสาเป็นจำนวนมากมีแสงส่องเข้าถึง แหล่งโบราณคดีแห่งนี้ถือเป็นแหล่งโบราณคดีอีกแห่งที่พบเพิ่มเติมใหม่ในโครงการฯ ระยะที่สอง สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างโลงไม้ในวันที่ 23-24 มกราคม พ.ศ. 2548 จำนวน 80 ตัวอย่าง (cores) แบ่งออกเป็นโลงไม้ 20 ชิ้น เสาไม้ 11 ชิ้น และที่ไม่สามารถระบุได้ 5 ชิ้น รวมทั้งสิ้น 36 ชิ้น



แผนผังที่ 3.16 แหล่งโบราณคดีถ้ำบ้านทุ่งสาแล

### พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่ละนา

#### 3.1.3.1.2.15 ถ้ำป่าแหน หมายเลข 1

##### 1) ที่ตั้ง

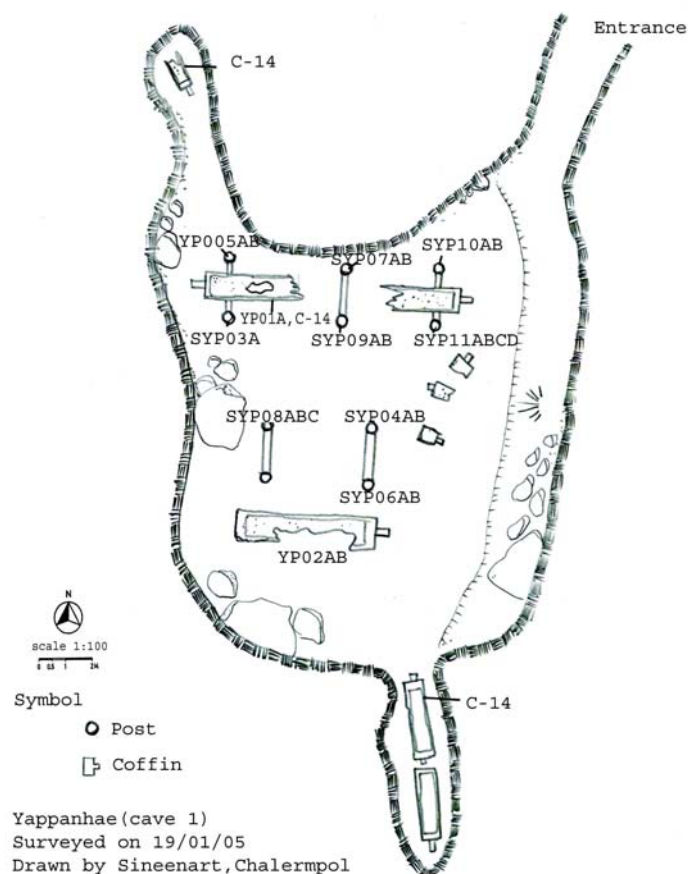
ถ้ำป่าแหน หมายเลข 1 ตั้งอยู่ที่หมู่ 5 บ้านยาป่าแหน ตำบลปางมะผ้า อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 0419906 N 2165648 E อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 933 เมตร

##### 2) สภาพแวดล้อม

ใช้เส้นทางด้านหลังหมู่บ้านเดินผ่านสภาพป่าที่เป็นป่าเต็งรังที่อุดมสมบูรณ์ บริเวณที่เป็นที่ตั้งถ้ำเป็นป่าเบญจพรรณที่ไม่สมบูรณ์มีไม้ในป่าเต็งรังขึ้นปะปนบ้าง แหล่งโบราณคดีแห่งนี้เคยได้รับการสำรวจโดยโครงการสำรวจและจัดระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ใน พ.ศ. 2542 สำหรับการศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างไม้ในวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2548 จำนวน 25 ตัวอย่าง (cores) แบ่งออกเป็นโลงไม้ 2 ชิ้น และเสาไม้จำนวน 9 ชิ้น รวมเป็นจำนวน 11 ชิ้น

##### 3) สภาพ แหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

แหล่งโบราณคดีมีการพบหลักฐานอื่นๆ ร่วมกับโลงไม้มากมาย เช่น ฟัน และกระดูกมนุษย์ แต่โลงไม้ถูกทำลายค่อนข้างเสียหายมาก เหตุผลของการเลือกเก็บตัวอย่างโลงไม้ถ้ำแห่งนี้ คือ เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลทางด้านวงปีไม้กับผลการวิเคราะห์ โครงกระดูกคนและฟันคน เพื่อหาความสัมพันธ์ของการเข้ามาใช้ในพื้นที่แห่งนี้



แผนผังที่ 3.17 แหล่งโบราณคดีถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1

### 3.1.3.1.2.16 ถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 2

#### 1) ที่ตั้ง

ถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 2 ตั้งอยู่ที่ หมู่ 5 บ้านยาป่าแหน ตำบลปางมะผ้า อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 0420419 N 2165828 E ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 949 เมตร

#### 2) สภาพแวดล้อม

ถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 2 ตั้งอยู่ไม่ไกลจากถ้ำยาป่าแหน หมายเลข 1 สภาพป่าบริเวณที่ตั้งตัวถ้ำเป็นป่าเบญจพรรณเสื่อมโทรม ทำการเก็บตัวอย่างโลงไม้เมื่อวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2548 จำนวน 8 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็นโลงไม้ 1 ชั้น และชั้นไม้ที่ไม่สามารถระบุประเภทได้ 6 ชั้น

#### 3) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

โลงไม้ที่พบอยู่ในสภาพที่ทรุดโทรม แต่จากการสำรวจโครงการในระยะที่ 1 พบกระดูกมนุษย์และฟันเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงได้เก็บตัวอย่างโลงไม้เพื่อทำการวิเคราะห์ร่วมกับหลักฐานโบราณคดีอย่างอื่น

## ลุ่มน้ำสาขาย่อยโป่งแสนปีก

### 3.1.3.1.2.17 ถ้าปางคาม 1

#### 1) ที่ตั้ง

ที่ตั้งใกล้กับหมู่บ้านน้ำจาง ตำบลปางมะผ้า อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 0416763 N 2175314 E ความสูงจากน้ำทะเลปานกลาง 598 เมตร เป็นถ้ำแห้ง (non active)

#### 2) สภาพแวดล้อม

เส้นทางมาเข้าทางบ้านน้ำจาง เส้นทางรถยนต์ตัดขึ้นมาบนภูเขาที่เป็นเส้นทางเข้าบ้านน้ำจาง บริเวณโดยรอบของเทือกเขาเป็นพื้นที่เกษตรของชาวบ้าน อาจไม่เหมาะสมเท่าที่ควร เพราะเป็นพื้นที่ที่มีความชันมาก ตัวหมู่บ้านอยู่ในหุบเขา จอดรถไว้ก่อนที่จะถึงตัวหมู่บ้าน แล้วเดินเท้าผ่านเพิงผาปางคาม ป่าบริเวณรอบๆภูเขาตอนขึ้นถ้ำเป็นป่าดิบแล้งที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ไม่กว้างขวางนัก มีต้นไม้ชนิดอื่นขึ้นอยู่ค่อนข้างหนาแน่น มีตาน้ำไหลออกจากภูเขาซึ่งชาวบ้านน้ำจาง มีการต่อประปาไปใช้ในหมู่บ้านน้ำจางจากแหล่งน้ำนี้ ถัดจากบริเวณป่าดิบไปจะเป็นป่าเบญจพรรณที่ค่อนข้างเสื่อมโทรม ก่อนจะถึงทางเข้าปากถ้ำ พื้นที่โดยรอบมีหินโผล่ ต้นไม้ปกคลุมน้อยมาก

#### 3) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

แหล่งโบราณคดี บริเวณที่มีหลักฐานทางโบราณคดีเป็นถ้ำถ้ำที่มีขนาดกว้าง 8 เมตร และยาวประมาณ 110 เมตร เป็นถ้ำที่มีถ้ำยาว โถงแรกมีแสงสว่างส่องถึง โถงที่สองเป็นถ้ำที่แคบและมีมืด พบหลักฐานโลงไม้วางกระดูกกระจายอยู่บนพื้นถ้ำ มีถ้ำโลงไม้วางกระดูกบางส่วนของถ้ำ โถงไม้บางส่วนถูกเผาไฟ มีการรบกวนของมนุษย์ มีการพบเศษกระดูก และถ้วยชามที่แตก

### 3.1.3.1.2.18 ถ้าปางคาม 3

#### 1) ที่ตั้ง

ที่ตั้งใกล้กับหมู่บ้านปางคาม ตำบลปางมะผ้า อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 0417972 N 2177490 E ความสูงจากน้ำทะเลปานกลาง 529 เมตร

#### 2) สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปก่อนถึงถ้ำ เดินตัดผ่านพื้นที่ทำการเกษตรของชาวบ้าน และเดินเลาะขึ้นไปบนภูเขาที่เดิมคงเป็นป่าเบญจพรรณไม้ไผ่ขึ้นอยู่อย่างสมบูรณ์ ปากถ้ำสูงมีหินขนาดใหญ่วางระเกะระกะอยู่ด้านนอก

#### 3) สภาพแหล่งโบราณคดีและหลักฐานทางโบราณคดี

สภาพของแหล่งโบราณคดี เป็นถ้ำที่มีความยาวประมาณ 40 เมตร ทางเข้าแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีขนาดค่อนข้างกว้าง ยาวประมาณ 3-4 เมตร ถัดไปเป็นช่องหรือมีรูขนาดเล็กมาก เนื่องจากมีก้อนหินมาปิดช่องทางไว้ เมื่อเดินเข้าไปในถ้ำจะเห็นโลงวางอยู่ บางโลงวางพาดบนหิน

ตารางที่ 3.1 สรุปรายละเอียดการเก็บตัวอย่างด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมจากตัวอย่างไม้ในวัฒนธรรมโลงไม้

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ           | พิกัด                         | รหัส<br>ไม้ | ที่ตั้ง                                                                                      | ระดับความ<br>สูงจากน้ำ<br>ทะเล (เมตร) | สภาพแวดล้อม                       | จำนวนฝาโลง           | ตัวอย่าง<br>เสา      | รูปแบบหัวโลง                                                                  | ตัวอย่างที่<br>ใช้ได้                       | ชนิดไม้อื่น                                            |
|---------|---------------|-------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| लग      | ถ้ำลอด        | UTM47<br>QMB247636            | TL          | ม.5 บ้านถ้ำ ค.สบ<br>ป้อง อ.ปางมะผ้า<br>จ.แม่ฮ่องสอน                                          | 640                                   | ป่าเต็งรังปะปน<br>เบญจพรรณ        | 9 โลง 22<br>ตัวอย่าง | -                    | 1A,1B และ 2B                                                                  | 22 ตัวอย่าง                                 | -                                                      |
| लग      | ถ้ำบ้านน้ำริน | UTM47<br>QMB 259524           | NR          | บ้านน้ำริน                                                                                   | 860                                   | ป่าเบญจพรรณ                       | 5 ฝา                 | -                    | ลูกใหญ่                                                                       | -                                           | ไม้จำปา (Michelia sp.) ไม้<br>รัก (Melanorrhoea graba) |
| लग      | ถ้ำบ่อไคร้    | UTM<br>0419695 N<br>2161055 E | BO          | บ้านบ่อไคร้                                                                                  | 933                                   | ป่าเบญจพรรณ<br>เสื่อมโทรม         | 36 ฝา 68<br>ตัวอย่าง | 3 เสา 3<br>ตัวอย่าง  | คูหา 1: 2A,3C,5B<br>คูหา 2:1A,2A,3C,4B,<br>5B,10<br>และคูหา 3:<br>1B,2A,2C,3A | 36 ฝา 68<br>ตัวอย่าง<br>3 เสา 3<br>ตัวอย่าง | -                                                      |
| लग      | แม่ลางจันทร์1 | UTM<br>0420168 N<br>2160111 E | MJ1         | ติดทางหลวง<br>หมายเลข 1095<br>(สปป่องหม้อฮ่องสอน<br>ห่างจากโรงพยาบาล<br>ปางมะผ้า200-300เมตร) | 639                                   | ไร่รวก เบญจ<br>พรรณเสื่อม<br>โทรม | 3 โลง 5 ตัวอย่าง     | -                    | 1A                                                                            | 4 ตัวอย่าง                                  | -                                                      |
| लग      | แม่ลางจันทร์3 | UTM<br>0420168 N<br>2160111 E | MJ3         | ติดทางหลวง<br>หมายเลข 1095<br>(สปป่องหม้อฮ่องสอน<br>ห่างจากโรงพยาบาล<br>ปางมะผ้า200-300เมตร) | 639                                   | ไร่รวก เบญจ<br>พรรณเสื่อม<br>โทรม | 5 โลง 6 ตัวอย่าง     | 5 เสา 10<br>ตัวอย่าง | 1A และ8E                                                                      | 14 ตัวอย่าง                                 | -                                                      |

ตารางที่ 3.1 สรุปรายละเอียดการเก็บตัวอย่างด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมจากตัวอย่างไม้ในวัฒนธรรมโลงไม้ (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ           | พิกัด                         | รหัส<br>ไม้ | ที่ตั้ง                                                         | ระดับความ<br>สูงจากน้ำ<br>ทะเล (เมตร) | สภาพแวดล้อม                                            | จำนวนฝาโลง           | ตัวอย่าง<br>เสา          | รูปแบบหัวโลง                                   | ตัวอย่างที่<br>ใช้ได้                      | ชนิดไม้อื่น                               |
|---------|---------------|-------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| लग      | แม่อุ่มองค์   | UTM<br>0405807 N<br>2167191 E | UM          | ติดทางหลวง<br>หมายเลข 1095<br>(สปป.งม่งฮ่องฮอน)<br>ใกล้ถ้ำผมนอน | 723                                   | ป่าเบญจพรรณ                                            | 1 โลง 2 ตัวอย่าง     | 6 เสา                    | 8E                                             | 8 ตัวอย่าง                                 |                                           |
| लग      | เพิงผาบ้านไร่ | UTM<br>0414112 N<br>2158402 E | BR          |                                                                 | 793                                   | เบญจพรรณ ป่า<br>เต็งรังหลังค้ำถ้ำ<br>คืบชั้นหน้าเพิงผา | 34 ฝา 67<br>ตัวอย่าง | 27 เสา<br>58<br>ตัวอย่าง | 1A,1B,2A,2B และ 2C                             | 125<br>ตัวอย่าง                            | ไม้ชนิดอื่น<br>หว่า (Syzygium<br>cumini ) |
| लग      | ผืนเนินปาย    | UTM<br>0424010 N<br>2160709 E | PP          | บ้านนาหลวง ม. 3<br>ต.สป.ปอง อ.ปางมะ<br>ผ้า จ.แม่ฮ่องฮอน         | 693                                   | ป่าเบญจพรรณ                                            | 8 ฝา 16 ตัวอย่าง     | 9ตัวอย่าง                | 1B และ 2A                                      | 3 เสา 5<br>ตัวอย่าง<br>5 ฝา 10<br>ตัวอย่าง | -                                         |
| लग      | หม้อฮูเซอ     | UTM<br>0424128 N<br>2161479 E | LP          | บ้านนาหลวง ม.3<br>ต.สป.ปอง อ.ปางมะ<br>ผ้า จ. แม่ฮ่องฮอน         | 758                                   | ป่าเบญจพรรณ                                            | 6 ฝา 9 ตัวอย่าง      | 1 คาน                    | 1A, 4B และ 6C                                  | 9 ตัวอย่าง                                 | -                                         |
| खग      | ผาแดง         | UTM<br>0405418 N<br>2167614 E | SSP         | แนวเดิยวโลงยักษ์,<br>ศรี โสภณ                                   | 523                                   | คืบชั้น-เบญจ<br>พรรณ                                   | 4 ฝา 7 ตัวอย่าง      | -                        | จุกกลมมนด้านหนึ่ง<br>อีกด้านหนึ่งลักษณะ<br>ตรง | 5 ตัวอย่าง                                 | -                                         |
| खग      | โลงยักษ์      | UTM<br>0405804 N<br>2167186 E |             | แนวเดิยวกับถ้ำผี,<br>ศรี โสภณ                                   | 581                                   | เบญจพรรณ                                               | 7 ฝา 20 ตัวอย่าง     | 11 เสา<br>25<br>ตัวอย่าง | แท่งไม้สี่เหลี่ยมปลาย<br>มนยื่นยาว             |                                            | -                                         |

ตารางที่ 3.1 สรุปรายละเอียดการเก็บตัวอย่างด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมจากตัวอย่างไม้ในวัฒนธรรมโลงไม้ (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ        | ถ้ำ                     | พิกัด                         | รหัส<br>ไม้ | ที่ตั้ง                                                    | ระดับความ<br>สูงจากน้ำ<br>ทะเล (เมตร) | สภาพแวดล้อม                                                            | จำนวนผาโลง                                                               | ตัวอย่าง<br>เสา          | รูปแบบหัวโลง                       | ตัวอย่างที่<br>ใช้ได้                      | ชนิดไม้อื่น                                                                                            |
|----------------|-------------------------|-------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ของ            | ถ้ำผี                   | UTM<br>0406098 N<br>2166948 E | SP          | ใกล้หมู่บ้านทุ่งสา<br>แล ต.นาปู่ป้อม<br>อ.ปางมะผ้า         | 903                                   | เบญจพรรณ<br>ค่อนข้างอุดม<br>สมบูรณ์                                    | 7 ผา 23 ตัวอย่าง                                                         |                          | 1A และ 5C                          | 4 ผา 10<br>ตัวอย่าง                        | -                                                                                                      |
| ของ            | เพิงผาทุ่งสา<br>แล      | UTM<br>0405737 N<br>2167601 E | TSL         | แนวเดียวกับถ้ำผี                                           | 769                                   | ป่าเบญจพรรณ                                                            | 4 ผา 9 ตัวอย่าง                                                          | -                        | รูปแบบหัวโลงจัดเพิ่ม<br>เป็น 9G,9H | 9 ตัวอย่าง                                 | -                                                                                                      |
| ของ            | ถ้ำหมู่บ้านทุ่ง<br>สาแล | UTM<br>0408498 N<br>2169922 E | TSL2        | เข้าทางหลังหมู่บ้าน<br>ทุ่งสาแล                            | 631                                   | ป่าเบญจพรรณ                                                            | 24 ผา 54<br>ตัวอย่าง                                                     | 11 เสา<br>22<br>ตัวอย่าง | 3C,3D,4B,3C,4B,5C,<br>5D, และ 5F   | 16 ผา 28<br>ตัวอย่าง 10 เสา<br>19 ตัวอย่าง | -                                                                                                      |
| แม่ละนา        | ย่ำป่าแหน 1             | UTM<br>0419906 N<br>2165648 E | YP1         | บ้านยาป่าแหน ม.5<br>ต.ปางมะผ้า อ.ปาง<br>มะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน | 933                                   | เบญจพรรณ<br>เสื่อมโทรม ไม้<br>ป่าเต็งรังผสม                            | 2 ผา 4 ตัวอย่าง                                                          | 9 เสา 21<br>ตัวอย่าง     | 1B และ 6C                          |                                            | -                                                                                                      |
| แม่ละนา        | ย่ำป่าแหน 2             | UTM<br>0420419 N<br>2165828 E | YP2         | บ้านยาป่าแหน ม.5<br>ต.ปางมะผ้า อ.ปาง<br>มะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน | 949                                   | เบญจพรรณ<br>เสื่อมโทรม ไม้<br>ป่าเต็งรังผสม                            | 6 ตัวอย่าง                                                               | 2<br>ตัวอย่าง            | 8C                                 |                                            | -                                                                                                      |
| โป่ง<br>แสนปึก | ปางคาม 1                | UTM<br>0416763 N<br>2175314 E | PK1<br>(NJ) | ใกล้บ้านน้ำจาง<br>ต.ปางมะผ้า อ.ปาง<br>มะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน   | 598                                   | ดินแล้งอยู่บริเวณ<br>เชิงเขาป่าเบญจ<br>พรรณเสื่อมโทรม<br>ทางเข้าปากถ้ำ | 24 ผา (40 ตัวอย่าง)<br>จาก 40 ตัวอย่าง<br>นี้ไม่ใช่ไม้สัก<br>11 ตัวอย่าง | 3 เสา 7<br>ตัวอย่าง      | 2A,2B, 5B, 6E และ<br>8D            | 18 ผา 29<br>ตัวอย่าง                       | ไม้ก่อ (Castanopsis sp.)<br>ไม้ตะคร้ำ (Garuga sp.)<br>ไม้ลำพู/ตุ้มเต็น (Duabanga<br>sonneraliades Ham) |
| โป่ง<br>แสนปึก | ปางคาม 3                | UTM<br>0417972 N<br>2177490 E | PK3         | ใกล้บ้านปางคาม ต.<br>ปางมะผ้า อ.ปางมะ<br>ผ้า จ. แม่ฮ่องสอน | 529                                   | ดินแล้งเชิงเขา<br>เบญจพรรณ                                             | 20 ผา ในจำนวน<br>นี้ 7 ตัวอย่าง<br>ไม่ใช่ไม้สัก                          |                          | 3A,3B,8C และ 8D                    | 7 ตัวอย่าง                                 | ไม้พะยอม (Shorea talura<br>Roxb.)                                                                      |

### 3.1.3.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่าง

#### 3.1.3.2.1 ตัวอย่างไม้ที่มีชีวิต

ในการเลือกตัวอย่างไม้ที่มีชีวิตในการศึกษาครั้งนี้ชนิดไม้ที่เลือก คือ ไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.) ซึ่งเป็นไม้ที่มีวงปีชัดเจน และส่วนมากไม้ที่ใช้ทำโครงสร้างทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้ทำมาจากไม้สัก เป้าหมายที่สำคัญที่ทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างไม้ที่มีชีวิต คือ ต้องการสร้างเส้นดัชนีของไม้ทั้งสองในพื้นที่ศึกษานี้ เพื่อเป็นการหาการตอบสนองของขนาดความกว้างวงปี (ดัชนีไม้) กับสภาพภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ) ในปัจจุบัน เพื่อที่จะใช้เชื่อมโยง อธิบายข้อมูลสิ่งแวดล้อมในอดีต ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาในพื้นที่นี้บ้างแล้ว แต่การตรวจสอบข้อมูลอีกครั้งหนึ่งก็เป็นเรื่องที่มีความจำเป็น

ดังนั้นหลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่าง (principle of samples collection) ในการศึกษาวงปีไม้มีหลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่างอย่างเฉพาะเจาะจง (purposive) เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษา เช่นถ้าต้องการศึกษาการตอบสนองของปริมาณน้ำฝน/อุณหภูมิกับความกว้างวงปี ตัวอย่างไม้ที่ควรเก็บควรขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงหรือที่มีน้ำและอุณหภูมิเป็นปัจจัยจำกัด โดยที่ลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของต้นไม้ควรมีลักษณะที่ดี คือ เปลา กลม พยายามหลีกเลี่ยงต้นไม้ที่ได้รับอันตรายจากไฟป่า แมลง สัตว์กัดแทะ ให้มากที่สุด เพื่อที่จะลดปัจจัยภายนอกอย่างอื่นที่ไม่ใช่ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ โดยใช้สมการการเจริญเติบโตที่ Fritts (1976) ได้กล่าวไว้ใน การคัดเลือกตัวอย่าง คือ

$$R_t = A + C + D_1 + D_2 + E$$

เมื่อ  $R_t$  = ความกว้างของวงปี

A = อายุ

C = สภาพภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ)

$D_1$  = ปัจจัยภายใน เช่น ฮอร์โมนพืช พันธุกรรม

$D_2$  = ปัจจัยภายนอกอื่นๆ

E = ความคลาดเคลื่อนอื่นๆ

#### 3.1.3.2.2 ตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดี

ตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดี เป็นตัวอย่างที่มีความสำคัญมากทั้งนี้ของแหล่งโบราณคดีเอง และหลักฐานที่สำคัญเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลสิ่งแวดล้อมในอดีต อุปสรรคที่สำคัญสำหรับข้อมูลไม้จากแหล่งโบราณคดี คือ มีตัวอย่างจำนวนน้อย และมีความผุพังค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้จึงได้มีการพัฒนาการเก็บข้อมูลเพื่อให้เป็นตัวแทนของข้อมูลในแต่ละพื้นที่ให้ได้มากที่สุด และมีวิธีการที่จะช่วยอนุรักษ์รูปลักษณะของหลักฐานให้อยู่ในสภาพที่คล้ายคลึงสภาพเดิม ด้วยการบันทึกข้อมูลอย่างละเอียด และทำการซ่อมบริเวณที่เก็บตัวอย่างให้คล้ายสภาพเดิม

กรณีของไม้โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณหัวโลง ซึ่งยังเหลือเนื้อไม้จำนวนมากที่จะใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับวงปีไม้ ในความแตกต่างของรูปร่างของหัวโลงไม้ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่มีนัยความหมายที่สำคัญทางวัฒนธรรม ดังนั้นในการเก็บข้อมูลจึงมีความจำเป็นที่ต้องการเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมทุกรูปแบบหัวโลง โดยจำนวน

ตัวอย่างที่เก็บประมาณ 2 ตัวอย่าง ต่อ หัวโลง 1 หัวโลง สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างแตกต่างกันไปจากไม้ที่มีชีวิต คือ ในครั้งนี้ใช้เครื่องมือเจาะสว่านแบบใช้เครื่องยนต์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกสว่านประมาณ 1 เซนติเมตร สาเหตุที่ต้องใช้เครื่องมือนี้เพราะไม้ที่ไม่มีชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ที่นำมาทำโลงและเก็บไว้ในถ้ำที่มีความชื้นอยู่น้อยมาก ทำให้เนื้อไม้ค่อนข้างแข็ง (เนื่องจากความชื้นในดินไม้ระเหยออกไปหมด) จึงต้องใช้อุปกรณ์ดังกล่าว เมื่อเก็บข้อมูลแล้วทำการอุดบริเวณที่เจาะด้วยเศษไม้และขุยของไม้ที่ออกมาขณะที่เจาะ ดังนั้นบริเวณดังกล่าวจะมีสีกลมกลืนกับลักษณะเดิม ซึ่งเป็นการอนุรักษ์สภาพของหัวโลงในเบื้องต้น

กรณีเสาไม้ โดยทั่วไปเสาไม้มีขนาดเล็กกว่าโลงมาก ดังนั้นในการเจาะตัวอย่างซึ่งอย่างน้อยทำการเก็บ 2 ตัวอย่างต่อ 1 เสา เช่นกัน

### 3.1.3.3 จำนวนตัวอย่าง

ในการศึกษาไม้ที่มีชีวิตตัวอย่างที่นำมาศึกษาไม่ควรน้อยกว่า 30 ต้น หรือ 60 ตัวอย่าง เพราะตัวอย่างอาจมีปัญหาและไม่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมด นอกจากนี้เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือทางสถิติด้วย แต่ถ้าพื้นที่ศึกษามีข้อจำกัดไม่ว่าจะเป็นความสมบูรณ์ของต้นไม้เอง หรือปัจจัยอื่นๆ เช่น พื้นที่ที่ต้นไม้ขึ้นอยู่มีความลาดชันมาก และเสี่ยงต่ออันตรายในการเก็บข้อมูล เช่นนี้ถือว่าเป็นการอนุโลมให้ใช้จำนวนเท่าที่สามารถเก็บได้เป็นตัวแทนของการศึกษา

สำหรับไม้ที่ไม่มีชีวิต คือ ไม้จากแหล่งโบราณคดี ซึ่งตัวอย่างไม้ประเภทนี้จำนวนตัวอย่างมีคุณค่า และหายาก ดังนั้นจำนวนตัวอย่างเพื่อการคำนวณ วิเคราะห์ ให้มีผลที่น่าเชื่อถือทางสถิติ ประเด็นนี้อาจลดลงไป แต่ให้คู่ควบกับการพยายามที่จะได้ผลการศึกษาจากไม้เหล่านี้ให้มากที่สุด แต่จะใช้จำนวนแหล่งโบราณคดีเป็นตัวเพิ่มเติมในการยืนยันความน่าเชื่อถือทางสถิติ และผลการศึกษาในแต่ละแหล่งโบราณคดี แล้วจึงนำมาสรุปเป็นภาพรวมทางวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม

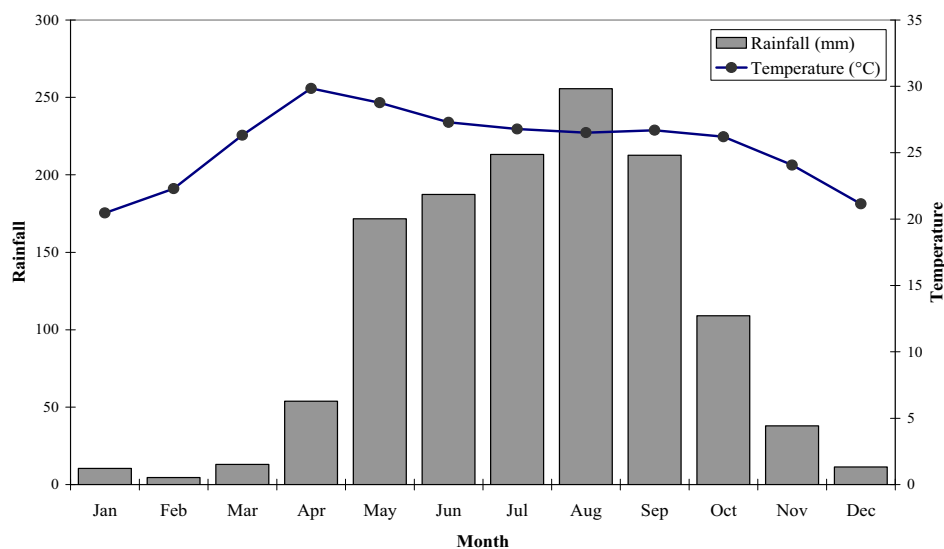
## 3.1.4 สถานีตรวจวัดอากาศ (ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ)

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิจะเป็นข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ชุดแรกที่น่ามาคำนวณการตอบสนองของดัชนีไม้และสภาพภูมิอากาศ โดยทั่วไปสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิควรอยู่ใกล้พื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง และข้อมูลต้องยาวพอสมควร (แนะนำว่าควรมากกว่า 40 ปีขึ้นไป) นอกจากนี้การนำข้อมูลหลายๆ สถานีมาตรวจสอบความคล้อยคลึงของข้อมูล หรือนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของจังหวัด หรือภาค ก็สามารถทำได้และสามารถอธิบายสภาพภูมิอากาศได้ในภาพรวม

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์การตอบสนองของสภาพภูมิอากาศกับดัชนีวงปีไม้ที่มีชีวิตได้ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงสถานภาพสถานีตรวจวัดอากาศที่ทำการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ

| สถานีตรวจวัดอากาศ                               | พิกัดภูมิศาสตร์                             | จำนวนปีของปริมาณน้ำฝน | จำนวนปีของอุณหภูมิ |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| สถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดแม่ฮ่องสอน             | ละติจูด 19° 18' 00"<br>ลองจิจูด 97° 57' 00" | พ.ศ. 2454-2543        | พ.ศ. 2494-2543     |
| สถานีตรวจวัดที่อำเภอปาย                         | ละติจูด 19° 18' 00"<br>ลองจิจูด 98° 28' 00" | พ.ศ. 2521-2543        | ไม่มีข้อมูล        |
| สถานีทดลองข้าวไร่และธัญพืชเมืองหนาว<br>ปางมะผ้า | ละติจูด 19° 32' 00"<br>ลองจิจูด 98° 13' 00" | พ.ศ. 2529-2543        | ไม่มีข้อมูล        |



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงสภาพภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝน-อุณหภูมิ) เฉลี่ยคาบ 50 ปี ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน

ในส่วนนี้เป็นข้อมูลที่เก็บจากสถานีตรวจวัดอากาศจำนวน 3 สถานี ซึ่งใช้สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวงปีไม้ที่มีชีวิตกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในปัจจุบัน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน สำหรับเป็นพื้นฐานในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในอดีต โดยเฉพาะในช่วงของวัฒนธรรมโลงไม้ ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลเดียวที่สามารถนำวงปีไม้มาศึกษาได้

### 3.1.5 การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ

#### 3.1.5.1 การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดี ต้องนำมาวางบนแท่นรองรับตัวอย่างที่ขนาดพอเหมาะกับขนาดของตัวอย่าง วางตัวอย่างลงบนแท่นรอง โดยให้ด้านหน้าตัด (cross-section) ขึ้นข้างบนอาจสังเกตได้โดยหากยกตัวอย่างไม้ขึ้นมอง เส้นไม้จะอยู่ในแนวตั้งฉาก และหากมองจากด้านบนจะเห็นวงปีขวางกับแท่นที่วางในแนวตั้งฉาก ตัดตัวอย่างไม้ด้วยกาวธรรมดาหรือกาวที่ไม่ละลายน้ำ พันตัวอย่างไม้กับแท่นรองด้วยเทปให้แน่น ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 วัน ต่อจากนั้นเลื่อนผิวด้านหน้าของตัวอย่างเพื่อให้เห็นวงปีชัดเจน ต่อจากนั้นเข้าสู่กระบวนการนับและวัดวงปี

สำหรับตัวอย่างไม้ที่มีชีวิตที่เก็บมา นำมาฝังให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เพื่อให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในตัวอย่างระเหยออกไป วางตัวอย่างลงบนแท่งรองรับที่มีขนาดพอเหมาะกับขนาดของตัวอย่าง (supported wood) โดยให้ด้านหน้าตัดขวาง (cross-section) ขึ้นด้านบน อาจสังเกตได้โดยหากยกตัวอย่างไม้ขึ้นดู เส้นไม้จะอยู่ในแนวตั้งฉาก และหากมองจากด้านบนจะเห็นวงปีไม้ขวางกับแท่นที่วางในแนวตั้งฉาก ติดตัวอย่างไม้กับแท่นรองด้วยกาวและพันให้แน่นด้วยกระดาษเทป ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 วัน

ส่วนตัวอย่างต่อไม้ซึ่งเป็นไม้แห้งแล้ว ต่อไม้ที่นำมาศึกษาต้องนำมาขัดด้วยกระดาษทรายโดยเริ่มดันจากเบอร์ที่หยาบที่สุดจนถึงละเอียดที่สุด ต่อจากนั้นถ่ายภาพเก็บไว้และต้องนำไปเลื่อยเป็นชิ้นขนาดพอสมควรเพื่อเตรียมวัดความกว้างวงปีต่อไป

### 3.1.5.2 การวัดขนาดความกว้างวงปี

อุปกรณ์ในการวัดและนับจำนวนวงปี (TSAP 1998) ซึ่งประกอบด้วยแท่นรองตัวอย่างที่เลื่อนได้ (moving stage) ติดต่อกับกล้องไมโครสโคป (microscope) ซึ่งมีกำลังขยายระหว่าง 4x-40x ซึ่งต่อตรงเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อสะดวกในการบันทึกข้อมูลและในการปรับแก้ข้อมูล ซึ่งค่าในการวัดมีความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

### 3.1.5.3 การกำหนดอายุและการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ในกรณีที่เก็บตัวอย่างจากต้นไม้ที่มีชีวิตและหากตัวอย่างที่เก็บมีความสมบูรณ์ คือ มีเปลือกติดอยู่ให้เห็นชัดเจน สามารถที่จะกำหนดอายุได้ทันที คือ ปีสุดท้ายที่อยู่ใกล้เปลือกมากที่สุดคือปีที่เก็บตัวอย่าง หากตัวอย่างชำรุดหรือหัก การกำหนดอายุต้องใช้การเปรียบเทียบกับต้นไม้โตแสงเพื่อหาความเหมือนกับต้นไม้ที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันที่เป็นตัวอย่างสมบูรณ์และสามารถกำหนดอายุจนถึงปัจจุบันได้ในการหาอายุที่แน่นอน การกำหนดอายุและการเปรียบเทียบรูปแบบการเจริญเติบโตของไม้นั้นในทางปฏิบัติทำได้ 2 วิธี คือ การเปรียบเทียบกราฟเส้นของรูปแบบการเจริญเติบโตบนโตแสง และอีกวิธีหนึ่งคือ Skeleton plot (Stokes and Smiley 1968) ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีเปรียบเทียบกราฟเส้นของรูปแบบการเจริญเติบโตบนโตแสง

อย่างไรก็ดี สำหรับตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดียังไม่เคยพบโลงและเสาที่มีเปลือกไม้เหลืออยู่ จึงทำให้ไม่สามารถทราบปีที่ตัดไม้มาใช้ประโยชน์ได้

### 3.1.5.4 การตรวจสอบความเหมือนของรูปแบบการเจริญเติบโตบนโตแสง

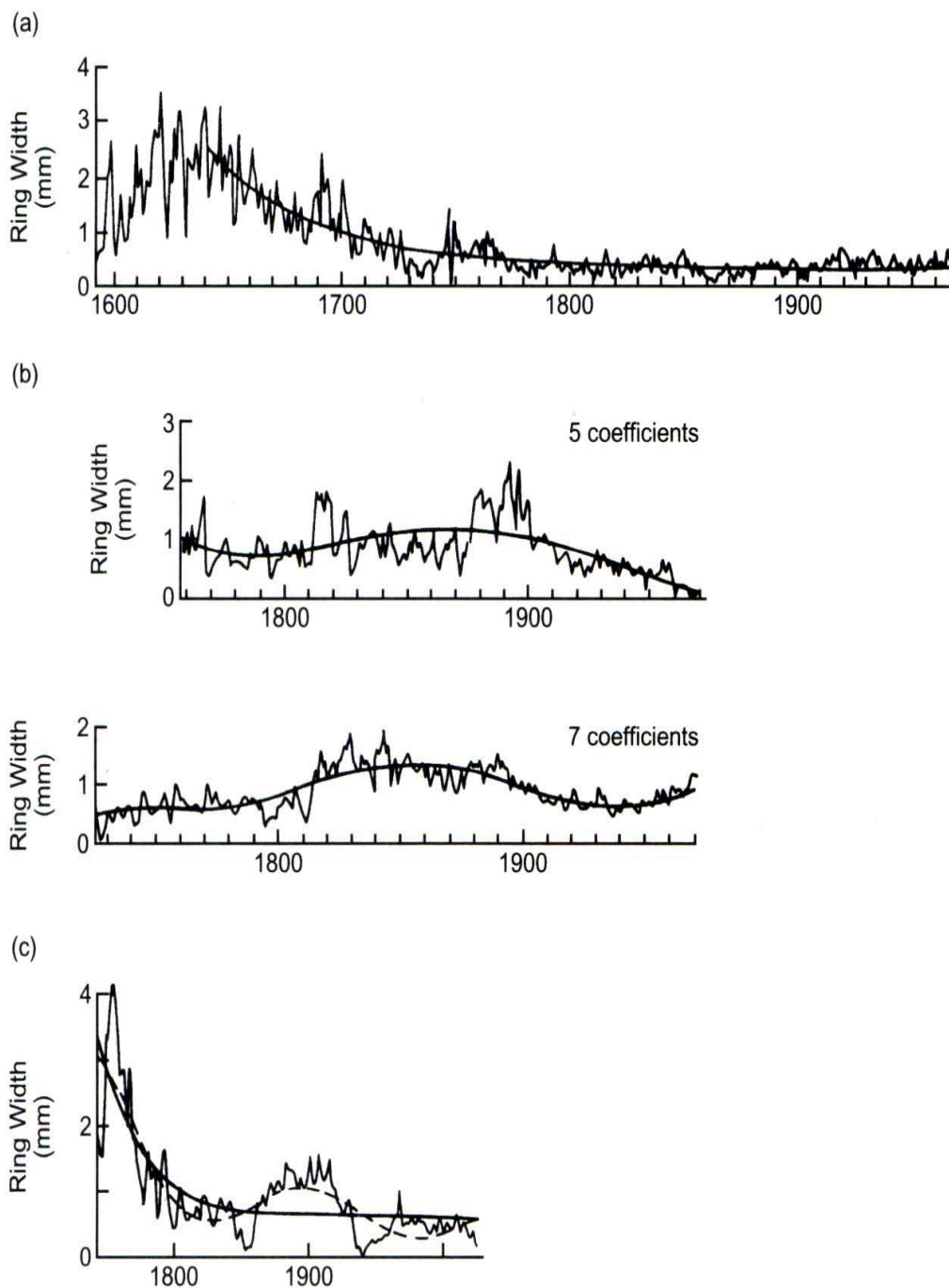
ข้อมูลจากการวัดความกว้างวงปีของแต่ละตัวอย่างจะพิมพ์ออกมาด้วย Program Tsap (Frankline 1998) โดยแกน X เป็น ปี และแกน Y เป็นความกว้างวงปี หน่วยเป็นมิลลิเมตร นำกราฟเส้นของแต่ละตัวอย่างมาเทียบหาความเหมือนบนโตแสง โดยหลักการทางชีววิทยาแล้วต้นไม้ส่วนมากที่มาจากพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมคล้ายคลึงกันหรือแหล่งเดียวกัน รูปแบบการเจริญเติบโตควรที่จะเหมือนกัน ในการวิจัยนี้ต้องทำการตรวจสอบเช่นนี้ทุกตัวอย่าง หากตัวอย่างใดผิดปกติไปจากตัวอย่างส่วนมากต้องกลับไปตรวจสอบกับตัวอย่างไม้อีกครั้งหนึ่ง หากใน 1 พื้นที่เก็บตัวอย่างมีการตรวจสอบด้วยสายตาบนโตแสงเรียบร้อยแล้ว จะนำไปตรวจสอบด้วยวิธีทางสถิติอีกครั้งหนึ่ง

### 3.1.5.5 การตรวจสอบความถูกต้องด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Cofecha

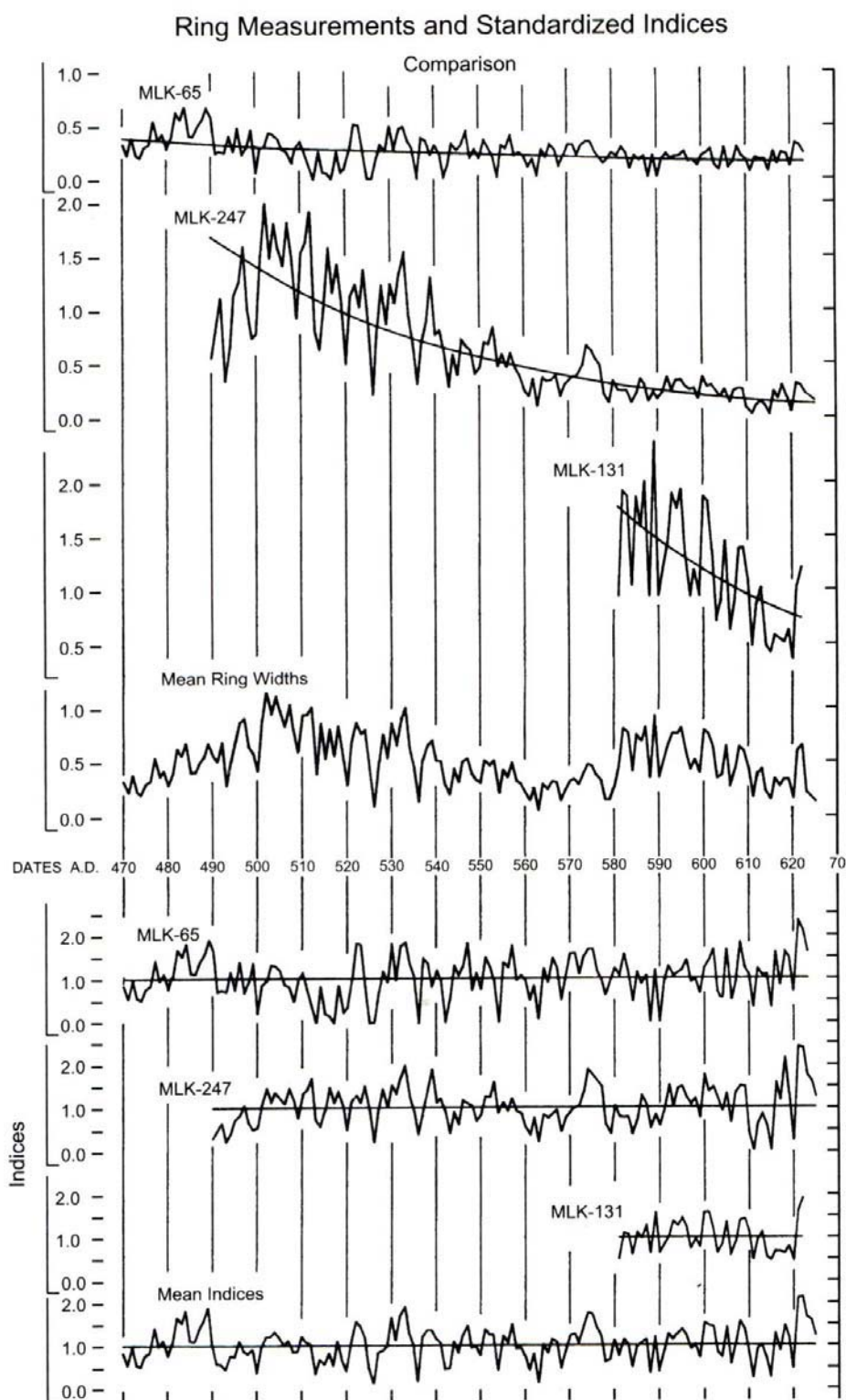
หลักการในการทำงานของโปรแกรม คือ จะนำข้อมูลของทุกตัวอย่างไปสร้างเส้นกราฟจำลองขึ้นมา (Master curve) แล้วนำกราฟตัวแทนนั้น มาเปรียบเทียบกับข้อมูลแต่ละตัวอย่างอีกครั้งหนึ่ง ผลลัพธ์จะบอกค่าความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่าง Master curve กับข้อมูลดิบ ในแต่ละช่วงซึ่งสามารถกำหนดเองได้ เช่น 20 30 หรือ 40 ปี เช่นเดียวกับการตรวจสอบบนโต๊ะแสง หากข้อมูลเมื่อมาตรวจสอบด้วยวิธีทางสถิติ และหากค่าผลลัพธ์ระหว่าง Master curve และข้อมูลดิบมีค่าต่ำมาก ต้องกลับไปศึกษาตัวอย่างอีกครั้งหนึ่ง (Holmes 1983)

### 3.1.5.6 การสร้างเส้นดัชนี (Chronology Index)

ในการสร้างเส้นดัชนีได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Arstan (Cook and Holmes 1986) ซึ่งประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ขั้นตอนคือ ขั้นแรกเป็นการคำนวณสถิติความสัมพันธ์แบบ linear regression or negative exponential ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล เพื่อที่จะปรับลดปัจจัยที่ทำให้รูปแบบการเจริญเติบโตแตกต่างกัน คือ เรื่องของอายุ ขั้นที่ 2 เป็นการคำนวณ spline function ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดค่าที่ 66 ซึ่งค่านี้จะ flexible กับข้อมูลดิบมากที่สุด และกราฟเส้นที่คำนวณออกมาซึ่งจะอยู่ในรูป logalism (ไม่มีสเกล) จะเก็บรายละเอียดของข้อมูลดิบไว้ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการคำนวณทั้ง 2 ขั้นตอนแล้ว ผลลัพธ์จะได้ดัชนี 3 ชนิด คือ Residual Version, Standard Version และ Arstan Version ซึ่งเป็นตัวแทนความกว้างวงปีของแต่ละพื้นที่ศึกษา ซึ่งในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อไปจะใช้ค่า Residual Version เนื่องจากมีการจัดค่าความสัมพันธ์ในตัวเองออกไป (removed autoregressive modeling)



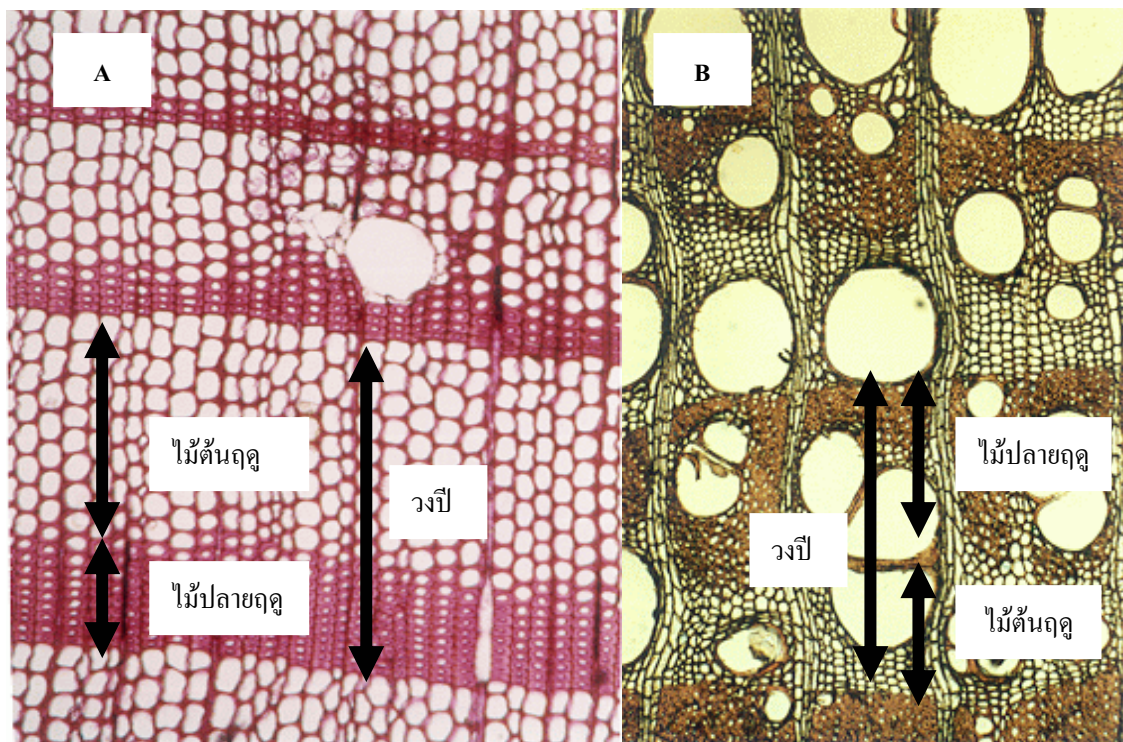
รูปที่ 3.4 การลดความแตกต่างของความกว้างวงปีเนื่องมาจากอายุในช่วงที่มีอายุน้อย (วงปีกว้าง) ในช่วงที่ไม่มีอายุมาก (วงปีแคบ) โดยใช้วิธี detrending (ที่มา: Fritts 1975)



รูปที่ 3.5 แสดงการสร้างเส้นดัชนี (ที่มา : Fritts 1975)



รูปที่ 3.6 ชุดอุปกรณ์ศึกษาวงปีไม้



รูปที่ 3.7 แสดงกายวิภาคของต้นไม้ A) ไม้สน B) ไม้สัก

### 3.1.5.7 การขยายเส้นดัชนี

โดยการนำเส้นดัชนีไม้สักที่มีชีวิตและดัชนีจากเชิงไม้สักมาซ้อนทับบนโต๊ะแสง โดยจำนวนปีที่ซ้อนทับไม่ควรน้อยกว่า 50 ปี จึงจะมีความน่าเชื่อถือ หากพิจารณาแล้วเห็นว่ามีความเหมือนกันมาก ควรทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาความสัมพันธ์ในช่วงที่ซ้อนทับกันอีกครั้งหนึ่งเพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้อง และจะต้องมีการนำไปเชื่อมต่อกับเส้นดัชนีไม้สักจากโลงไม้ต่อไป

### 3.1.5.8 การวิเคราะห์การตอบสนองความกว้างวงปีของไม้สักและไม้สนต่อสภาพภูมิอากาศ

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศและความกว้างวงปี เพื่อต้องการศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเดือนใด มีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้ทั้งสองชนิด ได้ใช้โมเดลการเจริญเติบโต (response function) ในการคำนวณ โดยที่ข้อมูลความกว้างวงปีเป็นตัวแปรตาม (dependent variable) และข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ เป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ในการคำนวณตัวแปรตามจะจับกับตัวแปรอิสระในลักษณะ 1:1 โดยโปรแกรมกำหนดให้จำนวนเดือนที่สามารถนำเข้ามาคำนวณได้ถึง 17 เดือน ซึ่งในการกำหนดควรอยู่บนพื้นฐานทางชีววิทยา คือ ฤดูกาลเจริญเติบโตที่แท้จริงของพืช และความยาวของข้อมูลสภาพภูมิอากาศ กับจำนวนอายุของพืช

หากต้องการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศระดับมหภาค (macro climate) ควรทำการตรวจสอบข้อมูลสภาพภูมิอากาศของแต่ละสถานีก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยทำการตรวจสอบข้อมูลแต่ละสถานีว่ามีความแตกต่างของข้อมูลหรือไม่ (homogeneous program) หากข้อมูลเหล่านั้นมีความคล้ายคลึงกันก็สามารถที่จะนำข้อมูลของแต่ละสถานีมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยเป็นข้อมูลระดับภาคได้

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีและสภาพภูมิอากาศโดยใช้ปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือนและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ค่าความสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation analysis) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) การนำเสนอผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้ จะนำเสนอเพียงค่าความสัมพันธ์อย่างง่าย เพราะสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนว่าปริมาณฝนและหรืออุณหภูมิเดือนไหนมีผลต่อความกว้างวงปี

ในการศึกษาครั้งนี้ การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้กับสภาพภูมิอากาศได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2454-2493 (1911-1950) ในช่วงดังกล่าวมีเพียงข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Meteorological Dep.1964) และช่วงที่ 2 ระหว่าง พ.ศ. 2494-2545 (1951-2002) ในช่วงหลังจะมีทั้งค่าปริมาณฝนและอุณหภูมิ

การเลือกจำนวนเดือนในการวิเคราะห์ ได้เลือกทั้งหมด 15 เดือน โดยเดือนสุดท้ายที่เลือก คือ เดือนตุลาคมปีปัจจุบัน ซึ่งจะครอบคลุม มกราคม-ตุลาคม ของปีปัจจุบัน (10 เดือน) และอีก 5 เดือนของปีที่ผ่านมา คือ เดือนสิงหาคม-ธันวาคม (เดือนที่มีเครื่องหมายลบอยู่ข้างหน้า) เดือนของปีปัจจุบันจะครอบคลุมฤดูกาลเจริญเติบโตของต้นไม้ (ช่วงฤดูฝนปีปัจจุบัน คือ พฤษภาคม-ตุลาคม) และที่เลือกเดือนของปีที่ผ่านมา เพื่อต้องการทราบถึงปัจจัยที่อาจส่งผลต่อเนื่อง (เช่น ต้นไม้ อาจมีการสะสมอาหารไว้ในต้นได้มาก และสามารถนำมาใช้ในปีต่อไปได้)

ในการเลือกจำนวนเดือนควรต้องพิจารณาความยาวของทั้งดัชนีไม่ว่ายาวหรือไม่ และจำนวนข้อมูลสภาพภูมิอากาศเช่นกัน ดังนั้นหากข้อมูลไม่ว่าจะยาวหรือจำนวนเดือนที่จะใช้ในการหาความสัมพันธ์ได้ แต่อย่างไรก็ตามอย่างน้อยควรที่จะครอบคลุมเดือนของปีปัจจุบันในช่วงฤดูกาลเจริญเติบโต

## 3.2 วิธีวิทยาทางด้านละอองเรณูและพืช

### 3.2.1 หลักการในการวิเคราะห์ละอองเรณู

พื้นฐานในการวิเคราะห์ละอองเรณูเป็นเทคนิคในการสร้าง/จำลองพืชพรรณในอดีตโดยใช้ความหมายของละอองเรณูที่ปรากฏอยู่ ละอองเรณูนี้ถูกเก็บรักษาจากการทับถมในชั้นหินที่แตกต่างกัน สามารถที่จะสื่อความหมายไปในอดีต จำแนก และวิเคราะห์โดยเทคนิคต่างๆ ในภาคสนาม ในห้องปฏิบัติการและการใช้เทคนิคทางสถิติ

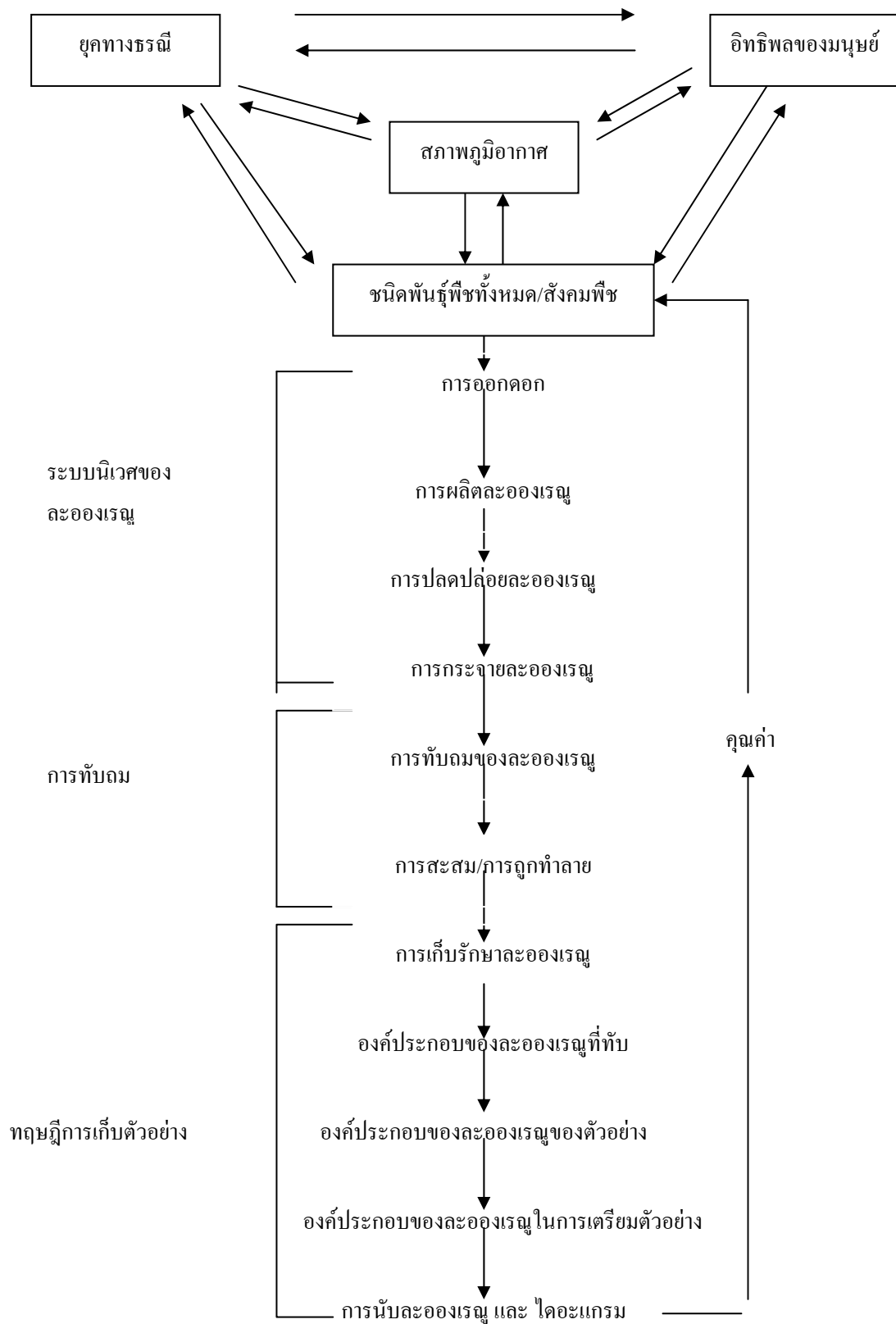
การวิเคราะห์ละอองเรณูมีต้นกำเนิดเมื่อปี พ.ศ. 2459 (ค.ศ. 1916) (Verdoorn 1954) ซึ่งในขณะนั้นเทคนิคนี้มีข้อจำกัดเพียงการศึกษา Quaternary lake และพื้นที่ชุ่มน้ำ (Bog) โดยมีเป้าหมายเพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณในอดีตในช่วงปลาย Quaternary ปัจจุบันการวิเคราะห์ละอองเรณู สามารถวิเคราะห์ได้ก่อนยุค Quaternary และขยายขอบเขตการทับถม ทั้งในทะเล ที่ราบชายฝั่งน้ำ การทับถมบนบก เป็นต้น

ขนาดของละอองเรณูตั้งแต่ 10-100  $\mu\text{m}$  และลักษณะเฉพาะจึงเป็นข้อจำกัดในการศึกษาที่ต้องใช้กล้องไมโครสโคป การศึกษาลักษณะของละอองเรณูในปัจจุบัน (modern pollen) มีการพัฒนาเทคโนโลยีมากขึ้นโดยการใช้ scanning electron microscope

คำว่าละอองเรณู “palynology” เริ่มใช้โดย Hyde and Williams ในปี พ.ศ. 2487 (ค.ศ. 1944) โดยครอบคลุมไม่เพียงแต่ละอองเรณู แต่ครอบคลุมถึงฟอสซิลขนาดเล็ก (microfossil) ปัจจุบันการวิเคราะห์ละอองเรณูจัดเป็นวิธีการที่สำคัญสำหรับการจำลองหรือการสร้างพืชพรรณในอดีตและสภาพแวดล้อม ละอองเรณูเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์เพราะ 1) ละอองเรณูมีความทนทานและสามารถพบในพื้นที่ที่มีการทับถมขณะที่ส่วนอื่นๆ ของฟอสซิลถูกทำลายไป 2) ละอองเรณูมีจำนวนมาก 3) ละอองเรณูมีการกระจายอย่างกว้างขวางมากกว่าส่วนอื่นๆ ของฟอสซิล ขึ้นอยู่กับดินแม่น้อยมาก เป็นส่วนหนึ่งของสังคมที่มีการทับถม และ 4) ละอองเรณูสามารถที่จะพบได้จากในอดีตจำนวนมาก

การวิเคราะห์ละอองเรณูนอกจากใช้ความแตกต่างของรูปลักษณะของละอองเรณูแล้ว การได้ผู้เชี่ยวชาญในการจำแนกละอองเรณูให้คำแนะนำและจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญชี้แนะก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ผลการวิเคราะห์รวดเร็วและน่าเชื่อถือ

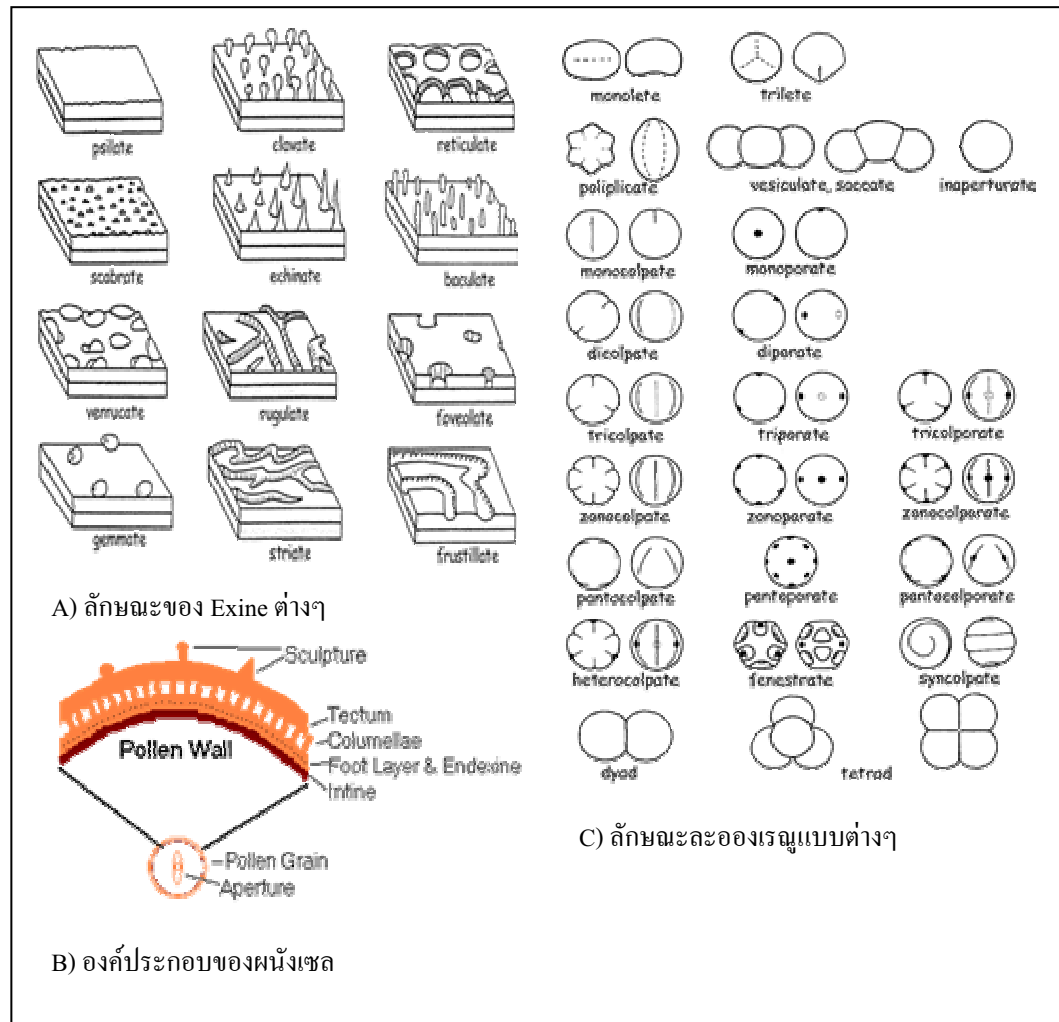
การศึกษาพืชพรรณในอดีต ละอองเรณูสามารถให้รายละเอียดของสภาพแวดล้อมในอดีต จากแผนภูมิเป็นการสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวกับพืชพันธุ์ ระบบนิเวศของละอองเรณู การทับถม และทฤษฎีในการศึกษาละอองเรณู



แผนภูมิที่ 3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ละอองเรณู (ที่มา: ดัดแปลงจาก Fagri and Iversen 1989)

### 3.2.2 โครงสร้างที่ใช้ในการจำแนกชนิดของละอองเรณู

จากรูปที่ 3.8 A, B, C คือ ลักษณะของผนังละอองเรณู รูปร่างของละอองเรณูต่างๆ ที่ใช้ในการจำแนกชนิดละอองเรณู



รูปที่ 3.8 โครงสร้างต่างๆ ที่ใช้ในการจำแนกละอองเรณู

(ที่มา: <http://geo.arizona.edu/palynology/polkey.htm>)

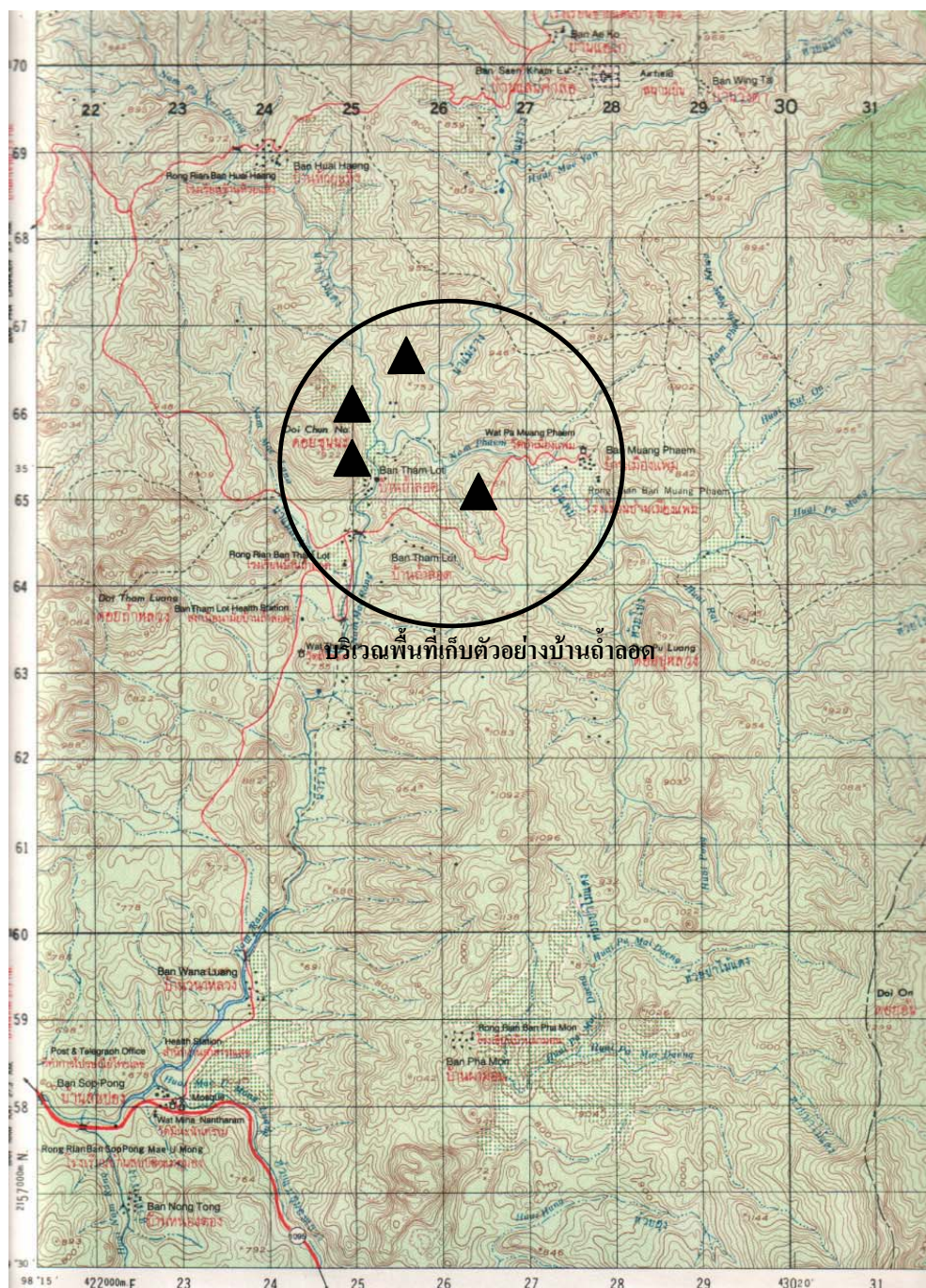
### 3.2.3 พื้นที่ศึกษาละอองเรณู

#### 3.2.3.1 จุดเก็บตัวอย่างบ้านถ้ำลอด

พื้นที่ที่เก็บตัวอย่างจุดที่ 1 เป็นบริเวณแอ่งน้ำบนเขาแต่ขณะเก็บตัวอย่างไม่มีน้ำ เนื่องจากเป็นหน้าแล้ง พื้นที่โดยรอบเป็นป่าสนเขาปนเต็งรัง ส่วนบริเวณจุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 และ 4 เป็นแอ่งตื้นๆ บริเวณพื้นที่ลุ่มซึ่งอยู่บริเวณหลังถ้ำลอด และพื้นที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 มีลักษณะเป็นแอ่งเล็กๆ ซึ่งขณะเก็บตัวอย่างไม่มีน้ำ เส้นทางไปบ้านเมืองแพม ลักษณะป่าบริเวณนี้เป็นป่าเบญจพรรณที่ค่อนข้างเสื่อมโทรม ทั้งนี้ ตัวอย่างดินทั้งหมดทำการเก็บด้วย hand auger ยกเว้น core TLP 2 ที่ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยการขุดหลุม

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู บ้านถ้ำลอด

| จุดที่ | Core ที่              | พิกัดตำแหน่ง  | ระดับความสูง (เมตร) |
|--------|-----------------------|---------------|---------------------|
| 1      | TLP 1, TLP2           | 47 QMB 264628 | 976                 |
| 2      | TLP 3, TLP 4, TLP 5   | 47 QMB 249636 | 642                 |
| 3      | TLP 6, TLP 7, TLP 8   | 47 QMB 255652 | 763                 |
| 4      | TLP 9, TLP 10, TLP 11 | 47 QMB 249641 | 636                 |



แผนที่ที่ 3.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณบ้านถ้ำลอด

### 3.2.3.1.1 Core TLP 1

ตัวอย่าง Core TLP1 มีความยาว 58 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง ดินชั้นหน้าดินมีสีน้ำตาล (grayish brown 2.5Y 5/2) เนื้อดินค่อนข้างละเอียด ส่วนดินชั้นถัดลงไปเนื้อดินค่อนข้างร่วนและปนทรายเล็กน้อย มีสีน้ำตาลค่อนข้างคล้ำ (dark grayish brown 2.5Y 4/2) และพบว่ามีจุดเหลืองๆ ของเหล็กออกไซด์ผสมอยู่ด้วย

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาระบบ Core TLP1

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | หมายเหตุ                          |
|-------------|--------------------------|----------|-----------------------------------|
| TLP 101     | 9-16                     | 2.5Y 5/2 |                                   |
| TLP 102     | 16-24                    | 2.5Y 4/2 | มีเหล็กออกไซด์ผสม<br>มีจุดเหลืองๆ |
| TLP 103     | 24-30                    | 2.5Y 4/2 |                                   |
| TLP 104     | 30-40                    | 2.5Y 4/2 |                                   |
| TLP 105     | 40-58                    | 2.5Y 4/2 |                                   |

### 3.2.3.1.2 Core TLP 2

สำหรับตัวอย่าง Core TLP2 ทำการขุดหลุมได้ความลึกประมาณ 54 เซนติเมตร พบว่าดินแห้ง และค่อนข้างแข็ง ดินชั้นหน้าดินตื้นมาก คือ ประมาณ 10 เซนติเมตร มีสีน้ำตาล (grayish brown 2.5Y 5/2) โดยทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 2 ตัวอย่าง คือ ที่ระดับความลึก 18-23 เซนติเมตร และ 26-31 เซนติเมตร พบว่าดินมีสีค่อนข้างเหลืองอ่อนๆ (pale yellow 2.5Y 8/3) เนื้อดินมีความร่วนและปนทราย ไม่จับตัวกันและมีจุดสีเหลืองของเหล็กออกไซด์

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาระบบ Core TLP2

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | หมายเหตุ          |
|-------------|--------------------------|----------|-------------------|
| TLP 201     | 18-23                    | 2.5Y 4/2 | มีเหล็กออกไซด์ผสม |
| TLP 202     | 26-31                    | 2.5Y 4/2 | มีจุดเหลืองๆ      |

### 3.2.3.1.3 Core TLP 3

หลุม Core TLP 3 มีความลึก 114 เซนติเมตร แต่การระบุความลึกของตัวอย่างในตารางข้างล่าง มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเนื่องจากวัดโดยใช้ความยาวของดินที่นำมาวางต่อกัน ทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างดินชั้นหน้าดินเป็นดินร่วนค่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีน้ำตาลคล้ำ (dark grayish brown 2.5Y 4/2) และถัดลงไปเป็นดินละเอียดสม่ำเสมอ ปนทรายเล็กน้อย เนื้อค่อนข้างเหนียว สีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1)

ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core TLP3

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    |
|-------------|--------------------------|----------|
| TLP 301     | 3-20                     | 2.5Y 4/2 |
| TLP 302     | 20-40                    | 2.5Y 4/2 |
| TLP 303     | 40-60                    | 2.5Y 4/2 |
| TLP 304     | 60-80                    | 2.5Y 3/1 |
| TLP 305     | 80-100                   | 2.5Y 3/1 |
| TLP 306     | 100-114                  | 2.5Y 3/1 |

#### 3.2.3.1.4 Core TLP 4

Core TLP4 มีความลึก 124 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง ตัวอย่างดินในหลุมนี้ พบว่าชั้นบนสุดเป็นดินค่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) และถัดลงไปเป็นดินค่อนข้างเหนียว เนื้อค่อนข้างละเอียด สีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1) มีทรายปนเล็กน้อย ทั้งนี้ได้พบตัวอย่างถ่าน 2 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึกประมาณ 80-95 เซนติเมตร และ 95-110 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core TLP4

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|----------|--------------------------|
| TLP 401     | 3-20                     | 2.5Y 3/2 |                          |
| TLP 402     | 20-35                    | 2.5Y 3/1 |                          |
| TLP 403     | 35-50                    | 2.5Y 3/1 |                          |
| TLP 404     | 50-65                    | 2.5Y 3/1 |                          |
| TLP 405     | 65-80                    | 2.5Y 3/1 |                          |
| *TLP 406    | 80-95                    | 2.5Y 3/1 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| *TLP 407    | 95-110                   | 2.5Y 3/1 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| TLP 408     | 110-124                  | 2.5Y 3/1 |                          |

#### 3.2.3.1.5 Core TLP 5

หลุม Core TLP5 มีความลึก 109 เซนติเมตร โดยมีจำนวนตัวอย่างดินทั้งหมด 7 ตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างดินในหลุมนี้พบว่า ชั้นบนสุดเป็นดินค่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) และชั้นล่างลงไปเป็นดินเนื้อค่อนข้างเหนียวสีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1) และมีทรายปนอยู่เล็กน้อย

ตารางที่ 3.8 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core TLP5

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    |
|-------------|--------------------------|----------|
| TLP 501     | 3-20                     | 2.5Y 3/2 |
| TLP 502     | 20-35                    | 2.5Y 3/1 |
| TLP 503     | 35-50                    | 2.5Y 3/1 |
| TLP 504     | 50-65                    | 2.5Y 3/1 |
| TLP 505     | 65-80                    | 2.5Y 3/1 |
| TLP 506     | 80-95                    | 2.5Y 3/1 |
| TLP 507     | 95-109                   | 2.5Y 3/1 |

### 3.2.3.1.6 Core TLP 6

หลุม Core TLP 6 มีความลึก 110 เซนติเมตร มีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง พบว่าชั้นหน้าดินค่อนข้างตื้น คือ ประมาณ 10 เซนติเมตร เป็นดินร่วน เนื้อแน่นและค่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) ถัดลงไปทีระดับ 10-30 เซนติเมตร ซึ่งพบว่าดินเริ่มมีจุดประสีแดงตั้งแต่ระดับนี้ลงไปดินเป็นดินร่วนเหนียวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อค่อนข้างละเอียด (light olive brown 2.5Y 3/1) ที่ระดับ 30-56 เซนติเมตร เป็นดินสีออกแดง (red 2.5YR 4/6) เนื้อร่วนค่อนข้างเหนียว ส่วนที่ระดับ 56-80 เซนติเมตร ดินสีเทาจางๆ (light greenish gray Gley 8/1) เนื้อดินค่อนข้างร่วนและที่ระดับ 80-110 เซนติเมตร เป็นดินสีแดง (red 10R 4/6) เนื้อดินค่อนข้างร่วน

ตารางที่ 3.9 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core TLP6

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน     | หมายเหตุ      |
|-------------|--------------------------|-----------|---------------|
| TLP 601     | 3-10                     | 2.5Y 3/2  |               |
| TLP 602     | 10-30                    | 2.5Y 5/4  | มีจุดประสีแดง |
| TLP 603     | 30-56                    | 2.5YR 4/6 |               |
| TLP 604     | 56-65                    | Gley 8/1  |               |
| TLP 605     | 65-80                    | Gley 8/1  |               |
| TLP 606     | 80-110                   | 10R 4/6   |               |

### 3.2.3.1.7 Core TLP 7

Core TLP 7 มีความลึก 84 เซนติเมตร มีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 6 ตัวอย่าง โดยพบว่าดินชั้นบนสุดเป็นดินร่วนค่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีน้ำตาลคล้ำ (dark grayish brown 2.5Y 4/2) ถัดลงไปพบว่าดินมีจุดประสีแดงลงไปตลอด Core ทั้งหมด โดยพบว่าที่ระดับ 24-36 เซนติเมตร เป็นดินร่วนค่อนข้างเหนียว สีน้ำตาลออกเหลือง (brownish yellow 10YR 6/6 และ yellow 10YR 7/6 ) ที่ระดับ 36-48 เซนติเมตร เป็นดินค่อนข้างเหนียวสีออกเหลือง (pale yellow 2.5Y 8/4) และถัดลงไปจนสุด Core เป็นดินสีออกเทาจางๆ (light greenish gray Gley 8/1) เนื้อดินค่อนข้างร่วน

ตารางที่ 3.10 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาระบบ Core TLP7

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน                 | หมายเหตุ      |
|-------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| TLP 701     | 5-24                     | 2.5Y 4/2              |               |
| TLP 702     | 24-36                    | 10YR 6/6 และ 10YR 7/6 | มีจุดประสีแดง |
| TLP 703     | 36-48                    | 2.5Y 8/4              |               |
| TLP 704     | 48-60                    | Gley 8/1              |               |
| TLP 705     | 60-72                    | Gley 8/1              |               |
| TLP 706     | 72-84                    | Gley 8/1              |               |

### 3.2.3.1.8 Core TLP 8

ตัวอย่าง Core TLP 8 มีความลึก 90 เซนติเมตร โดยมีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 6 ตัวอย่าง พบว่าดินชั้นบนสุดเป็นดินร่วนเหนียว เนื้อละเอียด สีน้ำตาล (dark olive brown 2.5Y 3/3) ถัดลงไปทีละระดับ 24-60 เซนติเมตร พบว่าดินมีจุดประสีแดง โดยพบที่ระดับ 24-48 เซนติเมตร เป็นดินร่วนค่อนข้างเหนียว เนื้อค่อนข้างละเอียด สีน้ำตาลออกเหลือง (yellowish brown 10YR 5/8) ที่ระดับ 48-60 เซนติเมตร เป็นดินสีน้ำตาลเหลือง (very pale brown 10YR 8/3 และ yellow 10YR 7/5) ซึ่งถัดลงไปจนสุด Core เป็นดินร่วน สีออกเทาจางๆ (light greenish gray Grey 8/1) มีจุดประสีแดงและจุดประสีเหลืองทั่วไป

ตารางที่ 3.11 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาระบบ Core TLP8

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน                 | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| TLP 801     | 5-24                     | 2.5Y 3/3              |                          |
| TLP 802     | 24-36                    | 10YR 5/8              | มีจุดประสีแดง            |
| TLP 803     | 36-48                    | 10YR 5/8              |                          |
| TLP 804     | 48-60                    | 10YR 8/3 และ 10YR 7/5 |                          |
| TLP 805     | 60-72                    | Gley 8/1              | มีจุดประสีแดงและสีเหลือง |
| TLP 806     | 72-90                    | Gley 8/1              |                          |

### 3.2.3.1.9 Core TLP 9

สำหรับ Core TLP9 มีความลึก 122 เซนติเมตร มีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 10 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างดินในหลุมนี้พบว่า ชั้นหน้าดินเป็นดินร่วนเหนียว เนื้อละเอียด สีค่อนข้างคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) ถัดลงไปทีละระดับ 24-48 เซนติเมตร เป็นดินค่อนข้างเหนียว เนื้อไม่ละเอียดนัก สีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1) และที่ระดับถัดลงไปจนสุดความยาว Core เป็นดินเนื้อร่วนค่อนข้างจับตัวกันเนื่องจากมีความชื้น มีทรายปนเล็กน้อย สีคล้ำ (dark gray 2.5Y 4/1)

ตารางที่ 3.12 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core TLP9

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    |
|-------------|--------------------------|----------|
| TLP 901     | 3-24                     | 2.5Y 3/2 |
| TLP 902     | 24-36                    | 2.5Y 3/1 |
| TLP 903     | 36-48                    | 2.5Y 3/1 |
| TLP 904     | 48-60                    | 2.5Y 4/1 |
| TLP 905     | 60-72                    | 2.5Y 4/1 |
| TLP 906     | 72-84                    | 2.5Y 4/1 |
| TLP 907     | 84-96                    | 2.5Y 4/1 |
| TLP 908     | 96-108                   | 2.5Y 4/1 |
| TLP 909     | 108-120                  | 2.5Y 4/1 |
| TLP 910     | 120-122                  | 2.5Y 4/1 |

### 3.2.3.1.10 Core TLP 10

Core TLP 10 มีความลึก 119 เซนติเมตร มีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่าชั้นบนเป็นดินร่วนเหนียว เนื้อค่อนข้างละเอียด สีค่อนข้างคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) จนถึงที่ระดับประมาณ 72 เซนติเมตร ลงไปจนสุดความยาวของ Core พบว่าเป็นดินร่วนค่อนข้างเหนียวจับตัวกัน เนื่องจากมีความชื้น เนื้อดินมีทรายปน สีน้ำตาลออกคล้ำ (dark reddish brown 5Y 3/2)

ตารางที่ 3.13 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core TLP10

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    |
|-------------|--------------------------|----------|
| TLP 1001    | 3-12                     | 2.5Y 3/2 |
| TLP 1002    | 12-24                    | 2.5Y 3/2 |
| TLP 1003    | 24-36                    | 2.5Y 3/2 |
| TLP 1004    | 36-48                    | 2.5Y 3/2 |
| TLP 1005    | 48-60                    | 2.5Y 3/2 |
| TLP 1006    | 60-72                    | 2.5Y 3/2 |
| TLP 1007    | 72-84                    | 5Y 3/2   |
| TLP 1008    | 84-96                    | 5Y 3/2   |
| TLP 1009    | 96-108                   | 5Y 3/2   |
| TLP 1010    | 108-119                  | 5Y 3/2   |

### 3.2.3.1.11 Core TLP 11

Core TLP 11 มีความลึกประมาณ 192 เซนติเมตร โดยมีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง พบว่า ชั้นหน้าดินเป็นดินร่วนเหนียว เนื้อละเอียดสม่ำเสมอ สีค่อนข้างคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) ที่ระดับ 24-48 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียว เนื้อค่อนข้างละเอียด สีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1) และพบ ตัวอย่างถ่าน 1 ตัวอย่าง ที่ระดับ 24-36 เซนติเมตร ส่วนที่ระดับถัดลงไปจนสุดความยาว core พบว่า เป็นดินเนื้อ ละเอียดจนจับตัวกัน สีนํ้าตาลคล้ำ (dark reddish brown 5Y 2.5/2) และมีทรายปน โดยเริ่มมีน้ำที่ระดับความ ลึกประมาณ 100 เซนติเมตร และพบหินกรวดแม่น้ำที่ระดับประมาณ 190 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.14 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาของเรณู Core TLP11

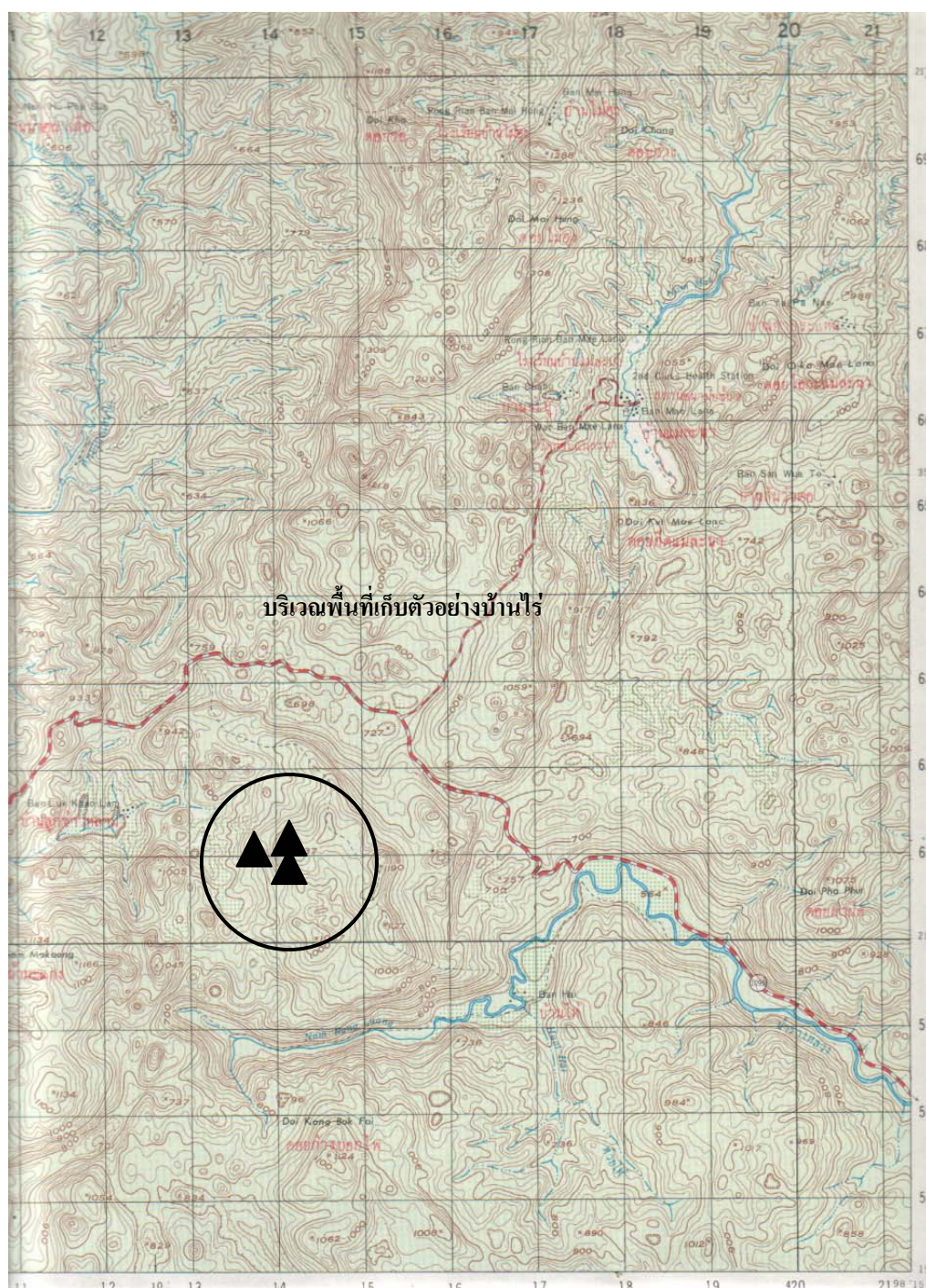
| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | หมายเหตุ                              |
|-------------|--------------------------|----------|---------------------------------------|
| TLP 1101    | 3-12                     | 2.5Y 3/2 |                                       |
| TLP 1102    | 12-24                    | 2.5Y 3/2 |                                       |
| *TLP 1103   | 24-36                    | 2.5Y 3/1 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน              |
| TLP 1104    | 36-48                    | 2.5Y 3/1 |                                       |
| TLP 1105    | 48-60                    | 5Y 2.5/2 |                                       |
| TLP 1106    | 60-72                    | 5Y 2.5/2 |                                       |
| TLP 1107    | 72-96                    | 5Y 2.5/2 |                                       |
| TLP 1108    | 96-144                   | 5Y 2.5/2 | เริ่มมีน้ำ                            |
| TLP 1109    | 144-192                  | 5Y 2.5/2 | มีหินกรวดแม่น้ำที่ระดับ 190 เซนติเมตร |

### 3.2.3.2 จุดเก็บตัวอย่างบ้านไร่

พื้นที่ที่เก็บตัวอย่างจุดที่ 1 เป็นแอ่งที่ลุ่มดินๆ อยู่บริเวณหน้าเพิงผาบ้านไร่ สภาพดินไม่ที่ขึ้นอยู่มีลักษณะ ค่อนข้างชุ่มชื้น อาจกล่าวว่าเป็นแอ่งป่าดิบชื้นขนาดเล็กๆ เนื่องจากเป็นบริเวณด้านหน้าของเพิงผา แสงแดดส่องถึง ค่อนข้างน้อย ส่วนพื้นที่เก็บตัวอย่างจุดที่ 2 เป็นบริเวณพื้นที่ราบอยู่บริเวณสันเป้ถ้ำ และพื้นที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 เป็นพื้นที่ราบระหว่างเขา โดยบริเวณจุดที่จุดเจาะ Core BRP 7 มีลักษณะเป็นหลุมเล็กๆ กว้างประมาณ 150 เซนติเมตร ลึกประมาณ 69 เซนติเมตร จากระดับผิวดิน สภาพป่าของพื้นที่ทั้งสองจุดเป็นป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณผสมกัน

ตารางที่ 3.15 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาของเรณูที่บ้านไร่

| จุดที่ | Core ที่            | พิกัดตำแหน่ง  | ระดับความสูง (เมตร) |
|--------|---------------------|---------------|---------------------|
| 1      | BRP 1, BRP 2, BRP 3 | 47 QMB 141584 | 793                 |
| 2      | BRP 4, BRP 5, BRP 6 | 47 QMB 139583 | 811                 |
| 3      | BRP 7, BRP 8        | 47 QMB 140582 | 795                 |



แผนที่ที่ 3.3 แสดงบริเวณเก็บตัวอย่างเหิงผาบ้านไร่และหลังเป

### 3.2.3.2.1 Core BRP 1

Core BRP 1 มีความลึกประมาณ 188 เซนติเมตร ซึ่งได้เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 22 ตัวอย่าง พบว่ามีเศษรากไม้ปนอยู่ทุกระดับความลึกแต่น้อยลงในชั้นลึกลงไป ซึ่งตั้งแต่ดินชั้นบนจนถึงสิ้นสุดความยาว Core พบว่าดินมีลักษณะเหมือนกัน โดยเป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลเข้มออกแดง (dark reddish brown 5YR 3/4) และพบตัวอย่างถ่าน 1 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 172-180 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.16 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core BRP1

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|---------|--------------------------|
| BRP 101     | 3-12                     | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 102     | 12-21                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 103     | 21-30                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 104     | 30-39                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 105     | 39-48                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 106     | 48-57                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 107     | 57-66                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 108     | 66-75                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 109     | 75-84                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 110     | 84-92                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 111     | 92-100                   | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 112     | 100-108                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 113     | 108-116                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 114     | 116-124                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 115     | 124-132                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 116     | 132-140                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 117     | 140-148                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 118     | 148-156                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 119     | 156-164                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 120     | 164-172                  | 5YR 3/4 |                          |
| *BRP 121    | 172-180                  | 5YR 3/4 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| BRP 122     | 180-188                  | 5YR 3/4 |                          |

### 3.2.3.2.2 Core BRP 2

Core BRP 2 มีความลึกประมาณ 148 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 16 ตัวอย่าง พบว่าตั้งแต่ดินชั้นหน้าดินลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน โดยเป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลเข้มออกแดง (dark reddish brown 5YR 3/4) เหมือนตัวอย่างดิน Core BRP1 และพบตัวอย่างถ่าน 1 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 49-58 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.17 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core BRP2

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|---------|--------------------------|
| BRP 201     | 3-13                     | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 202     | 13-22                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 203     | 22-31                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 204     | 31-40                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 205     | 40-49                    | 5YR 3/4 |                          |
| *BRP 206    | 49-58                    | 5YR 3/4 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| BRP 207     | 58-67                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 208     | 67-76                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 209     | 76-85                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 210     | 85-94                    | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 211     | 94-103                   | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 212     | 103-112                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 213     | 112-121                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 214     | 121-130                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 215     | 130-139                  | 5YR 3/4 |                          |
| BRP 216     | 139-148                  | 5YR 3/4 |                          |

### 3.2.3.2.3 Core BRP 3

Core BRP 3 มีความลึกประมาณ 181 เซนติเมตร ทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 23 ตัวอย่าง โดยตั้งแต่ดินชั้นหน้าดินลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core พบว่าลักษณะดินเหมือนกัน และเหมือนตัวอย่างดิน Core BRP1 และ Core BRP2 โดยเป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลเข้มออกแดง (dark reddish brown 5YR 3/4)

**ตารางที่ 3.18 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core BRP3**

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   |
|-------------|--------------------------|---------|
| BRP 301     | 3-10                     | 5YR 3/4 |
| BRP 302     | 10-17                    | 5YR 3/4 |
| BRP 303     | 17-24                    | 5YR 3/4 |
| BRP 304     | 24-31                    | 5YR 3/4 |
| BRP 305     | 31-38                    | 5YR 3/4 |
| BRP 306     | 38-45                    | 5YR 3/4 |
| BRP 307     | 45-53                    | 5YR 3/4 |
| BRP 308     | 53-61                    | 5YR 3/4 |
| BRP 309     | 61-69                    | 5YR 3/4 |
| BRP 310     | 69-77                    | 5YR 3/4 |
| BRP 311     | 77-85                    | 5YR 3/4 |
| BRP 312     | 85-93                    | 5YR 3/4 |
| BRP 313     | 93-101                   | 5YR 3/4 |
| BRP 314     | 101-109                  | 5YR 3/4 |
| BRP 315     | 109-117                  | 5YR 3/4 |
| BRP 316     | 117-125                  | 5YR 3/4 |
| BRP 317     | 125-133                  | 5YR 3/4 |
| BRP 318     | 133-141                  | 5YR 3/4 |
| BRP 319     | 141-149                  | 5YR 3/4 |
| BRP 320     | 149-157                  | 5YR 3/4 |
| BRP 321     | 157-165                  | 5YR 3/4 |
| BRP 322     | 165-173                  | 5YR 3/4 |
| BRP 323     | 173-181                  | 5YR 3/4 |

#### 3.2.3.2.4 Core BRP 4

ตัวอย่างดิน Core BRP 4 มีความลึกประมาณ 226 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 26 ตัวอย่าง พบว่าดินชั้นบนสุดถึงระดับความลึกประมาณ 12 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลเข้มออกแดง (dark reddish brown 5YR 3/4 ) และถัดลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ เป็นดินเนื้อค่อนข้างแน่นและค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/3)

ตารางที่ 3.19 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core BRP4

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   |
|-------------|--------------------------|---------|
| BRP 401     | 3-12                     | 5YR 3/3 |
| BRP 402     | 12-20                    | 5YR 4/3 |
| BRP 403     | 20-28                    | 5YR 4/3 |
| BRP 404     | 28-36                    | 5YR 4/3 |
| BRP 405     | 36-44                    | 5YR 4/3 |
| BRP 406     | 44-52                    | 5YR 4/3 |
| BRP 407     | 52-60                    | 5YR 4/3 |
| BRP 408     | 60-68                    | 5YR 4/3 |
| BRP 409     | 68-76                    | 5YR 4/3 |
| BRP 410     | 76-84                    | 5YR 4/3 |
| BRP 411     | 84-92                    | 5YR 4/3 |
| BRP 412     | 92-100                   | 5YR 4/3 |
| BRP 413     | 100-109                  | 5YR 4/3 |
| BRP 414     | 109-118                  | 5YR 4/3 |
| BRP 415     | 118-127                  | 5YR 4/3 |
| BRP 416     | 127-136                  | 5YR 4/3 |
| BRP 417     | 136-145                  | 5YR 4/3 |
| BRP 418     | 145-154                  | 5YR 4/3 |
| BRP 419     | 154-163                  | 5YR 4/3 |
| BRP 420     | 163-172                  | 5YR 4/3 |
| BRP 421     | 172-181                  | 5YR 4/3 |
| BRP 422     | 181-190                  | 5YR 4/3 |
| BRP 423     | 190-199                  | 5YR 4/3 |
| BRP 424     | 199-208                  | 5YR 4/3 |
| BRP 425     | 208-217                  | 5YR 4/3 |
| BRP 426     | 217-226                  | 5YR 4/3 |

### 3.2.3.2.5 Core BRP 5

ตัวอย่างดิน Core BRP 5 มีความลึกประมาณ 238 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 26 ตัวอย่าง พบว่าดินชั้นบนสุดถึงระดับความลึกประมาณ 13 เซนติเมตร เป็นดินเนื้อร่วนและค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/3) และถัดลงไปจนถึงชั้นสุดท้าย Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ เป็นดินเนื้อค่อนข้างแน่นและค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/4)

ตารางที่ 3.20 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาระบบ Core BRP5

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   |
|-------------|--------------------------|---------|
| BRP 501     | 3-13                     | 5YR 4/3 |
| BRP 502     | 13-22                    | 5YR 4/4 |
| BRP 503     | 22-31                    | 5YR 4/4 |
| BRP 504     | 31-40                    | 5YR 4/4 |
| BRP 505     | 40-49                    | 5YR 4/4 |
| BRP 506     | 49-58                    | 5YR 4/4 |
| BRP 507     | 58-67                    | 5YR 4/4 |
| BRP 508     | 67-76                    | 5YR 4/4 |
| BRP 509     | 76-85                    | 5YR 4/4 |
| BRP 510     | 85-94                    | 5YR 4/4 |
| BRP 511     | 94-103                   | 5YR 4/4 |
| BRP 512     | 103-112                  | 5YR 4/4 |
| BRP 513     | 112-121                  | 5YR 4/4 |
| BRP 514     | 121-130                  | 5YR 4/4 |
| BRP 515     | 130-139                  | 5YR 4/4 |
| BRP 516     | 139-148                  | 5YR 4/4 |
| BRP 517     | 148-157                  | 5YR 4/4 |
| BRP 518     | 157-166                  | 5YR 4/4 |
| BRP 519     | 166-175                  | 5YR 4/4 |
| BRP 520     | 175-184                  | 5YR 4/4 |
| BRP 521     | 184-193                  | 5YR 4/4 |
| BRP 522     | 193-202                  | 5YR 4/4 |
| BRP 523     | 202-211                  | 5YR 4/4 |
| BRP 524     | 211-220                  | 5YR 4/4 |
| BRP 525     | 220-229                  | 5YR 4/4 |
| BRP 526     | 229-238                  | 5YR 4/4 |

### 3.2.3.2.6 Core BRP 6

ตัวอย่างดิน Core BRP 6 มีความลึกประมาณ 245 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 24 ตัวอย่าง พบว่าดินชั้นบนสุดถึงระดับความลึกประมาณ 14 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/3) และถัดลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ เป็นดินเนื้อค่อนข้างแน่นและค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/4)

ตารางที่ 3.21 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาระบบ Core BRP6

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   |
|-------------|--------------------------|---------|
| BRP 601     | 3-14                     | 5YR 4/3 |
| BRP 602     | 14-25                    | 5YR 4/4 |
| BRP 603     | 25-35                    | 5YR 4/4 |
| BRP 604     | 35-45                    | 5YR 4/4 |
| BRP 605     | 45-55                    | 5YR 4/4 |
| BRP 606     | 55-65                    | 5YR 4/4 |
| BRP 607     | 65-75                    | 5YR 4/4 |
| BRP 608     | 75-85                    | 5YR 4/4 |
| BRP 609     | 85-95                    | 5YR 4/4 |
| BRP 610     | 95-105                   | 5YR 4/4 |
| BRP 611     | 105-115                  | 5YR 4/4 |
| BRP 612     | 115-125                  | 5YR 4/4 |
| BRP 613     | 125-135                  | 5YR 4/4 |
| BRP 614     | 135-145                  | 5YR 4/4 |
| BRP 615     | 145-155                  | 5YR 4/4 |
| BRP 616     | 155-165                  | 5YR 4/4 |
| BRP 617     | 165-175                  | 5YR 4/4 |
| BRP 618     | 175-185                  | 5YR 4/4 |
| BRP 619     | 185-195                  | 5YR 4/4 |
| BRP 620     | 195-205                  | 5YR 4/4 |
| BRP 621     | 205-215                  | 5YR 4/4 |
| BRP 622     | 215-225                  | 5YR 4/4 |
| BRP 623     | 225-235                  | 5YR 4/4 |
| BRP 624     | 235-245                  | 5YR 4/4 |

### 3.2.3.2.7 Core BRP 7

Core BRP 7 มีความลึกประมาณ 230 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 24 ตัวอย่าง พบว่าตั้งแต่ระดับผิวดินถึงระดับความลึกประมาณ 13 เซนติเมตร เป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาล (brown 7.5YR 5/3) ดินที่ระดับความลึก 13-31 เซนติเมตร พบว่าเนื้อดินร่วน ค่อนข้างแน่นและมีสีน้ำตาล (brown 7.5YR 4/2) และถัดมาเป็นดินที่ระดับความลึก 31-58 เซนติเมตร เป็นดินร่วน เนื้อดินค่อนข้างแน่นและมีสีคล้ำขึ้น (very dark gray 5YR 3/1) โดยพบตัวอย่างถ่านจำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ที่ระดับ ความลึก 31-40 เซนติเมตร และ 40-49 เซนติเมตร ถัดมาที่ระดับ 58-85เซนติเมตร เป็นดินเนื้อค่อนข้างแน่นและร่วน สีแดง (reddish yellow 7.5 YR 6/6)

และที่ระดับ 85-94 เซนติเมตร พบว่าดินมีสีน้ำตาล (brown 7.5YR 4/4) และถัดลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ ดินเนื้อค่อนข้างแน่นและค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาล (dark brown 7.5YR 3/3)

ตารางที่ 3.22 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core BRP7

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน     | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|-----------|--------------------------|
| BRP 701     | 3-13                     | 7.5YR 5/3 |                          |
| BRP 702     | 13-22                    | 7.5YR 4/2 |                          |
| BRP 703     | 22-31                    | 7.5YR 4/2 |                          |
| *BRP 704    | 31-40                    | 5YR 3/1   | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| *BRP 705    | 40-49                    | 5YR 3/1   | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| BRP 706     | 49-58                    | 5YR 3/1   |                          |
| BRP 707     | 58-67                    | 7.5YR 6/6 |                          |
| BRP 708     | 67-76                    | 7.5YR 6/6 |                          |
| BRP 709     | 76-85                    | 7.5YR 6/6 |                          |
| BRP 710     | 85-94                    | 7.5YR 4/4 |                          |
| BRP 711     | 94-103                   | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 712     | 103-112                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 713     | 112-121                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 714     | 121-130                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 715     | 130-140                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 716     | 140-150                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 717     | 150-160                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 718     | 160-170                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 719     | 170-180                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 720     | 180-190                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 721     | 190-200                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 722     | 200-210                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 723     | 210-220                  | 7.5YR 3/3 |                          |
| BRP 724     | 220-230                  | 7.5YR 3/3 |                          |

### 3.2.3.2.8 Core BRP 8

Core BRP 8 มีความลึกประมาณ 143 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 24 ตัวอย่าง พบว่าระดับผิวดินถึงระดับความลึกประมาณ 11 เซนติเมตร เป็นดินร่วน เนื้อดินค่อนข้างแน่น สีน้ำตาล (brown 7.5YR 5/4) ถัดมาที่ระดับความลึก 18-32 เซนติเมตร ยังเป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่นและมีสีน้ำตาล (brown 7.5YR 4/3 และ 7.5YR 4/2) และถัดมาจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ เนื้อดินร่วน ค่อนข้าง

แน่นและเนื้อค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาล (dark brown 7.5YR 3/4) และพบตัวอย่างถ่านจำนวน 1 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 81-88 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.23 แสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาละอองเรณู Core BRP8

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน     | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|-----------|--------------------------|
| BRP 801     | 3-11                     | 7.5YR 5/4 |                          |
| BRP 802     | 11-18                    | 7.5YR 4/3 |                          |
| BRP 803     | 18-25                    | 7.5YR 4/2 |                          |
| BRP804      | 25-32                    | 7.5YR 4/2 |                          |
| BRP 805     | 32-39                    | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 806     | 39-46                    | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 807     | 46-53                    | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 808     | 53-60                    | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 809     | 60-67                    | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 810     | 67-74                    | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 811     | 74-81                    | 7.5YR 3/4 |                          |
| *BRP812     | 81-88                    | 7.5YR 3/4 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| BRP 813     | 88-95                    | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 814     | 95-103                   | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 815     | 103-111                  | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 816     | 111-119                  | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 817     | 119-127                  | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 818     | 127-135                  | 7.5YR 3/4 |                          |
| BRP 819     | 135-143                  | 7.5YR 3/4 |                          |

### 3.2.4 การเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการเพื่อการทำสไลด์ในการวิเคราะห์ละอองเรณู

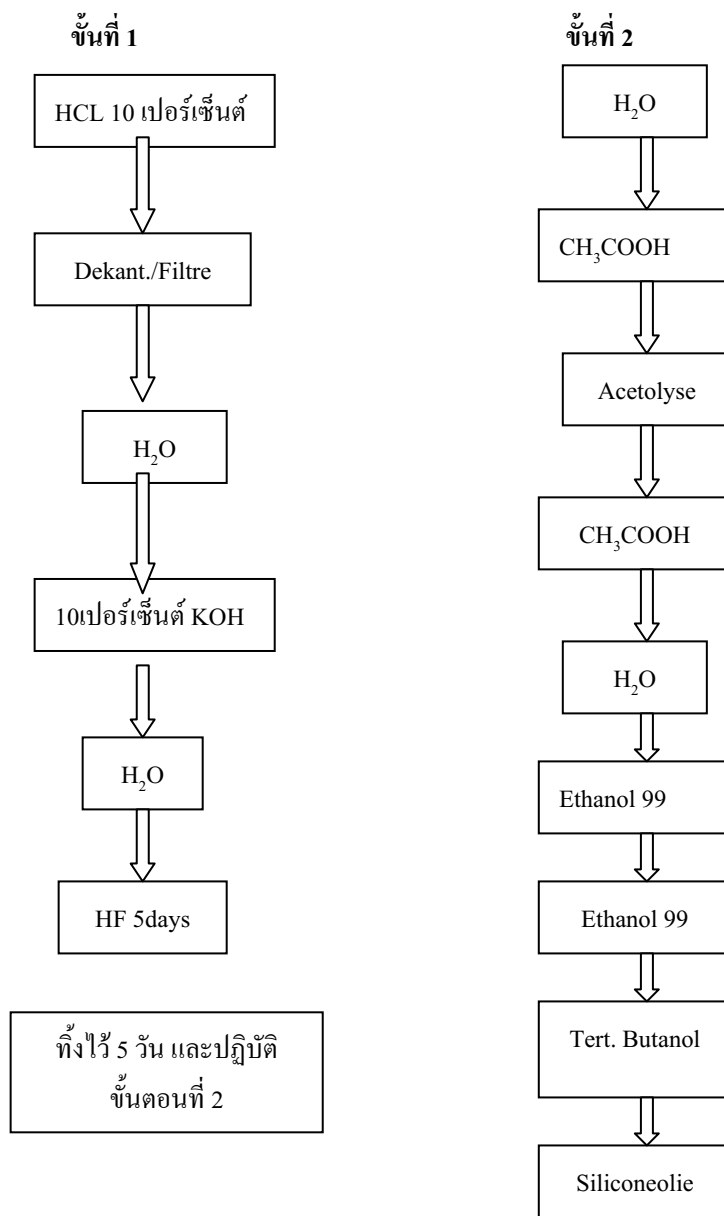
การศึกษาเรณูวิทยาเป็นหลักฐานอย่างหนึ่งที่นิยมศึกษากันเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับพืชพรรณและสภาพภูมิอากาศในอดีต อย่างไรก็ตามในการศึกษาทางเรณูวิทยาขั้นตอนในการปฏิบัติประกอบด้วยวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยาก ตั้งแต่ในการเริ่มเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดินที่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาละอองเรณูโบราณในครั้งนี้มาจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ และแหล่งโบราณคดีเพิงผาลอด ที่ดำเนินการขุดค้นโดยโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน สำหรับขั้นตอนการศึกษามีดังนี้

1. ใส่ตัวอย่างดินประมาณ 2 ส่วน ใน 10 ส่วน ของหลอด (หลอดพลาสติกมาตรฐานเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ความสูงของหลอด 10 เซนติเมตร) ลงในหลอดทดลองพลาสติกพร้อมทั้งให้รายละเอียดเกี่ยวกับตัวอย่าง

2. เติมแอลกอฮอล์ 95.5 เปอร์เซ็นต์ ลงไปเล็กน้อยแล้วเติม HCL 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน ค่อยๆ เติมเพราะหากตัวอย่างมี  $\text{CaCO}_3$  จะทำให้เกิดปฏิกิริยาฟองฟู หากเกิดปฏิกิริยามากให้เติมน้ำ กลั่นลงไปเล็กน้อยเพื่อให้ปฏิกิริยาไม่รุนแรง
3. นำตัวอย่างไปต้มประมาณ 10 นาที แล้ว centrifuge ประมาณ 5 นาที และนำตัวอย่างมากรอง รินสารส่วนบนออก
4. เติมน้ำกลั่นประมาณ 6 ส่วนใน 10 ส่วน แล้ว centrifuge ประมาณ 5 นาที รินน้ำกลั่นส่วนบนออก
5. กรองตัวอย่างด้วย sieve ที่มีขนาดเล็กมากเพื่อให้สิ่งสกปรกแยกออกไป
6. นำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว เติม KOH 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน แล้วต้มประมาณ 5 นาที
7. นำตัวอย่างไป centrifuge ประมาณ 5 นาที รินสารด้านบนออก
8. เติมน้ำกลั่นประมาณ 6 ใน 10 ส่วน นำตัวอย่างใส่เครื่อง centrifuge ประมาณ 5 นาที
9. เติม HF ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน ปิดฝาหลอด แล้วตั้งทิ้งไว้ใน hood ประมาณ 5 วัน
10. นำตัวอย่างออกมาเขย่าด้วยเครื่องประมาณ 2 นาที
11. ใส่เข้าเครื่อง centrifuge ประมาณ 5 นาที รินสารเคมีด้านบนออก
12. เติมน้ำกลั่นประมาณ 6 ใน 10 ส่วน แล้วใส่เครื่อง centrifuge ประมาณ 5 นาที เทน้ำด้านบนออก
13. เติม  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน ใส่เครื่อง centrifuge ประมาณ 5 นาที เทสารเคมีด้านบนออก
14. เติม  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$  8 ml และ con.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 ml ต้มประมาณ 1.30 นาที
15. ใส่เครื่อง centrifuge ประมาณ 2 นาที เทสารด้านบนออก
16. เติม  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน แล้ว centrifuge ประมาณ 5 นาที เทสารด้านบนออก
17. เติมน้ำกลั่น ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน แล้ว centrifuge ประมาณ 5 นาที รินน้ำออก
18. เติม Ethanol 99.9 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 6 ใน 10 ส่วน centrifuge ประมาณ 5 นาที แล้วรินสารส่วนบนออก
19. ตักตัวอย่างที่อยู่ก้นหลอดมาใส่ขวดแก้วขนาดเล็ก แล้วเติม Butanol เขย่าให้เข้ากัน หยด Silicon ประมาณ 5 หยด ปิดฝาขวดแก้วด้วยกระดาษที่สะอาด
20. นำไปตั้งในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 วัน

### ขั้นตอนการเตรียมสไลด์เพื่อศึกษาละอองเรณูจากแหล่งโบราณคดี



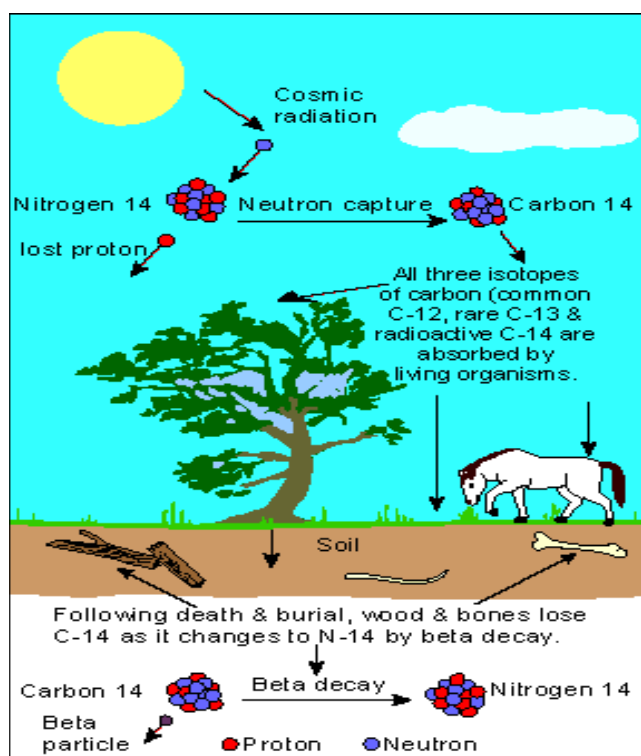
แผนภูมิที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการศึกษาละอองเรณู

### 3.3 วิธีวิทยาการกำหนดอายุด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์

#### 3.3.1 หลักการของการศึกษาคาร์บอน-14

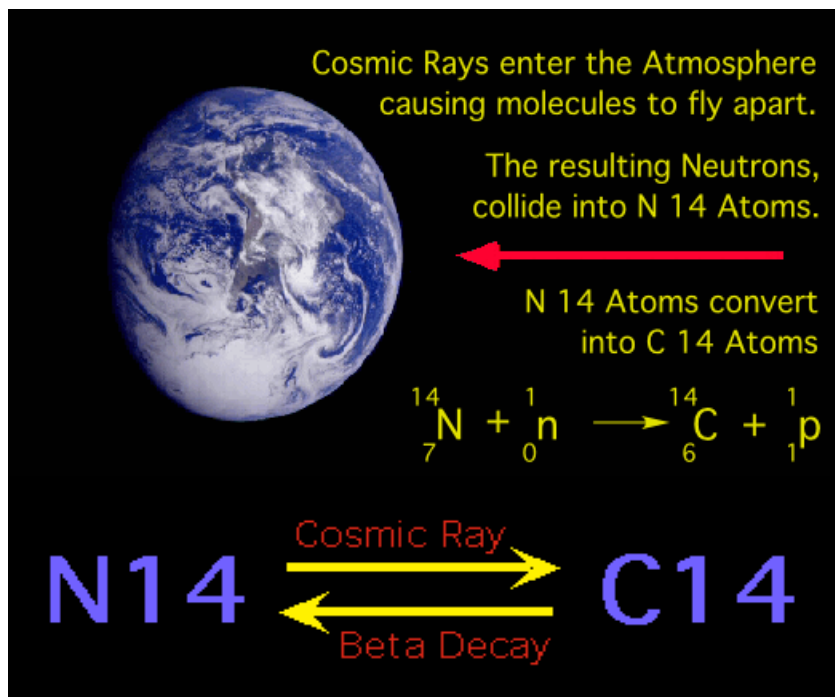
คาร์บอน 14 ถูกสร้างขึ้นในชั้นบรรยากาศ ขณะที่ไนโตรเจนอะตอมถูกรบกวนโดยรังสีคอสมิกในจำนวนล้านล้านอะตอมคาร์บอน 12 สามารถพบ 1 อะตอมคาร์บอน 14 คาร์บอน 14 ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยารังสีคอสมิกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์อย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับคาร์บอน 12 ต้นไม้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์และปลดปล่อยเป็นรูปก๊าซออกซิเจนออกมาสำหรับสัตว์เพื่อใช้ในการหายใจ คาร์บอน-14 ไดออกไซด์ถูกใช้โดยพืชเช่นเดียวกับการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ สุดท้ายคาร์บอน -14 ไดออกไซด์จะอยู่ในร่างกายมนุษย์และสัตว์และมีการเคลื่อนย้ายต่อไปสู่สายใยอาหาร ค่าคาร์บอน 14 เป็นค่ามาตรฐาน โดยนักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดอายุจากสิ่งที่ยังเหลืออยู่ในฟอสซิล ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์กล่าวถึงอายุในช่วงล้านปี หรือ พันล้านปี ความจริงอายุของคาร์บอน 14 ไม่ได้เป็นค่าอายุที่แน่นอนขึ้นอยู่กับที่ตั้งสมมุติฐานและข้อจำกัดต่างๆ

คาร์บอนมีน้ำหนัก 12 อะตอม (AMU's ย่อมาจาก atomic mass units) เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ เปอร์เซ็นต์ส่วนน้อยของอะตอมคาร์บอนมีค่าอะตอม 14 และนี่คือ คาร์บอน 14 (carbon-14) คาร์บอน 14 เป็นอะตอมที่ไม่เสถียรเป็นกัมมันตรังสีของ คาร์บอน 12 เช่นเดียวกับกัมมันตรังสีอื่นๆ คาร์บอน 14 ปลดปล่อยตลอดเวลา ครึ่งชีวิตของคาร์บอน 14 ประมาณ 5,730 ปี ซึ่งหมายความว่าหากนำ 1 ปอนด์ จาก 100 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอน 14 (ใน 5,730 ปี) จะเหลือเพียงครึ่งปอนด์



รูปที่ 3.9 วัฏจักรของคาร์บอน 14

(ที่มา: <http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/calibration.html>)



รูปที่ 3.10 รังสีคอสมิกจากดวงอาทิตย์แผ่มายังโลก และการเปลี่ยนแปลงจากไนโตรเจนมาสู่คาร์บอน 14

(ที่มา : <http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/calibration.html>)

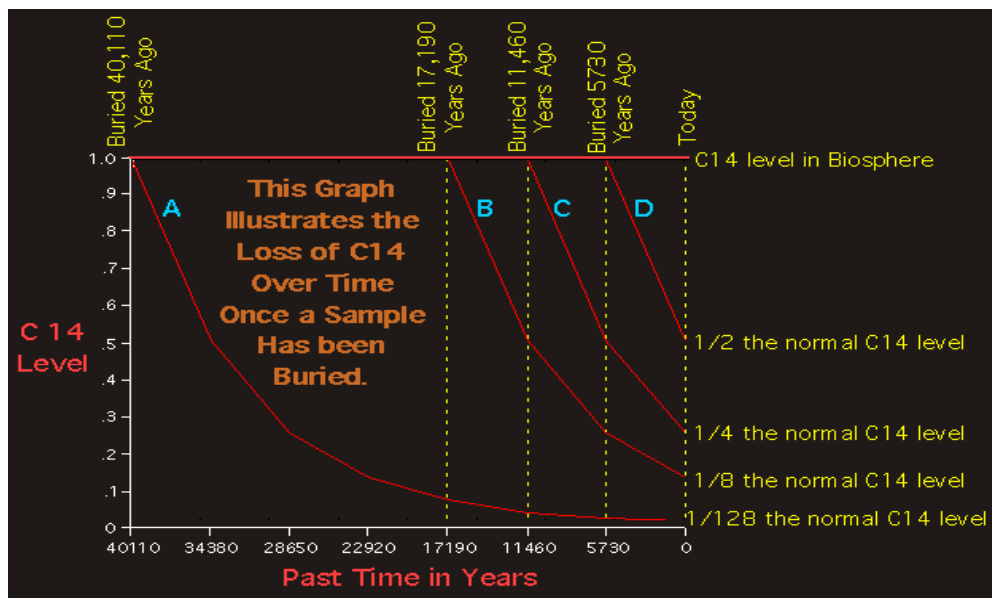
สัดส่วนระหว่างคาร์บอน -14 และคาร์บอน -12 ในองค์ประกอบของพืช มนุษย์และสัตว์อื่นๆ ที่สามารถผันแปรได้ แต่คาร์บอน-14 จะคงที่เมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นตาย หลังจากตาย คาร์บอน-14 จะมีการปลดปล่อย ในปี พ.ศ. 2491 (ค.ศ. 1948) Dr. W.F.Libby ได้มีการเสนอแนะวิธีการกำหนดอายุด้วย คาร์บอน-14 ที่มหาวิทยาลัยชิคาโก พื้นฐานสำหรับวิธีการนี้คือ การวัดสัดส่วนของคาร์บอน-14 ที่เหลือในสิ่งมีชีวิต โดยการประมาณการระยะเวลาเท่าไรที่สิ่งมีชีวิตตายไปแล้วโดยการคำนวณย้อนกลับ

ข้อวิจารณ์เกี่ยวกับสมมติฐานที่ไม่น่าถูกต้องเกี่ยวกับการกำหนดอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 คือ

- 1) ค่าอายุคาร์บอน-14 จะถูกต้อง ต้องตั้งสมมติฐานว่าการปลดปล่อยคาร์บอน-14 เป็นค่าคงที่ อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ไม่เป็นความจริงคือ การทดลองโดยใช้ แก๊สมันตรังสีของ Uranium3238 และ Iron-57 พบว่า สัดส่วนผันแปรไป ในความเป็นจริงการที่สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงสามารถทำให้อัตราการผูกพันเปลี่ยนแปลงไป
- 2) การพัฒนาอุตสาหกรรมเป็นการเพิ่มปริมาณ คาร์บอน-12 และมีการปลดปล่อยสู่บรรยากาศ รวมทั้ง การเผาไหม้ถ่านหิน รวมทั้งการทดสอบพลังงานนิวเคลียร์ในช่วงปี 1950 ทำให้มีการเพิ่มนิวตรอน ซึ่งทำให้เกิดการเพิ่มความเข้มข้นของ คาร์บอน-14 การเกิดน้ำท่วมใหญ่และการขาดแคลนอาหาร ทำให้เกิดการทำลายป่าไม้และการเผาป่า เหล่านี้เป็นการเพิ่มคาร์บอน-12 สู่บรรยากาศ
- 3) การที่จะทำให้คาร์บอน-14 น่าเชื่อถือ ความเข้มข้นของคาร์บอน-14 และคาร์บอน-12 มีค่าคงที่อยู่ในบรรยากาศ

### 3.3.2 การปลดปล่อยกัมมันตรังสีคาร์บอน-14 ในเวลาต่างๆ

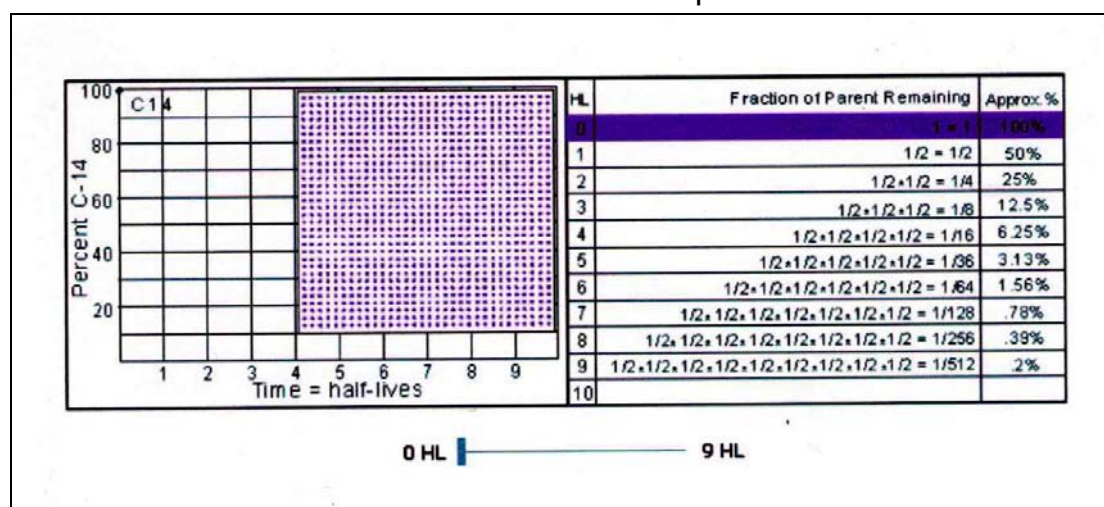
เมื่อสิ่งมีชีวิตตาย คาร์บอน-14 ปลดปล่อยไปสู่รูป N-14 อัตราเช่นเดียวกับการปลดปล่อยกัมมันตรังสีตัวอื่นๆ ขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอน-14 ที่มีอยู่ในปัจจุบันในขณะนั้น โดยหลักการวัดทุกอย่างที่ยังมีคาร์บอน-14 จำนวนเพียงพอ สามารถที่จะกำหนดอายุได้ และค่าอายุเป็นตัวแทนของเวลาตั้งแต่วัตถุนั้นหยุดการแลกเปลี่ยนคาร์บอนในบรรยากาศ



รูปที่ 3.11 เส้นกราฟการปลดปล่อยคาร์บอน-14

(ที่มา : <http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/calibration.html>)

ตารางที่ 3.24 การปลดปล่อยกัมมันตรังสี คาร์บอน-14 ในช่วงเวลาต่างๆ กัน



(ที่มา : <http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/calibration.html>)

### 3.3.3 การกำหนดค่าอายุด้วยธาตุกัมมันตรังสี

การกำหนดค่าอายุด้วยธาตุกัมมันตรังสี เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากสารกัมมันตรังสี เนื่องจากอัตราการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี มีค่าคงที่ และไม่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความดัน และปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้น ถ้าเราทราบจำนวนของธาตุเหล่านี้เหลือตกค้างอยู่ ทราบอัตราการสลายตัว และจำนวนธาตุที่เกิดขึ้นใหม่ เราก็สามารถคำนวณเวลาที่ผ่านไปตั้งแต่ธาตุนั้นเริ่มสลายตัว อัตราการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีนิยมนิยามในเทอมที่เรียกว่า ค่าครึ่งชีวิต (half life) ซึ่งเป็นเวลาที่ธาตุกัมมันตรังสีนั้นใช้ไปในการสลายตัว จนมีปริมาณเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณที่มีอยู่เดิม ตัวอย่างเช่น ค่าครึ่งชีวิตของยูเรเนียม-238 เท่ากับ  $4.51 \times 10^9$  ปี หมายความว่า ถ้ามียูเรเนียมอยู่ 1 กรัม หลังจาก 4,510 ล้านปี จะเหลือยูเรเนียม-238 เพียง 0.5 กรัม ซึ่งการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี สามารถเขียนในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

โดย  $N$  เป็นจำนวนอะตอมของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในเวลาปัจจุบันที่กำลังการวัด

$N_0$  เป็นจำนวนอะตอมของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่เริ่มแรก เมื่อเวลา  $t = 0$

$\lambda$  เป็นค่าคงที่ของการสลายตัว มีค่าเท่ากับ  $0.693/\text{ค่าครึ่งชีวิต}$

$t$  เป็นเวลาที่ใช้ในการสลายตัว

จากสมการที่(1) จะเห็นว่า มีตัวที่ไม่ทราบค่าอยู่ สองตัวคือ ค่า  $N_0$  และ  $t$  เมื่อพิจารณาใน close system คือ ไม่มีการเพิ่มขึ้นหรือสูญหายไปของธาตุที่เกิดขึ้นใหม่ จากระบบที่เราพิจารณาอยู่ ดังนั้น

$$N_0 = N + D$$

$D$  คือ เป็นจำนวนอะตอมของธาตุที่เกิดขึ้นใหม่จากการสลายตัวของธาตุแม่แทนค่า  $N_0$  ในสมการที่ (1) จะได้

$$N = (N + D) e^{-\lambda t}$$

$$T = 1/\lambda \ln(1 + D/N) \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) จะเห็นว่า ถ้าทราบค่าของ  $D$ ,  $N$  และ  $\lambda$  เราก็สามารถคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีนั้นได้ และเป็นสูตรที่ใช้ทั่วไปในงานการกำหนดค่าอายุด้วยธาตุกัมมันตรังสี

ทั้งนี้ มีธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติอยู่หลายชนิดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการกำหนดค่าอายุ ดังตารางที่ 3.25

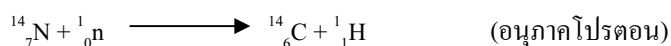
ตารางที่ 3.25 ธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการกำหนดค่าอายุ

| ธาตุกัมมันตรังสีแม่ | ค่าครึ่งชีวิต | ธาตุลูกที่เสถียร | ลักษณะการสลายตัว     |
|---------------------|---------------|------------------|----------------------|
| คาร์บอน-14          | 5,730 ปี      | ไนโตรเจน-14      | เบตา                 |
| โพแทสเซียม-40       | 1,300 ล้านปี  | อาร์กอน-40       | เบตาและจับอิเล็กตรอน |
| รูบิเดียม-87        | 47,000 ล้านปี | สตรอนเชียม-87    | เบตา                 |
| ยูเรเนียม-235       | 713 ล้านปี    | ตะกั่ว-207       | แอลฟาและเบตา         |
| ยูเรเนียม-238       | 4,510 ล้านปี  | ตะกั่ว-206       | แอลฟาและเบตา         |
| ทอเรียม-232         | 14,000 ล้านปี | ตะกั่ว-208       | แอลฟาและเบตา         |

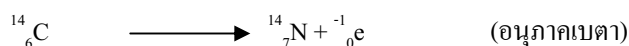
จากตารางที่ 3.25 จะเห็นว่าธาตุกัมมันตรังสี จะมีค่าครึ่งชีวิตต่างกัน ดังนั้นสำหรับหินที่อายุมากๆ จะใช้พวกโพแทสเซียม-40 รูมิเดียม-87 ยูเรเนียม-235 ยูเรเนียม-238 และทอเรียม-232 แต่ถ้าเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไม่นานนัก ก็ใช้ไอโซโทปกัมมันตรังสีของคาร์บอน คือ คาร์บอน-14 ให้อายุของซากสิ่งมีชีวิตที่เคยมีอายุประมาณ 50,000 ปี หรือน้อยกว่านั้น หลักและวิธีการนำเอาธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติมาใช้ในการกำหนดค่าอายุจะขอล่าเฉพาะการกำหนดค่าอายุด้วยคาร์บอน-14 โดยสังเขปดังนี้

### 3.3.3.1 การกำหนดอายุด้วยคาร์บอน-14 หรือเรดิโอคาร์บอน

ธาตุคาร์บอนที่มีอยู่ในธรรมชาติ ประกอบด้วย 3 ไอโซโทป คือ คาร์บอน-12 คาร์บอน-13 และคาร์บอน-14 สำหรับไอโซโทป 2 ตัวแรกเป็นไอโซโทปเสถียร ส่วนคาร์บอน-14 เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสี โดยที่คาร์บอน-14 เกิดขึ้นมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ระหว่างอนุภาคนิวตรอนที่เกิดมาจากรังสีคอสมิกกับอะตอมของธาตุไนโตรเจนในบรรยากาศชั้นบน ดังสมการ



เนื่องจากคาร์บอน-14 เป็นธาตุกัมมันตรังสี เมื่อเกิดขึ้นมาแล้วก็จะสลายตัวให้อนุภาคเบตา และเปลี่ยนตัวเองเป็นอะตอมของธาตุไนโตรเจน ดังสมการ



เมื่อคาร์บอนเกิดขึ้นมาแล้วก็จะเข้าร่วมตัวกับออกซิเจนในบรรยากาศ กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นก็จะแพร่กระจายลงมายังบรรยากาศชั้นล่าง และเข้าสู่สิ่งมีชีวิตโดยการสังเคราะห์แสง และการกินพืชเป็นอาหาร นอกจากนั้นยังแพร่กระจายไปในทะเล และมหาสมุทร ในรูปของคาร์บอเนต วัฏจักรของคาร์บอนในสิ่งมีชีวิต

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การเกิดคาร์บอน-14 นั้นไม่มีใครทราบว่าจะเกิดขึ้นมาตั้งแต่เมื่อใด คาดว่าคงเกิดขึ้นและก๊าซสลายตัวของคาร์บอน-14 นั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เมื่อระยะเวลาผ่านไปนานพอสมควรอัตรา การเกิดคาร์บอน-14 เท่ากับอัตราการสลายตัวของมันนั้นก็หมายความว่า ปริมาณคาร์บอน-14 ต่อกรัมของคาร์บอนมีค่าคงที่ตลอดเวลาทั้งในบรรยากาศ น้ำ หรือสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย ได้มีการวัดปริมาณรังสีจากคาร์บอน-14 พบว่าโดยเฉลี่ยทั้งโลก ความเข้มข้นของคาร์บอน-14 มีค่าประมาณ  $16.1 \pm 0.3$  dpm/gm ของคาร์บอน

เมื่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลายตายไป การแลกเปลี่ยนคาร์บอน-14 ระหว่างสิ่งมีชีวิต กับบรรยากาศสิ้นสุด ดังนั้น ปริมาณคาร์บอน-14 ที่มีอยู่เดิมจะลดลงไปเรื่อยๆ อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสลายตัวของมันเอง จากกฎการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี เราสามารถคำนวณหาเวลาที่ผ่านมามาตั้งแต่สิ่งมีชีวิตนั้นตายลงได้ โดยทั่วไปการกำหนดค่าอายุโดยวิธีนี้ สามารถกำหนดค่าอายุได้ในช่วง 200 ถึง 50,000 ปี และตัวอย่างที่นำมากำหนดค่าอายุโดยวิธีนี้ได้แก่ ตัวอย่างไม้ ถ่าน เปลือกหอย กระดูก และพืช เป็นต้น จะเห็นว่าตัวอย่างที่กล่าวมานั้นมาจากสิ่งมีชีวิตทั้งสิ้น ตัวอย่างพวกหินแก้ว โลหะ เครื่องปั้นดินเผา ไม่สามารถนำมากำหนดค่าอายุโดยวิธีนี้ได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดหาปริมาณรังสีเบตาจากคาร์บอน-14 ที่ใช้กันอยู่มี 2 แบบ คือ เครื่องวัดรังสีแบบก๊าซพรอพพอชันนัล (gas proportional counter) กับเครื่องวัดแบบเรืองแสงในของเหลว (Liquid Scintillation) เครื่องวัดแบบแรก คาร์บอน-14 ในตัวอย่างจะต้องถูกทำให้อยู่ในรูปของก๊าซ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทนหรือก๊าซเซททีลีน

การกำหนดค่าอายุด้วยธาตุกัมมันตรังสี มีประโยชน์อย่างมากต่องานด้านธรณีวิทยามีส่วนช่วยอย่างมากในการสำรวจทางธรณีวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำแผนที่ลำดับชั้นตะกอน เพื่อใช้ประโยชน์เป็นแนวทางในการสำรวจหาแหล่งแร่ต่างๆ การทราบอายุหินหรือแร่ ยังมีประโยชน์ในการเทียบสัมพันธ์กับหินตะกอน (correlation of sedimentary rocks) เป็นการเชื่อมโยงชุดหินจากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง นอกจากนี้ยังให้ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ ทะเลในอดีต เนื่องจากเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการกำเนิดทรัพยากรที่มีค่าทางเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น แหล่งทรายแก้ว แหล่งแร่โมนาไซต์และแร่ดีบุก เป็นต้น ซึ่งนอกเหนือจากการช่วยในด้านเสาะหาแหล่งทรัพยากรแล้ว ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลยังมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งและป้องกันผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอันเกิดขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล นอกจากนี้ยังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการก่อสร้างขนาดใหญ่ บริเวณชายฝั่ง เช่น การก่อสร้างท่าเรือน้ำลึก เป็นต้น ส่วนในงานด้านโบราณคดี และด้านธรณีวิทยา สำหรับงานด้านโบราณคดีสามารถช่วยหาอายุโบราณวัตถุที่ขุดพบตามแหล่งโบราณสถานต่างๆ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการศึกษาประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมของชาติ นอกจากนี้ยังใช้ข้อมูลสำหรับการศึกษาเรื่องราวของมนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์อีกด้วย

ตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับที่จะนำมากำหนดค่าอายุโดยวิธีนี้ได้ ต้องมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ และธาตุคาร์บอนต้องสามารถแลกเปลี่ยนกับธาตุคาร์บอนในบรรยากาศหรือน้ำได้ ตัวอย่างที่ว่ามีได้แก่ ไม้ ถ่าน เปลือกหอย กระดูก และถ่านฟืน เพราะตัวอย่างดังกล่าวมาจากสิ่งมีชีวิตทั้งสิ้น นอกจากนี้ ตัวอย่างประเภทคาร์บอนเต็นน้ำบาดาล ก็ยังสามารถนำมาใช้ในการกำหนดค่าอายุได้ ตัวอย่างพวก หิน ลูกปัด แก้ว โลหะ และเครื่องปั้นดินเผา ไม่สามารถนำมากำหนดค่าอายุโดยวิธีนี้ได้ ปริมาณตัวอย่างประเภทต่างๆ ที่จะนำมากำหนดค่าอายุ ดังตารางที่ 3.26 (Sonsuk 2003)

ตารางที่ 3.26 ปริมาณตัวอย่างที่ใช้สำหรับการกำหนดค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14

| ชนิดตัวอย่าง | ปริมาณตัวอย่าง (กรัม) |
|--------------|-----------------------|
| ถ่าน         | 10-20                 |
| ไม้          | 20-30                 |
| หญ้า         | 10-20                 |
| เปลือกหอย    | 50-100                |
| กระดูก       | 500-1000              |
| คาร์บอนเนต   | 50-60                 |

### 3.3.3.2 ประเภทของตัวอย่าง

#### 1) ตัวอย่างประเภทถ่าน ไม้ หรือฟืน

โดยทั่วไปส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างไม้ ถ่าน หรือฟืน คือ เซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) ส่วนเรซินและแทนนิน สามารถแลกเปลี่ยนกับคาร์บอน-14 ในบรรยากาศได้ แม้ว่าพืชหรือสัตว์นั้นจะตายแล้วก็ตาม ซึ่งการสกัดเอาเซลลูโลส ลิกนิน เรซิน และแทนนิน นั้นจะดำเนินการตามขั้นตอนที่จะกล่าวถึงต่อไป

## 2) เปลือกหอย

สำหรับตัวอย่างประเภทเปลือกหอย เนื่องจากคาร์บอนในซากของเปลือกหอยสามารถแลกเปลี่ยนคาร์บอนหรือไบคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำปัจจุบันได้ และจะเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของเปลือกหอยเหล่านั้น ดังนั้นการละลายเอาคาร์บอนที่ผิวหน้าของเปลือกหอยออกไปบางส่วนจะช่วยให้สามารถกำจัดคาร์บอนที่ถูกเจือปนโดยคาร์บอน-14 ในปัจจุบันได้ โดยทั่วไปการละลายเอาคาร์บอนเนต ทำให้โดยการแช่ตัวอย่างเปลือกหอยในกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง และให้แช่ไว้นานจนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างหายไปประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด

### 3.3.3.3 การเตรียมตัวอย่าง

#### 3.3.3.3.1 การเตรียมตัวอย่างให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1. ชั่งตัวอย่างใส่ถ้วยของถัง bomb ประมาณ 5 กรัม
2. ต่อหลอดเข้ากับแกนของตัวถังตรงกลาง ระวังอย่าให้สัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะ
3. ปิดถัง bomb ให้เรียบร้อย
4. เปิดวาล์ว ก ดึงแสดงในรูปที่ 3.12 แล้วเติมน้ำออกซิเจนลงไปเพื่อไล่อากาศที่ค้างอยู่ในถัง
5. ปิดวาล์ว ก แล้วเติมน้ำออกซิเจนลงไปจนถึง (สังเกตความดันเข็มชี้ไม่เกิน 15)
6. ต่อวงจรไฟฟ้าเข้าที่ถัง bomb เมื่อต่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงกดสวิตช์ สังเกตจะเห็นปุ่มไฟสีแดงติดที่เครื่องไฟฟ้า แสดงว่าหลอดภายในที่เราต่อไว้ตรงแกนกลางถังได้ขาดแล้ว และเมื่อตัวถัง bomb ร้อนก็แสดงว่าหลอดภายในที่เราต่อไว้ตรงแกนกลางถังได้ขาดแล้ว และเมื่อตัวถัง bomb ร้อนก็แสดงว่าเกิดการเผาไหม้แล้ว สังเกตได้จากถัง bomb ร้อนขึ้น

#### 3.3.3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

##### - การเตรียมสารละลายสตรอนเชียมคลอไรด์

1. ชั่งสตรอนเชียมคลอไรด์ 500 กรัม
2. ต้มน้ำกลั่นให้เดือดประมาณ 1,000 มิลลิลิตร
3. เติมน้ำกลั่นให้เดือดประมาณ 1,000 มิลลิลิตร หลังจากนั้นก็ให้ละลายจนหมด
4. เทสารละลายที่ได้ใส่ในขวดขนาด 2.5 ลิตร ปิดฝาให้แน่น

##### - การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. ต้มน้ำกลั่นให้เดือดประมาณ 1 ลิตร
2. ค่อย ๆ เติมน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์ชนิดเม็ดประมาณ 400 กรัม ลงในน้ำขณะร้อนๆ อย่างช้าๆ (ครั้งละประมาณ 5-10 กรัม) คนให้ทั่ว
3. รินสารละลายที่ได้ใส่ขวดปิดฝาให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันการสัมผัส

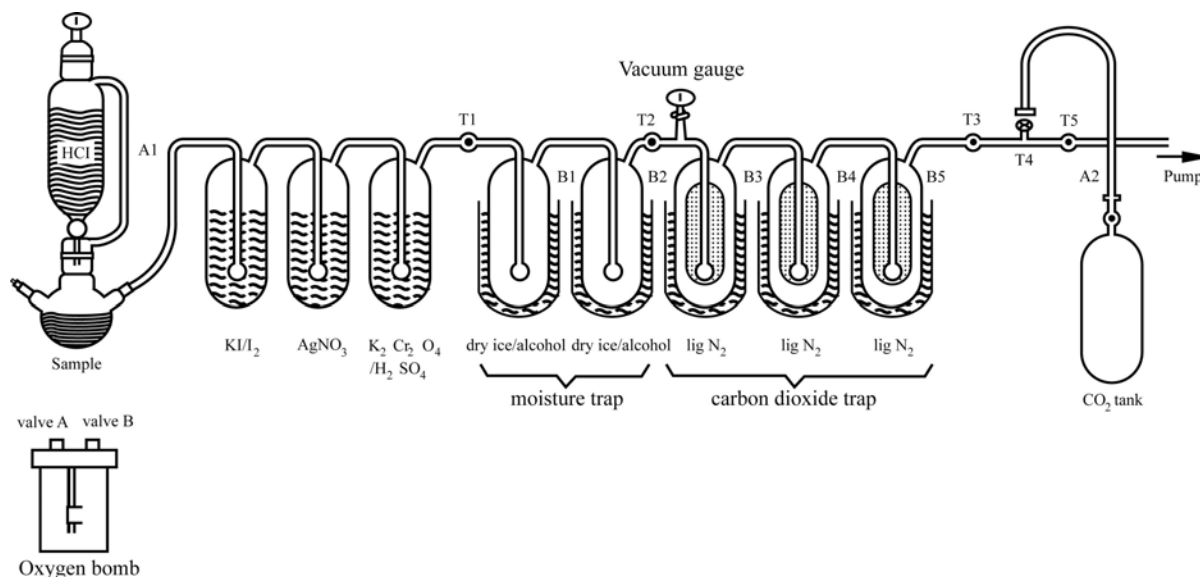
### - การเตรียมสารละลายแบเรียมคลอไรด์

1. ชั่งแบเรียมคลอไรด์ 450 กรัม
2. ต้มน้ำกลั่นให้เดือดประมาณ 1 ลิตร
3. เติมน้ำแบเรียมคลอไรด์ในน้ำกลั่นที่เดือดจนให้ละลายทั่วกัน เติมนจนกระทั่งไม่ละลายต่อไป
4. รินสารละลายที่ได้ใส่ในขวดปิดฝาให้เรียบร้อย

### 3.3.3.3 การเตรียมคาร์บอนไดออกไซด์ให้บริสุทธิ์

1. ใส่ในโตรเจนเหลวลงในจุดที่ต่อกับปั๊มแล้วเปิดปั๊ม เปิดวาล์ว T5, ปิด T3, ปิด T4 เพื่อให้เป็นสุญญากาศให้ line บางส่วน เป็นสุญญากาศก่อนนานประมาณ 30 นาที เตรียมในโตรเจน เหลวผสมกับเอทานอลจนมีลักษณะข้นพอประมาณ
2. ค่อยๆ bomb เข้า ณ ที่จุด A1
3. Vac ถึงที่จะเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นสุญญากาศ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
4. เมื่อเตรียมทุกอย่างพร้อมก็เปิด pump ที่ไว้ประมาณ 30 นาที แล้ว vac line ให้เป็นสุญญากาศ
5. Vac ส่วนที่ trap CO<sub>2</sub> ให้เป็นสุญญากาศ โดยเปิด valve T3, T5 และปิด valve T4 และ เปิด valve T2
6. ค่อยๆ เปิด valve T1 อย่างช้าๆ และสังเกตดูว่าหลอดที่บรรจุ KI+I<sub>2</sub>, AgNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bubble ไม่แรงนัก โดยดูด้วยว่าเข็มความดันขึ้นไม่เกิน 25 ถ้าเข็มชี้ความดันสูงมากผิดปกติแสดงว่าอาจมีบางจุดของ Line รั่ว เนื่องจากมีอากาศจากภายนอกเข้าไปใน line ทำให้ความดันสูงขึ้น พยายามสังเกตว่าบริเวณไหนที่เกิดการรั่ว โดยปิด valve T1 และสังเกตดูของเหลวใน Tube ต้องอยู่นิ่งๆ ถ้าเกิด bubble ก็แสดงว่าอาจมีรอยรั่วบริเวณนั้น
7. เมื่อ vac ทุกส่วนเรียบร้อยดีแล้ว ก็ปิด valve T3
8. นำ tank ที่จะเก็บ CO<sub>2</sub> มาต่อเข้าจุดที่ T4 เพื่อ vac ให้เป็นสุญญากาศก่อนแล้วจึงไปชั่งน้ำหนัก tank โดยเราต้องปิด valve T3 เปิด valve T4 เปิด valve ของ cylinder และเปิด valve T5
9. เมื่อ line เรียบร้อยก็ปิด valve ของ cylinder เปิด valve T4, เปิด T3 vac ให้แน่ใจว่าเป็นสุญญากาศแล้วทั้ง Line
10. เมื่อ line ถูก vac เรียบร้อยแล้ว ปิด valve T3 ค่อยๆ ปล่อย gas ที่อยู่ในถัง bomb เข้าสู่ line อย่าให้ของเหลวใน tube bubble แรง gas ไม่ควรออกมาเกิน เข็มความดันชี้ที่ 300 มิลลิเมตรปรอท เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เริ่มถูก trap ที่จุด B3 B4 B5 เข็มความดันจะค่อยๆ ลดลง เราจึงค่อยๆ เพิ่มก๊าซเข้าสู่ line อีกจนก๊าซ ออกจากถัง bomb หมด
11. เมื่อปล่อยก๊าซ จากถัง bomb เข้าสู่ line จนหมดแล้ว สังเกตเห็นว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูก trap เป็นของแข็งเข็มความดันยังไม่ชี้ไปทางซ้ายสุดเลขที่ 30 เพราะว่ามีก๊าซอื่นที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปนอยู่จะต้อง vac ให้ gas อื่นๆ ออกไปจาก pump ก่อน vac ไปสักระยะเข็มความดันก็จะชี้ไปทางซ้ายสุดที่เลข 30 mmHg ขณะที่ vac ปิด valve T2 เปิด valve T3 T5

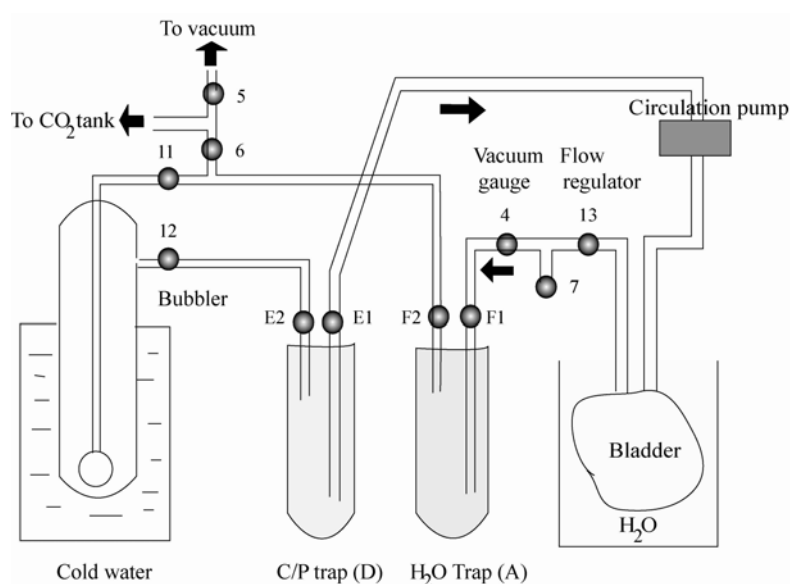
12. ต้องเติม liq N<sub>2</sub> เต็มถึงที่ trap CO<sub>2</sub> ณ จุด B3 B4 B5 อยู่เสมอ มิฉะนั้นอาจทำให้ CO<sub>2</sub> จากของแข็งกลายเป็นก๊าซหนีหายไป
13. นำ tank ที่จะเก็บ CO<sub>2</sub> ที่ซึ่งเรียบร้อยแล้วมาต่อเข้ากับจุดที่ A2 อีกครั้ง แล้วเปิด valve cylinder เปิด T4 ปิด T3 เพื่อเราจะ vac อากาศภายใน tank เก็บ CO<sub>2</sub> นี้มีก๊าซอยู่แล้วก่อนที่จะนำมาต่อเข้าจุดที่ A2 เราต้องแช่ใน liqN<sub>2</sub> ก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้ gas หนีหายออกไปเมื่อเราเปิด tank
14. เตรียมจะเก็บ gas CO<sub>2</sub> ลงสู่ถังโดยต้มน้ำร้อนเตรียมไว้ย้าย liq+EtOH ณ จุดที่ B2 มาต่อเข้าจุดที่ B5 แทน liqN<sub>2</sub>
15. ปิด valve T5 เปิด valve 3 เปิดถึงที่จะเก็บ CO<sub>2</sub> เปิด valve 4 และยังคงปิด valve T2 แล้วนำน้ำร้อนที่เตรียมไว้ มาต่อเข้า ณ จุดที่ B3 ต้องคอยระมัดระวังดูเข็มชี้มาทางขวาเกิน 300 มิลลิเมตรปรอท เพราะต้องคอยดูว่า trap CO<sub>2</sub> ลงสู่ถัง เก็บได้ทันหรือไม่ ถ้าเก็บไม่ทันก็รีบเอา liqN<sub>2</sub> ต่อเข้าที่จุด B5 ใหม่เพื่อให้ gas CO<sub>2</sub> บางส่วนกลับ มาเป็นของแข็งอีกครั้ง
16. ต้องคอยดูว่า liqN<sub>2</sub> ใน tank เก็บ CO<sub>2</sub> นั้นระเหยไปหมดหรือยังต้องคอยเติมอยู่เสมอไม่ให้ถึงคอ tank เพราะจะทำให้ก๊าซแข็งตัว
17. เมื่อเก็บ gas CO<sub>2</sub> ลงสู่ถังเรียบร้อยแล้วของแข็งใน tank จุด B5 จะหายไปเองเปิด valve T5 และปิด valve 3 vac ให้อากาศในที่ค้างอยู่ใน line ออกไปให้หมด
18. เมื่อ vac ดีแล้วก็ปิด valve tank และปิด valve T5
19. นำ tank ที่ได้ไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกน้ำหนักที่ได้



รูปที่ 3.12 แสดงอุปกรณ์การเตรียมคาร์บอนไดออกไซด์ให้บริสุทธิ์

### 3.3.3.3.4 Direct Absorption

1. Flow gas  $N_2$  เป่าเข้าหลอดสำหรับใส่ cocktail และหลอดที่ใช้สำหรับต่อเข้า E1, E2 ให้แห้งสนิทแล้วอัดก๊าซไนโตรเจนเข้าหลอดสำหรับ cocktail
2. นำคอกเทลใส่หลอดภายใต้ก๊าซไนโตรเจนแล้วนำไปชั่งอีกครั้ง
3. เตรียมไนโตรเจนเหลวผสมกับเอทานอลให้มีลักษณะเย็น เพื่อแช่หลอด ณ จุด E2
4. ต่อหลอดเข้าจุด E1, E2 แล้ว vac ให้เป็นสุญญากาศ โดยเปิดวาล์ว 13, 5, 6
5. นำแท่งที่เก็บ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของตัวอย่างหรือ standard หรือ background มาต่อเข้ากับจุด 11 แล้ว vac อากาศที่ค้างอยู่ในสายยางให้หมด แล้วปิด 5, 6 เปิด 13 ไว้และเปิด 11
6. ปลดปล่อยก๊าซจากถังเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้เข้าไปในหลอดด้านหลังปั๊ม โดยให้ถุงโพลีฟองพอประมาณ ถ้าปล่อยก๊าซมากเกินไปก็ต้องใช้ cocktail มากขึ้นถ้าปล่อยก๊าซน้อยเกินไป cocktail ก็จะอึดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ไม่ดีพอ ปิดถังเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของตัวอย่าง standard และ background จากนั้นปิด 11 ให้เรียบร้อย
7. นำ tube ใส่ cocktail ต่อเข้ากับจุดที่ 11, 12 แล้ววาล์ว 13 ยังคงเปิดอยู่
8. เปิดวาล์ว 12 ก่อนแล้วค่อยๆเปิด 11 เพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไหลเข้าสู่หลอด เป็นเวลา 20 นาที คอยสังเกตดูว่า ถ้ามันไม่ bubble แล้วเราก็ก่อนๆเปิด 13 แล้วเปิด pump อากาศเล็ก จากนั้นค่อยๆเปิด 13 อีกครั้ง เพื่อให้เกิดการ bubble ต่อไปอีก ครบ 20 นาที ขั้นตอนนี้ต้องระวังให้ดีบางที cocktail อาจถูกดูดเข้าไปใน line ได้
9. พอ bubble ครบ 20 นาทีแล้วก็ปิด 11, 12, 13 จากนั้น ถอน 11, 12 ออกปิดจุกให้เรียบร้อย
10. เอา EtoH E2 ออก
11. เอา tube จุด 11, 12 และหลอดจุด E2 ไปชั่งน้ำหนัก
12. เท cocktail ลงขวด vial แล้วชั่งน้ำหนักให้เรียบร้อย
13. นำไปวัดด้วยเครื่อง Liquid Scintillation Counter



รูปที่ 3.13 อุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอน Direct absorption

### 3.3.3.4 ข้อจำกัดของการกำหนดอายุโดยคาร์บอน-14

ตัวอย่างที่จะใช้วิธีนี้ได้ต้องเป็นตัวอย่างจากสิ่งที่มีชีวิตและมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ข้อจำกัดอื่นๆ เกี่ยวกับการศึกษาตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดี ประกอบด้วย

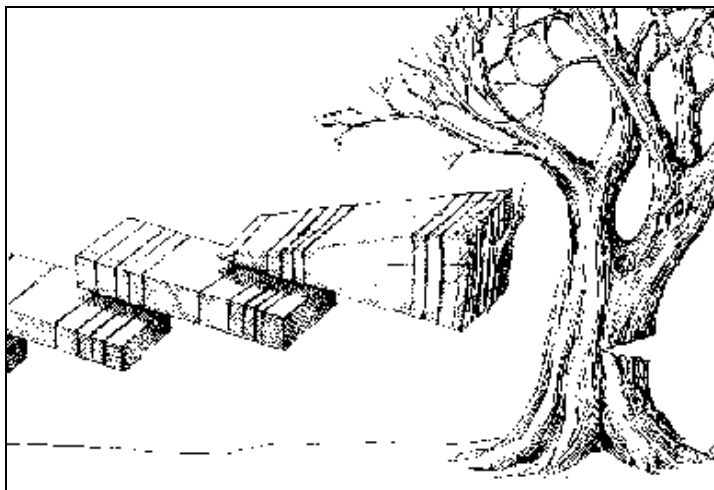
1. ขนาดของตัวอย่างทางโบราณคดีมีความสำคัญ ยิ่งตัวอย่างขนาดใหญ่ยิ่งดี เนื่องจากต้องมีขั้นตอนการทำความสะอาดและการชำระล้างสิ่งสกปรก
2. ต้องมีการระมัดระวังอย่างมากในการเก็บตัวอย่างให้หลีกเลี่ยงจากสิ่งเจือปนจากคาร์บอนในปัจจุบัน และต้องไม่มีการปนเปื้อนระหว่างตัวอย่าง ตัวอย่างควรมีการแช่น้ำยาที่เป็นกลางเพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนคาร์บอน-14 จากการบรรจุตัวอย่าง
3. เนื่องจากการปลดปล่อยอยู่ในรูปลอการิทึม (logarithmic) การกำหนดค่าอายุคาร์บอน-14 มีความสำคัญของช่วงต่ำสุดและสูงสุด ไม่ใช่เป็นค่าที่แน่นอนในช่วงเวลาที่มีการทับถม ในช่วงทับถมใหม่ๆ การผุพัง/ปลดปล่อยเกิดจากปัจจัยอื่นๆ (ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) อาจจะมีค่าสูงกว่าค่าอายุที่ได้ การปฏิบัติภายใต้ข้อจำกัดน้อยกว่า 50,000 ปี เพราะว่ามีคาร์บอน-14 เหลืออยู่น้อยมาก หลังจาก 9 เท่าของครึ่งชีวิต เป็นการยากที่จะอ่านค่าได้
4. สัดส่วนของคาร์บอน-14 และคาร์บอน-12 ในบรรยากาศไม่คงที่ ถึงแม้ว่าพยายามที่จะคิดว่าเป็นสัดส่วนที่เท่ากัน ตัวอย่างกัมมันตรังสีโดยการเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น เช่น การศึกษาวงปีไม้ (dendrochronology) พบว่าสัดส่วนของ คาร์บอน-14 และคาร์บอน-12 ผันแปรอย่างมีนัยสำคัญกับประวัติศาสตร์ของโลก ความผันแปรนี้เนื่องมาจากความเข้มข้นของรังสีคอสมิกที่ส่งมายังโลก การลดลงของชั้นโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ ซึ่งอาจคาดการณ์ได้ว่ามีคาร์บอน-14 ในบรรยากาศมากกว่า 20-30 ปีที่ผ่านมา ดังนั้นในการลดความผิดพลาดจากการผันแปรนี้ใช้ตารางมาตรฐานในการปรับแก้ในอดีตเมื่อ 15-20 ปี
5. โดยทั่วไปการกำหนดอายุเพียงวิธีการใดวิธีหนึ่งอย่างเดียวย่อมเป็นการไม่น่าเชื่อถือ เมื่อไรก็ตามที่มีจำนวนตัวอย่างมากพอ ควรมีการกำหนดอายุด้วยวิธีการอื่น เช่น การกำหนดอายุด้วยวงปีไม้

### 3.3.3.5 วงปีกับการบันทึกกัมมันตรังสีคาร์บอนเป็นอย่างไร

ต้นไม้สร้างวงปีขึ้นมาทุกปี เมื่อต้นไม้สร้างวงปีขึ้นมาแล้วไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างที่ต้นไม้ยังมีชีวิตอยู่ เป็นเรื่องที่เป็นประโยชน์มากเกี่ยวกับการศึกษาความเข้มข้นกัมมันตรังสีคาร์บอนในอดีต หากมีต้นไม้อายุ 500 ปี สามารถที่จะวัดต้นไม้ได้ 500 วงปี และศึกษาถึงความเข้มข้นของกัมมันตรังสีคาร์บอนในอดีต

ตามปกติต้นไม้ที่อายุมาก ตัวอย่างเช่น Bristlecone Pines ในทางตะวันตกของสหรัฐอเมริกา สามารถที่จะวัดความกว้างวงปีได้มากถึง 2-3 พันปี

การขยายวิธีการศึกษานี้ต่อไป ต้องเข้าใจว่าขนาดความกว้างวงปีผันแปรปีต่อปีขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ โดยการใช้ความกว้างวงปี มีความสามารถที่จะเปรียบเทียบกับวงปีไม้ที่ตายแล้วกับวงปีของไม้ที่มีชีวิตที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน การใช้วงปีไม้ที่ตายแล้วจากที่ต่างๆ แต่สามารถซ้อนทับได้ สามารถที่จะสร้างเส้นดัชนีที่อายุแตกต่างกันไป วิธีนี้ได้ใช้กับ Bristlecone pine ในอเมริกาและที่ Waterlogged Oaks ที่ Ireland และเยอรมัน และสามารถย้อนกลับไปถึง 11,000 ปี



รูปที่ 3.14 การขยายเส้นอายุต้นไม้เพื่อใช้ในการปรับแก้ค่ากัมมันตรังสี  
(ที่มา : <http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/calibration.html>)

#### 3.3.3.5.1 การตรวจสอบกัมมันตรังสีคาร์บอน (calibration)

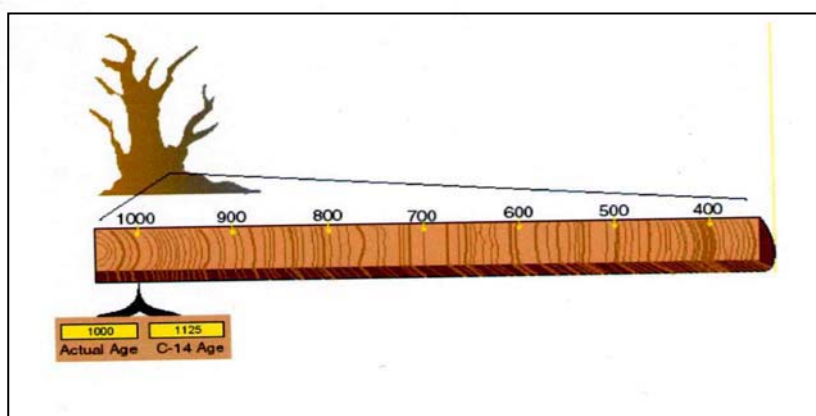
การตรวจสอบการกำหนดค่าอายุกัมมันตรังสีคาร์บอนหลักเกณฑ์ที่สำคัญคือ หากทำการวัดค่ากัมมันตรังสีจากตัวอย่าง ควรหาวงปีไม้ที่มีสัดส่วนของกัมมันตรังสีคาร์บอนเท่ากัน เมื่อทราบอายุของวงปี ดังนั้นก็สามารถจะบอกค่าอายุของตัวอย่างได้ ในทางปฏิบัติอาจมีความยุ่งยาก 2 ประการ คือ

1. การวัดทั้งวงปีและตัวอย่างอาจมีข้อจำกัดในเรื่องความถูกต้อง ดังนั้นอาจมีช่วงของความเป็นไปได้ทางปีปฏิทิน
2. กัมมันตรังสีคาร์บอนในบรรยากาศมีการผันแปร

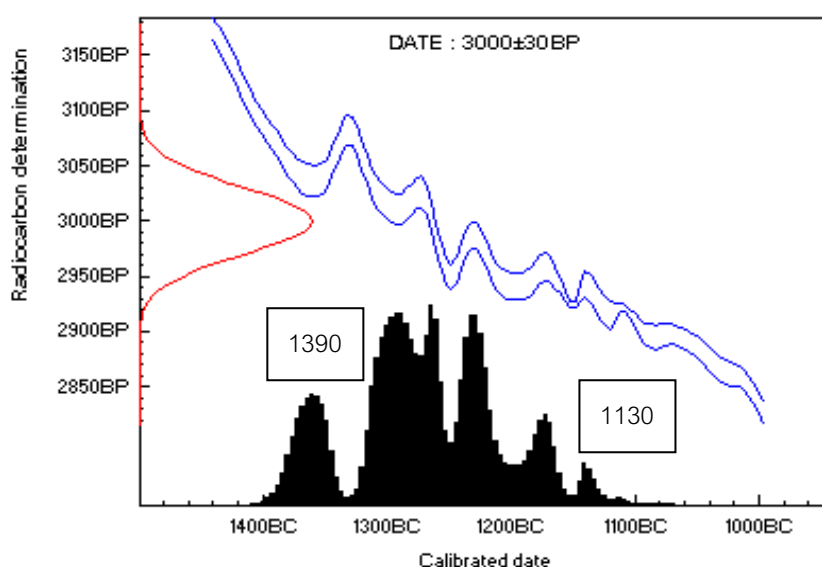
#### 3.3.3.5.2 การปรับแก้อายุคาร์บอน-14 โดยวงปีไม้

ก่อนที่จะประยุกต์วิธีการคาร์บอน-14 ต้องมีการตั้งสมมุติฐาน โดยที่จำนวนคาร์บอน-14 ที่สร้างขึ้นมาในชั้นบรรยากาศโลกจากการที่รังสีคอสมิกชนกับไนโตรเจน-14 เป็นค่าคงที่ ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าการสร้างคาร์บอน-14 มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี เพราะว่าการผันแปรของจำนวนรังสีคอสมิกที่แผ่สู่อากาศ การเพิ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เป็นการเพิ่มคาร์บอน-14 และจะพบคาร์บอน-14 ในอัตราที่สูงในสิ่งมีชีวิต

เพื่อเป็นการประนีประนอมความผันแปรของคาร์บอน-14 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะพัฒนาเส้นในการปรับแก้โดยการศึกษาวงปีจาก Bristlecone Pines ที่ White Mountains ในแคลิฟอร์เนีย และไม้โอ๊กจากประเทศเยอรมัน และไอซ์แลนด์ จากการศึกษาวงปีไม้สามารถย้อนกลับไปได้ถึง 11,000 ปี ในรูปที่ 3.15 แสดงการเปรียบเทียบอายุวงปีที่น่าเชื่อถือและอายุของกัมมันตรังสีคาร์บอน



รูปที่ 3.15 แสดงการเปรียบเทียบอายุวงปีที่นับได้จริงและอายุของกัมมันตรังสีคาร์บอน  
(ที่มา : <http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/calibration.html>)



แผนภูมิที่ 3.4 ตัวอย่างการอธิบายค่าอายุเรดิโอคาร์บอน  
(ที่มา : <http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/calibration.html>)

แผนภูมิที่ 3.4 แสดงถึงค่าของการวัดกัมมันตรังสี ในช่วง  $3,000 \pm 30$  BP ที่มีการปรับค่าให้ใกล้เคียงความจริง (calibrated) แกนทางซ้ายมือแสดงความเข้มข้นของกัมมันตรังสีคาร์บอนในปี “ก่อนปีปัจจุบัน” (before present) แกนบนแสดงปีปฏิทิน (ได้มาจากข้อมูลวงปีไม้) คู่ของสีฟ้า (เส้นคู่ด้านบนสองเส้น) แสดงการวัดกัมมันตรังสีบนวงปี ( $\pm$  ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เส้นโค้งสีแดงทางซ้ายมือ แสดงถึงความเข้มข้นของกัมมันตรังสีในตัวอย่าง กราฟพื้นที่สีดำ (ฮิสโตแกรมสีดำ) แสดงความเป็นไปได้ของช่วงอายุ (พื้นที่ยิ่งสูงค่าอายุควรเป็นเท่านั้น) ผลจากการปรับค่า (calibration) โดยมากจะให้ค่าอายุเป็นช่วง ในตัวอย่างนี้ หากค่าความน่าเชื่อถือ 95เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างนี้อยู่ในช่วง 1,390 calB.C. และ 1,130 calB.C.

เมื่อมีการปรับค่า อายุกัมมันตรังสีควรรอยู่ในรูปของ calB.C., calA.D. หรือ calBP คำว่า “cal” ข้างหน้า แสดงให้เห็นว่าอายุของผลจากการวัดกัมมันตรังสีโดยใช้ข้อมูลวงปีไม้ คำนี้อาจคล่องกับปี ปฏิทินคือ B.C. และ A.D. ความหมายของ calBP หมายถึงปีก่อนปี 1950 และสามารถที่จะเปรียบเทียบกับปีปฏิทิน

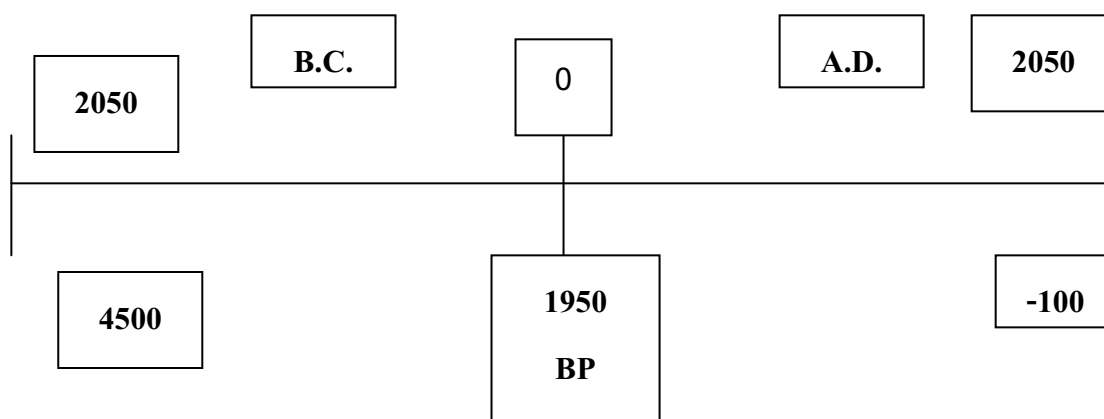
### 3.3.3.5.3 วิธีการคำนวณช่วงความกว้างของการกำหนดอายุด้วยเรดิโอคาร์บอน

มีวิธีการที่นิยมใช้ 2 วิธีการสำหรับการคำนวณช่วงความกว้างจากเส้นโค้งที่ปรับปรุงแล้ว

- วิธีแรกโดยการคำนวณที่เรียกว่า “intercept method” สามารถทำได้จากการลากจุดตัดบนกราฟ วิธีนี้สามารถบอกปีที่กัมมันตรังสีสะสมอยู่ในวงปีกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2 ค่า ของตัวอย่างที่วัด (เช่น จากกราฟระหว่าง 2,940 BP และ 3,060 BP สำหรับการวัด 3,000±30 BP
- วิธีที่สองเป็นที่นิยมใช้มากในปัจจุบันเรียกว่า “probability method” โดยการใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณหลังจากที่มีการวัดค่าออกมาแล้ว โดยใช้ช่วงเวลา เช่นความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

### 3.3.3.5.4 การเทียบค่าอายุในศักราชทางปฏิทินที่แตกต่างกัน

ข้อมูลเกี่ยวกับการกำหนดอายุโดยมากมักจะอธิบายด้วย A.D. (anno domini = คริสต์ศักราช) B.C. (Before Christ = ก่อนคริสตกาล) B.C.E (Before common era = ก่อนคริสต์ศักราช) และ BP (before present = ก่อนปีปัจจุบัน) โดยมากการอ่านค่าอายุคาร์บอน-14 มักนิยมใช้ yrs BP ซึ่งหมายถึง ปี พ.ศ. 2493 (ค.ศ. 1950) ถูกใช้เป็นปีปัจจุบัน (present) เนื่องจากว่า ปี พ.ศ. 2493 (ค.ศ. 1950) ใช้เป็นปีที่มีการปรับแก้ (calibration curve) เป็นช่วงอายุก่อนที่จะมีการทดสอบพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งมีความสำคัญต่อสัดส่วนของ C12 / C14 ในปีต่อมา



BP = Age- (today-1950)  
 = 1000 – (2004-1950)  
 = 946 BP date age

แผนภูมิที่ 3.5 การคำนวณค่าอายุกับปีปฏิทิน

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

นาฏสุดา ภูมิจันทร์ (บรรณาธิการ),  
สินีนาวุ วรณศรี และฉัตรศรี ศรีกาญจนวัฒนา

ผลการศึกษาด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อมในอดีต แบ่งออกเป็น 1) การศึกษาวงปีไม้ปัจจุบัน และไม้จากแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้ เพื่อช่วยในการศึกษาอายุของไม้ วัฒนธรรมโลงไม้ และความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้จากวงปี 2) การศึกษาละอองเรณู เพื่อช่วยศึกษาพืชพรรณในอดีต และ 3) การกำหนดอายุด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีคาร์บอน-14 เพื่อการศึกษาเรื่องของเวลาและยุคสมัย

#### 4.1 การศึกษาด้านวงปีไม้

##### 4.1.1 ผลการศึกษาวงปีไม้จากไม้มีชีวิต (ไม้ปัจจุบัน)

ตัวอย่างไม้จากไม้มีชีวิต หรือ ไม้ยืนต้นปัจจุบันที่เก็บมาศึกษาในครั้งนี้เพื่อนำมาสร้างเส้นดัชนีไม้มีชีวิต และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีกับสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษา

###### 4.1.1.1 ดัชนีวงปีไม้จากหลังคาเพิงผาบ้านไร่

บริเวณพื้นที่เพิงผาบ้านไร่ ซึ่งมีระดับความสูงจากน้ำทะเลประมาณ 690 เมตร บริเวณพื้นที่ด้านบนหลังคาถ้ำเป็นพื้นที่ราบสลับเนินเขาเตี้ยๆ ต่อเนื่องกัน พื้นที่นี้ชาวเขาได้ใช้เป็นเส้นทางเดินไปมาระหว่างหมู่บ้านต่างๆ เช่น จากหลังคาถ้ำบ้านไร่ สามารถเดินไปถึงบ้านบ่อน้ำสะเป่ จะเห็นได้ว่าเส้นทางที่ชาวบ้านใช้สัญจรไปมามีหลายเส้นทาง และคนในอดีตอาจมีเส้นทางอื่นๆ ที่นอกเหนือจากเส้นทางถนนที่คนในปัจจุบันใช้อยู่ ส่วนมากเส้นทางที่ชาวบ้านเหล่านี้ใช้กันจะเป็นเส้นทางที่ค่อนข้างชัน และจะเป็นเส้นทางที่ใช้เดินทางติดต่อระหว่างเครือข่ายที่อาศัยอยู่ต่างหมู่บ้าน

พื้นที่ป่าไม้ด้านบนหลังคาถ้ำเป็นป่าที่ผสมผสานระหว่างป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ สภาพป่าไม้เสื่อมโทรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สักเกือบทุกต้นที่มีร่องรอยถูกกานหรือ ไค่นล้มไปแล้ว เป็นที่น่าเป็นห่วงเรื่องการทำลายทรัพยากรป่าไม้ที่ยังคงเกิดขึ้นตลอดเวลา

การเก็บตัวอย่างไม้สักที่มีชีวิตบนหลังคาเพิงผาบ้านไร่ เพื่อต้องการสร้างเส้นดัชนีของไม้สักและวิเคราะห์ปัจจัยสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นสัก จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 41 ตัวอย่าง จากไม้สัก 20 ต้น สามารถนำมาสร้างเส้นดัชนีไม้สักมีความยาว 150 ปี ไม้สักบนหลังคาเพิงผาบ้านไร่ เริ่มเจริญเติบโตเมื่อปี พ.ศ. 2393 (ค.ศ. 1850) พบว่าต้นสักส่วนมากมีขนาดเล็ก บ่งบอกถึงอัตราการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างช้า

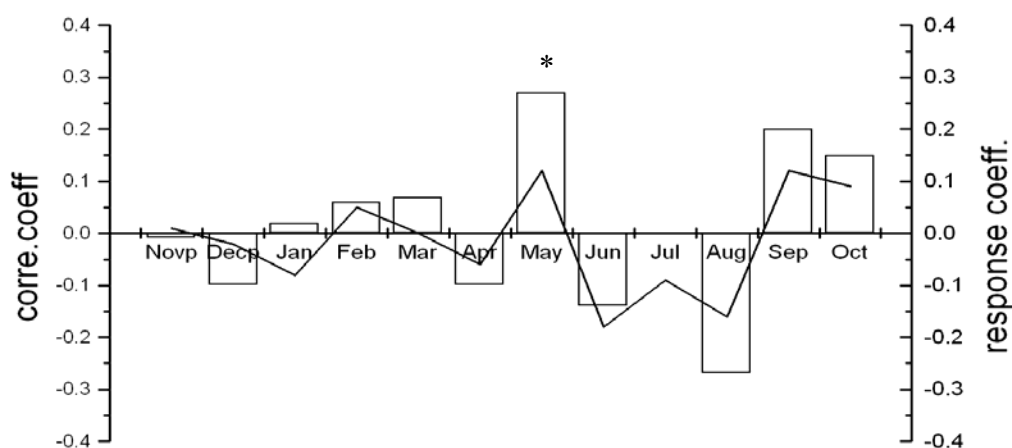
ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของวงปีไม้สักกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ พบว่า เส้นดัชนีไม้สักสามารถอธิบายปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ (variance explained) มีค่าประมาณ

20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำของไม้สักที่สนองตอบกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ แต่ปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคมยังเป็นเดือนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้สัก เช่นเดียวกับพื้นที่อื่นๆ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสถิติ correlation coefficient และ response coefficient ระหว่างดัชนีไม้สักกับสภาพภูมิอากาศ

| R <sup>2</sup> =20.20% | Precipitation |                | Temperature  |                 |
|------------------------|---------------|----------------|--------------|-----------------|
|                        | Corre.coeff.  | Response coeff | Corre.coeff. | Response coeff. |
| Novp                   | -.01          | .01            | -.04         | -.06            |
| Decp                   | -.10          | -.02           | .07          | -.05            |
| Jan                    | .02           | -.08           | .04          | -.01            |
| Feb                    | .06           | .05            | .06          | .04             |
| Mar                    | .07           | .00            | .08          | .00             |
| Apr                    | -.10          | -.06           | .14          | .13             |
| May                    | .27**         | .12**          | .00          | -.09            |
| Jun                    | -.14          | -.18           | -.04         | .02             |
| Jul                    | -.00          | -.09           | .06          | .02             |
| Aug                    | -.27**        | -.16**         | .15          | .05             |
| Sep                    | .20           | .12            | -.06         | -.04            |
| Oct                    | .15           | .09            | -.08         | -.08            |

หมายเหตุ p: เดือนของปีที่ผ่านมา \* Significant at the .05 level



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไม้สักกับปริมาณน้ำฝน  
(กราฟแท่ง (Corr.coef.) กราฟเส้น (Response.coef.) \* Significant 95%)

#### 4.1.1.2 การสร้างเส้นภูมิอากาศจำลองจากดัชนีไม้สักและไม้สน

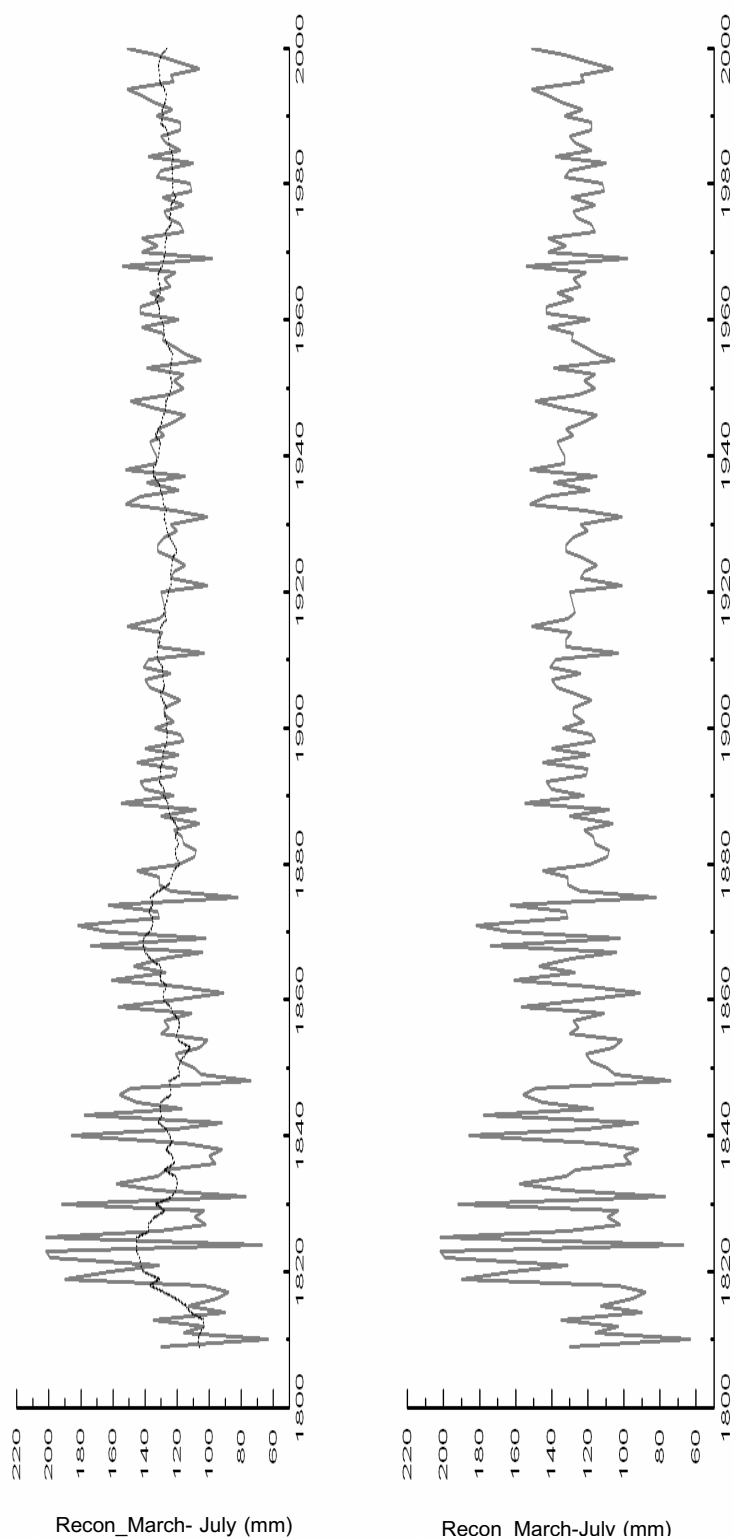
##### 4.1.1.2.1 การสร้างเส้นภูมิอากาศจำลองจากดัชนีไม้สัก

จากการศึกษาและสร้างเส้นดัชนีไม้สักที่มีชีวิตจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน ซึ่งมีความยาวประมาณ 191 ปี (พ.ศ. 2352-2543 หรือ ค.ศ.1809-2000) โดยที่เส้นดัชนีไม้สักนี้มีค่าความสัมพันธ์อย่างมี

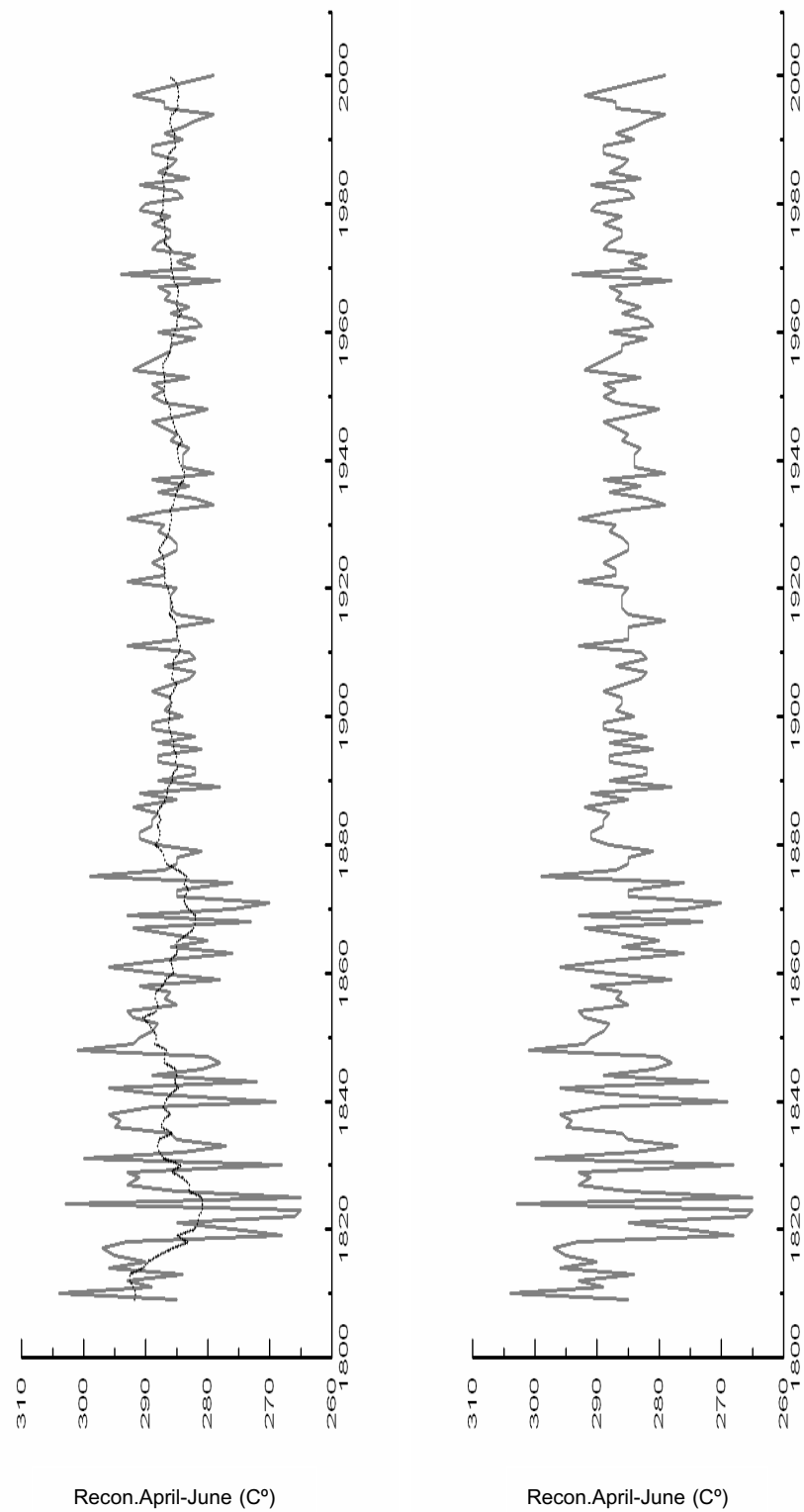
นัยสำคัญกับปริมาณน้ำฝนในเดือนมีนาคม-กรกฎาคม และมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน จึงนำเส้นดัชนีไม้สักที่สันปันแควมาสร้างเส้นจำลองทั้งปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 จากกราฟเส้นแบบจำลอง สรุปได้ดังนี้คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในอดีตในเดือนมีนาคม-กรกฎาคม (127 มิลลิเมตรต่อปี) มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงเดือนดังกล่าวในปัจจุบัน (112 มิลลิเมตร/ปี) เล็กน้อย และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยอุณหภูมิพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน มีค่าเฉลี่ยเท่าเดิม คือ 28.6 องศาเซลเซียส

#### 4.1.1.2.2 การสร้างเส้นภูมิอากาศจำลองโดยใช้ดัชนีไม้สน

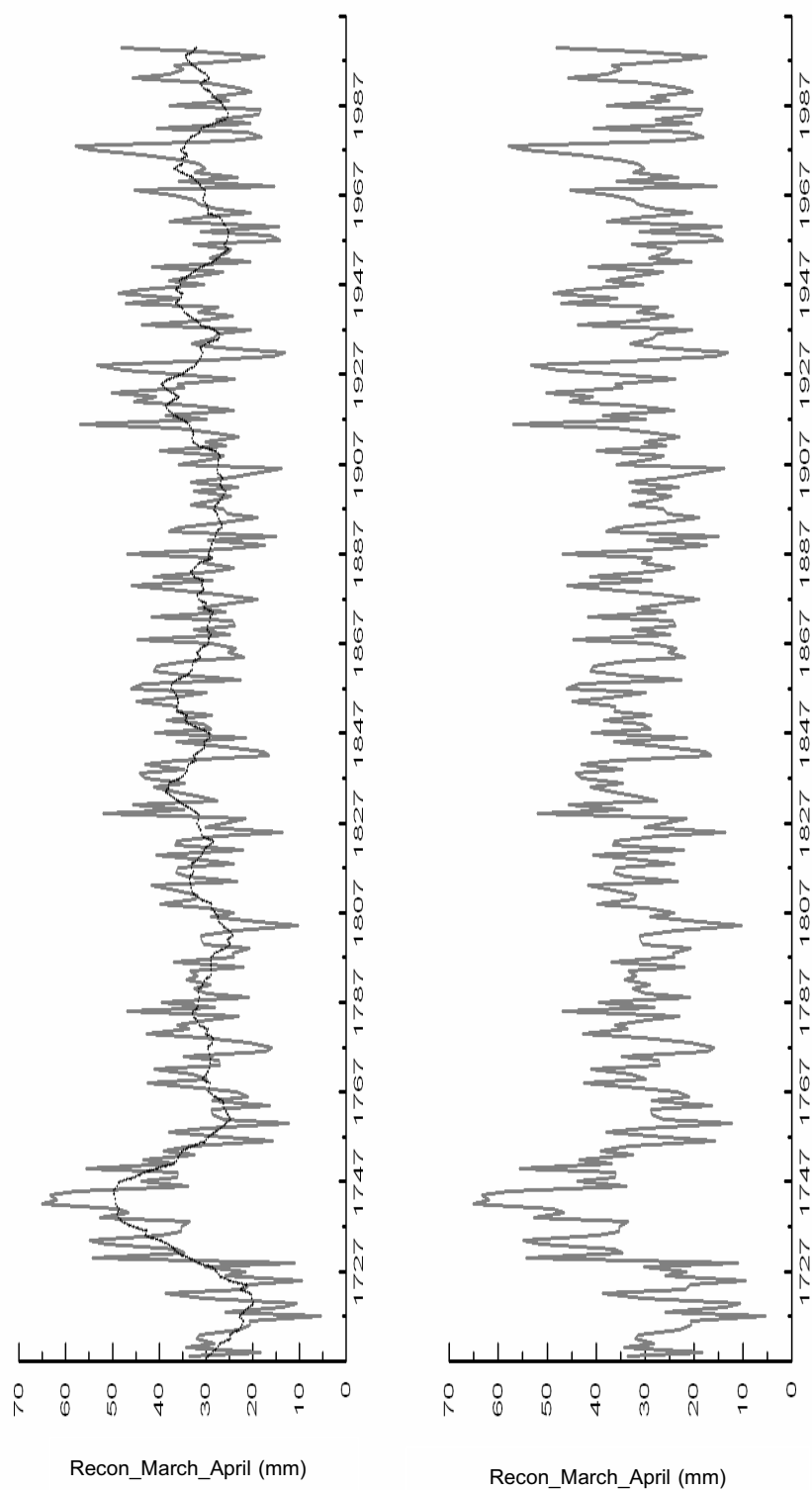
จากการศึกษาและสร้างเส้นดัชนีไม้สนสองใบจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย พบว่า เส้นดัชนีไม้สนซึ่งมีความยาวประมาณ 292 ปี (พ.ศ. 2251-2543 หรือ ค.ศ. 1708-2000) มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายน และมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม ดังนั้นจึงสร้างเส้นจำลองทั้งเส้นน้ำฝนของเดือนมีนาคม-เมษายน และเส้นจำลองอุณหภูมิของเดือนมีนาคม-พฤษภาคม ย้อนกลับไปถึงปี พ.ศ. 2251 (ค.ศ. 1708) รูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5 พบว่า อุณหภูมิย้อนหลังไปประมาณ 300 ปี มีอุณหภูมิต่ำกว่า (28.2 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิในปัจจุบัน (28.3 องศาเซลเซียส) และสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่ในอดีตประมาณ 300 ปี มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนของเดือนมีนาคม-เมษายน (32 มิลลิเมตร/ปี) มากกว่าค่าเฉลี่ยของน้ำฝนในช่วงเวลาดังกล่าวในปัจจุบัน (31 มิลลิเมตร/ปี) เล็กน้อย



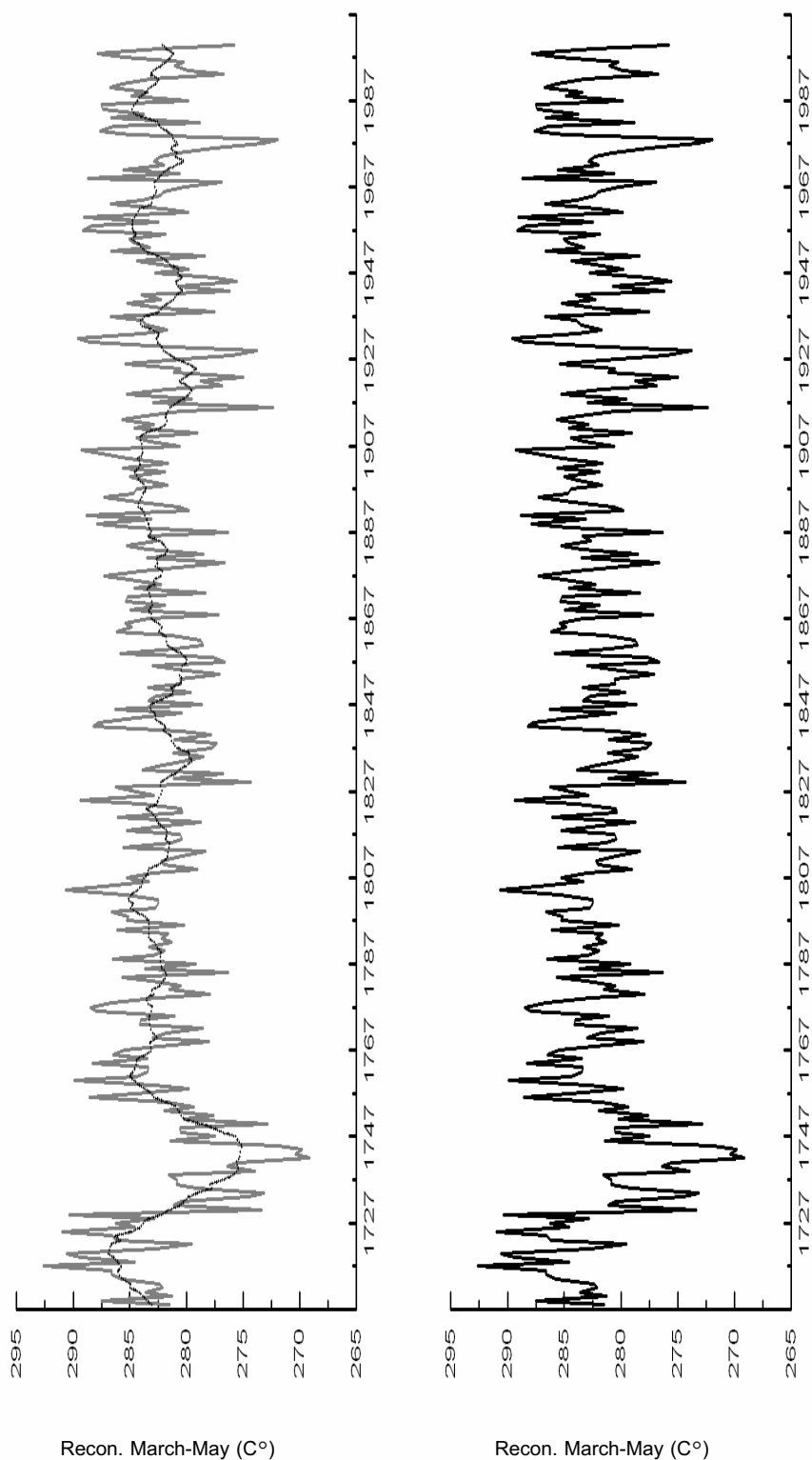
รูปที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย 11 ปี ของเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคม-กรกฎาคม (บน) และเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคม-กรกฎาคม โดยดัชนีไม้สัก (ล่าง)



รูปที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ย 11 ปี ของเส้นจำลองอุณหภูมิเดือนเมษายน-มิถุนายน โดยดัชนีไม้สัก (ล่าง)



รูปที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ย 11 ปี ของเส้นจำลองปริมาณน้ำฝนเดือนมีนาคม-เมษายน โดยดัชนีไมสน (ล่าง)



รูปที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ย 11 ปี ของเส้นจำลองอุณหภูมิเดือนมีนาคม-พฤษภาคม (บน) และเส้นจำลองอุณหภูมิเดือนมีนาคม-พฤษภาคม โดยดัชนีไม้สน (ล่าง)

## 4.1.2 ผลการศึกษาวงปีไม้จากโรงไม้จากแหล่งโบราณคดี

### 4.1.2.1 ผลการศึกษาด้านวงปีไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำปางคาม หมายเลข 1

#### 1) สภาพแหล่งโบราณคดี

ที่ตั้งใกล้กับหมู่บ้านน้ำจาง ตำบลปางมะผ้า อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัด 47Q 0416763 UTM 2175314 ความสูงจากน้ำทะเล 598 เมตร ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำแห้ง (non active)

การเดินทางไปถ้ำปางคาม หมายเลข 1 ใช้เส้นทางถนนไปบ้านน้ำจางซึ่งตัดขึ้นไปบนภูเขาทั้งสองข้างทาง เป็นพื้นที่เกษตรของชาวบ้าน หมู่บ้านบ้านน้ำจางตั้งอยู่ในหุบเขา ก่อนจะลงไปหมู่บ้านมีทางแยกทางขวามือที่ต้องใช้ทางเดินเท้า จอดรถไว้ก่อนที่จะถึงตัวหมู่บ้าน แล้วเดินเท้าผ่านเพิงผาปางคาม ซึ่งรอบๆ ภูเขาถ้ำก่อนขึ้นถ้ำเป็นป่าดิบแล้งพื้นที่ไม่กว้างขวาง มีต้นไทรและไม้ขนาดอื่นขึ้นอยู่ค่อนข้างหนาแน่น ถัดจากบริเวณป่าดิบไปจะเป็นป่าเบญจพรรณที่ค่อนข้างเสื่อมโทรม มีการต่อประปาไปใช้ในหมู่บ้านน้ำจาง พื้นที่โดยรอบมีหินโผล่ ต้นไม้ปกคลุมน้อยมาก

หลักฐานทางโบราณคดีเป็นโรงถ้ำที่มีขนาดกว้าง 8 เมตร และยาวประมาณ 110 เมตร เป็นถ้ำที่มีโรงยาว โถงแรกมีแสงสว่างส่องถึง โถงที่สองเป็นโถงที่แคบและมีมืด พบหลักฐานโรงไม้วางกระจัดกระจายอยู่บนพื้นถ้ำ มีคานไม้วางพาดบางส่วนของถ้ำโรงไม้บางส่วนถูกเผาไฟและทำลายจากการรบกวนของมนุษย์

#### 2) ผลการศึกษาวงปีไม้

ผลการศึกษาวงปีไม้จากโรงไม้ของถ้ำปางคาม หมายเลข 1 พบว่า โรงไม้ในถ้ำแห่งนี้มีทั้งที่ทำมาจากไม้สักและไม้ชนิดอื่น จึงทำให้ไม้ที่ไม้สักไม่สามารถศึกษาวงปีได้ แต่ก็ทำให้ทราบถึงชนิดไม้อีกหนึ่งชนิดที่ได้รับการคัดเลือกมาทำโรง

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดผลการศึกษาวงปีไม้ถ้ำปางคาม หมายเลข 1

| รหัสตัวอย่าง | จำนวนวงปี | จำนวนวงปีรวม | หมายเหตุ                      | รูปแบบหัวโรง | รูปตัวอย่างรูปแบบหัวโรง                                                               |
|--------------|-----------|--------------|-------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| NJ01A        | 238       |              | วงปีแคบมาก                    | หัวโรงแบบ 2A |  |
| NJ01B        | 250       |              | วงปีแคบมาก                    |              |                                                                                       |
| NJ01C        | -         |              | วงปีแคบมาก                    |              |                                                                                       |
| NJ01D        | -         |              | วงปีแคบมาก                    |              |                                                                                       |
| NJ02A        | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์            | ไม่มีหัวโรง  | -                                                                                     |
| NJ03A        | -         | -            | ไม้ก่อ <i>Castanopsis sp.</i> | ไม่มีหัวโรง  | -                                                                                     |
| NJ04A        | 50        | 50           | -                             | หัวโรงผุ     | -                                                                                     |
| NJ05A        | -         | -            | ไม้ก่อ <i>Castanopsis sp.</i> | หัวโรงแบบ 8D |  |
| NJ05B        | -         | -            | ไม้ก่อ <i>Castanopsis sp.</i> |              |                                                                                       |
| NJ06A        | -         | -            | ไม้ตะคร้ำ <i>Garuga sp.</i>   | หัวโรงแบบ 2A |  |

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดผลการศึกษาวงปีไม้ถ้ำปางคาม หมายเลข 1 (ต่อ)

| รหัส<br>ตัวอย่าง | จำนวนวงปี | จำนวนวงปีรวม | หมายเหตุ                                              | รูปแบบหัวโลง | รูปตัวอย่าง<br>รูปแบบหัวโลง                                                           |
|------------------|-----------|--------------|-------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| NJ07A            | -         | -            | ไม้ตะคร้ำ <i>Garuga sp.</i>                           | หัวโลงแบบ 2A |    |
| NJ08B            | -         | -            | ไม้ตะคร้ำ <i>Garuga sp.</i>                           | หัวโลงแบบ 2A |    |
| NJ09A            | -         | -            | ไม้ก่อ <i>Castanopsis sp.</i>                         | หัวโลงแบบ 5B |    |
| NJ09B            | -         | -            | ไม้ก่อ <i>Castanopsis sp.</i>                         |              |                                                                                       |
| NJ10A            | -         | -            | ไม้ก่อ <i>Castanopsis sp.</i>                         | ชำรุดมาก     | -                                                                                     |
| NJ11A            | 205       | 293          |                                                       | หัวโลงแบบ 2A |    |
| NJ11B            | 117       |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ12A1           | 68        | 293          |                                                       | หัวโลงแบบ 2A |    |
| NJ12A2           | 209       |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ12B            | 185       |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ13A            | 81        |              |                                                       | หัวโลงแบบ 2B |    |
| NJ14A            | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์                                    | หัวโลงแบบ 2B |   |
| NJ14B            | 39        | 39           |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ15A            | 60        | 60           |                                                       | หัวโลงแบบ 2B |  |
| NJ15B            | 47        |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ16A            | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์                                    | หัวโลงแบบ 2B |  |
| NJ16B            | 95        | 95           |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ17A            | 104       | 121          |                                                       | หัวโลงแบบ 2A |  |
| NJ17B            | 103       |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ18A            | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์                                    | หัวโลงแบบ 6E |  |
| NJ19A            | 78        | 27           |                                                       | หัวโลงแบบ 2B |  |
| NJ19B            | 27        |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ20A            | 43        | 43           |                                                       | เสา          | -                                                                                     |
| NJ20B            | 41        |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ21A1           | 27        | 35           |                                                       | เสา          | -                                                                                     |
| NJ21A2           | 30        |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ21B            | 24        |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ22A            | 29        | 29           |                                                       | เสา          | -                                                                                     |
| NJ22B            | 22        |              |                                                       |              |                                                                                       |
| NJ23A            | -         | -            | ไม้ลำพูป่า/ตุ้มเต็น <i>Duabanga sonneraliades</i> Ham | หัวโลงแบบ 2A |  |

#### ตารางที่ 4.2 รายละเอียดผลการศึกษาวงปีไม้ถ้ำปางคาม หมายเลข 1 (ต่อ)

| รหัส<br>ตัวอย่าง | จำนวนวงปี | จำนวนวงปีรวม | หมายเหตุ                                             | รูปแบบหัวโลง | รูปตัวอย่าง<br>รูปแบบหัวโลง                                                         |
|------------------|-----------|--------------|------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| NJ23B            | -         | -            | ไม้ลำพูป่า/คัมเด็น <i>Duabanga sonneraliades</i> Ham |              |                                                                                     |
| NJ24A            | -         | -            | ตัวอย่างไม้สมบูรณ์                                   | หัวโลงแบบ 2A |  |

\* การจำแนกชนิดไม้, คำร้อง : จำแนกชนิดไม้ที่กรมป่าไม้ คำร้องลงวันที่ 5 ก.ค.2547 กลุ่มรับที่ 307 ลงวันที่ 6 ก.ค. 2547

\*\* หมายเหตุ ตัวอย่างไม้ที่ไม่ได้ระบุชนิดทั้งหมด คือไม้สัก

\*\*\* ความหมายของรหัสตัวอย่าง

NJ = ถ้ำปางคาม (1)

หมายเลข = จำนวนโลงหรือเสาที่เก็บตัวอย่างโดยไม้ชำโลงหรือเสาเดียวกัน

อักษรภาษาอังกฤษ = ลำดับของจำนวนตัวอย่างที่เก็บจากโลงหรือเสาเดียวกัน

ตัวอย่างทั้งหมด 40 ตัวอย่าง จากโลงไม้ 24 ฟา (ชิ้น) เมื่อนำมาวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่า ตัวอย่างไม้สมบูรณ์ 5 ตัวอย่าง และเป็นโลงไม้ที่ทำมาจากไม้ชนิดอื่นที่ไม่สามารถนำมาศึกษาด้านวงปีไม้ 11 ตัวอย่าง (8 ฟา) จึงเหลือตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาด้วยวิธีการทางด้านวงปี 29 ตัวอย่าง (18 ฟา) โดยทั้งหมดเป็นตัวอย่างของโลงไม้ที่ทำจากไม้สัก (*Tectona grandis* L.)

วงปีไม้ในแหล่งโบราณคดีแห่งนี้มีวงปีที่แคบมากและขอบเขตเส้นแบ่งแต่ละวงปีไม่ชัดเจน จึงมีตัวอย่างเพียง 6 ตัวอย่าง จากโลง 1 ฟา และเสาไม้ 2 ต้น ที่สามารถซ้อนทับรูปแบบการเจริญเติบโตของต้นไม้หรือวงปี

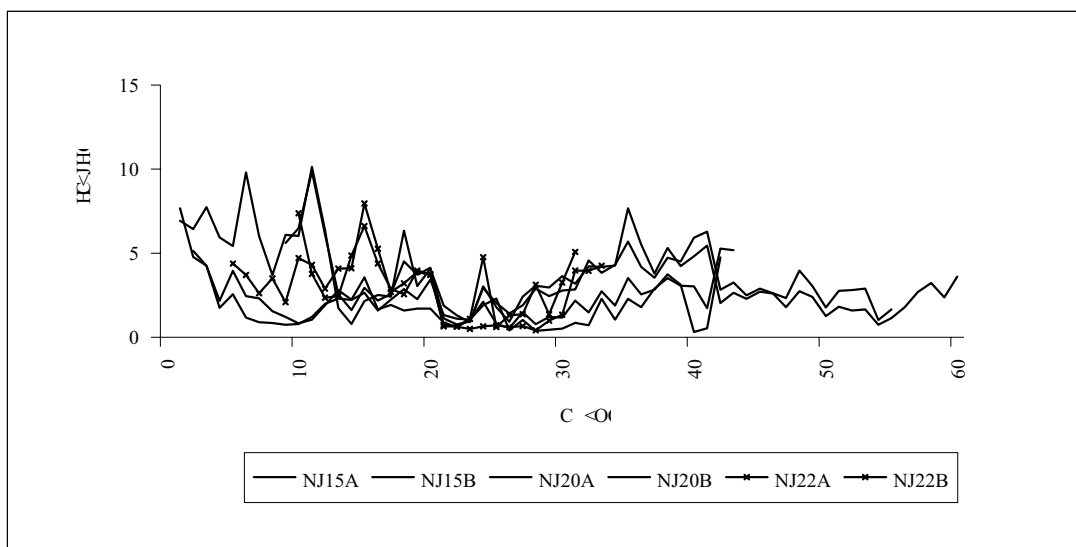
#### ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่าง ถ้ำปางคาม หมายเลข 1

Correlations of 40-year dated segments, lagged 20 years

Flags: A = correlation under .3665 but highest as dated; B = correlation higher at other than dated position

| Seq_series     | Time_span |    | 0    | 20   |
|----------------|-----------|----|------|------|
|                |           |    | 39   | 59   |
| 1. NJ15A (2B)  | 1         | 60 | .38  | .56  |
| 2. NJ15B (2B)  | 9         | 55 | .53  | .68  |
| 3. NJ20A (เสา) | 1         | 43 | .29A | .15A |
| 4. NJ20B (เสา) | 2         | 42 | .55  | .46  |
| 5. NJ22A (เสา) | 5         | 33 | .50  |      |
| 6. NJ22B (เสา) | 10        | 31 | .52  |      |

หมายเหตุ: อักษรที่อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บคือรูปแบบของหัวโลง



รูปที่ 4.6 แสดงการซ้อนทับของตัวอย่างไม้จาก ถ้ำปางคาม 1

สำหรับโรงไม้ที่ทำจากไม้ชนิดอื่นที่ไม่ใช่ไม้สัก ได้นำไปจำแนกชนิดไม้ที่สำคัญการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ ด้วยการใช้อัลกอริทึมการจำแนกด้วยผู้เชี่ยวชาญของกรมป่าไม้ พบว่ามีไม้จำนวน 3 ชนิด คือ

**ไม้ก่อ** (Family Fagaceae) เป็นไม้เด่นในป่าดิบเขาที่มีความสูงเกิน 1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเล อากาศหนาวเย็นตลอดปี เป็นป่าที่ปกคลุมอยู่บนยอดเขาสูง โดยปกคลุมหุบสูงสุดไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส และช่วงต่ำสุดน้อยกว่า 0 องศาเซลเซียส อากาศมีความชื้นสูงโดยเฉพาะค่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงฤดูฝนอาจเกิน 90 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ (Gardner *et al.* 2000)

**ไม้ลำพู/ตุ้มตัน** (Family Sonneratiaceae) และ**ไม้ตะคร้ำ** (Family Burseraceae) ไม้ทั้งสองชนิด (ไม้ลำพู/ไม้ตะคร้ำ) เป็นไม้ในป่าดิบแล้ง ปกติป่าชนิดนี้พบตั้งแต่ระดับความสูง 100–800 เมตร จากระดับน้ำทะเล ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,000 ถึง 2,000 มิลลิเมตรต่อปี ไม้ลำพูจัดเป็นไม้เบิกนำในป่าดิบแล้ง ส่วนไม้ตะคร้ำเป็นไม้เรือนยอดชั้นรองมีความสูงประมาณ 10-20 เมตร (Gardner *et al.* 2000)

#### 4.1.2.2 ผลการศึกษาด้านวงปีไม้ แหล่งโบราณคดีถ้ำปางคาม หมายเลข 3

##### 1) สภาพแหล่งโบราณคดี

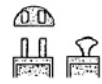
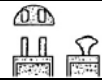
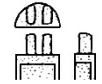
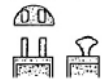
ที่ตั้งใกล้กับหมู่บ้านปางคาม ตำบลปางมะผ้า อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัด 47Q 0417972 UTM 2177490 ความสูงจากน้ำทะเล 529 เมตร ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำแห้ง (non active) สภาพของแหล่งโบราณคดี เป็นถ้ำที่มีความยาวประมาณ 40 เมตร ทางเข้าแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีขนาดค่อนข้างกว้าง ยาวประมาณ 3-4 เมตร ถัดไปเป็นช่องหรือมีรูขนาดเล็กมาก เนื่องจากมีก้อนหินมาปิดช่องทางไว้ เมื่อเดินเข้าไปในถ้ำ จะเห็นโลงวางอยู่ บางโลงวางพาดบนหิน

สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปก่อนถึงถ้ำ ใช้เส้นทางเท้าเดินตัดผ่านพื้นที่ทำการเกษตรของชาวบ้าน และเดินเลาะขึ้นไปบนภูเขาที่เดิมคงเป็นป่าดิบแล้งสลับกับป่าเบญจพรรณมีไม้ไผ่ขึ้นอยู่อย่างสมบูรณ์ ปากถ้ำสูงมีหินขนาดใหญ่วางระเกะระกะอยู่ด้านนอก

## 2) ผลการศึกษาวงปีไม้

ผลการศึกษาวงปีไม้จากโรงไม้ของถ้ำปางคามหมายเลข 3 พบว่า โรงไม้ในถ้ำแห่งนี้มีทั้งที่ทำจากไม้สัก และไม่ได้ทำจากไม้สัก จึงทำให้ไม้ที่ไม่ใช่ไม้สักไม่สามารถนำไปวัดวงปีไม้ได้ ตัวอย่างที่เก็บมาทั้งหมดจำนวน 20 ตัวอย่าง โรงไม้ไม่ได้ทำจากไม้สัก 7 ตัวอย่าง ตัวอย่างชำรุดมาก สามารถวัดวงปีได้ 6 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดผลการศึกษาวงปีไม้ถ้ำปางคาม หมายเลข 3

| รหัสตัวอย่าง | จำนวนวงปี | จำนวนวงปีรวม | หมายเหตุ           | รูปแบบหัวโรง                                      | รูปตัวอย่างรูปแบบหัวโรง                                                               |
|--------------|-----------|--------------|--------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| PK301A       | 150       | 150          |                    | หัวโรงแบบ 8C                                      |    |
| PK301B       | 114       |              |                    |                                                   |                                                                                       |
| PK302A       | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ | ไม่ทราบรูปแบบ                                     | -                                                                                     |
| PK303A       | 128       | 141          |                    | ไม่มีหัวโรง เนื่องจาก<br>ผุพังมาก                 | -                                                                                     |
| PK303B       | 124       |              |                    |                                                   |                                                                                       |
| PK304A       | 129       | 142          |                    | ไม่มีหัวโรง คาดว่า<br>อาจเป็นฝาประกบกับ<br>3A, 3B |                                                                                       |
| PK304B       | 113       |              |                    |                                                   |                                                                                       |
| PK305A       | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ | หัวโรงไม่สามารถ<br>ระบุรูปแบบ                     | ไม่อยู่ในรูปแบบที่เคยจัดไว้                                                           |
| PK305B       | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ |                                                   |                                                                                       |
| PK306A       | -         | -            | ไม้พะยอม           | หัวโรงไม่สามารถ<br>ระบุรูปแบบ                     | ไม่อยู่ในรูปแบบที่เคยจัดไว้                                                           |
| PK306B       | -         | -            | ไม้พะยอม           |                                                   |                                                                                       |
| PK307A       | -         | -            | ไม้พะยอม           | -                                                 | -                                                                                     |
| PK307B       | -         | -            |                    |                                                   |                                                                                       |
| PK308A       | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ | หัวโรงแบบ 8C                                      |  |
| PK309A       | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ | หัวโรงไม่สามารถ<br>ระบุรูปแบบ                     | ไม่อยู่ในรูปแบบที่เคยจัดไว้                                                           |
| PK309B       | -         | -            |                    |                                                   |                                                                                       |
| PK310A       | 70        | 70           |                    | หัวโรงแบบ 8D                                      |  |
| PK311A       | -         | -            | ไม้พะยอม           | หัวโรงแบบ 8C                                      |  |
| PK311B       | -         | -            |                    |                                                   |                                                                                       |
| PK311C       | -         | -            |                    |                                                   |                                                                                       |

ที่มา: รัศมี ชูทรงเดช และคณะ 2547

หมายเหตุ: ตัวอย่างไม้ที่ไม่ได้ระบุชนิดทั้งหมด คือ ไม้สัก

การจำแนกชนิดไม้: จำแนกชนิดไม้ที่กรมป่าไม้ คำร้องลงวันที่ 5 ก.ค.2547 กลุ่มรับที่ 307 ลงวันที่ 6 ก.ค. 2547

ความหมายของรหัสตัวอย่าง

PK = ถ้ำปางคาม (3)

หมายเลข = จำนวนโรงหรือเสาที่เก็บตัวอย่างโดยไม้หัวโรงหรือเสาเดียวกัน

อักษรภาษาอังกฤษ = ลำดับของจำนวนตัวอย่างที่เก็บจากโรงหรือเสาเดียวกัน

ตัวอย่างไม้จากถ้ำปางคามที่ไม่ใช่ไม้สักได้ส่งไปวิเคราะห์ที่สำนักงานจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ทั้งหมด 7 ตัวอย่าง พบว่าเป็นไม้พะยอม

ไม้พะยอม (*Shorea talura* Roxb.) เป็นไม้ที่พบว่ามีกระจายตัวอยู่ในป่าดิบแล้ง อุทิส ภูอินทร์ (2541) ได้อธิบายสภาพป่าดิบแล้ง (dry evergreen or semi evergreen forest) ดังนี้

สังคมป่าดิบแล้งจำแนกได้ว่าเป็นสังคมถาวรในสภาพภูมิอากาศแบบกึ่งร้อน (subtropical climate) ของประเทศไทย ปัจจัยหลักที่เป็นปัจจัยกำหนดของสังคมนี้ คือ ฤดูกาลที่มีการแบ่งแยกเด่นชัดอย่างน้อยต้องมีช่วงความแห้งแล้ง 3-4 เดือน มีดินค่อนข้างลึกสามารถเก็บกักน้ำได้ดีพอควรที่จะทำให้พันธุ์ไม้บางชนิดสามารถคงใบอยู่ได้ตลอดช่วงความแห้งแล้งนี้ และไม่มีไฟป่าเข้ามารบกวน ด้วยเหตุนี้ดินในป่าดิบแล้งจึงมักเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย ปกติป่าชนิดนี้พบตั้งแต่ระดับความสูงจากน้ำทะเลประมาณ 100 เมตร ขึ้นไปจนถึง 800 เมตร มีปริมาณฝนเฉลี่ยประมาณ 1,000 มิลลิเมตร ถึง 2,000 มิลลิเมตรต่อปี ฉะนั้นจึงปรากฏอยู่ในเส้นทางของลมมรสุมทางตอนเหนือของภาคได้ขึ้นไปในบางพื้นที่อาจพบหินที่เป็นต้นกำเนิดของดินโคลนขึ้นมาให้เห็นด้วย ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นนับว่ามีบทบาทน้อย ไม่แตกต่างกันมากกับป่าชนิดอื่น

พันธุ์ไม้ที่เป็นไม้ดัชนีในป่าดิบแล้ง ได้แก่ ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*) เต็มคอนอง (*Shorea henryana*) กะบาก (*Anisoptera costata*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) ตะแบกใหญ่ (*Lagerstroemia calyculata*) ตะแบกแดง (*L. ovalifolia*) พยุง (*Dalbergia cochinchinensis*) กื่อดำ (*D. cutrata*) และชิงชัน (*D. oliveri*) เป็นต้น

จากลักษณะสภาพป่าที่เหลืออยู่รอบๆ พื้นที่ถ้ำ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก คือ พื้นที่ป่าถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามจากระดับความสูงจากน้ำทะเล และความลึกของที่ดินที่ทำกรเกษตร พอจะกล่าวได้ว่าพื้นที่ป่าเคยมีความอุดมสมบูรณ์มาก่อน จากตัวอย่างไม้ที่นำมาทำโลงไม้ซึ่งส่วนใหญ่เป็น ไม้สักและ ไม้พะยอม ซึ่งเป็นไม้ที่มีคุณสมบัติทั้งสองชนิด จึงเป็นข้อสังเกตได้ว่าคนสมัยยุคโลงไม้มีการพึ่งพิงกับทรัพยากรธรรมชาติบริเวณใกล้เคียงและอาจจะเข้าใจถึงการเลือกประเภทไม้ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ผลจากการวิเคราะห์ทางด้านสถิติของโลงไม้ในแหล่งโบราณคดีนี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ พบว่าหัวโลงที่มีรูปแบบย่อยแตกต่างกัน คือ หัวโลงแบบ 8C (ตัวอย่างรหัส PK01A, PK01B) และ 8D (PK10A) พบว่ามีอายุใกล้เคียงกัน โดยอาจอยู่ในสภาพแวดล้อมหรือสังคมหมู่บ้านแบบเดียวกัน สำหรับโลงไม้อื่นที่มีหัวโลงแตกต่างไปจากหัวโลงทั้งสองแบบที่ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด แสดงให้เห็นว่าโลงไม้ที่มีหัวโลงแตกต่างกันทำจากไม้ที่เคยมีชีวิตอยู่ร่วมกัน

#### ตารางที่ 4.5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตัวอย่างไม้ถ้ำปางคาม หมายเลข 3

Correlations of 40-year dated segments, lagged 20 years

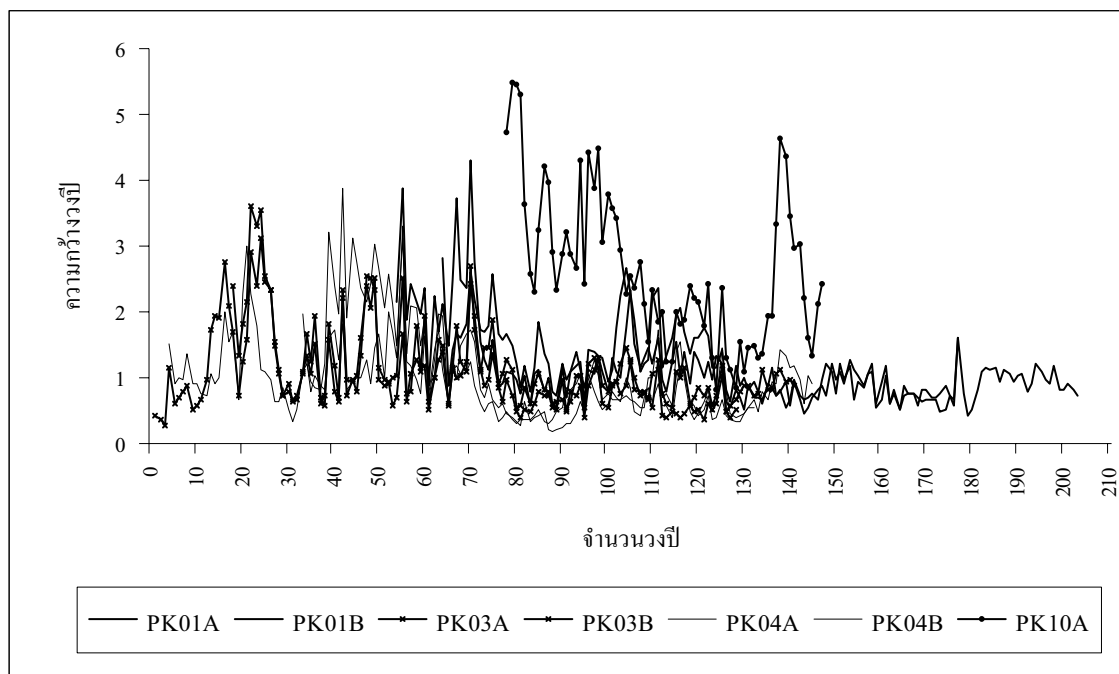
Flags: A = correlation under .3665 but highest as dated; B = correlation higher at other than dated position

| Seq Series    | Time_span |     | 0   | 20  | 40  | 60   | 80   | 100  | 120 | 140 |
|---------------|-----------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|
|               |           |     | 39  | 59  | 79  | 99   | 119  | 139  | 159 | 179 |
| 1. PK01A (8C) | 54        | 203 |     |     | .77 | .73  | .63  | .54  | .57 | .65 |
| 2. PK01B (8C) | 64        | 177 |     |     |     | .71  | .75  | .45  | .45 | .58 |
| 3. PK03A (-)  | 1         | 128 | .81 | .76 | .83 | .84  | .65  | .63  |     |     |
| 4. PK03B (-)  | 18        | 141 | .80 | .78 | .79 | .75  | .73  | .63  | .57 |     |
| 5. PK04A (-)  | 4         | 132 | .70 | .66 | .79 | .68  | .52  | .55  |     |     |
| 6. PK04B (-)  | 33        | 145 |     | .72 | .71 | .61  | .40  | .56  | .63 |     |
| 7. PK10A (8D) | 78        | 147 |     |     |     | .32A | .30A | .31A | .40 |     |

หมายเหตุ: อักษรที่อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บคือรูปแบบของหัวโลง

เครื่องหมาย - ที่อยู่ในวงเล็บไม่สามารถบ่งบอกรูปแบบหัวโลงได้

จากค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของการซ้อนทับของรูปแบบของวงปีไม้สรุปได้ว่า ตัวอย่างโลงไม้จากถ้ำปางคาม หมายเลข 3 อยู่ในช่วงอายุใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.7 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำปางคาม หมายเลข 3

### 4.1.2.3 ผลการศึกษาด้านวงปีไม้ แหล่งโบราณคดีถ้ำผี (Spirit Cave)

#### 1) แหล่งโบราณคดี

ที่ตั้งใกล้หมู่บ้านทุ่งสาแล ตำบลนาปู่ป้อม อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัด 47Q 0406098 UTM 2166948 ระดับความสูงจากน้ำทะเล 903 เมตร ประเภทของถ้ำเป็นถ้ำแห้ง (non-active) เป็นถ้ำที่มีปากถ้ำกว้าง แสงสว่างส่องถึงเกือบทั่วบริเวณ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่โลงไม้ค่อนข้างชื้นและผุพังง่ายกว่าบริเวณถ้ำที่มีมืดและแห้ง จากปากถ้ำถึงโถงแรกพบโลงที่มีขนาดใหญ่ตั้งอยู่บนเสาและคาน สภาพโลงค่อนข้างสมบูรณ์ นอกจากนี้ในโถงมีชอกหลืบเล็กๆ หลายช่องและมีโลงกระจัดกระจาย สภาพไม่สมบูรณ์ มีการวางโลงหลายแบบ เช่น พบโลงที่วางพาดอยู่บนคานกับหลืบถ้ำ ส่วนทางด้านซ้ายมือของถ้ำ (หันหน้าเข้าถ้ำ) บริเวณด้านบนมีอีก 1 โถง (โลงที่ 2) มีขนาดไม่กว้างมากนัก โถงนี้พบร่องรอยการขุดค้นในปี พ.ศ. 2513-2514 (ค.ศ.1970-1971) (Gorman 1972) ไม้ไผ่ที่ปักเป็นเขตหล่งเหลืออยู่ พบโลงถ้ำที่ต่อกันมีโลงไม้หลายโลงวางอยู่บนเสาและคาน (สิทธิพงศ์ ดิลกวานิช 2543)

สภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่ถ้ำผี อยู่ทางฝั่งซ้ายมือของลำน้ำของ (เมื่อแยกเข้ามาตามถนนเลียบลำน้ำของ หันหน้าไปตามลำน้ำในทิศทางจากบ้านนาปู่ป้อม) บริเวณพื้นที่โดยรอบเป็นป่าเบญจพรรณที่ค่อนข้างสมบูรณ์มีไม้สักเป็นไม้เด่น มีการทำไร่ข้าว กระเทียม ของชาวเขาอยู่บริเวณเชิงเขาด้านติดต่อกับลำน้ำของ ถึงแม้พื้นที่จะอยู่ภายใต้การดูแลของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสันปันแดน แต่พบร่องรอยการลักลอบตัดไม้ โดยมีทั้งที่กานไม้ซึ่งหมายถึงการควั่นโคนต้นโดยรอบเพื่อตัดท่อลำเลียงน้ำของต้นไม้ เพื่อให้ยืนต้นตาย) และร่องรอยคอไม้สักที่ถูกตัดออกไปแล้ว ในอนาคตหากไม่มีการควบคุมจัดการพื้นที่ป่าไม้ให้ดี รวมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับการทำการเกษตรบนพื้นที่สูง อาจจะทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวมีปัญหาเรื่องการพังทลายของหน้าดิน และดินขาดความอุดมสมบูรณ์

#### 2) ผลการศึกษาวงปีไม้

ผลการศึกษาของตัวอย่างไม้จากโลงไม้ 7 ฝา รวมทั้งหมด 23 ตัวอย่าง (cores) ตัวอย่างที่ไม่สมบูรณ์ 6 ตัวอย่าง จึงทำการวัดวงปีจากตัวอย่างโลงไม้ทั้งหมด 5 ฝา 17 ตัวอย่าง แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.6 ซึ่งได้นำไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดผลการศึกษาวงปีไม้ แหล่งโบราณคดีถ้ำผี (Spirit Cave)

| รหัสตัวอย่าง | จำนวนวงปี | จำนวนวงปีรวม | หมายเหตุ           | รูปแบบหัวโลง  | รูปตัวอย่างรูปแบบหัวโลง                                                               |
|--------------|-----------|--------------|--------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| S02A         | 154       | 198          | -                  | หัวโลงแบบ 1 A |  |
| S02B         | 177       |              |                    |               |                                                                                       |
| S02C         | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ |               |                                                                                       |
| S03A1        | 58        | 167          | -                  | หัวโลงแบบ 5 C |  |
| S03A2        | 83        |              |                    |               |                                                                                       |
| S03B         | 149       |              |                    |               |                                                                                       |
| S03C         | 144       |              |                    |               |                                                                                       |
| S03D         | 146       |              |                    |               |                                                                                       |
| S03E         | 84        |              |                    |               |                                                                                       |
| S03F1        | 65        |              |                    |               |                                                                                       |
| S03F2        | 56        |              |                    |               |                                                                                       |

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดผลการศึกษาวงปีไม้ แหล่งโบราณคดีถ้ำผี (Spirit Cave) (ต่อ)

| รหัสตัวอย่าง | จำนวนวงปี | จำนวนวงปีรวม | หมายเหตุ           | รูปแบบหัวโลง  | รูปตัวอย่างรูปแบบหัวโลง                                                               |
|--------------|-----------|--------------|--------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| S04A1        | 36        |              | -                  | หัวโลงแบบ 1 A |    |
| S04A2        | 64        |              |                    |               |                                                                                       |
| S04B         | 55        |              |                    |               |                                                                                       |
| S04C         | 119       |              |                    |               |                                                                                       |
| S04D         | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ | หัวโลงแบบ 1 A |    |
| S04F         | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ |               |                                                                                       |
| S05A         | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ |               |                                                                                       |
| S05B         | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ | หัวโลงแบบ 1 A |    |
| S05C         | -         | -            | ตัวอย่างไม่สมบูรณ์ |               |                                                                                       |
| S06A         | 139       | 139          | -                  | ไม่มีหัวโลง   |                                                                                       |
| S07A         | 76        | 76           | -                  | หัวโลงแบบ 1 A |  |
| S07B         | 50        |              |                    |               |                                                                                       |

ที่มา: รัศมี ชูทรงเดช และคณะ (2547)

\* หมายเหตุ ตัวอย่างไม้ที่ไม่ได้ระบุชนิดทั้งหมด คือ ไม้สัก

\*\* ความหมายของรหัสตัวอย่าง

S = ถ้ำผี

หมายเลข = จำนวนโลงหรือเสาที่เก็บตัวอย่างโดยไม่ซ้ำโลงหรือเสาเดียวกัน

อักษรภาษาอังกฤษ = ลำดับของจำนวนตัวอย่างที่เก็บจากโลงหรือเสาเดียวกัน

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างถ้ำผี

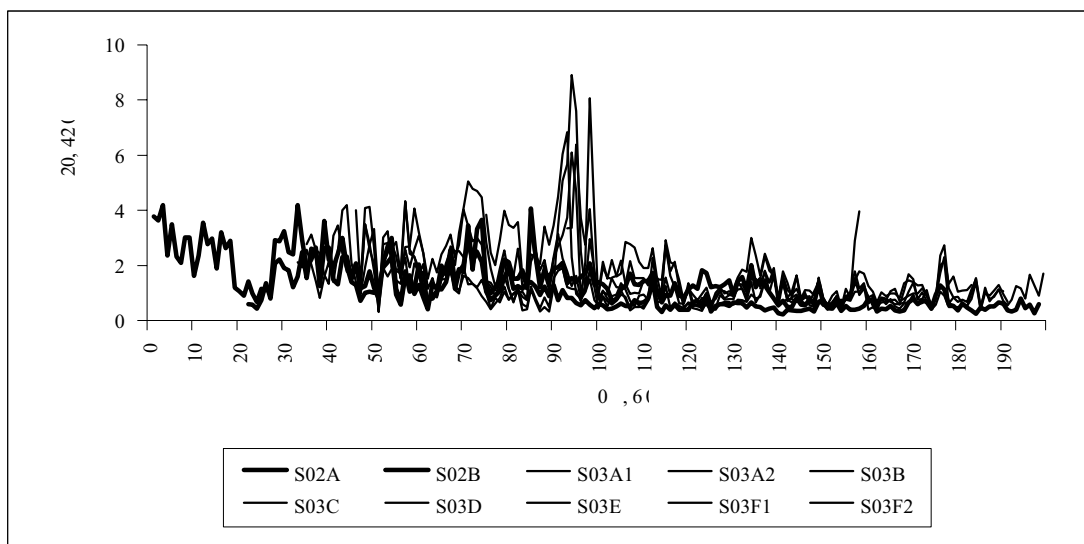
Correlation of 40-years dated seqments, lagged 20 years

Flags: A = correlation under .3665 but highest as dated; B = correlation higher at other than dated position

| Seq Series    | Time_span |     | 20  | 40  | 60  | 80  | 100  | 120 | 140 | 160  |
|---------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|
|               |           |     | 59  | 79  | 99  | 119 | 139  | 159 | 179 | 199  |
| 1 S02A (1A)   | 1         | 154 | .57 | .62 | .63 | .43 | .36A | .46 |     |      |
| 2 S02B (1A)   | 22        | 198 | .46 | .65 | .56 | .42 | .53  | .39 | .48 | .28A |
| 3 S03A1 (5C)  | 33        | 90  | .72 | .78 | .82 |     |      |     |     |      |
| 4 S03A2 (5C)  | 93        | 175 |     |     |     | .65 | .73  | .70 | .66 |      |
| 5 S03B (5C)   | 35        | 183 | .53 | .62 | .73 | .63 | .71  | .81 | .81 | .82  |
| 6 S03C (5C)   | 47        | 190 |     | .77 | .78 | .72 | .69  | .79 | .79 | .83  |
| 7 S03D (5C)   | 54        | 199 |     | .70 | .69 | .50 | .63  | .80 | .74 | .55  |
| 8 S03E (5C)   | 75        | 158 |     |     | .58 | .61 | .65  | .57 |     |      |
| 9 S03F1 (5C)  | 46        | 110 |     | .81 | .64 | .40 |      |     |     |      |
| 10 S03F2 (5C) | 136       | 191 |     |     |     |     |      | .83 | .87 | .89  |

หมายเหตุ อักษรที่อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บคือรูปแบบของหัวโลง

จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละตัวอย่างและจากรูปการซ้อนทับกันของตัวอย่าง อธิบายได้ว่า โลงไม้ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบหัวโลง 1A หรือ 5C จากถ้ำผี อยู่ในช่วงอายุใกล้เคียงกัน เนื่องจากการซ้อนทับกันได้ ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้น (ใกล้เปลือก) จนไปถึงด้านในสุด (ใกล้แก่นไม้)

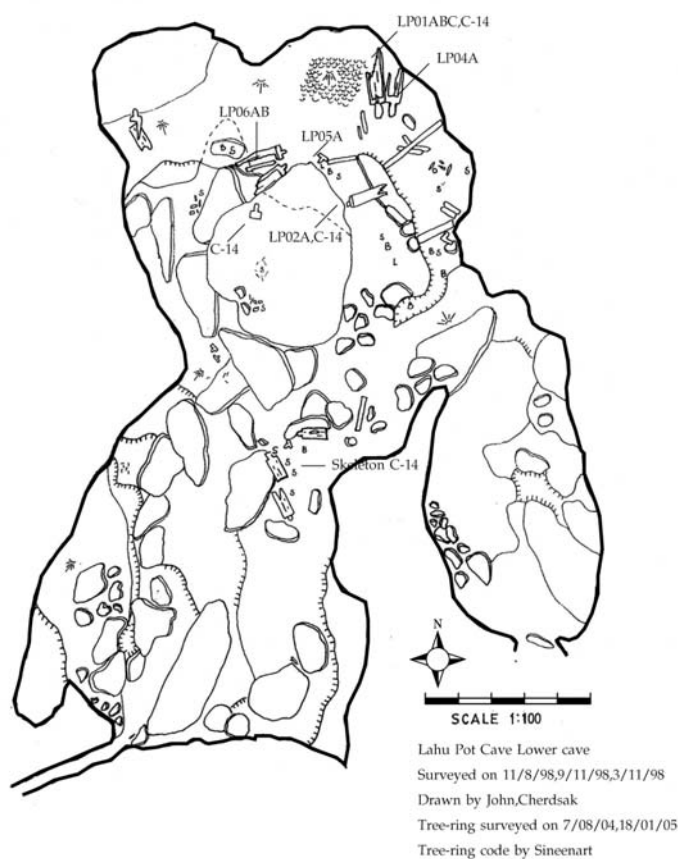


รูปที่ 4.8 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำผี

#### 4.1.2.4 ถ้ำหม้อมุเซอ

##### 1) แหล่งโบราณคดี

ถ้ำหม้อมุเซอ ตั้งอยู่ในเขตบ้านนาหลวง หมู่ 3 ตำบลสป้อง อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัด ภูมิศาสตร์ 47Q424128 2161479 จากระดับความสูงจากน้ำทะเล 758 เมตร ถ้ำนี้ไม่ห่างจากแหล่งโบราณคดีถ้ำผีแมนป็นป่ามากนัก จากปากถ้ำสามารถมองเห็นลำน้ำลาง สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปเป็นป่าเบญจพรรณเสื่อมโทรม ปากถ้ำสูง ทางเดินเข้าลึกต่ำลงไปด้านล่าง ภายในถ้ำยังมีน้ำไหลอยู่บางช่วง หินถล่ม และมีหลุมลึกภายในถ้ำ แหล่งโบราณคดีแห่งนี้เคยได้รับการสำรวจโดย ดร.ปีเตอร์ เกรฟ (Grave *et al.* 1994) มีชื่อถ้ำว่า “Lahu Pot Cave” ซึ่งได้มีการนำชิ้นไม้จากโลงไปกำหนดค่าอายุพบว่ามียุคเก่าที่สุดในบรรดาโลงที่พบในอำเภอบางมะฝ้าขณะนั้น ค่าอายุที่ได้ คือ  $2,080 \pm 60$  ปีมาแล้ว (yrs BP) และ  $1,540 \pm 120$  ปีมาแล้ว (yrs BP)



แผนผังที่ 4.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำหม่อมมูเซอ

ตัวอย่างโลงไม้ทั้งหมดที่เก็บตัวอย่างจำนวน 13 ตัวอย่าง (cores) แบ่งออกเป็นโลงไม้ 6 ชิ้น คานไม้ 1 ชิ้น และชิ้นไม้ที่ไม่สามารถระบุประเภทได้จำนวน 1 ชิ้น รวมเป็นจำนวน 8 ชิ้น

แหล่งโบราณคดีบ้านหม่อมมูเซออาจเป็นหลักฐานเชื่อมโยงของวงปีไม้จากโลงไม้ในพื้นที่แถบนี้ที่มีถ้ำตั้งอยู่อย่างกระจัดกระจาย และรูปแบบหัวโลงที่หลากหลาย

## 2) ผลการศึกษาด้านวงปีไม้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการศึกษาทางด้านวงปีไม้จากตัวอย่างโลงไม้ถ้ำหม่อมมูเซอ

| ตัวอย่าง | รูปประกอบ                                                                           | รูปแบบ | จำนวนวงปี | จำนวนวงปีรวม |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|--------------|
| LP01A    |  | 1A     | 162       | 252          |
| LP01B    |                                                                                     | 1A     | 196       | 252          |
| LP01C    |                                                                                     | 1A     | 194       | 252          |

หมายเหตุ 1. จำนวนวงปี คือ จำนวนของวงปีแต่ละตัวอย่าง (Core A, Core B หรือ Core C)

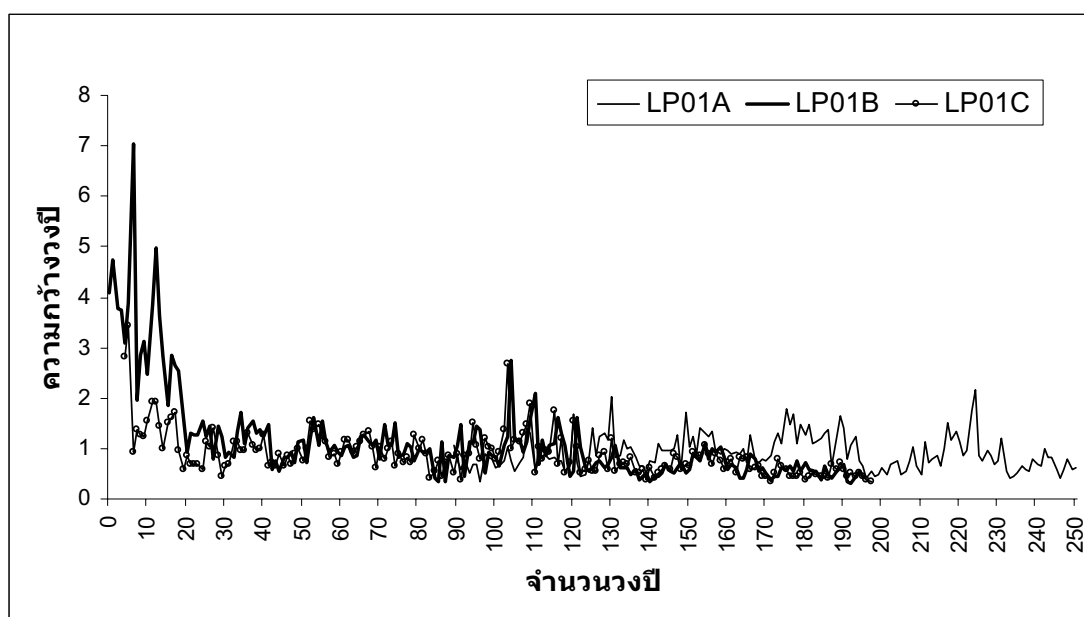
2. จำนวนวงปีรวม คือ จำนวนวงปีไม้ที่ได้จากการซ้อนทับตัวอย่างแต่ละ Core จากไม้โลงชิ้นเดียวกันเนื่องจากโดยปกติ จะทำการเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง จากโลงไม้หรือเสาไม้แต่ละชิ้น

#### ตารางที่ 4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัวอย่างทุกๆ 40 ปี โดยมีค่าซ้อนทับทีละ 20 ปี

Correlations of 40-years dates segments lagged 20 years

Flags: A= correlation under 0.3665 but highest as dated; B=correlation higher at other than dated position

| Seq Series | Time_span |     | 0   | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160  |
|------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|            |           |     | 39  | 59  | 79  | 99  | 119 | 139 | 159 | 179 | 199  |
| 1.LP01A    | 91        | 252 |     |     |     |     | .59 | .74 | .68 | .45 | .23B |
| 2.LP01B    | 1         | 196 | .83 | .77 | .74 | .77 | .84 | .80 | .74 | .64 | .48  |
| 3.LP01C    | 6         | 199 | .83 | .77 | .74 | .68 | .72 | .79 | .70 | .52 | .31A |

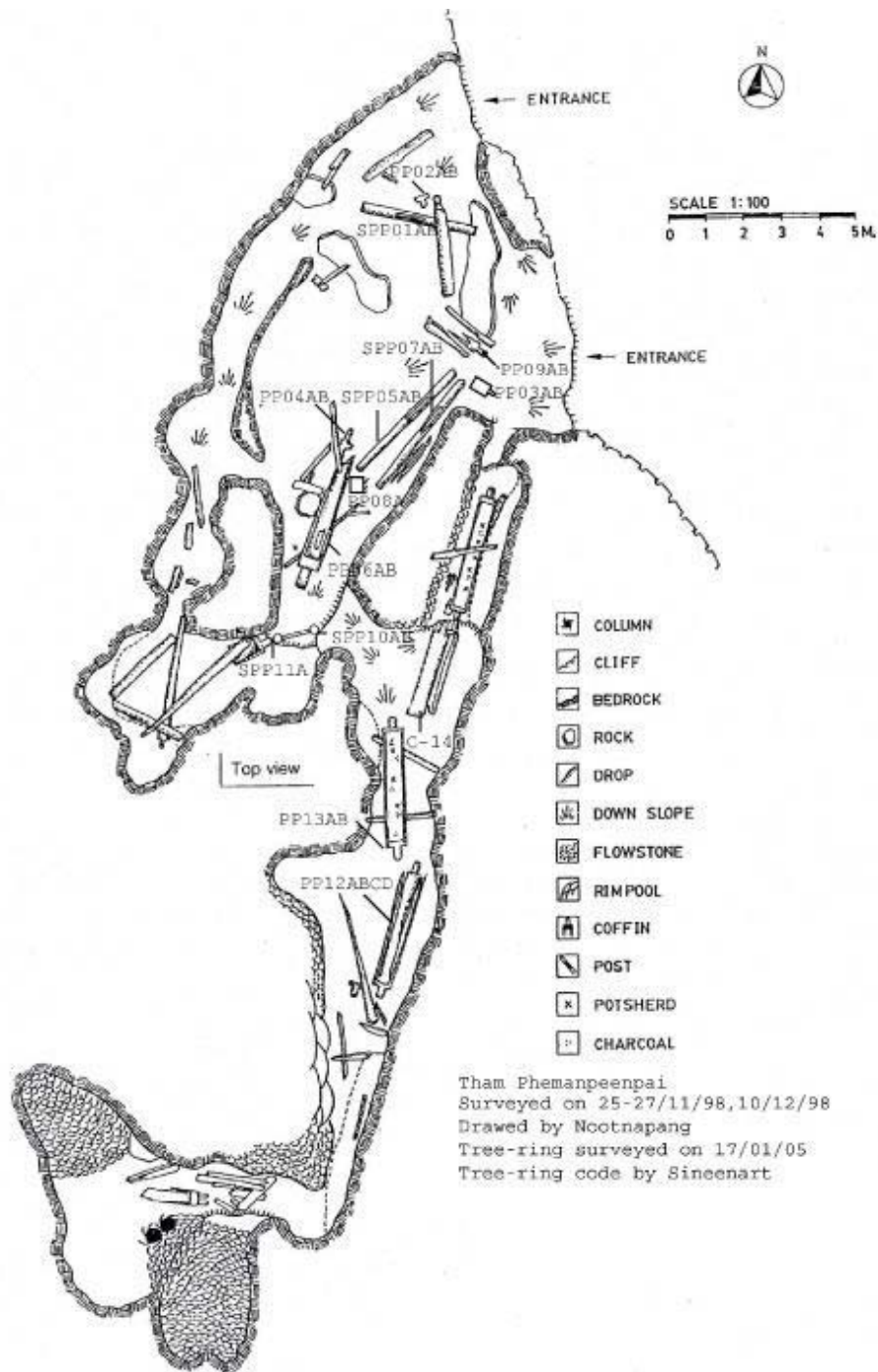


รูปที่ 4.9 การซ้อนทับของตัวอย่างไม้จากถ้ำหม้อมุเซอ

#### 4.1.2.5 ถ้ำผีแมนป็นปาย

##### 1) สภาพแหล่งโบราณคดี

ถ้ำผีแมนป็นปาย ตั้งอยู่ในเขตบ้านนาหลวง หมู่ 3 ตำบลสบป่อง อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พิกัดภูมิศาสตร์ 47Q424010 2160709 ความสูงจากระดับน้ำทะเล 693 เมตร อยู่ห่างจากถ้ำน้ำลอด สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปเป็นป่าเบญจพรรณเสื่อมโทรม ใช้เส้นทางเดินเท้าไปจนถึงภูเขาที่เป็นที่ตั้งถ้ำ ปากถ้ำตั้งอยู่บริเวณหน้าผาค่อนข้างสูง ต้องปีนปายเข้าไปจึงเป็นที่มาของชื่อถ้ำ แหล่งโบราณคดีแห่งนี้เคยได้รับการสำรวจโดยโครงการสำรวจและจัดระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ใน พ.ศ. 2542



แผนผังที่ 4.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างไม้แหล่งโบราณคดีถ้ำผืนแป้น

ตัวอย่างโลงไม้ที่เก็บตัวอย่างจากถ้ำนี้ จำนวน 27 ตัวอย่าง (cores) แบ่งออกเป็น โลงไม้ 8 ชิ้น เสาไม้ 5 ชิ้น และชิ้นไม้ที่ไม่สามารถระบุประเภทได้จำนวน 2 ชิ้น รวมเป็นจำนวน 15 ชิ้น จากตัวอย่างทั้งหมดรูปแบบของวงปีไม้ไม่สามารถซ้อนทับกันได้

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการศึกษาทางด้านวงปีไม้ถ้ำผีแมนป็นป่า

| รหัสตัวอย่าง | รูปแบบ | จำนวนวงปี |
|--------------|--------|-----------|
| SPP01A       | เสาไม้ | 133       |
| SPP01B       | เสาไม้ | 139       |
| SPP01B1      | เสาไม้ | 74        |
| PP03A        | 1B     | 140       |
| PP03B        | 1B     | 94        |
| SPP05B       | เสาไม้ | 68        |
| PP08A        | ชำรุด  | 41        |
| PP09A        | 2A     | 37        |
| SPP11A       | เสาไม้ | 93        |
| PP12A        | 1B     | 120       |
| PP12B        | 1B     | 107       |
| PP12C        | 1B     | 268       |
| PP12D        | 1B     | 267       |
| PP13A        | 1B     | 252       |
| PP13B        | 1B     | 162       |

- หมายเหตุ 1. จำนวนวงปี คือ จำนวนของวงปีแต่ละตัวอย่าง (Core A, Core B หรือ Core C)
2. จำนวนวงปีรวม คือ จำนวนวงปีไม้ที่ได้จากการซ้อนทับตัวอย่างแต่ละ core จากไม้โลงขึ้นเดียวกัน เนื่องจากโดยปกตินั้นจะทำการเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง จากโลงไม้หรือเสาไม้แต่ละชั้น
3. PP: ตัวอย่างโลงไม้ถ้ำผีแมนป็นป่า  
SPP: ตัวอย่างเสาไม้ถ้ำผีแมนป็นป่า

### +4.1.3 ผลการศึกษาด้านวงปีไม้ระหว่างแหล่งโบราณคดี

#### 4.1.3.1 ผลการศึกษา

เนื่องจากผลการนับและวัดจำนวนวงปีของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่เก็บมาจากรูปแบบหัวโลงต่างๆ ในถ้ำและเพิงผา ที่ตั้งกระจายอยู่บริเวณลุ่มน้ำของ ลางและ โป่งแสนปัก ในชั้นแรกเพื่อที่จะต้องการพิสูจน์ว่า โลงและฝา ทำมาจากไม้ต้นเดียวกัน ถึงแม้ว่าส่วนมากแล้วโลงและฝาจะไม่ได้ประกบกันอยู่

ขั้นตอนที่ 2 ได้นำดัชนีวงปีของแต่ละรูปแบบหัวโลงที่มาจากถ้ำเดียวกันมาซ้อนทับกันและหาค่าสถิติความสัมพันธ์ เพื่อต้องการที่จะศึกษาถึงเรื่องการพัฒนาารูปแบบของโลงไม้

ขั้นตอนที่ 3 ได้นำตัวอย่างดัชนีไม้ที่จัดทำไว้เป็นชุดในแต่ละถ้ำ มาซ้อนทับกันข้ามลุ่มน้ำ เพื่อหาความเหมือนและเวลาของการใช้โลงไม้

ดังได้กล่าวไว้แล้วว่าตัวอย่างโลงไม้ที่เก็บมาจากถ้ำต่างๆ ไม่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ และจำนวนตัวอย่างบางถ้ำมีจำนวนค่อนข้างน้อย และในบางครั้งตัวอย่างที่เก็บมาชำรุดไม่สามารถนับและวัดจำนวนวงปีได้

ปัญหาเหล่านี้ทำให้ได้ดัชนีวงปีไม้สักซึ่งเป็นตัวแทนแต่ละถ้ำในจำนวนที่มากน้อยแตกต่างกัน จำนวนตัวอย่างและรายละเอียดของข้อมูลทั้งสิ้นที่ทำการศึกษาทั้งในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 แสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ               | รหัสไม้ | ที่ตั้ง     | สภาพแวดล้อม                | จำนวนฝา<br>โลง/เสา<br>(จำนวน<br>ตัวอย่าง)         | รูปแบบ<br>หัวโลง                                                   | ตัวอย่าง<br>ที่ใช้ได้ | จำนวน<br>วงปี | ค่าอายุคาร์บอน 14                                                                                                                                | ชนิดไม้อื่น                                                                         | หมายเหตุ                                                                                                                                  |
|---------|-------------------|---------|-------------|----------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| กลาง    | ถ้ำลอด            | TL      | บ้านถ้ำ     | ป่าเต็งรังปะปน<br>เบญจพรรณ | 9 ฝา<br>(22 ตัวอย่าง)<br>/ -                      | 1A,1B,2B                                                           | 22                    | 46-117        | 1,240±90 (A.D. 590-990)<br>(พ.ศ.1133-1533) (2A)                                                                                                  | -                                                                                   | ข้อมูล 2 ชุด<br>ชุดที่ 1: (20 ตัวอย่าง) ซ้อนทับกัน<br>ได้ 8 ฝา ต่อค่าอายุได้ทั้งสิ้น 285 ปี<br>ชุดที่ 2 (TL5A,B) ค่าอายุลอย 53,59<br>วงปี |
| กลาง    | ถ้ำบ้าน<br>น้ำริน | NR      | บ้านน้ำริน  | ป่าเบญจพรรณ                | 5 ฝา / -                                          | จุกใหญ่                                                            | -                     | -             | -                                                                                                                                                | ไม้จำปา ( <i>Michelia</i><br>sp.) ไม้รัก<br>( <i>Melanorrhoea</i><br><i>graba</i> ) | ตัวอย่างไม้ไม่ใช่ไม้สัก                                                                                                                   |
| กลาง    | ถ้ำบ่อ<br>ไคร้    | BO      | บ้านบ่อไคร้ | ป่าเบญจพรรณ<br>เสื่อมโทรม  | 36 ฝา<br>(68 ตัวอย่าง)<br>/ 3 เสา (3<br>ตัวอย่าง) | 2A,1B,2C,<br>3A และ<br>4B, 10และ<br>4B,4B,5B,<br>3C,1A,3C<br>และ4B | 36(68)                | 35-270        | 2,210±210<br>(B.C.800 - A.D. 300)<br>(257 ปี ก่อน พ.ศ.- พ.ศ.<br>843 (4B และ 10)<br><br>1,640±210<br>(B.C. 100 - A.D. 900)<br>(พ.ศ.443-1443) (4B) | -                                                                                   | 7 ชุดข้อมูล<br>1 (4 ตัวอย่าง)<br>2 (10 ตัวอย่าง)<br>3 (6 ตัวอย่าง)<br>4 (4 ตัวอย่าง)<br>5(27 ตัวอย่าง)                                    |

ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ | รหัส<br>ไม้ | ที่ตั้ง | สภาพแวดล้อม | จำนวนฝา<br>โลง/เสา<br>(จำนวน<br>ตัวอย่าง) | รูปแบบ<br>หัวโลง | ตัวอย่าง<br>ที่ใช้ได้ | จำนวน<br>วงปี | ค่าอายุคาร์บอน 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ชนิดไม้อื่น | หมายเหตุ |
|---------|-----|-------------|---------|-------------|-------------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|
|         |     |             |         |             |                                           |                  |                       |               | 1,770±220 (B.C.-400<br>A.D. 700) (พ.ศ.143-<br>พ.ศ.1243) (3C และ 4B)<br><br>2,330±230 (B.C. 1,000-<br>A.D. 200) (พ.ศ.457-743)<br>(3C และ 4B)<br><br>1,640±210 (B.C. 100-<br>A.D. 900) (พ.ศ.443-<br>1443) (3C และ 4B)<br><br>1,320±210 (B.C.250-<br>A.D. 1,200) (พ.ศ.293-<br>1743) (3C และ 4B)<br><br>1,090±210 (A.D.550-<br>A.D. 1,300) (พ.ศ.1093-<br>1843) (5D) |             |          |

ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาขุดพบไม้จากแหล่งโบราณคดี (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ                | รหัส<br>ไม้ | ที่ตั้ง                                                                                     | สภาพแวดล้อม                      | จำนวนฝา<br>โลง/เสา<br>(จำนวน<br>ตัวอย่าง)        | รูปแบบ<br>หัวโลง | ตัวอย่าง<br>ที่ใช้ได้ | จำนวน<br>วงปี | ค่าอายุคาร์บอน 14                                                                               | ชนิดไม้อื่น | หมายเหตุ                                               |
|---------|--------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------|
| กลาง    | แม่กลาง<br>จันทร์1 | MJ1         | ติดทางหลวง<br>หมายเลข 1095<br>(สปป.-<br>แม่ฮ่องสอน)<br>ห่างจาก รพ.ปางมะ<br>ผ้า 200-300 เมตร | ไผ่รวก<br>เบญจพรรณ<br>เสื่อมโทรม | 3 ฝา<br>(5 ตัวอย่าง) /-                          | 1A               | 4<br>ตัวอย่าง         | 72-212        | 1,640±90 (A.D.180-<br>620) (พ.ศ.723-1163)<br>(2A)                                               | -           | 1 ชุด (4ตัวอย่าง) จำนวนวงมาก<br>ที่สุด 72-212          |
| กลาง    | แม่กลาง<br>จันทร์3 | MJ3         | ติดทางหลวง<br>หมายเลข 1095<br>(สปป.-<br>แม่ฮ่องสอน) ห่าง<br>จาก รพ.ปางมะผ้า<br>200-300 เมตร | ไผ่รวก<br>เบญจพรรณ<br>เสื่อมโทรม | 5 ฝา (6<br>ตัวอย่าง) /<br>5 เสา (10<br>ตัวอย่าง) | 1A,8E            | 14<br>ตัวอย่าง        | 34-216        | อยู่ระหว่างการวิเคราะห์<br>ค่าคาร์บอน 14                                                        | -           | 1 ชุด (14 ตัวอย่าง) 40-216<br>เสา 34-101               |
| กลาง    | แม่อุ<br>มอญ       | UM          | ติดทางหลวง<br>หมายเลข 1095<br>(สปป.-<br>แม่ฮ่องสอน) ใกล้<br>ถ้ำผามอน                        | เบญจพรรณ                         | 1 ฝา (2<br>ตัวอย่าง) /<br>6 เสา                  | 8E               | 8                     | 37-182        | 1,600±110 (A.D.200-<br>700) พ.ศ. 743-1243<br>(5D)<br>(อยู่ระหว่างการ<br>วิเคราะห์ค่าคาร์บอน 14) |             | เสา 37-182 ๖<br>ฝาโลง 87-150 ข้อมูล 1 จากเสาและ<br>โลง |

ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ               | รหัส<br>ไม้ | ที่ตั้ง | สภาพแวดล้อม                                               | จำนวนฝา<br>โลง/เสา<br>(จำนวน<br>ตัวอย่าง)           | รูปแบบ<br>หัวโลง   | ตัวอย่าง<br>ที่ใช้ได้ | จำนวน<br>วงปี | ค่าอายุคาร์บอน 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ชนิดไม้อื่น               | หมายเหตุ                                                                                                                                      |
|---------|-------------------|-------------|---------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| กลาง    | เพิงผา<br>บ้านไร่ | BR          |         | เบญจพรรณ ป่า<br>เต็งรังหลังคาถ้ำ<br>ดิบชื้นหน้าเพิง<br>ผา | 34 ฝา (67<br>ตัวอย่าง ) /27<br>เสา (58<br>ตัวอย่าง) | 1A,1B,2A,<br>2B,2C | 125                   | 51-265        | 1,700±210 (B.C.200-<br>A.D. 800) Z343 ปี ก่อน<br>พ.ศ.-1343) (1B,2C)<br><br>1,710±230(B.C. 400 -A.D.<br>800) (พ.ศ.143-1343)(1B)<br><br>2,260±240 (B.C. 900-<br>A.D. 300) (357 ปี ก่อน<br>พ.ศ.-พ.ศ.843) (1A)<br><br>2,030±220 (B.C. 800-<br>A.D. 600) (257 ปี ก่อน<br>พ.ศ. – พ.ศ.1143) (2A)<br><br>1,700±220 (B.C. 200 -<br>A.D. 800) (พ.ศ.343-<br>1343) (2A) | ห้ว (Syzygium<br>cumini ) | 7 ชุดข้อมูล<br>1 (10 ตัวอย่าง)<br>2 (10 ตัวอย่าง)<br>3 (8 ตัวอย่าง)<br>4 (12 ตัวอย่าง)<br>5 (6 ตัวอย่าง)<br>6 (10 ตัวอย่าง)<br>7 (6 ตัวอย่าง) |

ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ          | รหัสไม้ | ที่ตั้ง                                                            | สภาพแวดล้อม                         | จำนวนฝา<br>โลง/เสา<br>(จำนวน<br>ตัวอย่าง)           | รูปแบบ<br>หัวโลง                                   | ตัวอย่าง<br>ที่ใช้ได้          | จำนวน<br>วงปี | ค่าอายุคาร์บอน 14                                                                                                           | ชนิดไม้อื่น | หมายเหตุ                                                                                                                      |
|---------|--------------|---------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |              |         |                                                                    |                                     |                                                     |                                                    |                                |               | 2,070±210 (B.C. 800 -<br>A.D. 500) (257 ปี ก่อน<br>พ.ศ.-พ.ศ.1043) (1B)<br><br>1,520±210 (A.D.50-<br>1000)(พ.ศ.593-1543)(1B) |             |                                                                                                                               |
| ของ     | ผาแดง        | SSP     | แนวเดียวโลงชักย์,<br>ศรีโสภณ                                       | ดิบชื้น-เบญจ<br>พรรณ                | 4 ฝา (7<br>ตัวอย่าง )                               | จุกกลมมน<br>ด้านหนึ่ง<br>อีกด้านหนึ่ง<br>ลักษณะตรง | 5<br>ตัวอย่าง                  | 41-246        | อยู่ระหว่างการวิเคราะห์<br>ค่าคาร์บอน 14                                                                                    | -           | 1 ซึ่ข้อมูล 5 ตัวอย่าง ต่ออายุได้<br>345 ปี (91-246)                                                                          |
| ของ     | โลง<br>ชักย์ |         | แนวเดียวกับถ้ำผี,<br>ศรีโสภณ                                       | เบญจพรรณ                            | 7 ฝา (20<br>ตัวอย่าง ) /<br>11 เสา (25<br>ตัวอย่าง) | แท่งไม้<br>สี่เหลี่ยม<br>ปลายมนยื่น<br>ยาว         | เสาใช้<br>ไม่ได้ 6<br>ตัวอย่าง | 20-282        | อยู่ระหว่างการวิเคราะห์<br>ค่าคาร์บอน 14                                                                                    | -           | จำนวนวงปีของฝาโลง 33-282 วง<br>เสา 20-100 วง                                                                                  |
| ของ     | ถ้ำผี        | SP      | ใกล้หมู่บ้านทุ่งสา<br>แล ต.นาปู่ป้อม<br>อ.ปางมะผ้า<br>จ.แม่ฮ่องสอน | เบญจพรรณ<br>ค่อนข้างอุดม<br>สมบูรณ์ | 7 ฝา (23<br>ตัวอย่าง )                              | 1A,5C                                              | 5 ฝา 17<br>ตัวอย่าง            | 55-177        | อยู่ระหว่างการวิเคราะห์<br>ค่าคาร์บอน 14                                                                                    | -           | ค่าสถิติสัมพันธ์กันเองค่อนข้างสูง<br>จาก 10 ตัวอย่าง ซ่อนทับหัวโลง<br>แบบ 1A,5C จำนวนวงปี 55-177 วง<br>(อายุได้สูงถึง 198 วง) |

ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ                    | รหัสไม้ | ที่ตั้ง                                                        | สภาพแวดล้อม | จำนวนฝา<br>โลง/เสา<br>(จำนวน<br>ตัวอย่าง)           | รูปแบบ<br>หัวโลง                              | ตัวอย่าง<br>ที่ใช้ได้ | จำนวน<br>วงปี | ค่าอายุคาร์บอน 14                                                    | ชนิดไม้อื่น | หมายเหตุ                                                                                                                                              |
|---------|------------------------|---------|----------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ของ     | ทุ่งสา<br>แล           | TSL2    | เข้าทางหลัง<br>หมู่บ้านทุ่งสาแล                                | ป่าเบญจพรรณ | 24 ฝา<br>(54 ตัวอย่าง )<br>/11 เสา<br>(22 ตัวอย่าง) | 3C,3D,4B,3<br>C,4B,5C,5<br>D,5F               | 76                    | 28-198        | อยู่ระหว่างการวิเคราะห์<br>ค่าคาร์บอน14                              | -           | ได้ 6 ชุดข้อมูล เป็นตัวอย่างจากฝา<br>เดียวกัน ซ้อนทับระหว่างตัวอย่าง<br>อื่นไม่ได้ (จำนวนวงปีรวม 198 วง)<br>เสาไม้ 28-116 วง ฝาโลง 36-158 วง          |
| ของ     | เพิงผา<br>ทุ่งสา<br>แล | TSL     | แนวเดียวกับถ้ำผี                                               | ป่าเบญจพรรณ | 4 ฝา (9<br>ตัวอย่าง)                                | รูปแบบหัว<br>โลงจัดเพิ่ม<br>เป็น<br>TSL1,TSL2 | 9                     | 34-120        | 1,290±220 (A.D.300-<br>1200)(พ.ศ.843-1743)                           | -           | 1 ชุดข้อมูลจากจำนวน10 ตัวอย่าง<br>(จำนวนวงปีรวม 120 วง)                                                                                               |
| กลาง    | ตีแมน<br>ปิ่น<br>ป่าย  | PP      | บ้านนาหลวงหมู่<br>ที่ 3 ต.สลป่อง<br>อ.ปางมะผ้า<br>จ.แม่ฮ่องสอน | ป่าเบญจพรรณ | 8 ฝา (16<br>ตัวอย่าง )                              | 1B,2A,                                        | 25                    | 68-268        | 2,600±240<br>(B.C.1,300-200)<br>(757 ปี ก่อน พ.ศ. –<br>พ.ศ.343) (1B) | -           | วัดจำนวนวงปีได้แต่ไม่จัดเป็นชุด<br>ข้อมูลได้ สามารถซ้อนทับกันเอง<br>เช่น 2AB,11AB,5A1A2 (จำนวนวง<br>มากที่สุด 268 วง) (เสา 68-139)<br>(ฝาโลง 107-268) |
| กลาง    | หม้อ<br>มุซอ           | LP      | บ้านนาหลวง<br>หมู่ที่ 3 ต.สลป่อง<br>อ.ปางมะผ้า<br>จ.แม่ฮ่องสอน | ป่าเบญจพรรณ | 6 ฝา (9<br>ตัวอย่าง) /<br>คานไม้ 1<br>ตัวอย่าง      | 1A,6C,4B                                      | 9                     | 162-196       | 1,540±120<br>(A.D. 290-780)<br>(พ.ศ.833-1323)(1A)                    | -           | 1ชุด (3ตัวอย่าง)ข้อมูล จำนวนวงปี<br>รวม 252 (1A)                                                                                                      |

ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ | รหัสไม้ | ที่ตั้ง | สภาพแวดล้อม | จำนวนฝา<br>โลง/เสา<br>(จำนวน<br>ตัวอย่าง) | รูปแบบ<br>หัวโลง | ตัวอย่าง<br>ที่ใช้ได้ | จำนวน<br>วงปี | ค่าอายุคาร์บอน 14                                                     | ชนิดไม้อื่น | หมายเหตุ |
|---------|-----|---------|---------|-------------|-------------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------|----------|
|         |     |         |         |             |                                           |                  |                       |               | 2,080±60 (B.C. 600 -<br>A.D. 50) (57 ปี ก่อน<br>พ.ศ.-พ.ศ.593) (1A)    |             |          |
|         |     |         |         |             |                                           |                  |                       |               | 2,090±230 (B.C.600 -<br>A.D. 400) (57 ปี ก่อน<br>พ.ศ. - พ.ศ.943) (1B) |             |          |
|         |     |         |         |             |                                           |                  |                       |               | 1,330±250 (A.D.200-<br>1200) (พ.ศ.743-1743)<br>(2A)                   |             |          |
|         |     |         |         |             |                                           |                  |                       |               | 2,720±270 (B.C.1500-300)<br>(957- 243 ปี ก่อน พ.ศ.)<br>(4B)           |             |          |
|         |     |         |         |             |                                           |                  |                       |               | 2,000±230 (B.C. 500 -<br>A.D. 500) (พ.ศ.43-<br>1043) (4B)             |             |          |

ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ        | ถ้ำ             | รหัสไม้     | ที่ตั้ง                                                          | สภาพแวดล้อม                                                                | จำนวนฝา<br>โลง/เสา<br>(จำนวน<br>ตัวอย่าง)                                                               | รูปแบบ<br>หัวโลง   | ตัวอย่าง<br>ที่ใช้ได้   | จำนวน<br>วงปี | ค่าอายุคาร์บอน 14                        | ชนิดไม้อื่น                                                                                                                                  | หมายเหตุ                                                                                                                                                                     |
|----------------|-----------------|-------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| กลาง           | ย่ำป่า<br>แหน 1 | YP1         | หมู่ 5 บ้านยาป่า<br>แหน ต.ปางมะผ้า<br>อ.ปางมะผ้า<br>จ.แม่ฮ่องสอน | เบญจพรรณ<br>เสื่อมโทรม ไม้<br>ป่าเต็งรังผสม                                | 2 ฝา (4<br>ตัวอย่าง) /<br>9 เสา (21<br>ตัวอย่าง)                                                        | 6C,1B              |                         | 33-127        | อยู่ระหว่างการวิเคราะห์<br>ค่าคาร์บอน 14 | -                                                                                                                                            | ได้ชุดข้อมูล 4 ชุดระหว่างฝาเดียวกัน<br>แต่ซ้อนทับกับกลุ่มอื่นไม่ได้<br>(จำนวนวงปีมากที่สุด 127 วง)<br>เสา 33-99 ฝาโลง 60-127                                                 |
| กลาง           | ย่ำป่า<br>แหน 2 | YP2         | หมู่ 5 บ้านยาป่า<br>แหน ต.ปางมะผ้า<br>อ.ปางมะผ้า<br>จ.แม่ฮ่องสอน | เบญจพรรณ<br>เสื่อมโทรม ไม้<br>ป่าเต็งรังผสม                                | (6 ตัวอย่าง) /<br>2 เสา                                                                                 | 8C                 |                         | 90            | อยู่ระหว่างการวิเคราะห์<br>ค่าคาร์บอน 14 | -                                                                                                                                            | ได้ 1 ชุดข้อมูลจากฝาเดียวกัน<br>ซ้อนทับกันระหว่างตัวอย่างอื่น<br>ไม่ได้                                                                                                      |
| โป่ง<br>แสนปึก | ปาง<br>คาม 1    | PK1<br>(NJ) | ใกล้บ้านน้ำจาง<br>ต.ปางมะผ้า<br>อ.ปางมะผ้า<br>จ. แม่ฮ่องสอน      | ดิบแล้งอยู่<br>บริเวณเชิงเขา<br>ป่าเบญจพรรณ<br>เสื่อมโทรม<br>ทางเข้าปากถ้ำ | 24 ฝา (40<br>ตัวอย่าง) จาก<br>40 ตัวอย่างนี้<br>ไม่ใช่ไม้สัก<br>11 ตัวอย่าง) /<br>3 เสา (7<br>ตัวอย่าง) | 2A,8D,5B,<br>2B,6E | 29<br>ตัวอย่าง<br>18 ฝา | 29-293        | อยู่ระหว่างการวิเคราะห์<br>ค่าคาร์บอน 14 | ไม้ก่อ<br>( <i>Castanopsis</i> sp.)<br>ไม้ตะคร้ำ<br>( <i>Garuga</i> sp.)<br>ไม้ลำพู/คู้มเด่น<br>( <i>Duabanga</i><br><i>sonneriades</i> Ham) | วงปีแคบมาก ขอบเขตวงปีไม่ชัดเจน<br>มีตัวอย่างที่ซ้อนทับกันได้เพียง 1 ชุด<br>2 ฝา 4 เสา 6 ตัวอย่าง (อายุลอย<br>ค่อนข้างสั้นถึง 60 ปี) (ตัวอย่างวงปี<br>ฝา 50-293 เสา 29-43 วง) |
| โป่ง<br>แสนปึก | ปาง<br>คาม 3    | PK          | ใกล้บ้านปางคาม<br>ต.ปางมะผ้า<br>อ.ปางมะผ้า<br>จ. แม่ฮ่องสอน      | ดิบแล้งเชิงเขา<br>เบญจพรรณ                                                 | 20 ฝา ใน<br>จำนวนนี้ 7<br>ตัวอย่าง<br>ไม่ใช่ไม้สัก                                                      | 8C,<br>3A,3B,8D    | 7<br>ตัวอย่าง           | 70-150        | อยู่ระหว่างการวิเคราะห์<br>ค่าคาร์บอน 14 | ไม้พะยอม ( <i>Shorea</i><br><i>talura</i> Roxb.)                                                                                             | 7 ตัวอย่าง สามารถซ้อนทับกันได้<br>โดยมีรูปแบบหัวโลง 8C,8D<br>(จำนวนวง 70-150)(อายุลอยถึง 203)                                                                                |

ตารางที่ 4.29 รายละเอียดการศึกษาวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดี (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ | ถ้ำ        | รหัสไม้ | ที่ตั้ง | โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงฯ ระยะที่ สอง โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงฯ ระยะที่ สอง สภาพแวดล้อม | จำนวนผาโลง/เสา (จำนวนตัวอย่าง) | รูปแบบหัวโลง | ตัวอย่างที่ใช้ได้ | จำนวนวงปี | ค่าอายุคาร์บอน 14                                                                                             | ชนิดไม้อื่น | หมายเหตุ        |
|---------|------------|---------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| ของ     | ถ้ำ 9 ขึ้น |         |         |                                                                                               |                                |              |                   |           | 1,990±60 (B.C.160 - A.D.130) 383 ปีก่อน พ.ศ. -พ.ศ.673 (1A)<br><br>1,770±60 (A.D. 110 - 410) พ.ศ. 635-953 (1A) |             | ไม่มีข้อมูลวงปี |
| ของ     | ศรีโสภณ    |         |         |                                                                                               |                                |              |                   |           | 1,120±80 (A.D. 680-1040) (พ.ศ.943-1243) (2B)                                                                  |             | ไม่มีข้อมูลวงปี |

การศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลด้านวงปีไม้ระหว่างแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ กำหนดช่วงการเปรียบเทียบ 50 ปี ดังนั้นค่าทางสถิติ (one-tail test) ที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ จะต้องมีความมากกว่า 0.3281 ซึ่งหากค่าความสัมพันธ์ที่ได้ระหว่างเส้นกราฟจำลองกับข้อมูลดิบมีค่าต่ำมาก ต้องทำการพิจารณาตำแหน่งการซ้อนทับหรือความถูกต้องของข้อมูลอีกครั้ง ในบางครั้งค่าทางสถิติอาจติดค่า flag เป็น A หากตำแหน่งดังกล่าวให้ค่าความสัมพันธ์มากที่สุดในช่วงการพิจารณาแม้ว่าค่าทางสถิติอาจต่ำกว่า 0.3281 และค่าทางสถิติที่ได้จะติดค่า flag เป็น B ในกรณีที่ตำแหน่งอื่นที่ให้ค่าความสัมพันธ์มากกว่าตำแหน่งกำหนด (Holmes 1983) อย่างไรก็ตามการตรวจสอบความถูกต้องโดยอาศัยโปรแกรมนั้นต้องควบคู่กับการตรวจสอบบนโต๊ะแสงเสมอ

เมื่อได้ชุดข้อมูล (series) ของแต่ละแหล่งดังแสดงในตารางที่ 4.30 ข้อมูลดิบของแต่ละชุดที่มีค่าความสัมพันธ์ทางสถิติที่ยอมรับได้จะถูกนำมาใช้ในการมาสร้างเส้นตัวแทนของแต่ละชุดข้อมูล แล้วจึงทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นตัวแทนที่ได้จากแต่ละแหล่งอีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 4.30 รายชื่อและจำนวนชุดข้อมูลด้านวงปีที่นำมาใช้ crossdate ระหว่างกัน

| ชื่อแหล่ง      | จำนวนชุดข้อมูลด้านวงปีที่นำมาใช้ |
|----------------|----------------------------------|
| บ้านไร่        | 7                                |
| บ่อไคร้        | 5                                |
| ปางคาม1        | 1                                |
| ปางคาม3        | 1                                |
| ผาแดง          | 1                                |
| ถ้ำผี          | 1                                |
| เพิงผาท่งสาเล1 | 1                                |
| แม่ลาจันทร     | 2                                |
| ยาป่าแหน1      | 4                                |
| ถ้ำลอด         | 1                                |
| โลงยักษ์       | 1                                |
| หม้อมูเซอ      | 1                                |

หมายเหตุ จำนวนชุดวงปีที่ได้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับจำนวนตัวอย่างที่เก็บได้และสามารถวัดวงปีได้ในแต่ละถ้ำ

ในเบื้องต้นได้ใช้ตัวแทนจากชุดข้อมูล (series) ทุกชุดข้อมูลของแต่ละถ้ำ มารวมเป็นไฟล์ข้อมูลเดียวกัน เช่น จากผลการศึกษาตัวอย่างถ้ำบ่อไคร้มีทั้งสิ้น 71 ตัวอย่าง เมื่อวัดขนาดความกว้างวงปีและรูปแบบความเหมือนของวงปี (crossdating) พบว่าสามารถจัดกลุ่มตัวอย่างไม้จากบ่อไคร้ได้ 5 ชุดข้อมูล ซึ่งในแต่ละชุดข้อมูลจะมีรูปแบบหัวโลงที่แตกต่างกันไป ที่ซ้อนทับกัน โดยมีค่าสถิติความสัมพันธ์ที่ยอมรับได้ (รัศมี ซูทรงเดช และคณะ 2548; Wannasri 2004) ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้หาค่าตัวแทนของแต่ละชุดข้อมูล และนำไฟล์ข้อมูลเหล่านั้นมารวมเป็น 1 ไฟล์ข้อมูล เพื่อคำนวณค่าสถิติความเหมือนของตัวแทนของชุดข้อมูลจากแต่ละถ้ำอีกครั้งหนึ่ง

ผลการศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตของวงปีไม้สักจากรูปแบบหัวโลงต่างๆ ความสามารถในการซ้อนทับของตัวอย่างภายในถ้ำเดียวกันได้นำเสนอไว้ในรายงานฉบับต่างๆ ที่ผ่านมา ซึ่งพบว่าโดยรวมรูปแบบของขนาดความกว้างของวงปีที่มาจากภายในถ้ำเดียวกันสามารถที่จะซ้อนทับกันได้ แสดงให้เห็นว่าไม้สักที่นำมาทำ

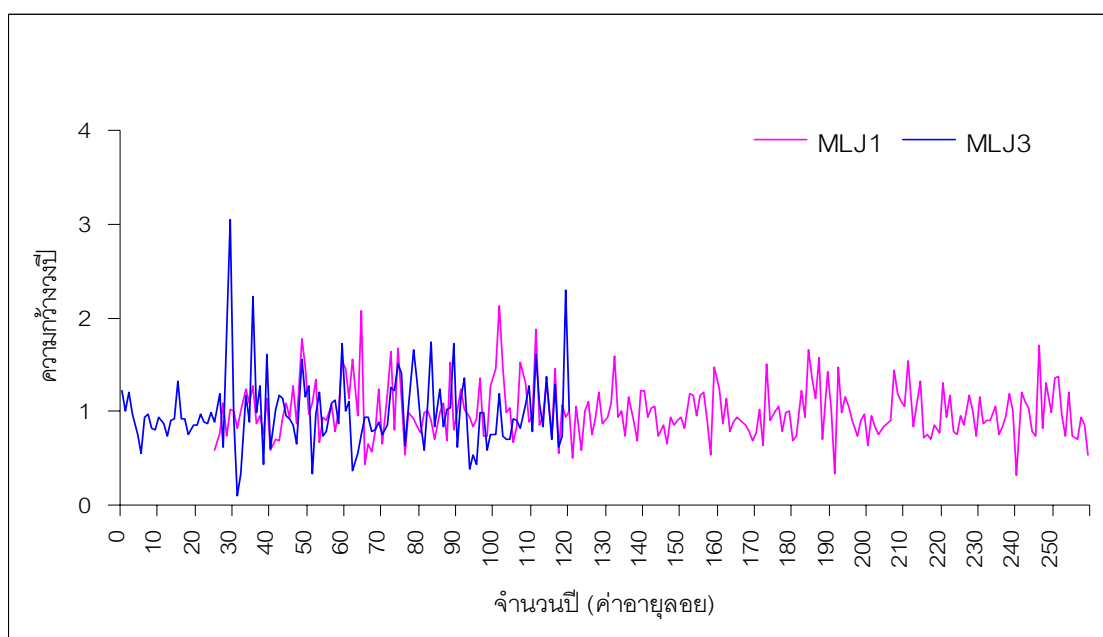
โลงไม้และเสาไม้นั้น ถึงแม้จะมีรูปแบบหัวโลงที่เหมือนและต่างกัน มีความเป็นไปได้ที่จะมาจากพื้นที่เดียวกัน หรือมาจากพื้นที่ที่มีลักษณะสภาพภูมิอากาศที่ใกล้เคียงกัน ข้อเสนอแนะเหตุผลนี้เนื่องจาก การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนต่อขนาดความกว้างวงปีของไม้สักมีความชัดเจนพอสมควร (Pumijumnong and Park 2000; Pumijumnong *et al.* 2000) ในเบื้องต้นเมื่อนำตัวแทนของแต่ละชุดข้อมูลของแต่ละถ้ำมาซ้อนทับกันพบว่า ตัวอย่างไม้สักที่สามารถซ้อนทับกันได้มี 2 กลุ่ม ตัวอย่าง คือ

### ชุดข้อมูลที่ 1

ชุดข้อมูลที่ 1 ประกอบด้วยตัวอย่างจากแม่ถ้ำจันทร์ 1 (MLJ1) และแม่ถ้ำจันทร์ 3 (MLJ3) ค่าสถิติสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวอย่างจากแม่ถ้ำจันทร์ 1 และ 3

| Seq | Series | Head Style | Time_span |     | 25   | 50   | 75  |
|-----|--------|------------|-----------|-----|------|------|-----|
|     |        |            |           |     | 74   | 99   | 124 |
| 1   | MLJ1   | 1A         | 26        | 260 | .29A | .31B | .45 |
| 2   | MLJ3   | 2A         | 1         | 121 | .29A | .31A | .45 |



รูปที่ 4.24 แสดงการซ้อนทับของ 2 ชุดข้อมูล จากแม่ถ้ำจันทร์ 1 และ 3

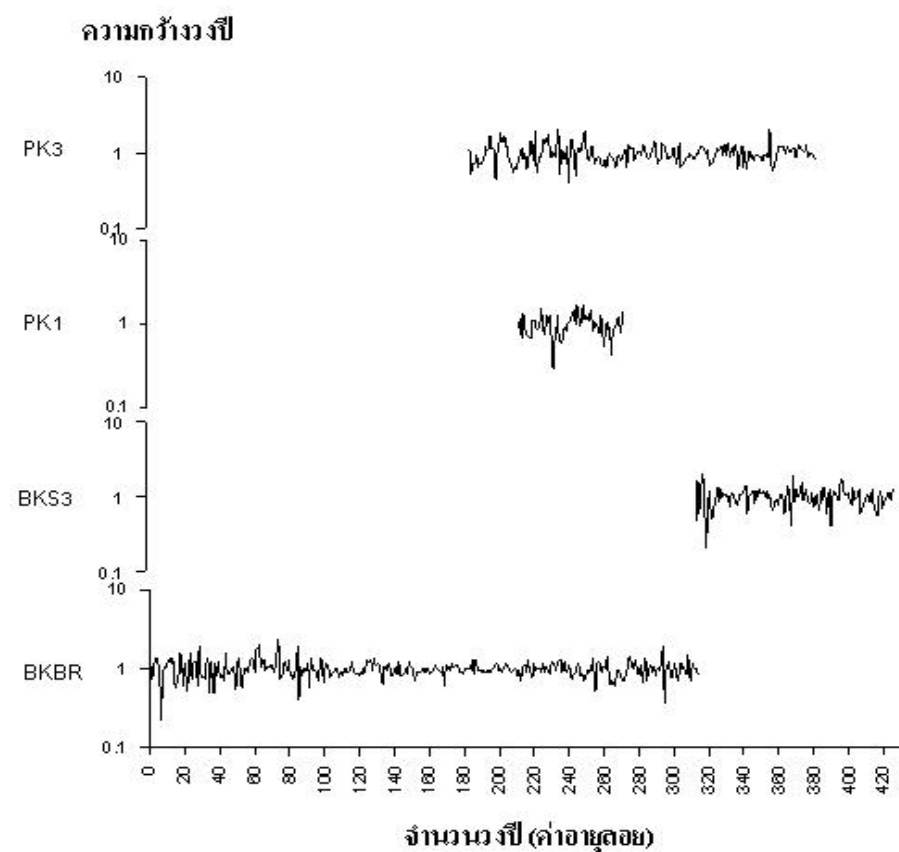
รูปแบบหัวโลงของตัวอย่างไม้จากถ้ำแม่ถ้ำจันทร์ ที่นำมาซ้อนทับกันนี้เป็น แบบ 1A ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโลงไม้จะมีการสร้างขึ้นในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน จำนวนวงปีที่ค่อนข้างมาก (ค่าอายุเฉลี่ยถึง 250 ปี) ซึ่งในความเป็นจริงจะมีวงปีด้านนอกที่ผุพังและหลุดออกไปพร้อมกับที่มีการถากบริเวณใกล้เปลือกออกไป ซึ่งอาจจะไม่ต่ำกว่า 20 วง ดังนั้นจึงประมาณการได้ว่าต้นไม้สักที่นำมาทำโลงไม้ที่ถ้ำแม่ถ้ำจันทร์ มีอายุเกือบ 300 ปี ในขณะที่ถูกตัดมาใช้งาน แสดงให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของสภาพป่าในขณะนั้นเป็นอย่างดี

## ชุดข้อมูลที่ 2

ชุดตัวอย่างที่ 2 ประกอบด้วย ชุดข้อมูลจากบ่อไคร้ (BK) บ้านไร่ (BR) ปางคาม 1 (PK1) และปางคาม 3 (PK3) เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นตัวแทนที่ได้จากแต่ละแหล่ง ซึ่งแสดงค่าความสัมพันธ์ที่ได้จากเส้นตัวแทนของแต่ละชุดข้อมูลที่มีค่าอายุลอย (floating age) ของชุดข้อมูลยาวนานกว่า 400 ปี พบว่า วัฒนธรรมโลงไม้ในทั้ง 4 พื้นที่อยู่ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ทำให้สันนิษฐานได้ว่า ในช่วงวัฒนธรรมโลงไม้ ถ้ำและเพิงผาในหลายพื้นที่ของอำเภอปางมะผ้าถูกใช้เป็นสถานที่สำหรับการประกอบพิธีกรรมการปลงศพ

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์อย่างง่าย ชุดข้อมูลที่ 2 จากบ่อไคร้, บ้านไร่, ปางคาม 1 และ 3

| Seq. | Series | Time_span |     | 175 | 200  | 225  | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 |
|------|--------|-----------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|      |        |           |     | 224 | 249  | 274  | 299 | 324 | 349 | 374 | 399 |
| 1    | BKS3   | 317       | 431 |     |      |      |     |     | .44 | .41 | .36 |
| 2    | BKBR   | 1         | 314 | .40 | .36  | .43  | .40 | .38 |     |     |     |
| 3    | PK1    | 207       | 265 |     | .27A | .26A |     |     |     |     |     |
| 4    | PK3    | 187       | 386 | .51 | .43  | .49  | .43 | .33 | .43 | .41 | .36 |



รูปที่ 4.25 แสดงกราฟความกว้างวงปีจากบ่อไคร้, บ้านไร่, ปางคาม 1 และ 3

หมายเหตุ BKS3 บ่อไคร้ series 3 ประกอบด้วย รูปแบบหัวโลง 3C, 4B และ 5B

BKBR บ่อไคร้และบ้านไร่ ประกอบด้วย รูปแบบหัวโลง 1A, 2A, 2C, 3C และ 4B และเสาไม้

PK1 ปางคาม 1 ประกอบด้วย รูปแบบหัวโลง 2A

PK3 ปางคาม 3 ประกอบด้วย รูปแบบหัวโลง 3A หรือ 3B, 8C และ 8D

การซ้อนทับข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.25 เส้นกราฟมีค่าอายุลอย 431 ปี ประกอบด้วย BKBR (ค่าอายุเริ่มจาก 1 ถึง 314) BKS3 (ค่าอายุเริ่มจาก 317 ถึง 431) PK1 (ค่าอายุเริ่มจาก 207 ถึง 265) และ PK3 (ค่าอายุเริ่มจาก 187 ถึง 386) เพิงผาบ้านไร่มีการใช้พื้นที่สำหรับการปลงศพก่อนพื้นที่อื่น แต่ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนเนื่องจากไม่พบส่วนเนื้อไม้ที่อยู่ใกล้เปลือกมากที่สุด ที่แสดงถึงช่วงเวลาที่ได้ถูกตัดและจะเป็นช่วงเวลาใกล้เคียงกับช่วงเวลาที่มีการประกอบพิธีกรรมมากที่สุด นอกจากนี้ตัวอย่างไม้ที่ได้ยังขาดความสมบูรณ์ของตัวอย่างบางส่วนที่มีการผุพังไปตามกาลเวลาและจำนวนตัวอย่างโดยรวมยังไม่มากนัก

จากกราฟเส้นขนาดความกว้างวงปีของ 3 ชุดข้อมูลนี้ อธิบายได้ว่า ชุดข้อมูลจากถ้ำบ่อไคร้และบ้านไร่มีอายุนาน (กราฟเส้นเริ่มต้นที่ 1 จากตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างข้อมูล 3 ชุด) ซึ่งมีความยาวถึง 314 ปี (ค่าอายุลอย ในความเป็นจริงจะมีอายุนานกว่านี้ เนื่องจากการผุพังจากส่วนนอก) และชุดข้อมูลปางคาม 1 และ 3 เป็นชุดที่เชื่อมต่อกันระหว่าง ชุดบ่อไคร้บ้านไร่ และชุดบ่อไคร้ ดังนั้นผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า โลงไม้จากบ้านไร่และบ่อไคร้ มีอายุเก่าแก่ และที่ปางคามมีการใช้โลงไม้ช่วงเวลาที่ซ้อนทับกับบ่อไคร้และบ้านไร่ แต่ช้ากว่าประมาณ 180 ปี และมีการใช้โลงไม้ที่บ่อไคร้ในช่วงเข้าใกล้ปัจจุบันอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นจึงพบว่าการใช้พื้นที่ถ้ำบ่อไคร้เพื่อเป็นสุสาน ที่มีอายุการใช้งานของพื้นที่ยาวนานที่สุด เป็นเวลากว่า 400 ปี ความเป็นไปได้หรือไม่ว่าเจ้าของวัฒนธรรมโลงไม้เหล่านี้มีความเป็นสังคม เครือญาติ ชนเผ่า และใช้พื้นที่บริเวณนี้ติดต่ออย่างยาวนาน

ชุดข้อมูลที่นำมาซ้อนทับกันมาจากรูปแบบหัวโลงที่แตกต่างกัน แต่ซ้อนทับกันได้ (หมายถึง รูปแบบที่ง่าย เช่น 1 A หรือรูปแบบที่ง่าย ไม่ได้เริ่มต้นก่อน) ดังนั้นจึงสรุปจากผลการวิเคราะห์จากจำนวนตัวอย่างที่มีในปัจจุบันได้ว่า รูปแบบของโลงไม้ไม่มีการวิวัฒนาการแบบต่อเนื่อง แต่อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน รูปแบบของโลงไม้แต่ละถ้ำ มีความหลากหลายกัน แต่สามารถซ้อนทับกันได้ เป็นการยืนยันว่า วัฒนธรรมโลงไม้ เป็นวัฒนธรรมพิธีกรรมเกี่ยวกับการตายที่คนในสมัยวัฒนธรรมนั้นจะเป็นเครือญาติหรือไม่ก็ตาม แต่เลือกใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นคือ ไม้ และเลือกไม้ที่มีคุณสมบัติ หรือมีปริมาณมากในพื้นที่นั้น คือ ไม้สัก

ข้อสังเกต คงมีคำถามมากมายเกี่ยวกับเรื่องตัวอย่างโลงไม้จากถ้ำต่างๆ ทำไมจึงซ้อนทับกันไม่ได้ทั้งหมด เหตุผลที่ต้องยกขึ้นมาอธิบายในที่นี้คือ จำนวนตัวอย่างของแต่ละถ้ำ ที่ค่อนข้างน้อย หรือไม่ก็จำนวนวงปีที่เหลืออยู่ค่อนข้างสั้น ซึ่งจะเป็นข้อควรระวังมากที่จะนำมาใช้หากไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องให้รอบคอบ เนื่องจากไม้สักมีรูปแบบการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างชัดเจนว่าเป็นวัฏจักรประมาณ 11 ปี (หมายความว่าไม้ลักษณะขนาดความกว้างวงปีขึ้นลงอยู่ในช่วง 11 ปี) ดังนั้นหากมีการวางตำแหน่งปีสมมุติคิดที่ และข้อมูลสั้นมาก อาจจะแสดงค่าสถิติความสัมพันธ์ที่สูง (ซึ่งอาจไม่ถูกต้อง) ดังนั้นในการซ้อนทับหรือต้องการขยายเส้นดัชนีของไม้สักจำนวนวงปีที่ซ้อนทับกันไม่ควรต่ำกว่า 60 วงปี จึงควรจะเชื่อถือได้ ซึ่งต่างไปจากไม้ในเขตอบอุ่น ที่ยอมรับช่วงการซ้อนทับได้ประมาณ 40 ปี (Plicher 1990)

การนำไม้มาทำโลงไม้พบได้ในหลายๆ ประเทศนอกเหนือจากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ชาราวี (Cheng 1969) ฟิลิปินส์ (Tenazas 1983) ประเทศจีน (Chang 1977) และในเวียดนาม (<http://info.anu.edu.au>) และในประเทศออฟริกา (February 1996) นอกจากนี้ในประเทศเคนมาร์กสมัย Bronze Age ได้มีการขุดพบ “The Egtved Girl” ในโลงไม้ที่ทำมาจากไม้โอ๊ก ([http://www.oakview.demon.co.uk/bronze\\_age/](http://www.oakview.demon.co.uk/bronze_age/)) และการขุดสำรวจโดยนักโบราณคดีทางตอนกลางของเมือง Hull ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทยใน ปี พ.ศ. 2537 (ค.ศ. 1994) จากการขุดค้นที่มีความสำคัญมากคือหลุมฝังศพที่พบภายในเขตโบสถ์อยู่ในสภาพดีและมีจำนวนมากประมาณ 20 เปอร์เซนต์ ของโครงกระดูกอยู่ในโลงไม้โอ๊ก ซึ่งเมื่อนำไปศึกษาทางด้านวงปีไม้พบว่ากำหนดอายุได้ในช่วงศตวรรษที่ 14 และไม้ทั้งหมดที่นำมาทำโลงมาจากบอลลติกตะวันตก (ปัจจุบันได้แก่ โปแลนด์ แลตเวีย

ลิทัวเนีย และเอสโตเนีย) ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงช่วงเวลาที่น่าเชื่อถือ คือ ในปี พ.ศ. 1890-1905 (ค.ศ. 1347-1362) ปริมาณไม้ที่ถูกนำเข้ามาในประเทศอังกฤษมีปริมาณมากมาย โลงบางโลงถูกทำขึ้นอย่างรีบร้อน บางโลงทำจากไม้ต้นเดียวกัน อาจมีสาเหตุมาจากการล้มตายของประชากรจำนวนมากที่มีความสอดคล้องกับการระบาดของโรค Black Death (<http://www.hullcc.gov.uk/archeology/hullmc.htm>) จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ศาสตร์ทางด้านวงปีไม้ในการศึกษาแหล่งที่มาของไม้ การทำการค้าระหว่างเมือง และเรื่องราวทางประวัติศาสตร์ในอดีต

จากตัวอย่างเหล่านี้กล่าวโดยรวมได้ว่าในอดีตทรัพยากรป่าไม้เป็นทรัพยากรที่มนุษย์นำมาใช้มากที่สุดประเภทหนึ่ง และจากความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้ ประชาชนเลือกใช้ไม้ที่มีคุณภาพดี เช่น ไม้สักทางภาคเหนือของประเทศไทย หรือไม้โอ๊กจากกลุ่มประเทศยุโรป เป็นไม้ที่มีคุณสมบัติดีมาก ถูกนำมาใช้งานและอาจใช้เพื่อการแลกเปลี่ยนสินค้าหรือการค้าขาย กันมาตั้งแต่ในอดีต

#### 4.1.3.2 สรุปผลการศึกษา

ในเบื้องต้นที่สามารถนำตัวอย่างวงปีไม้จากถ้ำแม่กลางจันทร์ (ลุ่มน้ำลำปาง) มาซ้อนทับกันได้ และอีก 1 ชุดข้อมูลจาก 3 ถ้ำ คือ บ้านไร่ บ่อไคร้ ปางคาม 1 และปางคาม 3 ซึ่งบ้านไร่และบ่อไคร้ เป็นถ้ำที่อยู่ในลุ่มน้ำลำปาง ปางคาม 1 และ 3 อยู่ในลุ่มน้ำใกล้เคียง ในเบื้องต้นสรุปได้ว่า แนวโน้มที่ตัวอย่างวงปีไม้จากโลงไม้ในพื้นที่ อำเภอปางมะผ้า มีโอกาสที่จะซ้อนทับกันได้ แต่เนื่องจากว่า ตัวอย่างส่วนมากที่ค่อนข้างชำรุดและวงปีด้านนอก (บริเวณที่ใกล้เปลือก) หายไปค่อนข้างมาก ทำให้ขาดตำแหน่งยึดโยงและช่วงเวลา (เปรียบเทียบตามการกำหนดค่าอายุด้วยคาร์บอน-14) ที่วัฒนธรรมโลงไม้ค่อนข้างกว้าง ซึ่งแปรผลได้ทั้งทางบวก คือ หากพิจารณาในเชิงประชากรพบว่าประชากรมีการกระจายตัวอยู่ตามพื้นที่ค่อนข้างราบ เช่น พื้นที่โดยรอบถ้ำบ่อไคร้ พื้นที่โดยรอบถ้ำปางคาม 3 โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บ้านบ่อไคร้ที่วงปีไม้มีจำนวนวงมากกว่า 400 ปี วัฒนธรรมโลงไม้มีการสืบทอดค่อนข้างยาวนาน

หากพิจารณาจากการใช้ข้อมูลวงปี สามารถสรุปได้ในเบื้องต้นว่า วัฒนธรรมโลงไม้ที่มีความหลากหลายของหัวโลง มีอายุอยู่ในช่วง 2,600 ปีก่อนปีปัจจุบัน ถึงประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 12 (พ.ศ.1793) หรือครอบคลุมเวลาประมาณ 4,000 ปี

## 4.2 การศึกษาค่าอายุโดยวิธีคาร์บอน 14

การกำหนดค่าอายุที่แน่นอนด้วยเทคนิคด้านวงปีของโลงไม้ในโครงนี้ยังไม่ประสบความสำเร็จ ถึงแม้ว่าจะสามารถต่อขยายเส้นดัชนีไม้จากตัวอย่างไม้ที่ถูกตัดหรือต่อเติมที่เหลืออยู่ในพื้นที่ (Palakit 2004) กับเส้นดัชนีไม้ที่มีชีวิตที่สามารถกำหนดอายุได้อย่างแน่นอน แต่เนื่องจากเส้นดัชนีที่ได้มีช่วงอายุที่ห่างจากค่าอายุของโลงไม้ค่อนข้างมาก (รัศมี ชูทอง และคณะ 2548) ดังนั้นในการศึกษารุ่นนี้จึงใช้การกำหนดอายุด้วยวิธีคาร์บอน 14 เพื่อเป็นการเปรียบเทียบอายุของโลงไม้ รูปแบบหัวโลง จากแหล่งโบราณคดีโลงไม้ในพื้นที่ศึกษา

### 4.2.1 ตัวอย่างไม้ที่เก็บเพื่อวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14

ตัวอย่างไม้ที่วิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน 14 ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพฯ ประกอบด้วยตัวอย่างไม้จากแหล่งโบราณคดีต่างๆ จำนวน 14 ถ้ำ และบางตัวอย่างได้มีผลการวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 แล้วจากนักวิจัยกลุ่มต่างๆ จำนวน 7 ถ้ำ อย่างไรก็ตามโครงการทั้งในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 ได้เห็นความสำคัญที่จะเก็บตัวอย่างและทำการวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 เพิ่มเติม เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ ดังนั้นบางถ้ำจึงมีการวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน 14 มากกว่า 1 ตัวอย่าง โดยที่จำนวนตัวอย่างโลงไม้ที่วิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 รวมทั้งสิ้น 53 ตัวอย่าง ทางโครงการมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนที่ต้องการทราบค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 ดังต่อไปนี้

#### ก) หลักการในการเลือกตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าอายุ

หลักการในการเลือกตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าอายุประกอบด้วยหลักเกณฑ์กว้างๆ 2 ประการ คือ

- 1) เลือกตัวอย่างไม้จากชุดข้อมูลที่มีการซ้อนทับของตัวอย่างวงปีไม้สัก และมีรูปร่างหัวโลงที่แตกต่างกัน
- 2) เลือกตัวอย่างหัวโลงที่มีรูปแบบที่แตกต่างกันอย่างละรูปแบบภายในถ้ำเดียวกันและต่างถ้ำกัน

#### ข) เป้าหมายที่ต้องการกำหนดค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14

- 1) ต้องการตรวจสอบผลจากการซ้อนทับโดยใช้วงปีไม้ และลำดับรูปแบบหัวโลง เพื่อพิสูจน์ว่า วงปีไม้สักที่นำมาจากหัวโลงที่มีรูปร่างต่างกันสามารถที่จะซ้อนทับกันได้หรือไม่ เพื่อพิสูจน์เกี่ยวกับเรื่องเวลา และผลการวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 สามารถที่จะยืนยันวิธีการศึกษาวงปีไม้ในการจัดกลุ่มหลักฐานทางโบราณคดีได้หรือไม่ ซึ่งหมายถึงรูปแบบหัวโลงไม้ได้มีการวิวัฒนาการเรื่องเวลา รูปแบบหัวโลงที่ต่างกันมีการใช้ในเวลาเดียวกัน เพียงแต่รูปแบบง่าย เช่น 1A, 1B 2A และ 2B อาจเป็นรูปแบบที่สง่างามและนิยมใช้กันมากที่สุด
- 2) การเลือกรูปแบบหัวโลงที่มีความเหมือนกันโดยตัวอย่างโลงไม้มาจากต่างถ้ำและต่างลุ่มน้ำมีอายุใกล้เคียงกันหรือไม่อย่างไร
- 3) ช่วงอายุของโลงไม้ในแต่ละถ้ำ
- 4) อายุของโลงไม้ใช้ในการเชื่อมโยงกับหลักฐานโบราณคดีอื่นๆ เช่น ละอองเรณู โครงกระดูกมนุษย์ ฟัน กระดูกสัตว์ เครื่องใช้ต่างๆ เป็นต้น

การตรวจสอบค่าอายุของหัวโลงแบบเดียวกันที่พบภายในแหล่งโบราณคดีเดียวกัน หัวโลงไม้เหล่านี้จะกลายเป็นหลักฐานอ้างอิงสำคัญเพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการศึกษาทางด้านโบราณคดีอื่นๆ การเลือกตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ศึกษาที่ประกอบด้วย ลุ่มน้ำของ ลุ่มน้ำตาง ลุ่มน้ำแม่ละนา และลุ่มน้ำย่อยโป่งแสนปึก

สำหรับตัวอย่างหรือส่วนของโลงไม้ที่เลือกเก็บมากำหนดอายุ จะเป็นชิ้นส่วนไม้บริเวณส่วนด้านนอกของตัวโลงซึ่งถือว่าเป็นส่วนที่ใกล้กับเปลือกต้นไม้ (bark) มากที่สุด สาเหตุที่เลือกเก็บในส่วนด้านนอกของตัวโลงก็เพราะเป็นส่วนที่ใกล้เคียงกับอายุของไม้เมื่อถูกตัดนำมาใช้ทำโลง สำหรับจำนวนตัวอย่างไม้ที่เลือกเก็บไปกำหนดอายุด้วยคาร์บอน-14 แสดงดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 แสดงจำนวนถ้ำ ถูมน้ำ จำนวนตัวอย่าง ชนิดไม้ของตัวอย่าง และรูปแบบหัวโลง

| ถูมน้ำ | ชื่อถ้ำ            | พิกัด                      | ความสูงจากระดับ<br>น้ำทะเล (m) | รหัส | ชนิดไม้                                                                      | ตัวอย่าง |            | รูปแบบหัวโลง                            |
|--------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|-----------------------------------------|
|        |                    |                            |                                |      |                                                                              | โลง      | เสา        |                                         |
| กลาง   | ถ้ำน้ำลอด          | 47QMB 247636               | 640                            | TL   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                             | 9        | -          | 1A,3A                                   |
|        | หุบเขาบ้านไร่      | 47Q 0414112<br>UTM 2158402 | 793                            | BR   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)<br>หว้า ( <i>Syzygium cumini</i> L. Skeels) | 48       | 25         | 1A,1B,1C,1D,1E,2A,2B,2C,2D              |
|        | ถูมออง             | 47Q 0405807<br>UTM 2167191 | 723                            | UM   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                             | 2        | -          | 2A , 2B,5C,5D,8A                        |
|        | แม่กลางจันทร์ 1    | 47Q 420168<br>UTM2160111   | 639                            | MLJ  | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                             | 8        | 5          | 1B,2A,2B                                |
|        | บ้านน้ำริน         |                            |                                | NR   | จำปาป่า ( <i>Michelia sp.</i> )<br>รัก ( <i>Melanorrhoea glabra</i> Wall.)   | 5        | -          | 6B                                      |
|        | บ่อไคร้            | 47Q 0419695<br>UTM 2161055 | 933                            | BO   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                             | 68       | 3          | 1A,1B,<br>2A,2B,2C,3A,3C,4B,5B,6C,5D,10 |
|        | ผีแมนปิ่นปาย       | 47Q 0424010<br>UTM 2160709 | 693                            | PP   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                             | 16       | 9          | 1B,2A,                                  |
|        | หม้อมูเซอ          | 47Q 0424128<br>UTM 2161479 | 758                            | LP   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                             | 9        | 4<br>(คาน) | 1A,2B,3C,4B ,6C                         |
|        | ยาป่าแหน หมายเลข 2 | 47Q 0420398<br>UTM 2165824 | 1001                           | YP2  | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                             | 6        | 2          | 8C                                      |

ตารางที่ 4.33 แสดงจำนวนถ้ำ ลุ่มน้ำ จำนวนตัวอย่าง ชนิดไม้ของตัวอย่าง และรูปแบบหัวโลง (ต่อ)

| ลุ่มน้ำ    | ชื่อถ้ำ            | พิกัด                      | ความสูงจากระดับ<br>น้ำทะเล (m) | รหัส | ชนิดไม้                                                                                                                                                            | ตัวอย่าง |     | รูปแบบหัวโลง                          |
|------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|---------------------------------------|
|            |                    |                            |                                |      |                                                                                                                                                                    | โลง      | เสา |                                       |
| กลาง       | ยาป่าแห่นหมายเลข 1 | 47Q 0419906<br>UTM 2165648 | 933                            | YP1  | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                                                                                                                   | 4        | 21  | 6C,1B                                 |
| ของ        | ผาแดง              | 47Q 405418<br>UTM 2167614  | 523                            | PD   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                                                                                                                   | 4        | -   | 5D                                    |
|            | โลงยักษ์           | 47Q 405804<br>UTM 2167186  | 581                            | LY   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                                                                                                                   | 25       | 31  | 1A                                    |
|            | ถ้ำผี              | 47Q 0405419<br>UTM 2167617 | 721                            | SO   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                                                                                                                   | 23       | -   | 1A, 5C                                |
|            | เพิงผาท่งสาแล      | 47Q 405713<br>UTM 2167583  | 776                            | TSL1 | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                                                                                                                   | 9        |     | C1,C2                                 |
|            | ท่งสาแล2           | 47Q 0408498<br>UTM 2169922 | 931                            | TSL2 | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)                                                                                                                                   | 46       | 22  | 1A,10, 4B, 1B, 3C, 3D, 4B, 5C, 5D, 5F |
| โป่งแสนปึก | ปางคาม1            | 47Q0416763<br>UTM 2175314  | 598                            | NJ   | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)<br>ไม้ก่อ ( <i>Castanopsis</i> sp.)<br>ไม้ตะคร้อ ( <i>Garuga</i> sp.)<br>ไม้ลำพูป่า/คุ่มเต็น ( <i>Duabanga sonneraliades</i> Ham. | 35       | 7   | 2 A, 8D,5B,2B,6E                      |
|            | ปางคาม3            | 47Q 0417972<br>UTM 2177490 | 529                            | PK3  | สัก ( <i>Tectona grandis</i> L.)<br>พะยอม ( <i>Shorea talura</i> Roxb.)                                                                                            | 20       | -   | 8C, 3A, 3B, 8D                        |

ตารางที่ 4.34 ค่าอายุที่ตรวจสอบด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้

| ชื่อแหล่ง                             | หมายเลขของ lab | ที่มาและประเภท<br>ของตัวอย่าง        | อายุ (calibrated)<br>( 2 sigma)                       | อายุ<br>(B.P.=ปีมาแล้ว) |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|
| ถ้ำ 9 ชิน**<br>(น้ำของ)               | Beta-166060    | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A | B.C. 160-A.D. 130<br>(พ.ศ. 383- พ.ศ.673)              | 1,990±60                |
|                                       | Beta-166061    | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A | A.D.110-410<br>(พ.ศ. 635-953)                         | 1,770±60                |
| โลงยักษ์<br>(น้ำของ)                  | OAP2265        | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A | B.C. 2030-790<br>1487 ปี ก่อน พ.ศ. – 247              | 3,120 ±260              |
|                                       | OAP2265        | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A | B.C. 400-A.D. 1060<br>พ.ศ. 143 – พ.ศ.1603             | 1,630±350               |
| ถ้ำผี<br>(น้ำของ)                     | OAP2267        | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A | B.C. 1530-360<br>987 ปี ก่อน พ.ศ. – 183               | 2,770 ±250              |
|                                       | OAP2268        | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 5D | A.D. 320-1220<br>พ.ศ. 863 – พ.ศ. 1763                 | 1,290±230               |
| ผาแดง<br>(น้ำของ)                     | OAP2269        | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 5A | A.D. 130-1040<br>พ.ศ. 673- พ.ศ. 1583                  | 1,410 ±230              |
| เพิงผาท่งสาแล<br>(น้ำของ)             | OAP2223        | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ -  | A.D. 300-1200<br>(พ.ศ.843-1743)                       | 1,290±220               |
|                                       | OAP2244        | ชิ้นส่วนของโลงไม้                    | A.D. 1250- 1900<br>(พ.ศ. 1793-พ.ศ.2443)               | 430±190                 |
| ถ้ำท่งสาแล 2 <sup>s</sup><br>(น้ำของ) | OAP2248        | ชิ้นส่วนของโลงไม้                    | B.C. 850 – A.D. 150.<br>(307 ปี ก่อน พ.ศ. - พ.ศ. 693) | 2,310±220               |
|                                       | OAP2247        | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 3D | B.C.1000 – A.D. 0<br>(457 ปี ก่อน พ.ศ. – พ.ศ. 543)    | 2,410±210               |
| ถ้ำศรีโสภณ***<br>(น้ำของ)             | AMS386         | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2B | A.D. 400-700<br>(พ.ศ. 943-1243)                       | 1,120±80                |
| ถ้ำอุมอง***<br>(น้ำของ)               | AMS381         | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 5D | A.D. 200-700<br>(พ.ศ. 743-1243)                       | 1,600±110               |
| อุมอง                                 | OAP2271        | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 5D | B.C. 590-A.D. 440<br>47 ปี ก่อน พ.ศ. – พ.ศ. 983       | 2,040±240               |
| ถ้ำลางจันทร์***<br>(น้ำของ)           | AMS382         | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2A | A.D. 180-620<br>(พ.ศ. 723-1163)                       | 1,640±90                |
| ถ้ำลางจันทร์                          | OAP2270        | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2A | B.C. 2050-800<br>1507 ปี ก่อน พ.ศ. – 257              | 3,160±270               |
| ถ้ำหมูป้านหมูเชอ***<br>(แม่ละนา)      | AMS383         | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 6C | A.D.100-650<br>(พ.ศ. 833-1123)                        | 1,700±110               |
| ถ้ำหมูป้านหมูเชอ***<br>(น้ำของ)       | AMS384         | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A | A.D. 290-780<br>(พ.ศ. 833-1123)                       | 1,540±120               |
| ถ้ำหมูป้านหมูเชอ***<br>(น้ำของ)       | AMS385         | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A | B.C. 600-A.D. 50<br>(57 ปี ก่อน พ.ศ.- พ.ศ.593)        | 2,080±60                |

ตารางที่ 4.34 ค่าอายุที่ตรวจสอบด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้ (ต่อ)

| ชื่อแหล่ง                          | หมายเลขของ<br>lab | ที่มาและประเภท<br>ของตัวอย่าง           | อายุ (calibrated)<br>( 2 sigma)                           | อายุ<br>(B.P.=ปีมาแล้ว) |
|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------|
| ถ้ำหม้อมุเซอ<br>(น้ำลาง)           | OAP2222           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1B    | B.C. 600-A.D. 400<br>(57 ปีก่อน พ.ศ.-พ.ศ.943)             | 2,090±230               |
|                                    | OAP2240           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2A    | A.D. 200-A.D. 1200<br>(พ.ศ.743-1743)                      | 1,330±250               |
|                                    | OAP2241           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 4B    | B.C. 1500-B.C. 300<br>(957 ปีก่อน พ.ศ. – 243 ปีก่อน พ.ศ.) | 2,720±270               |
|                                    | OAP2224           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 4B    | B.C. 500-A.D. 500<br>(พ.ศ.43-1043)                        | 2,000±230               |
| ถ้ำลอด***<br>(น้ำลาง)              | AMS387            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2B    | A.D. 590-990<br>(พ.ศ.1133-1533)                           | 1,240±90                |
| ถ้ำลอด***                          | AMS388            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2A    | A.D. 300-740<br>(พ.ศ. 843-1283)                           | 1,450±110               |
| ถ้ำผีแมนปิ่นปาย<br>(น้ำลาง)        | OAP2225           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1B    | B.C. 1300-B.C. 200<br>(757 ปีก่อน พ.ศ.-พ.ศ.343)           | 2,600±240               |
|                                    | OAP2250           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2A    | B.C. 1200 - A.D. 150<br>657 ปีก่อน พ.ศ. – พ.ศ. 693        | 2,550±220               |
| ยาป่าแหน<br>หมายเลข 2<br>(แม่ละนา) | OAP2242           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A    | B.C. 550 – A.D. 450<br>(7 ปีก่อน พ.ศ. – พ.ศ. 993)         | 2,020±220               |
|                                    | OAP2243           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A    | A.D. 300 - A.D. 1050<br>(พ.ศ. 843 – พ.ศ. 1593)            | 1,340 ± 220             |
|                                    | OAP2251           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 8C    | A.D. 500 – A.D. 1200<br>(พ.ศ. 1043 – พ.ศ. 1743)           | 1,200 ±200              |
| บ้านไร่ <sup>s</sup><br>(น้ำลาง)   | OAP2195           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1B,2C | B.C. 200-A.D. 800<br>(พ.ศ. 343- พ.ศ. 1343)                | 1,700±210               |
|                                    | OAP2196           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1B    | B.C. 400-A.D. 800<br>(พ.ศ.143-พ.ศ.1343)                   | 1,710±230               |
|                                    | OAP2197           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A    | B.C.900-A.D.300<br>(357 ปีก่อน พ.ศ.-พ.ศ.843)              | 2,260±240               |
|                                    | OAP2198           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2A    | B.C.800-A.D.600<br>(257 ปีก่อน พ.ศ.-พ.ศ.1143)             | 2,030±220               |
|                                    | OAP2199           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2A    | B.C. 200-A.D. 800<br>(พ.ศ.343-พ.ศ.1343)                   | 1,700±220               |
|                                    | OAP2200           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1B    | B.C. 800-A.D. 500<br>(257 ปีก่อน พ.ศ.-1043)               | 2,070±210               |
|                                    | OAP2201           | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1B    | A.D. 50-A.D. 1000<br>(พ.ศ.593-พ.ศ.1543)                   | 1,520±210               |

ตารางที่ 4.34 ค่าอายุที่ตรวจสอบด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้ (ต่อ)

| ชื่อแหล่ง               | หมายเลข<br>ของ lab | ที่มาและประเภท<br>ของตัวอย่าง               | อายุ (calibrated)<br>( 2 sigma)                  | อายุ<br>(B.P.=ปีมาแล้ว) |
|-------------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
| บ่อไคร้<br>(น้ำลาย)     | OAP2202            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 4B และ 10 | B.C. 800-A.D. 300<br>(257 ปีก่อน พ.ศ.-พ.ศ.843)   | 2,210±210               |
|                         | OAP2204            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 4B        | B.C. 100-A.D. 900<br>(พ.ศ.443-พ.ศ.1443)          | 1,640±210               |
|                         | OAP2205            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 3C และ 4B | B.C. 400-A.D. 700<br>(พ.ศ.143-พ.ศ.1243)          | 1,770±220               |
|                         | OAP2206            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 3C และ 4B | B.C. 400-A.D. 700<br>(พ.ศ.143-พ.ศ.1243)          | 1,760±220               |
|                         | OAP2207            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 3C และ 4B | B.C. 1000-A.D. 200<br>(457 ปีก่อน พ.ศ. -พ.ศ.743) | 2,230±230               |
|                         | OAP2208            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 3C และ 4B | B.C.100-A.D. 900<br>(พ.ศ.443-พ.ศ.1443)           | 1,640±210               |
|                         | OAP2209            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 3C และ 4B | B.C. 250-A.D. 1200<br>(พ.ศ.293-พ.ศ.1743)         | 1,320±210               |
|                         | OAP2162            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 5D        | A.D. 550-A.D. 1300<br>(พ.ศ.1093-พ.ศ.1843)        | 1,090±210               |
| ปางคาม3<br>(โป่งแสนปึก) | OAP2257            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 8D        | B.C. 1770-480<br>1227 ปีก่อน พ.ศ. -พ.ศ. 63       | 2,950±270               |
|                         | OAP2258            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 6E        | B.C. 90-A.D. 900<br>พ.ศ. 453 – พ.ศ. 1443         | 1,600±240               |
|                         | OAP2259            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 6B        | B.C. 920-A.D. 250<br>377 ปีก่อน พ.ศ. – พ.ศ. 793  | 2,280±250               |
|                         | OAP2260            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 5A        | B.C. 1430-A.D. 260<br>887 ปีก่อน พ.ศ. – พ.ศ. 803 | 2,460±360               |
| ปางคาม1<br>(โป่งแสนปึก) | OAP2261            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1A        | B.C. 230-A.D. 620<br>พ.ศ. 313 – พ.ศ. 1163        | 1,840±210               |
|                         | OAP2262            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 1B        | B.C.170-A.D.690<br>พ.ศ. 373 – พ.ศ. 1233          | 1,720±200               |
|                         | OAP2263            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 3E        | A.D.860-1650<br>พ.ศ. 1403 – พ.ศ. 2193            | 730±220                 |
|                         | OAP2264            | ชิ้นส่วนของโลงไม้<br>หัวโลงรูปแบบ 2A        | A.D.1160-1710<br>พ.ศ. 1703 – พ.ศ. 2253           | 510±210                 |

หมายเหตุ \* สัทธิพงษ์ คิลกานิช 2543 \*\*Buckley 2002 \*\*\*Grave *et al.* 1994

<sup>s</sup> Wannasri 2004

WK = Waikato Laboratory, New Zealand

AMS = Accelerator Mass Spectrometry

OAP = the radiocarbon laboratory, Organization of Atomic for Peace (OAP), Bangkok, Thailand

ลำดับอายุ (จากเก่าที่สุดมาสู่ใหม่ที่สุด) ของโรงไม้ด้วยวิธีกำหนดอายุด้วยคาร์บอน -14

- 1) ถ้าแม่กลางจันทร์ หัวโรงแบบ 2A (กลาง)
- 2) ถ้าโรงยักษ์ หัวโรงแบบ 1A (ของ)
- 3) ปางคาม 3 หัวโรงแบบ 8D (โป่งแสนปึก)
- 4) ถ้าผี หัวโรงแบบ 1A (ของ)
- 5) ถ้าหม้อมูเซอ หัวโรงแบบ 4B (กลาง)
- 6) ถ้าผีแมนปิ่นปาย หัวโรงแบบ 1B (กลาง)
- 7) ถ้าผีแมนปิ่นปาย หัวโรงแบบ 2A (กลาง)
- 8) ปางคาม 3 หัวโรงแบบ 5A (โป่งแสนปึก)
- 9) ถ้าหมู่บ้านทุ่งสาแล หัวโรงแบบ 3D (ของ)
- 10) ถ้าหมู่บ้านทุ่งสาแล (ไม่สามารถระบุรูปแบบหัวโรง)
- 11) ปางคาม 3 หัวโรงแบบ 6B (โป่งแสนปึก)
- 12) บ้านไร่ หัวโรงแบบ 1A (กลาง)
- 13) ถ้าบ่อไคร้ หัวโรงแบบ 3C และ 4B (กลาง)
- 14) ถ้าบ่อไคร้ หัวโรงแบบ 4B และ 10 (กลาง)
- 15) ถ้าหม้อมูเซอ หัวโรงแบบ 1B (กลาง)
- 16) ถ้าหม้อมูเซอ หัวโรงแบบ 1A (กลาง)
- 17) บ้านไร่ หัวโรงแบบ 1B (กลาง)
- 18) อุมอง หัวโรงแบบ 5D (กลาง)
- 19) บ้านไร่ หัวโรงแบบ 2A (กลาง)
- 20) ย่าป่าแหน หมายเลข 2 หัวโรงแบบ 1A (แม่ละนา)
- 21) ถ้าหม้อมูเซอ หัวโรงแบบ 4B (กลาง)
- 22) ถ้าเก้าชัน หัวโรงแบบ 1A (ของ)
- 23) ปางคาม 1 หัวโรงแบบ 1A (โป่งแสนปึก)
- 24) บ่อไคร้ หัวโรงแบบ 3C และ 4B (กลาง)
- 25) บ่อไคร้ หัวโรงแบบ 3C และ 4B (กลาง)
- 26) ปางคาม 1 หัวโรงแบบ 1B (โป่งแสนปึก)
- 27) บ้านไร่ หัวโรงแบบ 2A (กลาง)
- 28) ถ้าเก้าชัน หัวโรงแบบ 1A (ของ)
- 29) บ้านไร่ หัวโรงแบบ 1B (กลาง)
- 30) บ้านไร่ หัวโรงแบบ 1B และ 2C (กลาง)
- 31) ถ้าหม้อมูเซอ หัวโรงแบบ 6C (แม่ละนา)
- 32) ถ้าแม่กลางจันทร์ หัวโรงแบบ 2A (กลาง)
- 33) บ่อไคร้ หัวโรงแบบ 3C และ 4B (กลาง)
- 34) บ่อไคร้ หัวโรงแบบ 4B (กลาง)
- 35) ถ้าโรงยักษ์ หัวโรงแบบ 1A (ของ)

- 36) อุมอง หัวโลงแบบ 5D (กลาง)
- 37) ปางคาม 3 หัวโลงแบบ 6E (โป่งแสนปึก)
- 38) ถ้ำหม้อมุเซอ หัวโลงแบบ 1A (กลาง)
- 39) บ้านไร่ หัวโลงแบบ 1B (กลาง)
- 40) ถ้ำลอด หัวโลงแบบ 2A (กลาง)
- 41) ผาแดง หัวโลงแบบ 5A (ของ)
- 42) ย่าป่าแหน หมายเลข 2 หัวโลงแบบ 1A (แม่ละนา)
- 43) ถ้ำหม้อมุเซอ หัวโลงแบบ 2A (กลาง)
- 44) บ่อไคร้ หัวโลงแบบ 3C และ 4B (กลาง)
- 45) ถ้ำผี หัวโลงแบบ 5D (ของ)
- 46) เพิงผาทุ่งสาแล หัวโลงแบบ C1 (ของ)
- 47) ถ้ำลอด หัวโลงแบบ 2B (กลาง)
- 48) ย่าป่าแหน 2 หัวโลงแบบ 8C (กลาง)
- 49) ถ้ำศรีโสภณ หัวโลงแบบ 2B (ของ)
- 50) บ่อไคร้ หัวโลงแบบ 5D (กลาง)
- 51) ปางคาม1 หัวโลงแบบ 3E (โป่งแสนปึก)
- 52) ปางคาม1 หัวโลงแบบ 2A (โป่งแสนปึก)
- 53) เพิงผาทุ่งสาแล หัวโลงแบบ 2C (ของ)

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ คาร์บอน 14 พบว่า โลงไม้ที่ถ้ำล่างจันทร์ 1 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำตม อายุมากที่สุด คือ อายุ (calibrated; 2 sigma) เท่ากับ 1,507 ปี ก่อนพุทธศักราช - 257 ปี ก่อนพุทธศักราช และตัวอย่างอีก 1 ตัวอย่างซึ่งเป็นหัวโลงรูปแบบเดียวกันมีอายุ (calibrated; 2 sigma) ใน พ.ศ. 723-1163 ซึ่งพบว่ามีช่วงอายุที่ห่างกันมาก

โลงไม้ที่มีอายุมากเป็นอันดับที่ 2 ได้แก่ โลงยักษ์ ที่มีหัวโลงรูปแบบ 1A ค่าอายุคาร์บอน-14 (calibrated; 2 sigma) เท่ากับ 1,487 ปี ก่อนพุทธศักราช - 247 ปี ก่อนพุทธศักราช อีก 1 ตัวอย่างที่มีหัวโลงรูปแบบ 1A เท่ากัน อายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ใน พ.ศ. 143-1603

โลงไม้ที่มีอายุมากเป็นลำดับที่ 3 คือ ถ้ำปางคาม 3 ถิ่นน้ำสาขาโป่งแสนปึก โลงไม้มีรูปแบบหัวโลง 8D ค่าอายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) เท่ากับ 1,227 ปี ก่อน พ.ศ. - พ.ศ. 63 นอกจากนี้มีอีก 3 ตัวอย่างที่รูปแบบหัวโลงแบบ 6C, 6B และ 5A มีอายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ในช่วง 887 ปี ก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 803, 377 ปี ก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 793 และ พ.ศ. 453-1443

โลงไม้ที่อายุอายุเก่าแก่ลำดับ 4 ได้แก่ ถ้ำผี (ลุ่มน้ำของ) หัวโลงไม้รูปแบบ 1A มีอายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) เท่ากับ 987 ปี ก่อนพุทธศักราช-พ.ศ. 183 และรูปแบบหัวโลง 5D มีอายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ใน พ.ศ. 863-1763

ถ้ำหม้อมุเซอ (ลุ่มน้ำตม) จำนวนตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์ค่าอายุ 5 ตัวอย่าง ซึ่ง 1 ตัวอย่างมีอายุมากเป็นอันดับ 5 ได้แก่ รูปแบบหัวโลง 4B มีอายุคาร์บอน 14 (calibrated ; 2 sigma) เท่ากับ 957ปี ก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 243 ส่วนหัวโลงรูปแบบ 1B, 1A, 4B, 1A และ 2A มีอายุคาร์บอน 14 (calibrated ; 2 sigma) ระหว่าง 57 ปี ก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 943, 57 ปี ก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 593, พ.ศ. 43-1043, พ.ศ. 833-1123 และ พ.ศ. 743-1743

ถ้าผิวนั้นเป็นปาย (ลุ่มน้ำล่าง) โลงไม้ที่นำไปวิเคราะห์หาอายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) จำนวน 2 ตัวอย่าง หัวโลงรูปแบบ 1B และ 2A มีค่าอายุมากใกล้เคียงกัน ในอันดับที่ 6 และ 7 คือ 757 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 343 และ 657 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 693 การเข้าถึงถ้ำนี้ค่อนข้างยาก อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีการใช้ถ้ำเพื่อเป็นสุสานไม่บ่อยเท่ากับการใช้พื้นที่ถ้ำอื่นๆ

ถ้ำหมู่บ้านทุ่งสาแล อยู่ในลุ่มน้ำของ โลงไม้ที่นำไปวิเคราะห์หาอายุทางวิทยาศาสตร์ มีอายุคาร์บอน 14 (calibrated ; 2 sigma) เท่ากับ 457 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 543 และ 307 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 693

เพิงผาบ้านไร่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำล่าง ในแหล่งโบราณคดีแห่งนี้พบโลงไม้ที่มีขนาดใหญ่จำนวนมาก มีค่าอายุโลงไม้อยู่ในอันดับที่ 12 พบว่าตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์หาอายุทางวิทยาศาสตร์มีอายุคาร์บอน 14 (calibrated ; 2 sigma) ที่ใกล้เคียงกัน และที่ค่อนข้างใหม่ คือ 357 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 843, 257 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 1043, 257 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 1143, พ.ศ. 343-1343, พ.ศ. 143-1343, พ.ศ. 343-1343 และ พ.ศ. 593-1543 ซึ่งมีรูปแบบหัวโลงแบบ 1A, 1B, 2A, 2A, 1B, 1B, 2C และ 1B

ถ้ำบ่อไคร้อยู่ในลุ่มน้ำล่างเช่นกัน ซึ่งมีจำนวนโลงมากที่สุด และรูปแบบหัวโลงที่หลากหลายที่สุด พบว่าโลงไม้มีค่าอายุใกล้เคียงกับโลงไม้ที่เพิงผาบ้านไร่ จำนวนตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์หาอายุทางวิทยาศาสตร์มีอายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) เท่ากับ 457 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 743 รูปแบบหัวโลง 3C และ 4B, 257 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 843 รูปแบบหัวโลง 4B และ 10, พ.ศ. 143-1243 รูปแบบหัวโลง 3C และ 4B, พ.ศ. 143-1243 รูปแบบหัวโลง 3C และ 4B, พ.ศ. 443-1443 รูปแบบหัวโลง 3C และ 4B, พ.ศ. 443-1443 รูปแบบหัวโลง 4B, พ.ศ. 293-1743 รูปแบบหัวโลง 3C และ 4B และ พ.ศ. 1093-1843 รูปแบบหัวโลง 5D

ถ้ำอุมองตั้งอยู่ในลุ่มน้ำล่าง อายุของโลงไม้เท่าในอันดับที่ 18 รูปแบบหัวโลงแบบ 5D จำนวนตัวอย่างโลงไม้ที่นำไปวิเคราะห์หาอายุทางวิทยาศาสตร์ คาร์บอน 14 จำนวน 2 ตัวอย่างที่มีรูปแบบหัวโลงเหมือนกันมีอายุที่แตกต่างกันค่อนข้างมากคือ 47 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 983 และ พ.ศ. 743-1243

โลงไม้ที่มีอายุเก่าเป็นอันดับที่ 20 ได้แก่โลงไม้ที่มาจากถ้ำหมู่บ้านย่าป่าแหน มีหัวโลงรูปแบบ 1A ซึ่งมีค่าอายุ 7 ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. 993 และอีก 2 ตัวอย่างที่มีรูปแบบหัวโลงแบบ 1A และ 8C ซึ่งมีอายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) ที่แตกต่างกันไป คือ พ.ศ. 843-1593 และ พ.ศ. 1043-1743

ถ้ำที่มีโลงไม้เก่าเป็นอันดับที่ 22 คือ ถ้ำ 9 ขึ้น ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำล่าง รูปแบบหัวโลงแบบ 1A โดยตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง พบอายุที่กำหนดโดยวิธีวิทยาศาสตร์คาร์บอน 14 ดังนี้ พ.ศ. 383-673 และ พ.ศ. 635-953

ถ้ำปางคาม 1 ซึ่งอยู่ในลุ่มน้ำสาขาย่อยโป่งแสนปึก โลงไม้มีอายุเก่าเป็นอันดับที่ 23 ซึ่งมีรูปแบบหัวโลงแบบ 1A อายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ในช่วง พ.ศ. 313-1163 และรูปแบบหัวโลงแบบ 1B อายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ในช่วง พ.ศ. 373-1233 และ หัวโลงที่มีรูปแบบหัวโลงแบบ 1B อายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ระหว่าง 3E อายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ในช่วง พ.ศ. 1403-2193 และรูปแบบหัวโลงแบบ 2A อายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ระหว่าง พ.ศ. 1703- 2253

ถ้ำหม้อมูเซอในลุ่มน้ำแม่ละนา รูปแบบหัวโลงแบบ 6C อายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ระหว่าง พ.ศ. 833-1123

ถ้ำลอดในลุ่มน้ำล่าง รูปแบบหัวโลงแบบ 2A และ 2B ซึ่งมีอายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) อยู่ระหว่าง พ.ศ. 843-1283 และ พ.ศ. 1133-1533

เพิงผาทุ่งสาแล ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำของ ตัวอย่างโลงไม้ 2 ตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์หาอายุทางวิทยาศาสตร์ อายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) มีค่าที่ค่อนข้างใหม่ อยู่ระหว่าง พ.ศ. 843-1743 และ พ.ศ. 1793-2443

ถ้าศรีโสภณ ในลุ่มน้ำของ รูปแบบหัวโลงแบบ 2B อายุคาร์บอน 14 (calibrated; 2 sigma) ก่อนข้างใหม่ เช่นกันเท่ากับ พ.ศ. 943-1243

จากการแสดงค่าอายุที่ตรวจสอบด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีใน วัฒนธรรมโลงไม้ พบว่าโลงไม้มีการเริ่มต้นในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ลุ่มน้ำ คือ แก่งที่ลุ่มน้ำล่าง ถ้าแม่กลางจันทร์ และลุ่มน้ำของ ถ้าโลงยักษ์ และถ้าปางคาม 3 พบว่าบริเวณลุ่มน้ำล่างมีถ้ำแห่งที่มีการใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นสุสานในช่วงเวลาที่ยาวนาน และขึ้นอยู่กับการเข้าถึงพื้นที่ถ้ำว่ายากง่ายในระดับใด ดังจะเห็นได้ว่า หากพื้นที่ถ้ำใดเป็นถ้ำที่ค่อนข้างแคบ หรือทางเข้าค่อนข้างลำบาก จะมีจำนวนโลงไม้ไม่มาก และการกลับมาใช้ถ้ำอีก ค่อนข้างน้อย ดังเช่น ถ้ำผีแมนป็นปาย แต่หากถ้ำใดมีพื้นที่เข้าถึงไม่ยากและมีคูหาถ้ำหลายคูหา พบว่ามีจำนวนโลง ไม้ไม่มากและช่วงอายุที่แตกต่างกัน เช่น ถ้ำบ่อไคร้ ถ้ำที่พบว่าในปัจจุบันยังมีน้ำไหลผ่านอยู่ เช่น ถ้ำลอด ถ้ำผาแดง พบว่าอายุของโลงไม้ไม่เก่าแก่เท่ากับโลงไม้ที่อยู่ในบริเวณถ้ำแห่ง

โลงไม้จากลุ่มน้ำของ (หมู่บ้านทุ่งสาแล, เพิงผาทุ่งสาแล, ศรีโสภณ, 9 ชิ้น) มีอายุที่ค่อนข้างกระจัด กระจาย คือจากอายุที่เก่าแก่ที่สุดที่หมู่บ้านทุ่งสาแลจนถึงใหม่มาก (เพิงผาทุ่งสาแล) และยังคงความเชื่อมต่อจากวง ปีไม้ มีนัยได้หลายอย่างคือ เรื่องการเข้ามาใช้พื้นที่ของชุมชนเจ้าของโลงไม้ มีการใช้พื้นที่แล้วอพยพออกและมี การกลับเข้ามาใช้พื้นที่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะเป็นประชากรในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกันหรือไม่นั้นปัจจุบันยังไม่มีหลักฐาน ยืนยัน แต่ที่ความคล้ายคลึงกันทางวัฒนธรรมคือ “วัฒนธรรมโลงไม้”

พิจารณาจากจำนวนโลงไม้และค่าอายุต่างๆ เป็นช่วงอายุที่ค่อนข้างห่างกันมาก อาจตั้งข้อสังเกตได้ว่า หากการปลงศพครั้งที่ 2 นี้ ไม่ใช่เป็นของชาวบ้านทั่วไป เนื่องจากจำนวนโลงที่มีขนาดใหญ่ จำนวนโลงที่ค่อนข้าง น้อย หรือหากเป็นของชุมชนในอดีต ก็จะต้องเป็นชุมชนที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก เพราะจำนวนโลงไม่มากเช่นกัน จึง เป็นที่น่าเสียดายว่า จากการดำเนิน โครงการที่ผ่านมา ยังไม่พบหลักฐานเครื่องเช่นในโลงไม้ หรือ แหล่งที่อยู่อาศัย ที่ชัดเจนของเจ้าของวัฒนธรรมโลงไม้ เพื่อที่จะเชื่อมโยงให้ชัดเจนมากกว่าเท่าที่หลักฐานมีอยู่ในปัจจุบัน

หากพิจารณาจากสภาพพื้นที่แล้วโดยใช้เปรียบเทียบกับสภาพป่าไม้ในปัจจุบัน อาจจะเป็นการสนับสนุน กันกล่าวคือ สภาพป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำของยังสมบูรณ์กว่าทางลุ่มน้ำล่าง ปัจจัยนี้เป็นการชี้ให้เห็นถึงการเข้าถึงพื้นที่ ที่ค่อนข้างยากกว่าทางด้านลุ่มน้ำล่าง

ถ้ำเป็นสถานที่ที่ถูกใช้ประโยชน์เพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป ตามกาลเวลา กลุ่มคน ชาติพันธุ์ พบว่า ถ้ำแห่ง และหรือเพิงผาที่เปิดโล่งถูกใช้เป็นสุสานในเวลาที่ยาวนาน ประมาณ 2,600 ปีมาแล้ว (yrs BP) จนถึง ค.ศ. 1250 ในช่วงเวลากว่า 4,000 ปี ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าเจ้าของวัฒนธรรมโลงไม้ มีความเชื่อถือในเรื่อง วิญญาณหลังความตายและพิธีกรรมนี้เป็นพิธีกรรมหนึ่งที่ทำให้เกียรติแก่ผู้ที่ล่วงลับไปแล้ว เพราะพื้นที่ถ้ำส่วนใหญ่ที่ พบโลงเป็นพื้นที่ที่เข้าถึงลำบากแตกต่างกันออกไป

รูปแบบของหัวโลงที่หลากหลายกัน และขนาดของไม้สักที่นำมาทำโลงมีขนาดที่แตกต่างกันออกไป อาจบ่งบอกถึงสภาพธรรมชาติของแต่ละพื้นที่ในขณะนั้น หรือในทางกลับกันความยิ่งใหญ่ของผู้ล่วงลับ วงศ์ ตระกูล อย่างไรก็ตามหากขนาดโลงบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้เบญจพรรณ ที่มีไม้สักขึ้นเป็นไม้เด่น ในพื้นที่ โดยทั่วไปไม้สักเป็นไม้ที่ต้องการแสงมากจึงไม่น่าสงสัยเลยว่า ความสูงของไม้สักแต่ละต้นในเวลานั้นจะ สูงใหญ่และมีลำต้นโตขนาดใด

การกำหนดค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน 14 ถือเป็นการกำหนดค่าอายุแบบสัมพัทธ์ (relative aged) เป็นการ เริ่มต้นเพื่อที่จะหาอายุอ้างอิงของหลักฐานที่กำลังสนใจ ซึ่งต่างจากการกำหนดด้วยวงปีไม้ที่กำหนดค่าอายุได้ แน่นนอน (absolute date) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปัจจุบันดัชนีไม้สักจากไม้ที่มีชีวิตยังไม่สามารถช้อนทับหรือ

เชื่อมต่อกับข้อมูลไม้จากแหล่งโบราณคดีในวัฒนธรรมโลงไม้ได้ ในการศึกษาจึงเลือกใช้การกำหนดค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน 14 เพื่อกำหนดค่าอายุของหลักฐานโลงไม้ในเบื้องต้น

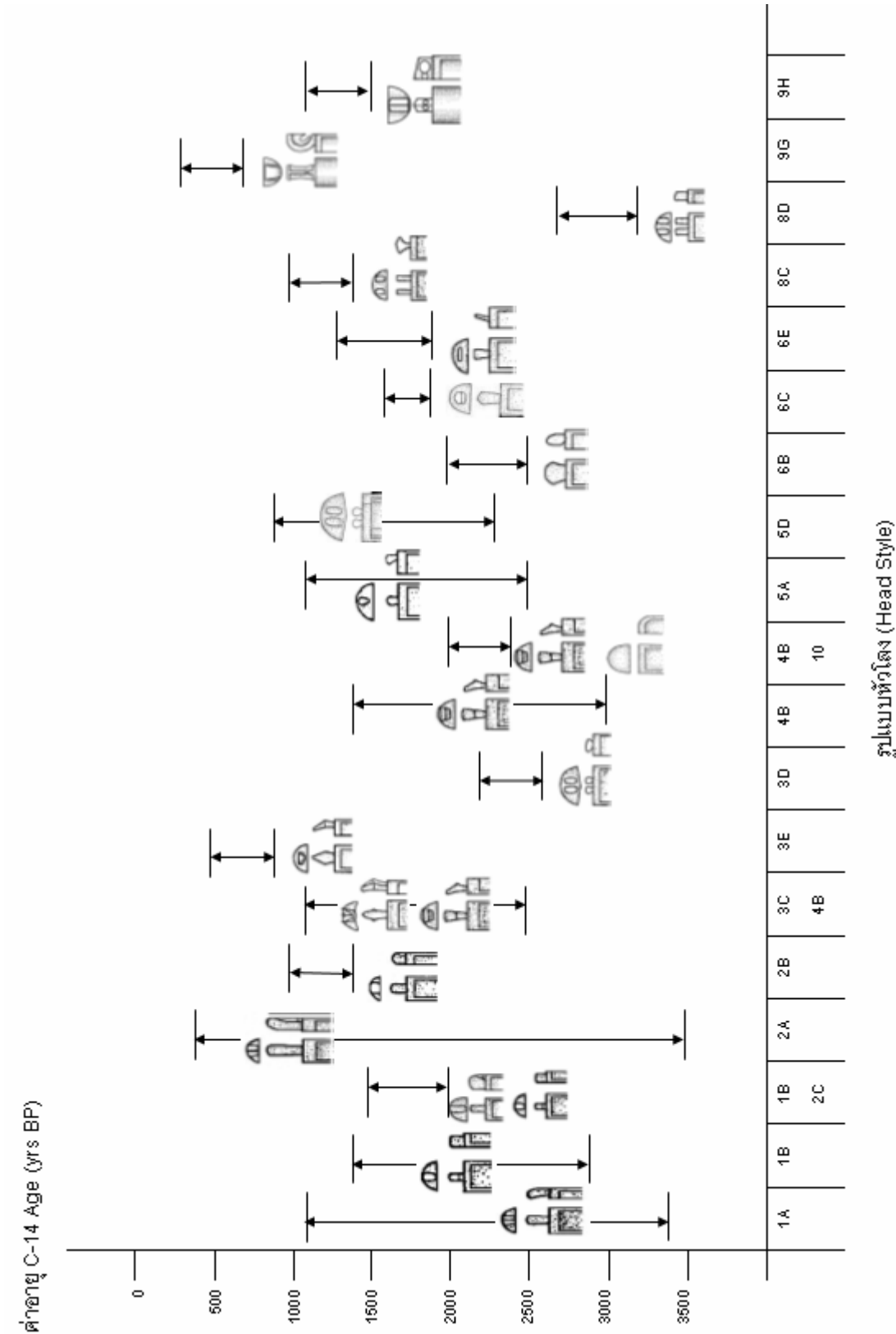
รูปแบบของหัวโลงที่หลากหลายมีนัยหลายประการ ทั้งในเชิงสังคม ความเชื่อ สัญลักษณ์เครือญาติ สิ่งแวดล้อมในขณะนั้น (รูปสัตว์ต่างๆ) หรืออาจเป็นเพียงความชำนาญของผู้ที่สร้างโลงไม้แต่ละช่วงที่มีการตกแต่งโลงที่แตกต่างกันออกไปเท่านั้น

จากการศึกษาด้านวงปีไม้ในบางแหล่งโบราณคดี พบว่า รูปแบบการเจริญเติบโตของไม้ที่พบแต่ละชิ้นที่พบในแหล่งเดียวกันไม่สามารถซ้อนทับกันได้ อาจเป็นผลมาจากไม้ที่นำมาทำโลงไม้เจริญเติบโตในพื้นที่ที่แตกต่างกัน หรืออาจมีการเก็บไม้ไว้ก่อนการนำมาใช้ทำโลงไม้ หรือ ไม้เหล่านั้นมาจากต้นไม้ที่เติบโตคนละช่วงเวลาที่ยังบอกถึงความต่อเนื่องของวัฒนธรรมนี้ การรวบรวมหลักฐานเพิ่มเติมเพื่อให้ผลที่ได้มีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้นเป็นเรื่องที่สำคัญ ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ลักษณะภูมิอากาศมีส่วนทำลายหลักฐานให้ผู้ฟังตามธรรมชาติและเวลา การได้มาซึ่งหลักฐานที่ผ่านมาจึงถือว่ามีความสำคัญมากและควรที่จะทำการเก็บข้อมูลเหล่านี้ก่อนที่จะหลักฐานเหล่านี้จะถูกทำลายไปในที่สุด

หากในอนาคตสามารถนำวงปีไม้จากโลงไม้มาต่อขยายกับต้นไม้และไม่มีชีวิต ประเทศไทยจะมีเส้นดัชนีไม้สักที่ยาวถึงประมาณ 4,000 ปี ซึ่งถือว่าเป็นครั้งหนึ่งของช่วงน้ำแข็งยุคสุดท้าย (10,000 ปี) และเข้าสู่ยุคโฮโลซีน (Holocene) ในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลันคือ Medieval Warm Period เกิดขึ้นในช่วงศตวรรษที่ 10-14 เป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้นกว่าค่าเฉลี่ย และตามมาด้วยเหตุการณ์ Little Ice Age ประมาณ พ.ศ. 1943-2403 (ค.ศ. 1400-1860) เหตุการณ์ทั้ง 2 นี้ปรากฏชัดเจนในแทบประเทศที่อยู่ละติจูดสูง เนื่องจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยมีผลต่อการดำเนินชีวิตของประชากร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลผลิตทางการเกษตร

จากรูปที่ 4.6 เป็นการแสดงในเห็นถึงช่วงอายุจากโลงไม้หัวโลงรูปแบบต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งจากโครงการ โบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 รวมถึงค่าอายุที่ได้จากการวิจัยที่ผ่านมา (สิทธิพงษ์ คิลกวมิช 2543, Buckley 2002, Grave *et al.* 1994, Wannasri 2004) โดยคำนวณจากช่วงอายุที่ได้ เช่น หัวโลงรูปแบบ 6E มีค่าอายุ  $1,600 \pm 240$  ปีมาแล้ว (yrs BP) จะมีค่าเท่ากับ 1,360-1,840 ปีมาแล้ว เป็นต้น

ค่าอายุจากโลงไม้ที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 3,200-500 ปีมาแล้ว (yrs BP) อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่าอายุที่ได้ในบางแหล่งโบราณคดีอาจกระจายตัวจากกลุ่มค่าอายุอื่นๆ ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ช่วงค่าอายุที่อยู่ในกลุ่ม คือ 2,600-1,100 ปีมาแล้ว (yrs BP) คือ 107 ปีก่อนพุทธศักราช-พ.ศ. 1393 (650 ปีก่อนคริสต์ศักราช- ค.ศ. 850) เป็นช่วงเวลาของวัฒนธรรมโลงไม้ที่พบในพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอนในขณะนี้ อย่างไรก็ตามการกำหนดค่าอายุดังกล่าวเป็นการกำหนดค่าเบื้องต้น เพื่อให้เห็นถึงกรอบเวลาของวัฒนธรรมนี้ได้ชัดเจนมากขึ้น และใช้เชื่อมต่อกับความสัมพันธ์กับหลักฐานอื่นๆ สำหรับเติมเต็มช่องว่างในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับวัฒนธรรมโลงไม้ให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.26 แสดงรูปแบบการพัฒนาของหัวโองแบบต่างๆ

หมายเหตุ: เนื่องจากโองไม้ที่พบในวัฒนธรรมโองไม้บางส่วนนี้มีลักษณะการตกแต่งส่วนปลายของโองที่แตกต่างกัน ภาพรูปแบบหัวโองที่แสดงในภาพด้านบนจึงเป็นการแสดงลักษณะของการตกแต่งที่พบในโองทั้ง 2 ด้าน หากพบว่า โองที่ทำการหาค่าอายุมีลักษณะการตกแต่งส่วนปลายของโองที่ต่างกันไป

## 4.3 การศึกษาเรณูวิทยาที่บ้านถ้ำลอดและบ้านไร่

### 4.3.1 วิธีการศึกษาเรณูวิทยา

ขั้นตอนการศึกษาแบ่งเป็นการศึกษาในภาคสนามและการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยศึกษาทั้งตัวอย่างดินจากแหล่งโบราณคดีและบริเวณรอบๆ ตัวอย่างดินจากแหล่งโบราณคดีที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกจากผลการศึกษาเรณูวิทยาเบื้องต้นดังกล่าวไว้ในรายงานโครงการในระยะที่หนึ่ง (รัศมี ชูทรงเดช และคณะ 2546)

การเก็บตัวอย่างบริเวณรอบๆ แหล่งโบราณคดีจะพิจารณาโดยศึกษาพื้นที่จากแผนที่ภูมิศาสตร์และการออกสำรวจภาคสนาม จากนั้นเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นหนอง แอ่งน้ำหรือลักษณะเป็นแอ่งหรือหุบ ซึ่งเป็นลักษณะพื้นที่ที่เหมาะสมในการสะสมและคงสภาพของละอองเรณูเอาไว้ แต่จากการเก็บตัวอย่างในพื้นที่จริง พบว่าตะกอนดินจากแอ่งน้ำบนภูเขาทุกแห่งไม่ค่อยสะสมอินทรีย์วัตถุและมีจุดประ (mottle) ซึ่งแสดงว่ามีปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เกิดขึ้น อันเป็นคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมในการคงสภาพละอองเรณู ดังนั้นจึงเลือกเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ที่เป็นแอ่งหรือหุบ ซึ่งตะกอนดินจะถูกพามาสะสมและดินมีความสมบูรณ์เหมาะสมในการคงสภาพละอองเรณูมากกว่า จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้เครื่องมือเก็บดิน (hand auger) เนื่องจากพบว่า วิธีเก็บโดยทำการขุดหลุม ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ โดยเมื่อได้ตัวอย่างดินแล้วจะเก็บในถุงพลาสติกและปิดปากถุง พร้อมทั้งบันทึกระดับความลึก หมายเลขตัวอย่างและวันที่เก็บให้เรียบร้อย สำหรับขั้นตอนการศึกษาในห้องปฏิบัติการได้เคยกล่าวไว้แล้วในรายงานความก้าวหน้าของโครงการครั้งที่ 3 และ 4 (รัศมี ชูทรงเดช และคณะ 2548)

### 4.3.2 ผลการศึกษาเรณูวิทยา

การวิเคราะห์ละอองเรณูจากตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บมาจากบริเวณรอบๆ แหล่งโบราณคดี ได้คัดเลือกจากทั้งหมด 19 จุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งเก็บจากพื้นที่รอบแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดจำนวน 11 จุด และรอบๆ แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่จำนวน 8 จุด

ตารางที่ 4.35 แสดงตำแหน่งพิกัดและระดับความสูงของจุดเก็บตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ละอองเรณูจากบริเวณบ้านถ้ำลอดและแหล่งโบราณคดีบ้านไร่ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

| พื้นที่ | จุดเก็บตัวอย่าง/ จุดขุดเจาะ | พิกัด UTM           | ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร) |
|---------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1       | TLP1, TLP2                  | 0426461 N 2162848 E | 976                                |
| 2       | TLP 3, TLP 4, TLP 5         | 0424916 N 2163660 E | 642                                |
| 3       | TLP 6, TLP 7, TLP 8         | 0425553 N 2165241 E | 763                                |
| 4       | TLP 9, TLP 10, TLP 11       | 0424974 N 2164130 E | 636                                |
| 5       | BRP 1, BRP2, BRP 3          | 0414112 N 2158402 E | 793                                |
| 6       | BRP 4, BRP 5, BRP 6         | 0413927 N 2158338 E | 811                                |
| 7       | BRP 7, BRP 8                | 0414050 N 2158223 E | 795                                |

ตัวอย่างดินจากแหล่งโบราณคดีที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกจากผลการศึกษาเรณูวิทยาเบื้องต้นดังกล่าวไว้ในรายงานโครงการในระยะที่หนึ่ง (รัศมี ชูทรงเดชและคณะ 2546) จากตัวอย่างดินจากหลุมขุดค้นแหล่งโบราณคดีเพิงผาล้อดและเพิงผาบ้านไร่ ที่พบละอองเรณูทั้งสิ้น 18 ตัวอย่าง โดยจำแนกเป็นตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาล้อดจำนวน 5 ตัวอย่าง และตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่จำนวน 13 ตัวอย่าง

นอกจากนี้ได้เลือกตัวอย่างดินจากหลุมขุดค้นแหล่งโบราณคดีเพิงผาล้อดที่ทราบผลวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนส์ (thermoluminescence) (Khaokhiew 2004) เพื่อนำมาวิเคราะห์ละอองเรณูเพิ่มเติมจำนวน 14 ตัวอย่าง

#### 4.3.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดินที่นำมาวิเคราะห์ละอองเรณู

##### 4.3.2.1.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดินที่นำมาวิเคราะห์ละอองเรณูที่บ้านล้อด

###### 1) Core TLP1

ตัวอย่าง Core TLP1 มีความยาว 58 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง ดินชั้นหน้าดินมีสีน้ำตาล (grayish brown 2.5Y 5/2) เนื้อดินค่อนข้างละเอียด ส่วนดินชั้นถัดลงไปเนื้อดินค่อนข้างร่วนและปนทรายเล็กน้อย มีสีน้ำตาลค่อนข้างคล้ำ (dark grayish brown 2.5Y 4/2) และพบว่ามีจุดเหลืองๆ ของเหล็กออกไซด์ผสมอยู่ด้วย

ตารางที่ 4.36 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP1

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | pH  | หมายเหตุ                          |
|-------------|--------------------------|----------|-----|-----------------------------------|
| TLP 101     | 9-16                     | 2.5Y 5/2 | 7.0 | มีเหล็กออกไซด์ผสม<br>มีจุดเหลืองๆ |
| TLP 102     | 16-24                    | 2.5Y 4/2 | 7.0 |                                   |
| TLP 103     | 24-30                    | 2.5Y 4/2 | 7.0 |                                   |
| TLP 104     | 30-40                    | 2.5Y 4/2 | 7.0 |                                   |
| TLP 105     | 40-58                    | 2.5Y 4/2 | 7.0 |                                   |

###### 2) Core TLP2

สำหรับตัวอย่าง Core TLP2 ทำการขุดหลุมได้ความลึกประมาณ 54 เซนติเมตร พบว่าดินแห้งและค่อนข้างแข็ง ดินชั้นหน้าดินตื้นมาก คือ ประมาณ 10 เซนติเมตร มีสีน้ำตาล (grayish brown 2.5Y 5/2) โดยทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 2 ตัวอย่าง คือที่ระดับความลึก 18-23 เซนติเมตร และ 26-31 เซนติเมตร พบว่าดินมีสีค่อนข้างเหลืองอ่อนๆ (pale yellow 2.5Y 8/3) เนื้อดินมีความร่วนและปนทราย ไม่จับตัวกันและมีจุดสีเหลืองของเหล็กออกไซด์

ตารางที่ 4.37 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP2

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | pH  | หมายเหตุ                          |
|-------------|--------------------------|----------|-----|-----------------------------------|
| TLP 201     | 18-23                    | 2.5Y 8/3 | 7.0 | มีเหล็กออกไซด์ผสม<br>มีจุดเหลืองๆ |
| TLP 202     | 26-31                    | 2.5Y 8/3 | 7.0 |                                   |

### 3) Core TLP3

หลุม Core TLP 3 มีความลึก 114 เซนติเมตร ทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างดินชั้นหน้าดินเป็นดินร่วนค่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีน้ำตาลคล้ำ (dark grayish brown 2.5Y 4/2) และถัดลงไปเป็นดินละเอียดสม่ำเสมอ ปนทรายเล็กน้อย เนื้อค่อนข้างเหนียว สีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1)

ตารางที่ 4.38 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP3

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | pH  |
|-------------|--------------------------|----------|-----|
| TLP 301     | 3-20                     | 2.5Y 4/2 | 6.5 |
| TLP 302     | 20-40                    | 2.5Y 4/2 | 6.5 |
| TLP 303     | 40-60                    | 2.5Y 4/2 | 6.5 |
| TLP 304     | 60-80                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |
| TLP 305     | 80-100                   | 2.5Y 3/1 | 6.5 |
| TLP 306     | 100-114                  | 2.5Y 3/1 | 6.5 |

### 4) Core TLP4

Core TLP4 มีความลึก 124 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง ตัวอย่างดินในหลุมนี้ พบว่าชั้นบนสุดเป็นดินค่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) และถัดลงไปเป็นดินค่อนข้างเหนียว เนื้อค่อนข้างละเอียด สีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1) มีทรายปนเล็กน้อย ทั้งนี้ได้พบตัวอย่างถ่าน 2 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึกประมาณ 80-95 เซนติเมตร และ 95-110 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.39 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP4

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | pH  | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|----------|-----|--------------------------|
| TLP 401     | 3-20                     | 2.5Y 3/2 | 6.5 |                          |
| TLP 402     | 20-35                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |                          |
| TLP 403     | 35-50                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |                          |
| TLP 404     | 50-65                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |                          |
| TLP 405     | 65-80                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |                          |
| *TLP 406    | 80-95                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| *TLP 407    | 95-110                   | 2.5Y 3/1 | 6.5 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| TLP 408     | 110-124                  | 2.5Y 3/1 | 6.5 |                          |

### 5) Core TLP5

หลุม Core TLP5 มีความลึก 109 เซนติเมตร โดยมีจำนวนตัวอย่างดินทั้งหมด 7 ตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างดินในหลุมนี้ พบว่าชั้นบนสุดเป็นดินค่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) และชั้นล่างลงไปเป็นดินเนื้อค่อนข้างเหนียว สีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1) และมีทรายปนอยู่เล็กน้อย

ตารางที่ 4.40 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP5

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | pH  |
|-------------|--------------------------|----------|-----|
| TLP 501     | 3-20                     | 2.5Y 3/2 | 6.5 |
| TLP 502     | 20-35                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |
| TLP 503     | 35-50                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |
| TLP 504     | 50-65                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |
| TLP 505     | 65-80                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |
| TLP 506     | 80-95                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 |
| TLP 507     | 95-109                   | 2.5Y 3/1 | 6.5 |

### 6) Core TLP6

หลุม Core TLP 6 มีความลึก 110 เซนติเมตร มีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง พบว่าชั้นหน้าดินค่อนข้างดีนคือ ประมาณ 10 เซนติเมตร เป็นดินร่วน เนื้อแน่นและค่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) ถัดลงไปทีระดับ 10-30 เซนติเมตร ซึ่งพบว่าดินเริ่มมีจุดประสีแดงตั้งแต่ระดับนี้ลงไป ดินเป็นดินร่วนเหนียวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อค่อนข้างละเอียด (light olive brown 2.5Y 3/1) ที่ระดับ 30-56 เซนติเมตร เป็นดินสีออกแดง (red 2.5YR 4/6) เนื้อร่วนค่อนข้างเหนียว ส่วนที่ระดับ 56-80 เซนติเมตร ดินสีออกเทาๆ (light greenish gray gley 8/1) เนื้อดินค่อนข้างร่วนและที่ระดับ 80-110 เซนติเมตร เป็นดินสีแดง (red 10R 4/6) เนื้อดินค่อนข้างร่วน

ตารางที่ 4.41 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP6

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน     | pH  | หมายเหตุ      |
|-------------|--------------------------|-----------|-----|---------------|
| TLP 601     | 3-10                     | 2.5Y 3/2  | 7.0 |               |
| TLP 602     | 10-30                    | 2.5Y 5/4  | 7.0 | มีจุดประสีแดง |
| TLP 603     | 30-56                    | 2.5YR 4/6 | 7.0 |               |
| TLP 604     | 56-65                    | Gley 8/1  | 7.0 |               |
| TLP 605     | 65-80                    | Gley 8/1  | 7.0 |               |
| TLP 606     | 80-110                   | 10R 4/6   | 7.0 |               |

### 7) Core TLP7

Core TLP 7 มีความลึก 84 เซนติเมตร มีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 6 ตัวอย่าง โดยพบว่าดินชั้นบนสุดเป็นดินร่วนก่อนข้างเหนียว เนื้อละเอียด สีน้ำตาลคล้ำ (dark grayish brown 2.5Y 4/2) ถัดลงไปพบว่ามีจุดประสีแดงลงไปตลอด Core ทั้งหมด โดยพบว่าที่ระดับ 24-36 เซนติเมตร เป็นดินร่วนก่อนข้างเหนียวสีน้ำตาลออกเหลือง (brownish yellow 10YR 6/6 และ yellow 10YR 7/6) ที่ระดับ 36-48 เซนติเมตร เป็นดินก่อนข้างเหนียวสีออกเหลือง (pale yellow 2.5Y 8/4) และถัดลงไปจนสุด Core เป็นดินสีออกเทาจางๆ (light greenish gray Gley 8/1) เนื้อดินก่อนข้างร่วน

ตารางที่ 4.42 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP7

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน                 | pH  | หมายเหตุ      |
|-------------|--------------------------|-----------------------|-----|---------------|
| TLP 701     | 5-24                     | 2.5Y 4/2              | 7.0 |               |
| TLP 702     | 24-36                    | 10YR 6/6 และ 10YR 7/6 | 7.0 | มีจุดประสีแดง |
| TLP 703     | 36-48                    | 2.5Y 8/4              | 7.0 |               |
| TLP 704     | 48-60                    | Gley 8/1              | 7.0 |               |
| TLP 705     | 60-72                    | Gley 8/1              | 7.0 |               |
| TLP 706     | 72-84                    | Gley 8/1              | 7.0 |               |

### 8) Core TLP8

ตัวอย่าง Core TLP 8 มีความลึก 90 เซนติเมตร โดยมีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 6 ตัวอย่าง พบว่าดินชั้นบนสุดเป็นดินร่วนเหนียว เนื้อละเอียด สีน้ำตาล (dark olive brown 2.5Y 3/3) ถัดลงไปที่ระดับ 24-60 เซนติเมตร พบว่าดินมีจุดประสีแดง โดยพบว่าที่ระดับ 24-48 เซนติเมตร เป็นดินร่วนก่อนข้างเหนียว เนื้อก่อนข้างละเอียด สีน้ำตาลออกเหลือง (yellowish brown 10YR 5/8) ที่ระดับ 48-60 เซนติเมตร เป็นดินสีน้ำตาลเหลือง (very pale brown 10YR 8/3 และ yellow 10YR 7/5) ซึ่งถัดลงไปจนสุด Core เป็นดินร่วน สีออกเทาจางๆ (light greenish gray Gley 8/1) มีจุดประสีแดงและจุดประสีเหลืองทั่วไป

ตารางที่ 4.43 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP8

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน                 | pH  | หมายเหตุ                     |
|-------------|--------------------------|-----------------------|-----|------------------------------|
| TLP 801     | 5-24                     | 2.5Y 3/3              | 7.0 |                              |
| TLP 802     | 24-36                    | 10YR 5/8              | 7.0 | มีจุดประสีแดง                |
| TLP 803     | 36-48                    | 10YR 5/8              | 7.0 |                              |
| TLP 804     | 48-60                    | 10YR 8/3 และ 10YR 7/5 | 7.0 |                              |
| TLP 805     | 60-72                    | Gley 8/1              | 6.5 | มีจุดประสีแดง<br>และสีเหลือง |
| TLP 806     | 72-90                    | Gley 8/1              | 6.5 |                              |

### 9) Core TLP9

Core TLP9 มีความลึก 122 เซนติเมตร มีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่าชั้นหน้าดินเป็นดินร่วนเหนียว เนื้อละเอียด สีค่อนข้างคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) ถัดลงไปในระดับ 24-48 เซนติเมตรเป็นดินค่อนข้างเหนียว เนื้อไม่ละเอียดนัก สีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1) และที่ระดับถัดลงไปจนสุดความยาว Core เป็นดินเนื้อร่วนค่อนข้างจับตัวกันเนื่องจากมีความชื้น มีทรายปนเล็กน้อย สีคล้ำ (dark gray 2.5Y 4/1)

ตารางที่ 4.44 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP9

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | pH  |
|-------------|--------------------------|----------|-----|
| TLP 901     | 3-24                     | 2.5Y 3/2 | 7.0 |
| TLP 902     | 24-36                    | 2.5Y 3/1 | 7.0 |
| TLP 903     | 36-48                    | 2.5Y 3/1 | 7.0 |
| TLP 904     | 48-60                    | 2.5Y 4/1 | 7.0 |
| TLP 905     | 60-72                    | 2.5Y 4/1 | 7.0 |
| TLP 906     | 72-84                    | 2.5Y 4/1 | 7.0 |
| TLP 907     | 84-96                    | 2.5Y 4/1 | 7.0 |
| TLP 908     | 96-108                   | 2.5Y 4/1 | 7.0 |
| TLP 909     | 108-120                  | 2.5Y 4/1 | 7.0 |
| TLP 910     | 120-122                  | 2.5Y 4/1 | 7.0 |

### 10) Core TLP10

Core TLP10 มีความลึก 119 เซนติเมตร มีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 10 ตัวอย่างพบว่าชั้นบนเป็นดินร่วนเหนียว เนื้อค่อนข้างละเอียด สีค่อนข้างคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) จนถึงที่ระดับประมาณ 72 เซนติเมตร ลงไปจนสุดความยาวของ Core พบว่าเป็นดินร่วนค่อนข้างเหนียวจับตัวกัน เนื่องจากมีความชื้น เนื้อดินมีทรายปน สีน้ำตาลออกคล้ำ (dark reddish brown 5Y 3/2)

ตารางที่ 4.45 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP10

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | pH  |
|-------------|--------------------------|----------|-----|
| TLP 1001    | 3-12                     | 2.5Y 3/2 | 6.5 |
| TLP 1002    | 12-24                    | 2.5Y 3/2 | 6.5 |
| TLP 1003    | 24-36                    | 2.5Y 3/2 | 6.5 |
| TLP 1004    | 36-48                    | 2.5Y 3/2 | 6.5 |
| TLP 1005    | 48-60                    | 2.5Y 3/2 | 6.5 |
| TLP 1006    | 60-72                    | 2.5Y 3/2 | 6.5 |
| TLP 1007    | 72-84                    | 5Y 3/2   | 6.5 |
| TLP 1008    | 84-96                    | 5Y 3/2   | 6.5 |
| TLP 1009    | 96-108                   | 5Y 3/2   | 6.5 |
| TLP 1010    | 108-119                  | 5Y 3/2   | 6.5 |

### 11) Core TLP11

Core TLP 11 มีความลึกประมาณ 192 เซนติเมตร โดยมีตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง พบว่าชั้นหน้าดินเป็นดินร่วนเหนียว เนื้อละเอียดสม่ำเสมอ สีค่อนข้างคล้ำ (very dark grayish brown 2.5Y 3/2) ที่ระดับ 24-48 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียว เนื้อค่อนข้างละเอียด สีคล้ำ (very dark gray 2.5Y 3/1) และพบตัวอย่างถ่าน 1 ตัวอย่าง ที่ระดับ 24-36 เซนติเมตร

ส่วนที่ระดับถัดลงไปจนสุดความยาว Core พบว่าเป็นดินเนื้อไม่ละเอียดนักแต่จับตัวกัน สีน้ำตาลคล้ำ (dark reddish brown 5Y 2.5/2) และมีทรายปน โดยเริ่มมีน้ำที่ระดับความลึกประมาณ 100 เซนติเมตร และพบหินกรวดแม่น้ำที่ระดับประมาณ 190 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.46 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core TLP11

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน    | pH  | หมายเหตุ                              |
|-------------|--------------------------|----------|-----|---------------------------------------|
| TLP 1101    | 3-12                     | 2.5Y 3/2 | 6.0 |                                       |
| TLP 1102    | 12-24                    | 2.5Y 3/2 | 6.0 |                                       |
| *TLP 1103   | 24-36                    | 2.5Y 3/1 | 6.0 |                                       |
| TLP 1104    | 36-48                    | 2.5Y 3/1 | 6.5 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน              |
| TLP 1105    | 48-60                    | 5Y 2.5/2 | 6.5 |                                       |
| TLP 1106    | 60-72                    | 5Y 2.5/2 | 6.5 |                                       |
| TLP 1107    | 72-96                    | 5Y 2.5/2 | 6.5 |                                       |
| TLP 1108    | 96-144                   | 5Y 2.5/2 | 6.5 | เริ่มมีน้ำ                            |
| TLP 1109    | 144-192                  | 5Y 2.5/2 | 6.5 | มีหินกรวดแม่น้ำที่ระดับ 190 เซนติเมตร |

#### 4.3.2.1.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดินที่นำมาวิเคราะห์ละอองเรณูที่บ้านไร่

##### 1) Core BRP1

Core BRP1 มีความลึกประมาณ 188 เซนติเมตร ซึ่งได้เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 22 ตัวอย่าง พบว่ามีเศษรากไม้ปนอยู่ทุกระดับความลึกแต่น้อยลงในชั้นลึกลงไป ซึ่งตั้งแต่ดินชั้นบนจนถึงสิ้นสุดความยาว Core พบว่าดินมีลักษณะเหมือนกัน โดยเป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลเข้มออกแดง (dark reddish brown 5YR 3/4) ค่า pH ประมาณ 5.5-6.0 และพบตัวอย่างถ่าน 1 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 172-180 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.47 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core BRP1

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   | pH  | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|---------|-----|--------------------------|
| BRP 101     | 3-12                     | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 102     | 12-21                    | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 103     | 21-30                    | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 104     | 30-39                    | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 105     | 39-48                    | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 106     | 48-57                    | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 107     | 57-66                    | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 108     | 66-75                    | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 109     | 75-84                    | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 110     | 84-92                    | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 111     | 92-100                   | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 112     | 100-108                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 113     | 108-116                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 114     | 116-124                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 115     | 124-132                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 116     | 132-140                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 117     | 140-148                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 118     | 148-156                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 119     | 156-164                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 120     | 164-172                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| *BRP 121    | 172-180                  | 5YR 3/4 | 6.0 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| BRP 122     | 180-188                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |

## 2) Core BRP2

Core BRP 2 มีความลึกประมาณ 148 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 16 ตัวอย่าง พบว่าตั้งแต่ดินชั้นหน้าดินลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน โดยเป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลเข้มออกแดง (dark reddish brown 5YR 3/4) เหมือนตัวอย่างดิน Core BRP1 ค่า pH ประมาณ 5.5-6.0 และพบตัวอย่างถ่าน 1 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 49-58 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.48 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core BRP2

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   | pH  | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|---------|-----|--------------------------|
| BRP 201     | 3-13                     | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 202     | 13-22                    | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 203     | 22-31                    | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 204     | 31-40                    | 5YR 3/4 | 5.5 |                          |
| BRP 205     | 40-49                    | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| *BRP 206    | 49-58                    | 5YR 3/4 | 6.0 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| BRP 207     | 58-67                    | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 208     | 67-76                    | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 209     | 76-85                    | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 210     | 85-94                    | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 211     | 94-103                   | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 212     | 103-112                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 213     | 112-121                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 214     | 121-130                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 215     | 130-139                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |
| BRP 216     | 139-148                  | 5YR 3/4 | 6.0 |                          |

### 3) Core BRP3

Core BRP3 มีความลึกประมาณ 181 เซนติเมตร ทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 23 ตัวอย่าง โดยตั้งแต่ดินชั้นหน้าดินลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core พบว่าลักษณะดินเหมือนกัน และเหมือนตัวอย่างดิน Core BRP1 และ Core BRP2 โดยเป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลเข้มออกแดง (dark reddish brown 5YR 3/4) ค่า pH ประมาณ 6.0-6.5

ตารางที่ 4.49 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core BRP3

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   | pH  |
|-------------|--------------------------|---------|-----|
| BRP 301     | 3-10                     | 5YR 3/4 | 6.0 |
| BRP 302     | 10-17                    | 5YR 3/4 | 6.0 |
| BRP 303     | 17-24                    | 5YR 3/4 | 6.0 |
| BRP 304     | 24-31                    | 5YR 3/4 | 6.0 |
| BRP 305     | 31-38                    | 5YR 3/4 | 6.0 |
| BRP 306     | 38-45                    | 5YR 3/4 | 6.0 |
| BRP 307     | 45-53                    | 5YR 3/4 | 6.0 |
| BRP 308     | 53-61                    | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 309     | 61-69                    | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 310     | 69-77                    | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 311     | 77-85                    | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 312     | 85-93                    | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 313     | 93-101                   | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 314     | 101-109                  | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 315     | 109-117                  | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 316     | 117-125                  | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 317     | 125-133                  | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 318     | 133-141                  | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 319     | 141-149                  | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 320     | 149-157                  | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 321     | 157-165                  | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 322     | 165-173                  | 5YR 3/4 | 6.5 |
| BRP 323     | 173-181                  | 5YR 3/4 | 6.5 |

#### 4) Core BRP4

ตัวอย่างดิน Core BRP4 มีความลึกประมาณ 226 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 26 ตัวอย่าง ค่า pH ประมาณ 5.5-6.5 พบว่าดินชั้นบนสุดถึงระดับความลึกประมาณ 12 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลเข้มออกแดง (dark reddish brown 5YR 3/3) และถัดลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ เป็นดินเนื้อค่อนข้างแน่นและค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/3)

ตารางที่ 4.50 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core BRP4

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   | pH  |
|-------------|--------------------------|---------|-----|
| BRP 401     | 3-12                     | 5YR 3/3 | 5.5 |
| BRP 402     | 12-20                    | 5YR 4/3 | 5.5 |
| BRP 403     | 20-28                    | 5YR 4/3 | 5.5 |
| BRP 404     | 28-36                    | 5YR 4/3 | 6.0 |
| BRP 405     | 36-44                    | 5YR 4/3 | 6.0 |
| BRP 406     | 44-52                    | 5YR 4/3 | 6.0 |
| BRP 407     | 52-60                    | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 408     | 60-68                    | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 409     | 68-76                    | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 410     | 76-84                    | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 411     | 84-92                    | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 412     | 92-100                   | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 413     | 100-109                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 414     | 109-118                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 415     | 118-127                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 416     | 127-136                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 417     | 136-145                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 418     | 145-154                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 419     | 154-163                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 420     | 163-172                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 421     | 172-181                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 422     | 181-190                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 423     | 190-199                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 424     | 199-208                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 425     | 208-217                  | 5YR 4/3 | 6.5 |
| BRP 426     | 217-226                  | 5YR 4/3 | 6.5 |

### 5) Core BRP5

ตัวอย่างดิน Core BRP5 มีความลึกประมาณ 238 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 26 ตัวอย่าง ค่า pH ประมาณ 5.5-7.0 พบว่าดินชั้นบนสุดถึงระดับความลึกประมาณ 13 เซนติเมตร เป็นดินเนื้อร่วน และค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/3) และถัดลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ เป็นดินเนื้อค่อนข้างแน่นและค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/4)

ตารางที่ 4.51 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core BRP5

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   | pH  |
|-------------|--------------------------|---------|-----|
| BRP 501     | 3-13                     | 5YR 4/3 | 7.0 |
| BRP 502     | 13-22                    | 5YR 4/4 | 7.0 |
| BRP 503     | 22-31                    | 5YR 4/4 | 7.0 |
| BRP 504     | 31-40                    | 5YR 4/4 | 7.0 |
| BRP 505     | 40-49                    | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 506     | 49-58                    | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 507     | 58-67                    | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 508     | 67-76                    | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 509     | 76-85                    | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 510     | 85-94                    | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 511     | 94-103                   | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 512     | 103-112                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 513     | 112-121                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 514     | 121-130                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 515     | 130-139                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 516     | 139-148                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 517     | 148-157                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 518     | 157-166                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 519     | 166-175                  | 5YR 4/4 | 5.5 |
| BRP 520     | 175-184                  | 5YR 4/4 | 5.5 |
| BRP 521     | 184-193                  | 5YR 4/4 | 5.5 |
| BRP 522     | 193-202                  | 5YR 4/4 | 5.5 |
| BRP 523     | 202-211                  | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 524     | 211-220                  | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 525     | 220-229                  | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 526     | 229-238                  | 5YR 4/4 | 6.0 |

## 6) Core BRP6

ตัวอย่างดิน Core BRP6 มีความลึกประมาณ 245 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 24 ตัวอย่าง ค่า pH ประมาณ 5.5-6.5 พบว่าดินชั้นบนสุดถึงระดับความลึกประมาณ 14 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/3) และถัดลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ เป็นดินเนื้อค่อนข้างแน่นและค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาลแดง (reddish brown 5YR 4/4)

ตารางที่ 4.52 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core BRP6

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน   | pH  |
|-------------|--------------------------|---------|-----|
| BRP 601     | 3-14                     | 5YR 4/3 | 6.0 |
| BRP 602     | 14-25                    | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 603     | 25-35                    | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 604     | 35-45                    | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 605     | 45-55                    | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 606     | 55-65                    | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 607     | 65-75                    | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 608     | 75-85                    | 5YR 4/4 | 5.5 |
| BRP 609     | 85-95                    | 5YR 4/4 | 5.5 |
| BRP 610     | 95-105                   | 5YR 4/4 | 5.5 |
| BRP 611     | 105-115                  | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 612     | 115-125                  | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 613     | 125-135                  | 5YR 4/4 | 6.0 |
| BRP 614     | 135-145                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 615     | 145-155                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 616     | 155-165                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 617     | 165-175                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 618     | 175-185                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 619     | 185-195                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 620     | 195-205                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 621     | 205-215                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 622     | 215-225                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 623     | 225-235                  | 5YR 4/4 | 6.5 |
| BRP 624     | 235-245                  | 5YR 4/4 | 6.5 |

## 7) Core BRP7

Core BRP 7 มีความลึกประมาณ 230 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 24 ตัวอย่าง ค่า pH ประมาณ 7.0-7.5 พบว่าตั้งแต่ระดับผิวดินถึงระดับความลึกประมาณ 13 เซนติเมตร เป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่น สีน้ำตาล (brown 7.5YR 5/3) ดินที่ระดับความลึก 13-31 เซนติเมตร พบว่าเนื้อดินร่วน ค่อนข้างแน่นและมีสีน้ำตาล (brown 7.5YR 4/2) และถัดมาเป็นดินที่ระดับความลึก 31-58 เซนติเมตร เป็นดินร่วน เนื้อดินค่อนข้างแน่นและมีสีคล้ำขึ้น (very dark gray 5YR 3/1) โดยพบตัวอย่างถ่านจำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ที่ระดับ ความลึก 31-40 เซนติเมตร และ 40-49 เซนติเมตร ถัดมาที่ระดับ 58-85 เซนติเมตร เป็นดินเนื้อค่อนข้างแน่นและร่วน สีแดง (reddish yellow 7.5 YR 6/6) และที่ระดับ 85-94 เซนติเมตร พบว่าดินมีสีน้ำตาล (brown 7.5YR 4/4) และถัดลงไปจนถึงสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ ดินเนื้อค่อนข้างแน่นและค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาล (dark brown 7.5YR 3/3)

ตารางที่ 4.53 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core BRP7

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน     | pH  | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|-----------|-----|--------------------------|
| BRP 701     | 3-13                     | 7.5YR 5/3 | 7.0 |                          |
| BRP 702     | 13-22                    | 7.5YR 4/2 | 7.0 |                          |
| BRP 703     | 22-31                    | 7.5YR 4/2 | 7.0 |                          |
| *BRP 704    | 31-40                    | 5YR 3/1   | 7.0 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| *BRP 705    | 40-49                    | 5YR 3/1   | 7.0 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| BRP 706     | 49-58                    | 5YR 3/1   | 7.0 |                          |
| BRP 707     | 58-67                    | 7.5YR 6/6 | 7.5 |                          |
| BRP 708     | 67-76                    | 7.5YR 6/6 | 7.5 |                          |
| BRP 709     | 76-85                    | 7.5YR 6/6 | 7.5 |                          |
| BRP 710     | 85-94                    | 7.5YR 4/4 | 7.5 |                          |
| BRP 711     | 94-103                   | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 712     | 103-112                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 713     | 112-121                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 714     | 121-130                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 715     | 130-140                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 716     | 140-150                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 717     | 150-160                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 718     | 160-170                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 719     | 170-180                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 720     | 180-190                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 721     | 190-200                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 722     | 200-210                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 723     | 210-220                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |
| BRP 724     | 220-230                  | 7.5YR 3/3 | 7.0 |                          |

## 8) Core BRP8

Core BRP8 มีความลึกประมาณ 143 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 24 ตัวอย่าง ค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 พบว่าระดับผิวดินถึงระดับความลึกประมาณ 11 เซนติเมตร เป็นดินร่วน เนื้อดินค่อนข้างแน่น สีน้ำตาล (brown 7.5YR 5/4) ถัดมาที่ระดับความลึก 18-32 เซนติเมตร ยังเป็นดินร่วน เนื้อค่อนข้างแน่นและมีสีน้ำตาล (brown 7.5YR 4/3 และ 7.5YR 4/2) และถัดมาจนสิ้นสุดความยาว Core ดินมีลักษณะเหมือนกัน คือ เนื้อดินร่วน ค่อนข้างแน่นและเนื้อค่อนข้างหยาบ สีน้ำตาล (dark brown 7.5YR 3/4) และพบตัวอย่างถ่านจำนวน 1 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 81-88 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.54 แสดงรายละเอียดของตัวอย่าง Core BRP8

| ตัวอย่างที่ | ระดับความลึก (เซนติเมตร) | สีดิน     | pH  | หมายเหตุ                 |
|-------------|--------------------------|-----------|-----|--------------------------|
| BRP 801     | 3-11                     | 7.5YR 5/4 | 7.0 |                          |
| BRP 802     | 11-18                    | 7.5YR 4/3 | 7.0 |                          |
| BRP 803     | 18-25                    | 7.5YR 4/2 | 7.0 |                          |
| BRP804      | 25-32                    | 7.5YR 4/2 | 7.0 |                          |
| BRP 805     | 32-39                    | 7.5YR 3/4 | 7.0 |                          |
| BRP 806     | 39-46                    | 7.5YR 3/4 | 7.0 |                          |
| BRP 807     | 46-53                    | 7.5YR 3/4 | 7.0 |                          |
| BRP 808     | 53-60                    | 7.5YR 3/4 | 7.0 |                          |
| BRP 809     | 60-67                    | 7.5YR 3/4 | 7.0 |                          |
| BRP 810     | 67-74                    | 7.5YR 3/4 | 7.0 |                          |
| BRP 811     | 74-81                    | 7.5YR 3/4 | 7.0 |                          |
| *BRP812     | 81-88                    | 7.5YR 3/4 | 7.0 | * ระดับตัวอย่างที่พบถ่าน |
| BRP 813     | 88-95                    | 7.5YR 3/4 | 7.0 |                          |
| BRP 814     | 95-103                   | 7.5YR 3/4 | 6.5 |                          |
| BRP 815     | 103-111                  | 7.5YR 3/4 | 6.5 |                          |
| BRP 816     | 111-119                  | 7.5YR 3/4 | 6.5 |                          |
| BRP 817     | 119-127                  | 7.5YR 3/4 | 6.5 |                          |
| BRP 818     | 127-135                  | 7.5YR 3/4 | 6.5 |                          |
| BRP 819     | 135-143                  | 7.5YR 3/4 | 6.5 |                          |

### 4.3.2.2 ผลการศึกษาจากพื้นที่บ้านถ้ำลอด

การศึกษาตัวอย่างจากบริเวณรอบๆ แหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอด พบว่า ตัวอย่างดินจากพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 1 และ 3 ได้แก่ จุดจุดเจาะ TLP1, TLP2, TLP6, TLP7 และ TLP8 ไม่เหมาะสมที่จะนำมาศึกษาเนื่องจากดินมีจุดประ (mottle) ซึ่งแสดงว่ามีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ตัวอย่างจากพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 4 จากจุดจุดเจาะ TLP9 และ TLP11 เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างแล้วพบว่า เหลือตะกอนน้อยมากจึงไม่เหมาะที่จะนำมาศึกษา ตัวอย่าง TLP10 จึงมีความเหมาะสมในการนำมาศึกษา ตัวอย่างจากพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 2 ได้แก่ จุดจุดเจาะ TLP3, TLP4 และ TLP5 ให้ผลค่อนข้างดีในการวิเคราะห์ แต่ TLP4 มีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาศึกษา เนื่องจากพบตัวอย่างถ่านจากตัวอย่างจุดจุดเจาะนี้ ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาอายุเพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ผลได้ กล่าวโดยสรุปคือ ได้วิเคราะห์ตัวอย่างจากจุดจุดเจาะ TLP4 จำนวน 8 ตัวอย่างและ TLP10 จำนวน 10 ตัวอย่าง

สำหรับตัวอย่างดินจากแหล่งโบราณคดีที่นำมาศึกษา เป็นตัวอย่างดินจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดที่เคยวิเคราะห์เบื้องต้นในโครงการระยะที่หนึ่ง (รัศมี ชูทรงเดชและคณะ 2546) จำนวน 5 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินจากหลุมขุดค้นแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดที่ทราบผลวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนส์ (thermoluminescence) (Khakhiw 2004) จำนวน 14 ตัวอย่าง

### 1) ผลการหาอายุจากตัวอย่างถ่านโดยวิธีเรดิโอคาร์บอนแบบ AMS

จากตัวอย่างจุดจุดเจาะ TLP4 พบตัวอย่างถ่าน TLP410 ซึ่งอยู่ในระดับความลึกที่ 95-110 เซนติเมตรจากผิวดิน ค่าอายุของตัวอย่าง (conventional radiocarbon age) ที่ได้ คือ  $120 \pm 40$  ปีก่อนปัจจุบัน (Beta-206533) หรือมีค่าอายุจากการคำนวณด้วยความน่าจะเป็นที่ความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ (calibrated age) อยู่ในช่วง 280-0 ปีก่อนปัจจุบัน (พ.ศ. 2213-2493 หรือ ค.ศ. 1670-1950)

### 2) ผลเรณูวิเคราะห์จากพื้นที่บ้านถ้ำลอด

#### 2.1) ผลเรณูวิเคราะห์จากจุดจุดเจาะ TLP4

ละอองเรณูและสปอร์ที่วิเคราะห์ได้ สามารถจัดจำแนกกลุ่มได้ดังนี้

**ไม้ต้นและไม้พุ่ม:** *Annonaceae*, *Calocedrus* sp., ไม้ก่อ (*Castanopsis* sp.),

*Glochidion* sp., *Lauraceae*, สีน (*Pinus* sp.), *Shorea* sp. และ *Ulmaceae*

**พืชล้มลุก:** *Acanthaceae*, *Amaranthaceae*, *Cheno-Amaranthaceae*, *Compositae*, กก (*Cyperaceae*), *Malvaceae*, หญ้า (*Poaceae*) และ ผักไผ่น้ำ (*Polygonum* sp.)

**เฟิร์น และ fern allies:** cf. *Bolbitis* sp., *Cheilanthes* sp., *Cyathea* sp., *Lycopsidea*, *Lygodium* sp., *Microlepia* sp., *Ophioglossum* sp., *Polypodiaceae*, *Psilatrilete* spore, *Pteris* sp., *Schizaeaceae* และ *Pteridophytic* spore

**ปาล์ม:** *Palmae*

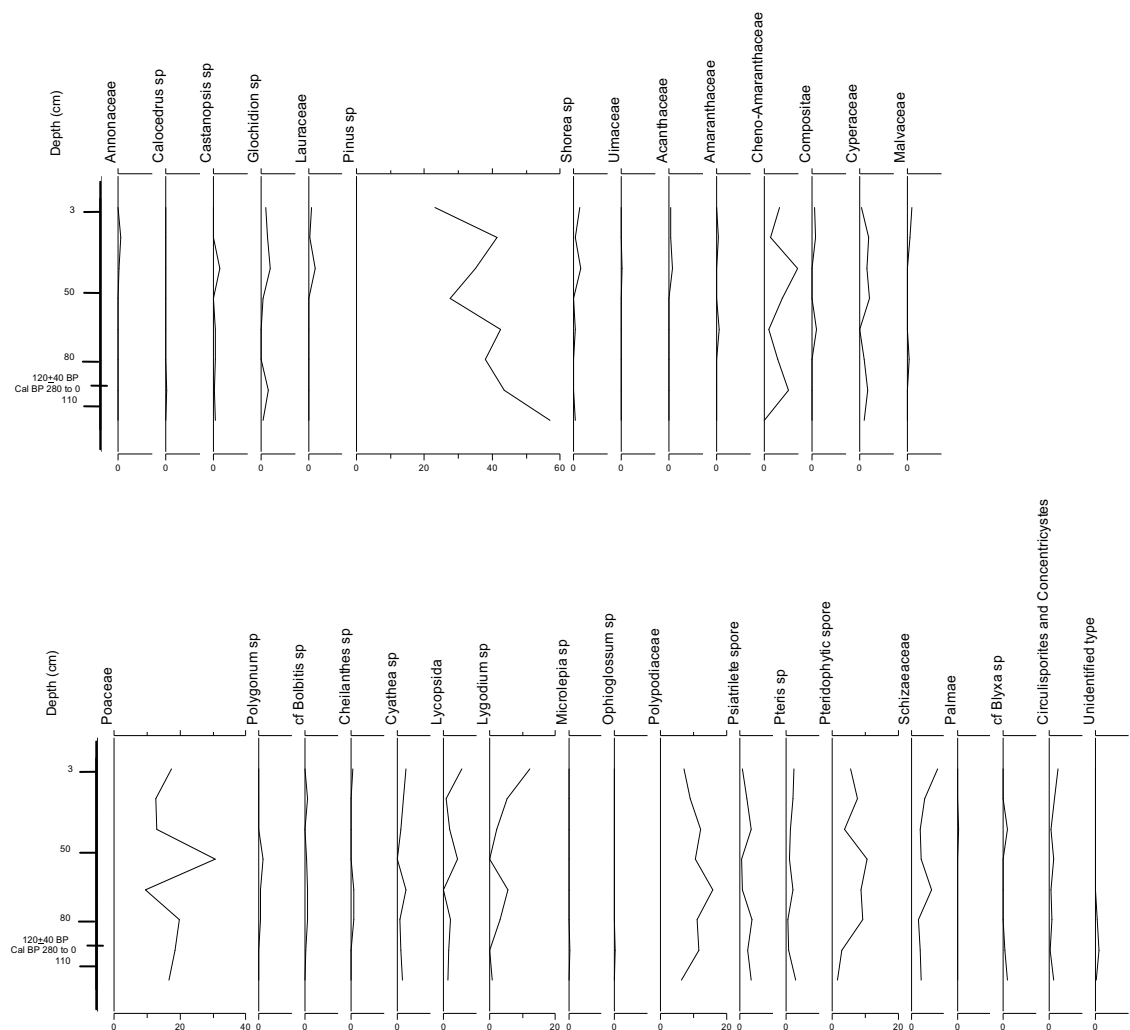
**พืชน้ำ:** สันตะวา (cf. *Blyxa* sp.)

**สาหร่าย:** *Circulispores* sp. and *Concentricystes* sp.

ผลเรณูวิเคราะห์จะนำเสนอ ดังไคอะแกรม TLP4 (รูปที่ 4.27)

ที่ระดับความลึก 95-124 เซนติเมตร ในกลุ่มของไม้ต้นและไม้พุ่ม พบว่าสน (*Pinus* sp.) เป็นไม้เด่นที่สุด โดยพบว่ามีมากที่สุดที่ระดับความลึก 110-124 เซนติเมตร ส่วนพืชในเขตกึ่งร้อนชื้นอื่นๆ ที่พบเช่น *Calocedrus* sp. และ ก่อ (*Castanopsis* sp.) พืชในเขตร้อน เช่น *Glochidion* sp. และ *Shorea* sp. ในกลุ่มของเฟิร์นที่พบมีค่าประมาณ 20.8-24 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบสปอร์ *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp. ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวในวงศ์ Zygnemataceae (Grenfell 1995) และพบละอองเรณูของพืชน้ำพวกสนตะพา (cf. *Blyxa* sp.) ซึ่งอาจแสดงถึงสภาวะน้ำท่วมขังในพื้นที่นี้

ในขณะที่ช่วงระดับความลึกกลางๆ คือประมาณ 50-95 เซนติเมตร ในกลุ่มของไม้ต้นและไม้พุ่ม ยังคงพบว่าสน (*Pinus* sp.) เป็นไม้เด่นที่สุด ส่วนไม้ต้นและไม้พุ่มอื่นๆ ที่พบ ได้แก่ ก่อ (*Castanopsis* sp.), *Glochidion* sp. และ *Shorea* sp. โดยที่ระดับ 50-65 เซนติเมตร เริ่มพบ *Glochidion* sp. ซึ่งจัดเป็น Secondary forest type หรือพืชที่จัดอยู่ในขั้นทดแทน ขณะที่พบมากที่สุดคือ 30.6 เปอร์เซ็นต์ และสน (*Pinus* sp.) พบน้อยลงคือ 27.7 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งพบเฟิร์นที่ระดับความลึก 50-65 เซนติเมตร นี้นอกจากที่ระดับ 65-95 เซนติเมตร ซึ่งอาจเนื่องมาจากไฟเพราะพบพืชที่เป็นขั้นทดแทนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบ *Polygonum* sp., *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp. ในขณะที่ไม่พบพวกสนตะพา (cf. *Blyxa* sp.) ซึ่งอาจแสดงถึงสภาพที่ค่อนข้างชื้นและแต่ไม่มีน้ำท่วมขัง



รูปที่ 4.27 ไคอะแกรมของตัวอย่าง TLP4

ส่วนที่ระดับความลึกช่วงบนจนถึง 50 เซนติเมตร นอกจาก สน (*Pinus* sp.) แล้ว ยังพบพวกพืชในเขตร้อนชื้นหลายชนิด ทั้ง *Annonaceae*, *Glochidion* sp., *Lauraceae*, *Shorea* sp. และ *Palmae* นอกจากนี้พบ *Castanopsis* sp. และ *Ulmaceae* ซึ่งเป็นพืชเขตกึ่งร้อนชื้นบ้าง แต่ไม่มากนัก พืชล้มลุกที่พบในระดับนี้มีหลายชนิด ทั้ง *Acanthaceae*, *Amaranthaceae*, *Cheno-Amaranthaceae*, *Compositae*, *Malvaceae* และกก (*Cyperaceae*) ซึ่งน่าจะสอดคล้องกับข้อสันนิษฐานเรื่องไฟ เนื่องจากหลังจากเกิดไฟจะทำให้มีความหลากหลายของชนิดพืชล้มลุกมากกว่าไม่มีไฟ (สันต์ เกตุปราณีต และคณะ 2534) เป็นที่น่าสังเกตว่าช่วงความลึก 35-50 เซนติเมตร ที่พบละอองเรณูของพวกสนตะวา (cf. *Blyxa* sp.) จะพบเฟิร์นลดลงด้วย อาจตีความได้ว่าเกิดน้ำท่วมขังในขณะนั้น แม้ว่าเฟิร์นจะชอบความชื้น แต่สภาวะน้ำท่วมขังก็ไม่เหมาะสมสำหรับเฟิร์น

เมื่อพิจารณาภาพรวมของไดอะแกรมตัวอย่าง TLP4 จะเห็นได้ว่าพบเรณูของ สน (*Pinus* sp.) มากและต่อเนื่องในทุกระดับความลึก อีกทั้งจากสัดส่วนร้อยละของละอองเรณูสน (*Pinus* sp.) พบว่ามีแนวโน้มลดลงในระดับความลึกช่วงบน ทั้งนี้สน (*Pinus* sp.) เป็นพืชในเขตกึ่งร้อนชื้นซึ่งในประเทศไทยพบเพียง 1 สกุล คือ *Pinus* sp. และมีเพียง 2 ชนิด (Species) (ไชมอน การ์ดเนอร์ และคณะ 2543) เนื่องจากพื้นที่ประเทศไทยเป็นขอบของพื้นที่การแพร่กระจายของสน ซึ่งชอบสภาพอากาศที่เย็นและไม่ค่อยชื้น (อุทิส ภูอินทร์ 2541) ถ้าพิจารณาร่วมกับค่าอายุจากตัวอย่างถ่าน TLP410 ที่เก็บได้จากระดับความลึก 95-110 เซนติเมตร ที่มีค่าอายุอยู่ในช่วง 280-0 ปีก่อนปัจจุบัน อาจกล่าวได้ว่า สภาพอากาศในช่วงก่อน 280-0 ปีก่อนปัจจุบัน มีแนวโน้มว่าจะเย็นกว่าในปัจจุบัน

พืชในเขตร้อนชื้นเช่น *Annonaceae*, *Lauraceae* และ *Ulmaceae* พบในระดับความลึกต่างๆ น้อยกว่าด้านบน โดยที่เหนือระดับความลึก 50 เซนติเมตร จะพบพืชที่ผลัดใบหรือชอบความแห้งแล้งเพิ่มขึ้น เช่น ก่อ (*Castanopsis* sp.) และ *Shorea* sp. นอกจากนี้ การพบพืชผลัดใบเพิ่มขึ้นร่วมกับ *Cheno-Amaranthaceae* ซึ่งเป็นไม้ล้มลุกที่จัดเป็นวัชพืช อาจจะแสดงถึงสภาพพื้นที่ที่ปิดโล่งมากขึ้น ส่วนเฟิร์นอาจบ่งชี้ถึงสภาพที่มีความชุ่มชื้น โดย กก (*Cyperaceae*), ผักไผ่น้ำ (*Polygonum* sp.) จะชี้สภาพเปียกชื้น และสนตะวา (cf. *Blyxa* sp.) จัดเป็นพืชน้ำ อีกทั้ง *Circulispores* sp. และ *Concentricystes* sp. เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Zygnemataceae* ซึ่งเป็นสาหร่ายน้ำจืดที่จะสร้างไซโกสปอร์ (Zygospore) เพื่อสืบพันธุ์ในสภาวะน้ำตื้นที่นิ่ง และสะอาดมีออกซิเจน (Grenfell 1995) ดังนั้น จึงอาจบ่งชี้ได้ว่าบริเวณนี้น่าจะถูกน้ำท่วมขังเป็นครั้งคราว

## 2.2) ผลการวิเคราะห์จากจุดเจาะ TLP10

ละอองเรณูและสปอร์ที่วิเคราะห์ได้ สามารถจัดจำแนกกลุ่มได้ดังนี้

**ไม้ต้นและไม้พุ่ม:** *Alnus* sp., *Betula* sp., ไม้ก่อ (*Castanopsis* sp.), *Glochidion* sp., *Leguminosae*, *Phyllanthus* sp., สน (*Pinus* sp.), ไม้ก่อ (*Quercus* sp.), *Shorea* sp., *Symplocos* sp., *Syzygium* sp., *Terminalia* sp., *Urticaceae* และ ไม้แดง (*Xylia* sp.)

**พืชล้มลุก:** *Acanthaceae*, *Alternanthera* sp., *Cheno-Amaranthaceae*, *Compositae*, กก (*Cyperaceae*), *Liliaceae/Amaryllidaceae*, *Malvaceae*, *Merremia* sp., หญ้า (*Poaceae*) และ ผักไผ่น้ำ (*Polygonum* sp.)

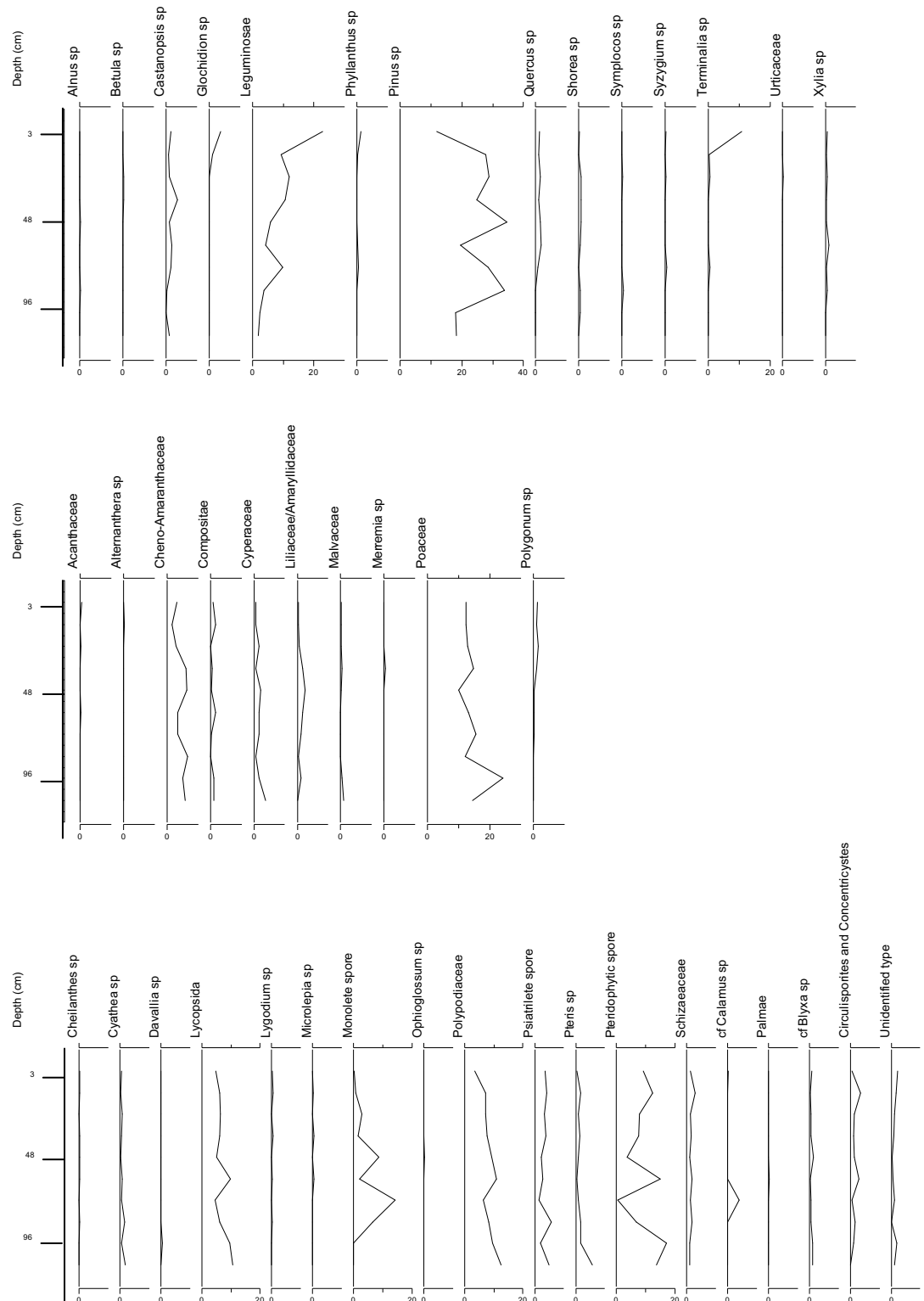
**เฟิร์นและ fern allies:** *Cheilanthes* sp., *Cyathea* sp., *Davallia* sp., *Lycopodiaceae*, *Lygodium* sp., *Microlepia* sp., *Monolete* spore, *Ophioglossum* sp., *Polypodiaceae*, *Psilotridete* spore, *Pteris* sp., *Schizaeaceae* และ *Pteridophytic* spore

**ปาล์ม:** หวาย (cf. *Calamus* sp.) และ *Palmae*

พืชน้ำ: สันตะวา (cf. *Blyxa* sp.)

สาหร่าย: *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp.

ผลเรณูวิเคราะห์จะนำเสนอ ดังไคอะแกรม TLP10 (รูปที่ 4.28)



รูปที่ 4.28 ไคอะแกรมของตัวอย่าง TLP10

ผลการวิเคราะห์พบว่าตัวอย่าง TLP10 มีชนิดพืชหลากหลายและความหนาแน่นของจำนวนละอองเรณูและสปอร์มากกว่า TLP4 แต่ไม่พบตัวอย่างถ่านที่จะสามารถนำไปหาค่าอายุได้ ดังนั้นจึงไม่มีค่าอายุอ้างอิงที่จะใช้ประกอบการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ

ในช่วงระดับความลึกด้านล่างประมาณ 96-116 เซนติเมตร พบว่าสัดส่วนของกลุ่มไม้ต้นและไม้พุ่มมีน้อยกว่าระดับความลึกช่วงบน โดยสลับกับเฟิร์นที่พบว่าในช่วงความลึกด้านล่างมีสัดส่วนสูงกว่าช่วงบน โดยยังคงพบว่า สน (*Pinus* sp.) เป็นไม้เด่นในกลุ่มไม้ต้นและไม้พุ่ม คล้ายกับใน TLP4 แต่สัดส่วนที่พบในระดับความลึกต่างๆ ก่อนข้างแปรผันไม่แน่นอน

พืชที่ชอบสภาพค่อนข้างแห้งแล้ง (Dry land vegetation) หลายชนิด พบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากระดับความลึกข้างล่างจนถึงข้างบน เช่น *Castanopsis* sp., *Glochidion* sp., *Leguminosae*, *Phyllanthus* sp., *Quercus* sp., *Shorea* sp. และ *Terminalia* sp. อีกทั้ง *Xylia* sp. ซึ่งเป็นไม้ผลัดใบ พบที่เหนือระดับความลึก 96 เซนติเมตร ไปจนถึงด้านบน อีกทั้งการพบ *Glochidion* sp., *Leguminosae*, *Phyllanthus* sp. และ *Urticaceae* ซึ่งจัดเป็นกลุ่มพืชที่ขึ้นทดแทน (secondary forest) สามารถแสดงถึงการรบกวนพื้นที่ได้ (ไซมอน การ์ดเนอร์ และคณะ 2543) นอกจากนี้ *Shorea* sp. สามารถชี้ถึงสภาพความแห้งของดิน (Soil dryness) ได้ (สันต์ เกตุปราณีตและคณะ 2534) จากเหตุผลดังกล่าวแสดงถึงการถูกรบกวนของพื้นที่ โดยเฉพาะในช่วงระดับความลึกเหนือ 84 เซนติเมตร ขึ้นไป

นอกจากนี้ พบว่าเฟิร์นมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในระดับความลึกช่วงบนๆ ส่วนพืชล้มลุกเช่น *Cheno-Amaranthaceae*, *Compositae*, หญ้า (*Poaceae*) และกก (*Cyperaceae*) ก็พบตลอดทั่วไป ตั้งแต่ระดับความลึกด้านล่างไปจนถึงด้านบน การเปลี่ยนแปลงนี้อาจกล่าวได้ว่าความชื้นในพื้นที่มีแนวโน้มที่ลดลง โดยเฉพาะในช่วงระดับความลึกเหนือ 72 เซนติเมตร ขึ้นไป

พื้นที่ TLP10 เป็นบริเวณลานตะพักลำน้ำเก่าและอยู่ไม่ไกลจากลำน้ำลางนั๊ก สภาพแวดล้อมของพืชที่จึงไม่ได้แห้งแล้งมากนัก การพบ กก (*Cyperaceae*), ผักไผ่น้ำ (*Polygonum* sp.) และ *Liliaceae/Amaryllidiaceae* ซึ่งชอบสภาพที่ชื้นและ อีกทั้งพวกสนตะวา (cf. *Blyxa* sp.) และ *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp. ซึ่งพบอย่างต่อเนื่องตลอดทุกระดับความลึก จึงชี้ได้ว่าน่าจะเกิดสภาวะน้ำท่วมขังในพื้นที่นี้อย่างต่อเนื่อง

### 3) ผลการวิเคราะห์จากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอด

ผลการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ตัวอย่างดินชุดที่ 1 จากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดที่เคยวิเคราะห์เบื้องต้นในโครงการระยะที่หนึ่ง (รัศมี สุทรงเดชและคณะ 2546) จำนวน 5 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินชุดที่ 2 จากหลุมขุดค้นแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดที่ทราบผลวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนส์ (thermoluminescence) (Khaokhiew 2004) จำนวน 14 ตัวอย่าง

สำหรับดินตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีใช้ชื่อ TLA เช่น TLA1#33 หมายถึง ตัวอย่างถุ่ที่ 33 จากพื้นที่ขุดค้นที่ 1 ของแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอด

ตารางที่ 4.55 ผลการศึกษาตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดชุดที่ 1

| ตัวอย่าง                 | ความลึกจาก<br>ผิวดิน (เซนติเมตร) | ผลการศึกษา                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| หลุมขุดค้น S23W10 Area 1 |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| TLA1#33                  | 50-60                            | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: <i>Calocedrus</i> sp. และ <i>Pinus</i> sp.<br>พืชล้มลุก: <i>Cyperaceae</i> และ <i>Poaceae</i><br>เฟิร์น: <i>Cyathea</i> sp., <i>Ophioglossum</i> sp., <i>Polypodiaceae</i> และ <i>Pteridophytic spore</i><br>สาหร่าย: <i>Circulisporites</i> sp. และ <i>Concentricystes</i> sp.                            |
| TLA1#39                  | 120-130                          | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| TLA1#51                  | 240-250                          | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| หลุมขุดค้น S21W10 Area 2 |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| TLA2#73                  | 35-45                            | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: <i>Calocedrus</i> sp., <i>Glochidion</i> sp. และ <i>Pinus</i> sp.<br>พืชล้มลุก: <i>Cheno-Amaranthaceae</i> , <i>Compositae</i> และ <i>Poaceae</i><br>เฟิร์น: <i>Cyathea</i> sp., <i>Davallia</i> sp., <i>Lygodium</i> sp., <i>Ophioglossum</i> sp., <i>Polypodiaceae</i><br>และ <i>Pteridophytic spore</i> |
| หลุมขุดค้น S20W9 Area 3  |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| TLA3#187                 | 100-120                          | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

ตัวอย่างดินจากแหล่งโบราณคดีจาก 5 ตัวอย่างที่นำมาศึกษา พบละอองเรณูเพียง 2 ตัวอย่างคือ TLA1#33 จากระดับความลึก 50-60 เซนติเมตร และ TLA2#73 จากระดับความลึก 35-45 เซนติเมตร แต่ทั้ง 2 ตัวอย่างมีจำนวนละอองเรณูน้อย ไม่สามารถนำมาสร้างไดอะแกรมเพื่อศึกษาได้ เนื่องจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดนี้อยู่ในพื้นที่ภูเขาหินปูน ซึ่งสภาพดินไม่ค่อยเหมาะสมในการรักษาสภาพละอองเรณู (Maloney 1998) อย่างไรก็ตาม ผลของ TLA1#33 และ TLA2#73 พบว่าชนิดพืชที่พบเป็นพืชในปัจจุบัน โดย TLA1#33 ที่ได้จากระดับความลึก 50-60 เซนติเมตรจากผิวดิน ของพื้นที่ขุดค้นที่ 1 เป็นชั้นที่มีค่าอายุประมาณ 12,100±60 ปีก่อนปัจจุบัน (Beta-168223) ส่วน TLA2#73 ได้จากระดับความลึก 35-45 เซนติเมตรจากผิวดิน ของพื้นที่ขุดค้นที่ 2 เป็นชั้นที่มีอายุอยู่ในช่วงสมัยโฮโลซีน-ปัจจุบัน โดยเปรียบเทียบกับหลักฐานทางโบราณคดีที่ขุดพบ (รัศมี ชูทรงเดชและคณะ 2546)

ตารางที่ 4.56 ผลการศึกษาตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดชุดที่ 2

| ตัวอย่าง                                                                 | ความลึกจาก<br>ผิวดิน (เซนติเมตร) | ผลการศึกษา |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------|
| หลุมขุดค้น S20W9 Area 3 West Profile layer 2 (2,933±83 ปีก่อนปัจจุบัน)   |                                  |            |
| TLA3#180                                                                 | 75-85                            | -          |
| TLA3#181                                                                 | 85-95                            | -          |
| TLA3#182                                                                 | 95-105                           | -          |
| TLA3#183                                                                 | 105-115                          | -          |
| TLA3#184                                                                 | 115-125                          | -          |
| TLA3#185                                                                 | 125-135                          | -          |
| หลุมขุดค้น S20W9 Area 3 West Profile layer 3a (10,582±49 ปีก่อนปัจจุบัน) |                                  |            |
| TLA3#192                                                                 | 195-205                          | -          |
| TLA3#193                                                                 | 205-215                          | -          |
| TLA3#194                                                                 | 215-225                          | -          |
| TLA3#195                                                                 | 225-235                          | -          |
| TLA3#196                                                                 | 235-245                          | -          |
| TLA3#197                                                                 | 245-255                          | -          |
| TLA3#198                                                                 | 255-265                          | -          |
| TLA3#199                                                                 | 265-275                          | -          |

สำหรับผลการศึกษาละอองเรณูจากแหล่งโบราณคดีชุดที่ 2 พบว่า ไม่พบละอองเรณูเลยในทุกตัวอย่าง

### 4.3.2.3 ผลการศึกษาจากพื้นที่บ้านไร่

สำหรับตัวอย่างจากบริเวณรอบๆ แหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ พบว่า ตัวอย่างดินจากพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 5 และ 6 ได้แก่ จุดขุดเจาะ BRP1, BRP2, BRP3, BRP4, BRP5 และ BRP6 ไม่เหมาะสมที่จะนำมาศึกษา เนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบละอองเรณูเฉพาะดินระดับบนๆ ที่ความลึกไม่มากนักและพบจำนวนไม่มาก ตัวอย่างจากพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 7 จากจุดขุดเจาะ BRP7 และ BRP8 ให้ผลค่อนข้างดีในการวิเคราะห์ ทั้งนี้ ได้เลือก BRP8 มาศึกษา เนื่องจากผลการวิเคราะห์ของ BRP8 มีความเหมาะสมกว่า BRP7 โดยพบละอองเรณูมากกว่าและพบตัวอย่างถ่านจากตัวอย่างจุดขุดเจาะนี้ ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาอายุเพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ผลได้ กล่าวคือ ได้วิเคราะห์ตัวอย่างจากจุดขุดเจาะ BRP8 จำนวน 19 ตัวอย่าง

สำหรับตัวอย่างดินจากแหล่งโบราณคดีที่นำมาศึกษา เป็นตัวอย่างดินจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ ที่เคยวิเคราะห์เบื้องต้นในโครงการระยะที่หนึ่ง (รัศมี ชูทรงเดชและคณะ 2546) จำนวน 13 ตัวอย่าง

### 1) ผลการหาอายุจากตัวอย่างถ่านโดยวิธีเรดิโอคาร์บอนแบบ AMS

จากตัวอย่างจุดขุดเจาะ BRP8 พบตัวอย่างถ่าน BRP820 ซึ่งอยู่ในระดับความลึกที่ 81-88 เซนติเมตรจากผิวดิน ค่าอายุของตัวอย่าง (conventional radiocarbon age) ที่ได้คือ  $650 \pm 40$  ปีก่อนปัจจุบัน (Beta-206534) หรือมีค่าอายุจากการคำนวณด้วยความน่าจะเป็นที่ความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ (calibrated age) อยู่ในช่วง 670-550 ปีก่อนปัจจุบัน (พ.ศ. 1823-1943 หรือ ค.ศ. 1280-1400)

### 2) ผลเรณูวิเคราะห์จากพื้นที่บ้านไร่

#### 2.1) ผลเรณูวิเคราะห์จากจุดขุดเจาะ BRP8

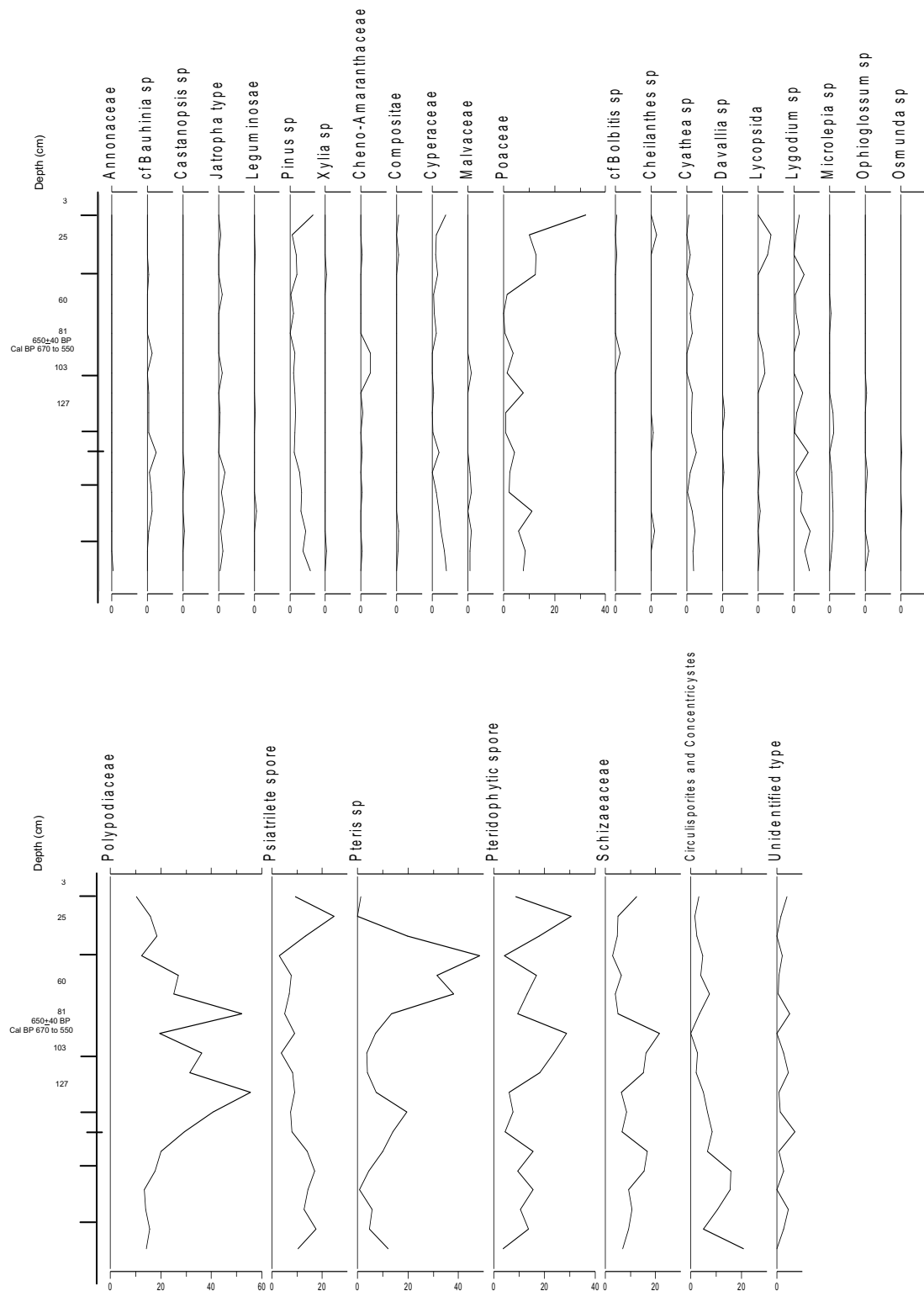
ละอองเรณูและสปอร์ที่วิเคราะห์ได้ สามารถจัดจำแนกกลุ่มได้ดังนี้

**ไม้ต้นและไม้พุ่ม:** *Annonaceae*, cf. *Bauhinia* sp., ไม้ก่อ (*Castanopsis* sp.), ต้นสบู่ (*Jatropha* type), *Leguminosae*, สน (*Pinus* sp.) และไม้แดง (*Xylia* sp.)

**พืชล้มลุก:** *Cheno-Amaranthaceae*, *Compositae*, กก (*Cyperaceae*), *Malvaceae* และหญ้า (*Poaceae*)

**เฟิร์น:** cf. *Bolbitis* sp., *Cheilanthes* sp., *Cyathea* sp., *Davallia* sp., *Lycopsidea*, *Lygodium* sp., *Microlepia* sp., *Ophioglossum* sp., *Osmunda* sp., *Polypodiaceae*, *Psilatrilete* spore, *Pteris* sp., *Schizaeaceae* และ *Pteridophytic* spore

**สาหร่าย:** *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp.



รูปที่ 4.29 โดอะแกรมของตัวอย่าง BRP8

ผลการศึกษาของตัวอย่างจาก BRP8 พบกลุ่มของเฟิร์นมากที่สุด ในทุกระดับความลึก โดยกลุ่มที่พบมากที่สุดได้แก่ *Polypodiaceae*, *Psilatrilete* spore, *Pteris* sp., *Schizaeaceae* และ *Pteridophytic* spore โดยสน (*Pinus* sp.) เป็นพืชเด่นในกลุ่มของไม้ต้นและไม้พุ่ม แต่พบน้อยกว่าตัวอย่างจากพื้นที่บ้านถ้ำลอดทั้ง TLP4 และ TLP10

ที่ระดับความลึกประมาณ 81-143 เซนติเมตร จากระดับผิวดินพบสน (*Pinus* sp.) มากที่สุดที่ระดับความลึกล่างสุดโดยมีสัดส่วนเพียง 8.1 เปอร์เซ็นต์ และค่อยๆ ลดลงเมื่อระดับความลึกน้อยลง ส่วนไม้ต้นและไม้พุ่มอื่นๆ ที่พบ ได้แก่ *Annonaceae*, cf. *Bauhinia* sp., ไม้ก่อ (*Castanopsis* sp.), ต้นสบู่ (*Jatropha* type), *Leguminosae* และไม้แดง (*Xylocarpus* sp.) แต่มีสัดส่วนน้อยมาก และพบว่าหญ้า (*Poaceae*) เป็นพืชเด่นที่สุดสำหรับกลุ่มของพืชล้มลุก ในขณะที่พบว่าเฟิร์นมีสัดส่วนลดลงเมื่อลดลงเมื่อระดับความลึกน้อยลง ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 119 ถึง 81 เซนติเมตร พบ *Polypodiaceae* และ *Pteris* sp. มากขึ้น แต่ *Schizaeaceae* ลดลง นอกจากนี้ พบว่าสัดส่วนของสปอร์ของ *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp. ที่ระดับความลึกนี้สูงกว่าในระดับความลึกช่วงบนๆ

ที่ระดับความลึกประมาณ 25-81 เซนติเมตร จากระดับผิวดิน ยังคงพบว่าสน (*Pinus* sp.) เป็นพืชเด่นในกลุ่มไม้ต้นและไม้พุ่ม โดย cf. *Bauhinia* sp. และต้นสบู่ (*Jatropha* type) พบน้อยลง ปริมาณ *Polypodiaceae* พบมากที่สุดถึง 55.6 และ 52 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 74-81 และ 46-53 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยที่ระดับความลึก 53-60 เซนติเมตร พบว่า *Schizaeaceae* เพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 21.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบ *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp. การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเนื่องมาจากการลดลงของปริมาณความชื้นในดิน เนื่องจาก *Schizaeaceae* ชอบสภาพที่ค่อนข้างแห้ง แต่ *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp. อยู่ในพื้นที่เปียกหรือชื้น (Grenfell 1995; Winter et al. 2003) จากนั้น *Pteris* sp. เพิ่มขึ้นจนพบมากที่สุดถึง 48.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความลึก 25-32 เซนติเมตร โดยพบ *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp. มากขึ้นด้วย การเปลี่ยนแปลงนี้ น่าจะแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นในดิน ซึ่งที่ระดับความลึกเดียวกันนี้ พบว่า หญ้า (*Poaceae*) เริ่มเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ในส่วนระดับความลึกด้านบน 3-25 เซนติเมตร พบว่าเฟิร์นลดลงและหญ้าเพิ่มขึ้นจนมากที่สุดถึง 32.4 เปอร์เซ็นต์ โดยแนวโน้มของ *Polypodiaceae*, *Psilatrilete* spore, *Pteris* sp. และ *Pteridophytic* spore ตรงข้ามกับหญ้าและ *Schizaeaceae* การเปลี่ยนแปลงนี้อาจแสดงถึงสภาพการรบกวนพื้นที่ เนื่องจากหญ้าจะเป็นพืชที่ขึ้นบุกเบิกในพื้นที่ที่ถูกรบกวน และ *Schizaeaceae* ชอบสภาพที่ค่อนข้างแห้ง

สำหรับกรณีที่พบว่าสน (*Pinus* sp.) มีมากในทุกระดับความลึกนั้น เนื่องจากละอองเรณูสนสามารถปลิวไปกับลมได้ดี แม้ว่าจะไม่มีป่าสนในบริเวณบ้านไร่ แต่มีป่าสนในพื้นที่ที่ไม่ไกลจากพื้นที่บ้านไร่สัก ส่วนที่พบละอองเรณูของสน (*Pinus* sp.) มากที่สุดถึง 9.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับบนสุด ทั้งที่มีแนวโน้มลดลงมาโดยตลอด อาจอธิบายได้ว่าเป็นเพราะดินชั้นบนมีอายุการทับถมน้อย เมื่อประกอบกับค่าอายุจากตัวอย่างถ่าน BRP820 ที่ระดับความลึก 81-88 เซนติเมตร ซึ่งมีอายุประมาณ 670-550 ปีก่อนปัจจุบัน พบว่าละอองเรณูของสนมีแนวโน้มลดลง แต่พบ *Circulisporites* sp. และ *Concentricystes* sp. มีมาก ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ามีน้ำท่วมขังมากประมาณช่วง 670-550 ปีก่อน

อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าแปลกใจว่าไม่พบละอองเรณูของพืชในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ทั้งๆ ที่บริเวณนี้เป็นแนวป่ารอยต่อ (ecotone) ของป่าทั้งสองชนิด ทั้งนี้ไม่ค่อยมีไม่มีการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสะสมของละอองเรณูในสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะในระบบนิเวศป่าเขตร้อน ไม่ว่าจะเป็น ช่วงเวลาการออกดอก, ระยะเวลาที่ดอกบาน, ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของละอองเรณู, ปริมาณละอองเรณูที่ผลิต, ปัจจัยที่มีผลต่อความทนทานต่อการผุพังย่อยสลาย เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้ เป็นประโยชน์ในการประกอบการวิเคราะห์ผลและอธิบายผล

### 3) ผลการวิเคราะห์จากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่

ผลการศึกษาตัวอย่างดินจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ จำนวน 13 ตัวอย่าง เป็นดังตาราง

ตารางที่ 4.57 ผลการศึกษาตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่

| ตัวอย่าง                     | ความลึกจากผิวดิน<br>(เซนติเมตร) | ผลการศึกษา                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Excavation site S2E12 Area 1 |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BRA1#152                     | 0-12                            | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: <i>Bombax</i> sp., ไม้ก่อ ( <i>Castanopsis</i> sp.), <i>Leguminosae</i> , <i>Nyssa</i> sp., <i>Oleaceae</i> , สัน ( <i>Pinus</i> sp.), ประดู่ ( <i>Pterocarpus</i> sp.), <i>Shorea</i> sp., <i>Symplocos</i> sp. และ <i>Terminalia</i> sp.<br>พืชล้มลุก: <i>Acanthaceae</i> , <i>Cheno-Amaranthaceae</i> , <i>Malvaceae</i> และ <i>Merremia</i> sp.<br>เฟิร์น: <i>Cyathea</i> sp., <i>Lygodium</i> sp., <i>Polypodiaceae</i> , <i>Pteris</i> sp. และ <i>Pteridophytic spore</i> |
| Excavation site S1E4 Area 1  |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BRA1#109                     | 8-54                            | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: สัน ( <i>Pinus</i> sp.)<br>พืชล้มลุก: หญ้า ( <i>Poaceae</i> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BRA1#115                     | 22-32                           | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| BRA1#160                     | 22-32                           | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: <i>Nyssa</i> sp. และ สัน ( <i>Pinus</i> sp.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| BRA1#162                     | 42-52                           | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: สัน ( <i>Pinus</i> sp.)<br>เฟิร์น: <i>Lygodium</i> sp., <i>Polypodiaceae</i> และ <i>Pteris</i> sp.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Excavation site S1E6 Area 2  |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BRA2#802                     | 0-32                            | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: สัน ( <i>Pinus</i> sp.)<br>พืชล้มลุก: <i>Acanthaceae</i> และ หญ้า ( <i>Poaceae</i> )<br>เฟิร์น: <i>Davallia</i> sp., <i>Lygodium</i> sp., <i>Polypodiaceae</i> , <i>Pteris</i> sp. และ <i>Pteridophytic spore</i>                                                                                                                                                                                                                                                               |
| BRA2#770                     | 32-42                           | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: สัน ( <i>Pinus</i> sp.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Excavation site S2E14 Area 2 |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BRA2#882                     | 30-90                           | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: สัน ( <i>Pinus</i> sp.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Excavation site N5E39 Area 3 |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BRA3#1384                    | 25-30                           | ไม้ต้นและไม้พุ่ม: ไม้ก่อ ( <i>Castanopsis</i> sp.), <i>Leguminosae</i> , สัน ( <i>Pinus</i> sp.), ประดู่ ( <i>Pterocarpus</i> sp.) และ <i>Shorea</i> sp.<br>พืชล้มลุก: <i>Cheno-Amaranthaceae</i> และ หญ้า ( <i>Poaceae</i> )<br>เฟิร์น: <i>Polypodiaceae</i> และ <i>Pteris</i> sp.                                                                                                                                                                                                               |
| BRA3#1388                    | 45-50                           | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| BRA3#1393                    | 45-50                           | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| BRA3#1389                    | 50-55                           | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| BRA3#1394                    | 50-55                           | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

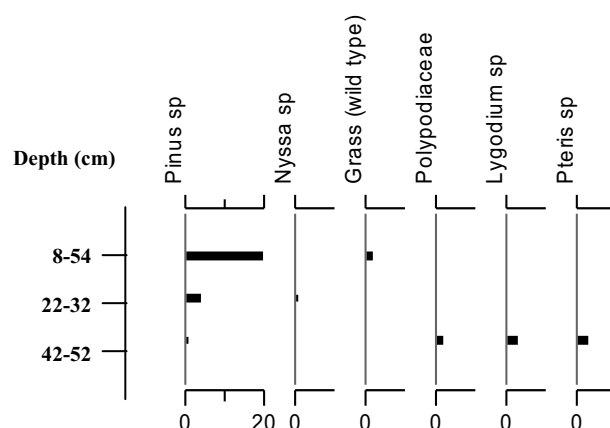
จากการวิเคราะห์พบละอองเรณูและสปอร์ทั้งหมด 8 ตัวอย่างจาก 13 ตัวอย่าง โดยพบละอองเรณูสน (*Pinus* sp.) ในทุกตัวอย่าง พืชอื่นๆ ที่พบก็เป็นพืชในปัจจุบัน แต่ชนิดที่พบแตกต่างจากตัวอย่าง BRP8 นอกจากนี้ ตัวอย่างดินที่พบละอองเรณูส่วนใหญ่จัดอยู่ในสมัยโฮโลซีน ยกเว้น BRA2#882 ที่มีอายุอยู่ในสมัยไพลสโตซีน ตอนปลาย คือประมาณ 10,210±50 ปีก่อนปัจจุบัน (Beta-168219) (รัศมี ชูทรงเดชและคณะ 2546) ทั้งนี้ พบเพียง ละอองเรณูสน (*Pinus* sp.) ในชั้นนี้ นอกจากนี้ ส่วนใหญ่จะพบจำนวนละอองเรณูไม่มากนัก ยกเว้นตัวอย่าง BRA1#152 และ BRA3#1384 ที่พบละอองเรณูและสปอร์จำนวนมาก

ผลการวิเคราะห์ของ BRA1#152 พบว่ามีความหลากหลายของชนิดสูงมาก ทว่าตัวอย่างนี้เป็นตัวอย่างที่ได้จากระดับความลึกชั้นผิวดิน คือ 0-12 เซนติเมตร ซึ่งเป็นดินใหม่ที่มีการสะสมละอองเรณูมีอายุการฝังน้อย จึงไม่สามารถนำไปเชื่อมโยงกับการศึกษาพืชพรรณในอดีตและข้อมูลอื่นๆ เช่น หลักฐานทางโบราณคดีที่ขุดพบได้ และเมื่อพิจารณาถึงชนิดพืชพรรณที่พบก็สอดคล้องกับลักษณะของพื้นที่ซึ่งมีลักษณะเป็นหลุมยุบอยู่หน้าเพิงผาบ้านไร่ ทำให้สภาพแวดล้อมมีความชื้นมากกว่า พืชพรรณที่พบจะเป็นพืชพรรณในป่าดิบเขาผสมเบญจพรรณและมีความแตกต่างจากพื้นที่โดยรอบซึ่งจะเป็นพืชพรรณในป่าเบญจพรรณหรือเต็งรัง ละอองเรณูที่พบ เช่น *Bombax* sp.,

ไม้ก่อ (*Castanopsis* sp.), *Leguminosae*, *Nyssa* sp., *Oleaceae*, สน (*Pinus* sp.), ประดู่ (*Pterocarpus* sp.), *Shorea* sp., *Symplocos* sp. และ *Terminalia* sp.

BRA3#1384 เป็นตัวอย่างที่พบละอองเรณูจำนวนมาก โดยเฉพาะสน (*Pinus* sp.) ผลการกำหนดอายุโดยการเปรียบเทียบกับหลักฐานทางโบราณคดีที่พบจะบอกได้เพียงว่าจัดอยู่ในสมัยโฮโลซีน (รัชมี ชูทรงเดช และคณะ 2546) อย่างไรก็ตาม พืชพรรณที่พบเป็นพืชพรรณในปัจจุบัน จึงเป็นไปได้ว่าพืชพรรณในอดีตน่าจะคล้ายกับในปัจจุบัน

นอกจากนี้ ผลวิเคราะห์ตัวอย่างจากหลุมขุดค้น S1E4 พื้นที่ 1 พบละอองเรณูจาก 3 ตัวอย่าง แม้ว่าจำนวนที่พบจะน้อย ไม่สามารถนำมาสร้างไดอะแกรมเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงได้ แต่ได้เสนอเป็นไดอะแกรมของจำนวนละอองเรณูและสปอร์ที่พบเพื่อเปรียบเทียบได้ดังรูปที่



รูปที่ 4.30 ไดอะแกรมของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ หลุมขุดค้น S1E4 พื้นที่ 1

จากไดอะแกรมจะเห็นได้ว่าจำนวนและชนิดพืชที่พบไม่ต่อเนื่องกัน ในแต่ละชั้นตัวอย่าง อีกทั้งจำนวนที่พบน้อยมาก ทำให้ยากและไม่เพียงพอต่อการอธิบายการเปลี่ยนแปลง

หากพิจารณาทั้งหมด อาจกล่าวได้ว่าสภาพแวดล้อมและพืชพรรณในอดีต ที่ได้จากการวิเคราะห์ละอองเรณูของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ร่วมด้วยค่าอายุตั้งแต่ประมาณ  $10,210 \pm 50$  ปีก่อนปัจจุบัน (Beta-168219) พบว่าพืชพรรณน่าจะคล้ายกับในปัจจุบัน หรือไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลเรณูวิเคราะห์ที่ได้ ไม่สามารถชี้ได้ว่าพืชพรรณในอดีตมีความสมบูรณ์มากน้อยต่างจากปัจจุบันอย่างไร

### 4.3.3 อภิปรายผล

#### 4.3.3.1 ผลเรณูวิเคราะห์

แหล่งที่มาและชนิดตะกอนที่แตกต่างกันจะให้ผลเรณูวิเคราะห์ต่างกันด้วย อย่างในกรณีตัวอย่างจากจุด TLP4 และ TLP10 ซึ่งตะกอนมีสีคล้ำและเนื้อดินมีอินทรียวัตถุมากกว่า ตัวอย่างจากจุด BRP8 พบว่ามีปริมาณละอองเรณูหนาแน่นมากกว่าตัวอย่างจากจุด BRP8 ทั้งนี้ พื้นที่จุดเก็บตัวอย่าง TLP4 และ TLP10 เป็นลานตะพักลำน้ำเก่า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) ที่มีการพัดพาตะกอนให้มาทับถมในบริเวณนี้และอาจเกิดน้ำท่วมขังในบางฤดูได้ ส่วนตัวอย่าง BRP8 เป็นตะกอนดินที่ทับถมมาจากการสุมพังสลายตัวของแหล่งกำเนิดดินที่มาจากพื้นที่ที่เป็นหินปูน ซึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่ค่อยเหมาะสมในการรักษาสภาพของละอองเรณู

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างจากจุดเจาะ BRP8 พบว่า มีความหลากหลายของชนิดพืชน้อยกว่าตัวอย่างจาก TLP4 และ TLP10 และมีความน่าสนใจที่พบสปอร์ในสัดส่วนที่สูงมาก และไม่พบละอองเรณูของพืชในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังเลย ทั้งๆ ที่บริเวณนี้เป็นแนวป่ารอยต่อ (ecotone) ของป่าทั้ง 2 ชนิดนี้ ซึ่งอาจจะต้องศึกษาถึงความแตกต่างของความทนทานต่อการฟุสลายของละอองเรณูแต่ละชนิดพืช และปัจจัยสภาพทางเคมีและกายภาพของชั้นทับถมที่มีผลต่อการฟุสลายของละอองเรณู รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังกล่าวข้างบน (ผล BRP8)

สำหรับตัวอย่างที่นำมาจากแหล่งโบราณคดี พบว่ามีการสะสมละอองเรณูและสปอร์ค่อนข้างน้อย โดยพบ 10 ตัวอย่าง จากทั้งหมดที่ศึกษา 32 ตัวอย่าง โดยจากผลการศึกษาพบว่าจะไม่พบ ละอองเรณูในชั้นดินที่อยู่ลึกกว่า 90 เซนติเมตร และการศึกษาเรณูวิทยาประสบความสำเร็จจากพื้นที่ที่อยู่รอบๆ แหล่งโบราณคดีมากกว่าในแหล่งขุดค้น

#### 4.3.3.2 สภาพแวดล้อมโบราณ

ผลการศึกษาพบว่า ระบบนิเวศในพื้นที่บ้านถ้ำลอดและบ้านไร่ ประกอบด้วยพืชพรรณในระบบนิเวศเขตร้อนและกึ่งร้อน และผลการศึกษาตัวอย่างจากจุดเจาะ TLP4, TLP10 และ BRP8 พบว่ามีสภาพความแห้งมากขึ้นเนื่องจากการเปิดโล่งพื้นที่มากขึ้น

พืชพรรณที่พบจากจุดเจาะ TLP และ TLP10 เป็นไม้สน ไม้ในป่าผลัดใบเช่น ก่อ (*Castanopsis* sp.), *Glochidion* sp., *Leguminosae*, *Phyllanthus* sp., ก่อ (*Quercus* sp.), *Shorea* sp., และ ไม้แดง (*Xylia* sp.) ไม้ไม่ผลัดใบ เช่น *Annonaceae*, *Calocedrus* sp., *Lauraceae* และ *Ulmaceae* ซึ่งพรรณไม้เหล่านี้ พบทั่วไปในพื้นที่อำเภอปางมะผ้า และภาคเหนือ นอกจากนี้ พืชพรรณบางชนิดอาจบ่งชี้ถึงสภาพการถูกรบกวนของพื้นที่ได้ โดยส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้ผลัดใบ เช่น *Glochidion* sp., *Leguminosae*, *Phyllanthus* sp. และ *Terminalia* sp. (Penny 2005 Kealhofer 1998; ไชมอน การ์ดเนอร์ และคณะ 2543 )

สน (*Pinus* sp.) เป็นพืชในเขตกึ่งร้อนชื้นซึ่งในประเทศไทยพบเพียง 1 สกุล คือ *Pinus* sp. และมีเพียง 2 ชนิด (species) (ไชมอน การ์ดเนอร์ และคณะ 2543) เนื่องจากพื้นที่ประเทศไทยเป็นขอบของพื้นที่การแพร่กระจายของสน ซึ่งชอบสภาพอากาศที่เย็นและไม่ค่อยชื้น (อุทิส ภูอินทร์ 2541) หรือเรียกสภาพภูมิอากาศแบบเขตกึ่งร้อนชื้น ในอำเภอปางมะผ้า จะพบสนในพื้นที่สูง 700-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล ร่วมกับไม้ในป่าเต็งรัง และพบในที่สูงตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไป ร่วมกับพวกพืชในป่าดิบเขาที่มีไม้ก่อ เป็นพืชเด่น

สำหรับการพบ *Leguminosae* ของระดับความลึกด้านบนๆ ของ TLP10 ซึ่งไม้วงศ์นี้ส่วนใหญ่เป็นไม้ผลัดใบ ไม่สามารถจำแนกชนิดให้ละเอียดได้มากกว่านี้ แม้จะรู้กันว่าพืชตระกูลถั่วถูกนำมาบริโภคกันมานานแล้วก็ตาม เนื่องจากวงศ์นี้เป็นวงศ์ใหญ่ ลักษณะละอองเรณูยากต่อการจำแนก

หญ้าจัดเป็นพืชคลุมดินในพื้นที่ป่าผลัดใบและป่าเต็งรัง ทั้งนี้รวมทั้งไผ่ด้วย การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของละอองเรณูหญ้าที่พบ จะบอกถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ด้วย รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของพืชชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากละอองเรณูที่พบส่วนใหญ่มีขนาดเล็กซึ่งอาจเป็นได้ทั้งหญ้าทั่วไปและไผ่ และละอองเรณูหญ้าที่พบนี้ไม่น่าจะเป็นข้าวเนื่องจากแม้ว่าไผ่จะมีขนาดต้นใหญ่แต่ละอองเรณูไผ่ มีขนาดเล็ก เหมือนหญ้าป่าเช่นกัน

ผลเรณูวิเคราะห์จากทั้ง TLP 4 และ BRP8 ร่วมกับค่าอายุ 280-0 ปีก่อนปัจจุบันหรือประมาณ พ.ศ. 2213-2493 (ค.ศ. 1670-1950) (Beta-206533) และ 670-550 ปีก่อนปัจจุบัน หรือประมาณ พ.ศ. 1823-1943 (ค.ศ. 1280-1400) (Beta-206534) ตามลำดับ ชี้ถึงสภาพความแห้งแล้งที่มากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งอาจเนื่องมาจาก การเปิดโล่งของพื้นที่ และการรบกวนสภาพป่า ทั้งนี้ยังเป็น ที่น่าสังเกตว่า ในช่วงค่าอายุที่ได้นี้ สภาพอากาศมีแนวโน้มว่าเย็นกว่าใน

ปัจจุบัน สอดคล้องกับช่วงเวลาการเกิด Little Ice Age ในยุโรป และช่วงที่มีอากาศเย็นในพื้นที่เอเชีย อย่างไรก็ตาม ข้อสังเกตนี้ ยังต้องการการศึกษาและข้อมูลเพิ่มเติมในการอธิบายผล

ผลการศึกษาของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาลอด เมื่อวิเคราะห์ร่วมกับผลการวิเคราะห์กระดูกสัตว์ ที่พบว่าพื้นที่นี้ในอดีตน่าจะเป็นป่าผลัดใบ เต็งรัง ป่าไผ่ และป่าดิบเขา แม้ว่าผลเรณูวิเคราะห์จะไม่สามารถระบุถึงชนิดป่าได้ แต่ผลที่ได้ก็ไม่ขัดแย้งกับผลการวิเคราะห์กระดูกสัตว์ โดยข้อมูลละอองเรณูพบว่าพืชพรรณในอดีต ประมาณ  $12,100 \pm 60$  ปีก่อนไม่แตกต่างกับปัจจุบันมากนัก ซึ่งอาจเชื่อมโยงได้ว่าสภาพอากาศที่น่าจะไม่แตกต่างกับในปัจจุบันนักเช่นกัน

ส่วนผลการศึกษาของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ พบว่าไม่แตกต่างกับปัจจุบัน ตัวอย่างชั้นที่กำหนดอายุได้มากที่สุด ประมาณ  $10,210 \pm 50$  ปีก่อนปัจจุบันนั้น พบแค่ละอองเรณูสน จึงไม่สามารถระบุชนิดป่าได้ เนื่องจากชนิดพืชที่พบไม่มากและไม่ต่อเนื่อง

แม้ว่าการศึกษาก่อนหน้านี้จะระบุว่าสภาพภูมิอากาศในช่วงปลายสมัยไพลสโตซีนของกัวนพะเยา (Penny 2005) และทะเลสาบหนองหาน (Kealhofer 1998) จะหนาวเย็นและแห้งกว่าในปัจจุบัน โดยพืชพรรณไม่แตกต่างจากปัจจุบัน ผลการศึกษาระณูวิทยาของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาลอดและบ้านไร่ไม่สามารถบอกถึงสภาพภูมิอากาศได้มากนัก แต่การพบละอองเรณูของสนในทุกตัวอย่างก็อาจสนับสนุนข้อสันนิษฐานดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นต้องใช้หลักฐานและข้อมูลอื่นเพื่อสนับสนุนข้อสันนิษฐานมากกว่านี้

นอกจากนี้ การเปรียบเทียบระดับความลึกของตัวอย่างถ่านและค่าอายุที่ได้ พบว่า พื้นที่เก็บตัวอย่างพื้นที่ 2 ที่บ้านถ้ำลอดมีอัตราการทับถมตะกอนสูงกว่าพื้นที่ 7 ที่บ้านไร่ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะพื้นที่ที่เป็นลานตะพักลำน้ำเก่า ที่เป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากการพัดพาของน้ำท่วมบ้างเป็นครั้งคราว

#### 4.3.4 สรุปผลการศึกษา

แม้ว่าผลค่าอายุของถ่านไม้ในชั้นดินจะไม่สามารถย้อนกลับไปได้มากนัก คือ  $120 \pm 40$  ปีก่อนปัจจุบัน หรือ  $280 \pm 0$  ปีก่อนปัจจุบัน (Beta-206533) และ  $650 \pm 40$  ปีก่อนปัจจุบัน หรือ  $670 \pm 550$  ปีก่อนปัจจุบัน (Beta-206534) แต่ผลการศึกษาที่พบว่าสภาพพื้นที่มีแนวโน้มที่มีความแห้งแล้งเพิ่มขึ้น โดยผลการศึกษาเรณูวิทยาจากตัวอย่าง TLP4, TLP10 และ BRP8 พบว่ามีทั้งพืชในเขตร้อนชื้นและเขตกึ่งร้อนชื้น พืชที่พบเป็นพืชที่ยังพบอยู่ในพื้นที่อำเภอปางมะผ้าและภาคเหนือในปัจจุบัน โดยพืชพรรณที่พบประกอบไปด้วยไม้สน ไม้ในป่าเบญจพรรณ เต็งรัง และดิบเขา โดยที่หลายๆ ชนิด สามารถบ่งชี้ถึงสภาพการรบกวนพื้นที่ การสูญเสียความชื้นหรือมีการเปิดโล่งของพื้นที่มากขึ้น เช่น *Glochidion* sp., Leguminosae, *Phyllanthus* sp. และ *Terminalia* sp. เป็นต้น

ส่วนผลการศึกษาตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดี แม้ไม่สามารถนำมาสร้างไดอะแกรมได้ แต่พืชที่พบก็เป็นพืชที่ยังคงพบในปัจจุบัน สภาพแวดล้อมในอดีตจึงอาจจะไม่แตกต่างจากปัจจุบันมากนัก นอกจากนี้ อาจกล่าวได้ว่าการศึกษาสภาพแวดล้อมในอดีตและการศึกษาทางเรณูวิทยา ประสบความสำเร็จได้จากพื้นที่รอบๆ แหล่งโบราณคดีมากกว่าในพื้นที่จุดค้น

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

นาฏสุดา ภูมิงานจักษ์

จากผลการศึกษาสิ่งแวดล้อมในอดีตโดยใช้วงปีไม้จากไม้มีชีวิต ตัวอย่างจากโลงไม้ และละอองเรณู พบว่า สภาพป่าไม้ตั้งแต่สมัยโฮโลซีนตอนปลายมีสภาพไม่แตกต่างจากปัจจุบัน กล่าวคือ ในพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอนช่วงสมัยโฮโลซีนตอนปลายปกคลุมไปด้วยป่าไม้นานาชนิด คือ บริเวณพื้นที่ลุ่มและราบปกคลุมด้วยป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) ที่มีไม้สกุลดุดมสมบูรณ์ บางพื้นที่ที่มีสภาพดินที่ไม่สมบูรณ์อาจพบป่าเต็ง-รัง (dry dipterocarp forest) กระจาย บริเวณที่มีพื้นที่สูงขึ้นไปจากป่าเบญจพรรณปกคลุมไปด้วยป่าสนเขาแทรกอยู่กับป่าเต็งรัง (pine mixed dry dipterocarp forest) และบริเวณยอดเขาสูงจะพบป่าดิบเขา (hill evergreen forest) สมัยโฮโลซีนตอนปลายสภาพภูมิอากาศมีความร้อนเพิ่มขึ้นเนื่องจากการถอยร่นของธารน้ำแข็งเกิดการละลายตัวของน้ำแข็งบริเวณขั้วโลก เขตหนาว และเขตอบอุ่น ทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น น้ำแผ่ปกคลุมเข้าสู่แผ่นดินบริเวณเขตร้อนชื้นและเขตร้อนชื้น พื้นที่ที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินอาจมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่การเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน อาจพบบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล เนื่องจากการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเล อย่างไรก็ตามเมื่อระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ทำให้เกิดการระเหยน้ำมากขึ้น ดังนั้นบริเวณพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้ามาในแผ่นดินจะมีปริมาณฝนที่มากและอุณหภูมิอุ่นขึ้น ซึ่งสภาพภูมิอากาศเช่นนี้ทำให้บริเวณเส้นศูนย์สูตรปกคลุมไปด้วยป่าฝนและป่าดิบชื้น (moist evergreen forest) ส่วนบริเวณพื้นที่ที่อยู่สูงขึ้นมาจากบริเวณเส้นศูนย์สูตรจะปกคลุมไปด้วยป่าลัดใบ เพราะได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝนที่น้อยลง ยกเว้นบริเวณพื้นที่บนยอดเขาสูงๆ ซึ่งจะพบป่าสน และป่าดิบเขา โดยพรรณพืชเหล่านี้เป็นพรรณพืชในเขตอบอุ่นที่มีการกระจายตัวอยู่แล้วตั้งแต่สมัยไพลโตซีน (ยุคน้ำแข็ง)

#### 5.1 พลวัตของสิ่งแวดล้อม

การเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้หรือสิ่งแวดล้อมโดยรวมของพื้นที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน อาจกล่าวได้ว่า หากเกิดจากอิทธิพลตามธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงอาจไม่ปรากฏชัดเจนมากนัก เนื่องจากสภาพอากาศค่อยๆ เปลี่ยนแปลงและใช้ระยะเวลาอันยาวนาน สภาพป่าที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอาจพบได้จากแนวเชื่อมต่อของป่าไม้ โดยป่าไม้ที่อยู่ในสภาพหนาวเย็นขยับตัวสูงขึ้น ในทางตรงข้ามสภาพป่าดิบชื้นมีการขยายตัวแผ่ออกมากขึ้น อิทธิพลที่สำคัญที่ทำให้สภาพแวดล้อมโดยเฉพาะป่าไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน คือ กิจกรรมของมนุษย์

การใช้ทรัพยากรป่าไม้ในอดีตถูกใช้ทั้งที่เป็นเนื้อไม้ (เช่น การทำโลงไม้) และการบุกเบิกพื้นที่เพื่อป้องกันอันตรายจากสัตว์ป่า หรือในบางพื้นที่เป็นการเตรียมพื้นที่เพื่อทำการเกษตร อย่างไรก็ตามในช่วงโฮโลซีนตอนปลายแม้ว่าชุมชนในวัฒนธรรมโลงไม้จะมีกาใช้ไม้โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สักเพื่อใช้สร้างโลงไม้ที่ถือเป็นการใช้แบบคัดสรร คือ เลือกใช้ต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ ในช่วงเวลาดังกล่าวคาดว่า ป่าไม้ยังคงมีความอุดมสมบูรณ์อยู่มาก และป่าไม้ยังมีการทดแทนตามธรรมชาติทั้งนี้ จากสภาพภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงและมีพื้นที่ราบน้อยจึงอาจ

เป็นอุปสรรคข้อหนึ่งในการตัดไม้บริเวณพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากชุมชน ก่อรกับเครื่องมือเครื่องใช้ในอดีตยังไม่มีประสิทธิภาพที่จะสามารถตัดไม้ได้ในปริมาณมาก

ในช่วงเวลาประมาณ 500 ปีที่ผ่านมา การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในบริเวณอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในด้านลบมีความชัดเจนขึ้น เมื่อมีการครอบครองเป็นเมืองหัวเมืองอย่างชัดเจน ไม่สักถือว่าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นหรือจำเป็นเครื่องบรรณาการไปยังเมืองต่างๆ เช่น จีน และกรุงเทพฯ เป็นต้น และเหตุการณ์ที่สำคัญที่สุดที่ส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรง คือ ช่วงที่มีการเปิดสัมปทานป่าไม้ให้กับบริษัทข้ามชาติและบริษัทในประเทศ ที่ทำให้เกิดการทำลายพื้นที่ป่าเป็นบริเวณกว้าง จากการทำลายป่าอย่างต่อเนื่องทำให้พื้นที่ที่ถูกเปิดโล่งนั้นง่ายต่อการเข้ามาจับจองและใช้พื้นที่เพื่อทำเกษตรกรรม และแม้ว่าจะปรากฏพันธุ์ไม้ต่างๆ ที่บ่งบอกถึงสภาพป่าที่หลากหลายในเขตอำเภอปางมะผ้า แต่พบว่าลักษณะและขนาดของต้นไม้เหล่านั้นมีอายุค่อนข้างน้อยและขาดความอุดมสมบูรณ์

การเปลี่ยนแปลงสภาพป่าที่ค่อนข้างรุนแรง มีส่วนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ คือ ปริมาณน้ำฝนอาจมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ลดลง เพราะแม้ว่าจะมีไอน้ำในอากาศมากแต่เมื่อขาดสภาพอากาศหนาวเย็นเหนือพื้นที่ป่าไม้ การก่อตัวของเมฆฝนจะเกิดขึ้นน้อย นอกจากนี้สภาพพื้นที่ภูเขาสูงชันเมื่อป่าไม้ต้นไม้นั้นขนาดใหญ่ถูกตัดออกไปในปริมาณและพื้นที่เพิ่มขึ้น เมื่อฝนตกจึงขาดสิ่งปกคลุมดินและสิ่งที่จะช่วยชะลอความเร็ว/ความแรงของกระแสน้ำได้ ดังนั้นบริเวณพื้นที่ราบลุ่มบริเวณลำน้ำของและลำน้ำลงจึงมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นที่ค่อนข้างชัดเจนในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ที่สอดคล้องกับหลักฐานและผลการศึกษาที่ได้จากการศึกษาละอองเรณูต่างๆ

จากที่กล่าวมาแล้วว่า ป่าเบญจพรรณที่พบไม้สักเป็นไม้เด่นกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างทั้งในพื้นที่ราบลุ่ม บริเวณเชิงเขาบางพื้นที่ที่มีสภาพค่อนข้างสมบูรณ์ และจากคุณลักษณะของไม้สักที่มีความคงทน มีเสี้ยนตรง ทำให้ง่ายต่อการผ่าและแปรรูป จึงน่าจะเป็นสาเหตุหลักในการเลือกไม้ของชนในช่วงวัฒนธรรมโลงไม้ คนในสมัยวัฒนธรรมโลงไม้น่าจะเลือกใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ไม่ไกลจากแหล่งที่อยู่อาศัย และใช้ไม้สักที่ถือเป็นไม้เด่นที่พบในป่าเบญจพรรณ อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า นอกจากโลงไม้ที่สร้างจากไม้สักแล้ว ในเขตพื้นที่อำเภอปางมะผ้ายังพบโลงไม้บางโลงที่สร้างจากไม้ชนิดอื่นๆ เช่น โลงไม้ที่พบจากถ้ำปางคาม 1 และ 3 พบโลงไม้ที่สร้างจากไม้หลายชนิด เช่น ไม้ก่อ (*Castanopsis* sp.) ไม้ตะกร้า (*Garuga* sp.) ไม้ลำพู/คุ่มต้น (*Duabanga sonneraliades* Ham) และไม้พะยอม (*Shorea talura* Roxb.) และจากผลการศึกษานี้อาจเกิดจากการเลือกใช้ทรัพยากรที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ เช่นเดียวกับการเลือกไม้ที่นำมาสร้างโลงของคนในอดีตบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี ทั้งนี้จากตำแหน่งของถ้ำปางคาม 1 และ 3 ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับถ้ำอื่นๆ และสภาพป่าดั้งเดิมรอบแหล่งที่เป็นป่าดิบเขาซึ่งพบพันธุ์ไม้แตกต่างจากป่าเบญจพรรณ ทำให้การเลือกใช้ทรัพยากรป่าไม้ของชนในสมัยนั้นน่าจะพิจารณาเลือกไม้ที่อยู่ไม่ไกลจากแหล่งที่พบโลงไม้ ในปัจจุบันมากนัก อย่างไรก็ตามการเลือกไม้ของชนในอดีตที่นำมาสร้างโลงยังพบลักษณะเด่นที่เหมือนกัน คือ การเลือกนำไม้ที่มีขนาดใหญ่และมีคุณภาพดีมาสร้างโลง ที่แสดงให้เห็นถึงการเลือกไม้ที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพป่าแต่ละประเภท

## 5.2 เทคโนโลยีในการทำโลงไม้

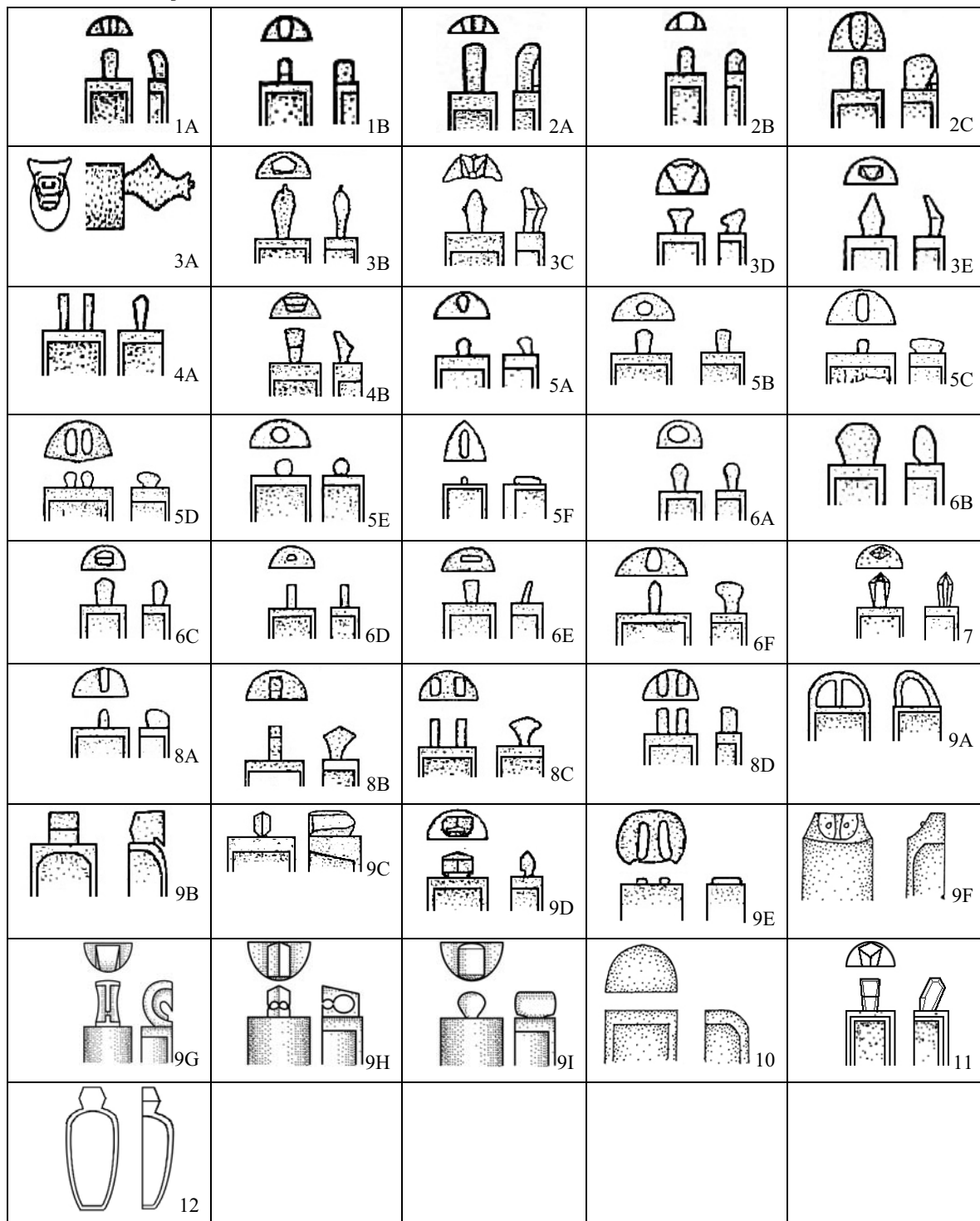
ข้อมูลด้านวงปีไม้ไขปริศนาข้อแรก คือ โลงไม้และฝาโลงมาจากต้นไม้ต้นเดียวกัน ในพื้นที่ศึกษาเกือบทุกถ้ำหลักฐานโลงไม้ที่พบอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์ ทั้งที่ถูกทำลายไปตามกาลเวลา การถูกทำลายตามธรรมชาติ และก็ทำลายโดยมนุษย์ ทำให้พบโลงไม้ที่มีลักษณะสมบูรณ์ คือ ตัวโลงและฝาโลงประกบกันอยู่ได้น้อยมาก

อย่างไรก็ตาม ผลจากการศึกษาวงปีไม้ในปัจจุบันสามารถสรุปได้ว่า โลงและฝาโลงที่วางประกบกันนั้น สร้างขึ้นจากต้นไม้ต้นเดียวกัน ซึ่งคำตอบนี้นำไปสู่คำถามอื่นๆ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทำโลง จากบริเวณผิวด้านนอกโลงที่ไม่มีเปลือกไม้เหลืออยู่ มีร่องรอยถูกฉาด้วยของมีคมขนาดกว้างประมาณ 2 นิ้ว นักโบราณคดีในโครงการได้พบหลักฐานเครื่องมือเหล็กในพื้นที่ใกล้เคียงกับที่ตั้งโลง ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลสนับสนุนว่า สมัยวัฒนธรรมโลงไม้เป็นสมัยที่มีเครื่องมือเหล็กแล้ว และวิธีการที่จะผ่าต้นไม้ทั้งต้นให้ตรงและขุดเป็นตัวยาวนั้นต้องมีเครื่องมือและวิธีการ ตลอดจนช่างที่เป็นผู้ชำนาญ เนื่องจากโลงไม้มีขนาดใหญ่ จำเป็นต้องใช้คนจำนวนมากและเวลาในการเตรียมทำโลงไม้ สันนิษฐานว่าผู้คนสมัยนั้นได้แสดงความเคารพ อาลัย ครั้งสุดท้ายกับเจ้าของโลงไม้ ไม่ว่าจะเป็นหัวหน้าชุมชน ญาติพี่น้อง ดังนั้นถึงจะเป็นงานที่หนักแต่เป็นความภาคภูมิใจ การที่เลือกไม้สักนำมาทำโลงส่วนใหญ่ น่าจะประกอบด้วยเหตุผลที่สำคัญ 2 ข้อ คือ 1) ไม้สักเป็นไม้ที่กระจายและเจริญเติบโตมากในพื้นที่ทั้งสามลุ่มน้ำ โดยเฉพาะน้ำของและน้ำแดง ดังนั้นการพึ่งพิงของมนุษย์ต่อทรัพยากรธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียงจึงเป็นเหตุผลที่เหมาะสมที่สังคมวัฒนธรรมโลงไม้คัดสรรและเลือกต้นไม้ที่ขนาดใหญ่ เปลาตรง สวยงาม มาทำโลง ซึ่งคล้ายคลึงกับโลงไม้ที่พบที่จังหวัดกาญจนบุรี (Sørensen 1974) ที่เลือกใช้ไม้ชิงชัน (Dalbergia) เนื่องจากบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีไม้ชิงชันเป็นไม้เด่นและมีคุณภาพดี และ 2) ไม้สักเป็นไม้ที่มีเส้นตรงทำให้ง่ายต่อการแกะสลักตกแต่ง และไม่เป็นอุปสรรคในการที่จะผ่าออกเป็นสองท่อน โดยการใช้ของมีคมผ่าตรงกลาง เมื่อเนื้อไม้แยกออกจากกัน จึงนำชิ้นไม้มาใส่ในร่องตรงกลาง และช่วยกันกดของมีคม (เหล็ก) ลงไปตรงกลาง ไม้สักจะแยกออกจากกันได้ง่าย และสันนิษฐานว่าอาจใช้ถ่านไม้ใส่ลงตรงกลางท่อนไม้ซุงเพื่อช่วยต่อการขุดเนื้อไม้ออก นอกจากนี้โลงไม้ส่วนใหญ่พบรอยแตกของเนื้อไม้ค่อนข้างน้อยจึงแสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนการทำโลงไม้นั้นคงมีการเลือกสรรไม้ยืนต้นก่อนและทำการควั่นลำต้นให้ลึกเข้าไปในเนื้อไม้ลึกพอประมาณ (จนถึงท่อน้ำเลี้ยงน้ำ) บริเวณที่เนื้อไม้โคนต้น (ปัจจุบันเรียกวิธีนี้ว่า การกานไม้) ไม้ยืนต้นนั้นจะค่อยๆ ตายเนื่องจากการขาดน้ำและแร่ธาตุอาหาร โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ปี ต้นไม้นั้นจะยืนต้นตายและทำการ โคนล้ม จากวิธีนี้ต้นไม้ที่ตายแล้วจะมีน้ำหนักเบา เนื่องจากในขณะที่ควั่นลำต้นและปล่อยให้ไม้ยืนต้นตายนั่น ต้นไม้จะค่อยๆ สูญเสียความชื้น คุณภาพไม้เมื่อนำมาใช้จะไม่แตก สะดวกในการขนย้ายและ ในการดำเนินการทำโลงไม้หนึ่งโลงคงต้องใช้ผู้ชายไม่ต่ำกว่า 10 คน ในการช่วยกันเคลื่อนย้ายและผ่าต้นไม้และอาจใช้เวลาเป็นเดือนในการทำโลงไม้ให้เสร็จ 1 โลง

### 5.3 นัยของรูปแบบหัวโลงที่หลากหลาย

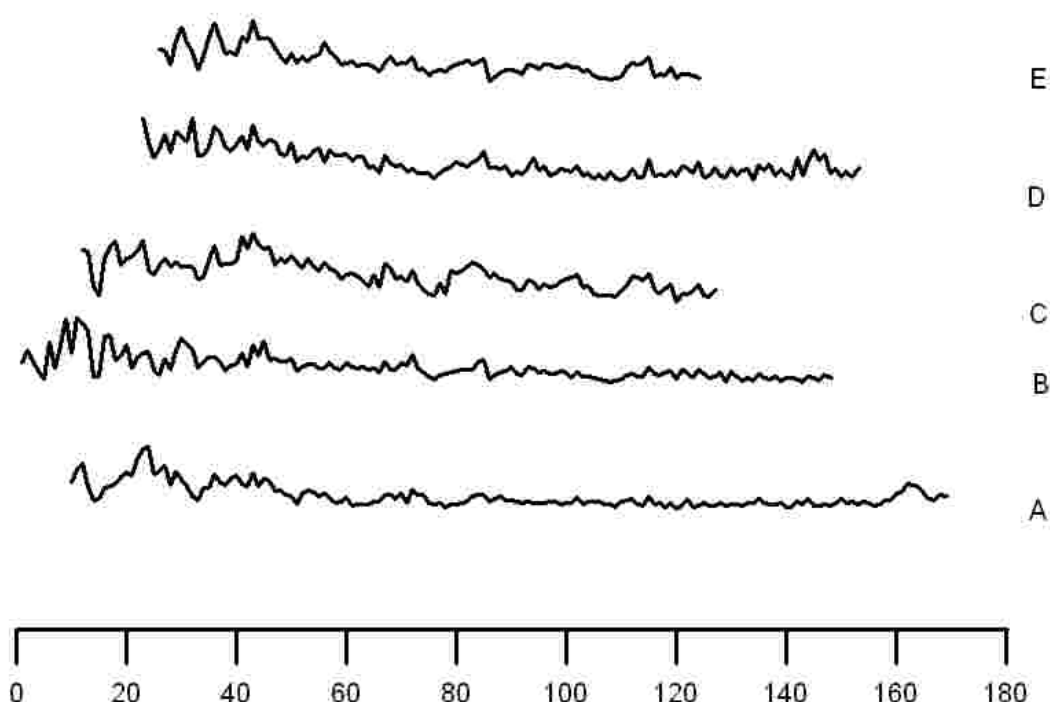
จากการศึกษาพบว่า ถั่วและเพิงฝาแต่ละแห่งมีโลงที่มีรูปแบบของหัวโลงแตกต่างกันไป บางถั่วก็มีรูปแบบส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบอย่างง่าย (1A, 1B, 2A และ 2B) เช่น เพิงฝาบ้านไร่ ต่างจากที่ถั่วบ้านบ่อไคร้ที่มีความหลากหลายของรูปแบบหัวโลงมาก (1A, 1B, 2A, 2C, 3A, 4B, 5B และ 10) (Wannasri 2004) ที่อาจแสดงถึงความแตกต่างด้านความเชื่อ ความนิยม สายตระกูล สัญลักษณ์ รวมทั้งความชำนาญและฝีมือของคนในอดีต ความสนใจเกี่ยวกับรูปแบบของหัวโลงจึงเป็น โจทย์อีกข้อหนึ่งที่ต้องการพิสูจน์ถึงความสัมพันธ์ในเชิงเวลาของรูปแบบหัวโลงต่างๆ ว่ามีหรือไม่ อย่างไร

ตารางที่ 5.1 แสดงรูปแบบหัวโลงที่พบในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน



อย่างไรก็ตามจากการศึกษาและการวิเคราะห์โดยวิธีวงปีไม้ พบว่ารูปแบบของหัวโลงที่พบมากที่สุดคือประเภทที่ง่าย ได้แก่ รูปแบบ 1A, 1B, 2A, 2B และรูปแบบอื่นๆ ที่หลากหลายออกไป ไม่บ่งบอกถึงเรื่องการพัฒนาการ กล่าวคือ มีการซ้อนทับของรูปแบบหัวโลงหลายๆ รูปแบบ กันได้ ซึ่งทำให้สมมติฐานในเบื้องต้น

ที่ตั้งไว้ว่า รูปแบบที่ง่าย ๆ น่าจะเก่าแก่กว่า (เกิดก่อน) รูปแบบที่สลับซับซ้อน อย่างไรก็ตาม รูปแบบหัวโลงที่นิยมมากที่สุดเป็นรูปแบบอย่างง่าย (1A, 1B, 2A และ 2B)



รูปที่ 5.1 แสดงการซ้อนทับของขนาดและจำนวนวงปีไม้จาก 5 ตัวอย่าง (A,B,C,D,E หมายถึง เส้นวงปีไม้ที่มาจากรูปแบบหัวโลงที่แตกต่างกัน)

โลงไม้ที่มีหัวโลงรูปแบบต่างกัน บ่งบอกถึงอะไรได้บ้าง เมื่อใช้วิธีการศึกษาโดยวงปีไม้โดยทำการวัดขนาดและจำนวนวงปีและทำการซ้อนทับกัน โดยตรวจสอบด้วยสถิติ พบว่า ตัวอย่างไม้ที่มีรูปร่างหัวโลงต่าง ๆ กัน มีการซ้อนทับกัน โดยไม่มีการเรียงลำดับที่แน่นอน หมายความว่า รูปแบบหัวโลงแบบง่าย ๆ เช่น 1A 1B, 2A, 2B และรูปร่างที่ซับซ้อน เช่น แบบหัวสัตว์ (3C) และหางสัตว์ (4B) ไม่ได้ต่อเนื่องกัน (หมายความว่ารูปแบบที่ง่าย ไม่ได้เกิดขึ้นก่อนรูปแบบที่ซับซ้อน) แต่มีการใช้หัวโลงรูปแบบต่าง ๆ สลับกันไปมา และพบว่ารูปแบบของหัวโลงแต่ละประเภทเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่เหลื่อมกันไปมา คือ มีการใช้รูปแบบหัวโลงที่หลากหลายในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ดังนั้น การสันนิษฐานเรื่องการวิวัฒนาการของหัวโลงว่า มีวิวัฒนาการเริ่มต้นจากการใช้หัวโลงรูปแบบอย่างง่ายไปเป็นรูปแบบที่มีความซับซ้อนขึ้นจึงไม่เป็นความจริง

นอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า รูปแบบหัวโลงแบบง่าย เช่น 1A, 1B, 2A และ 2B นั้นเป็นรูปแบบที่สามารถพบกระจายอยู่ในแหล่งโบราณคดีหลายพื้นที่ ซึ่งอาจเกิดจากความสัมพันธ์กันระหว่างกลุ่มคนเจ้าของวัฒนธรรมโลงไม้ในพื้นที่ต่างๆ แตกต่างจากรูปแบบหัวโลงที่มีความซับซ้อนหรือรูปแบบหัวโลงที่มีลักษณะเฉพาะที่จะพบได้ในบางแหล่งโบราณคดีเท่านั้น เช่น หัวโลงที่มีลักษณะเป็นรูปหัวสัตว์นั้น แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความเชื่อ ความนิยม หรือสัญลักษณ์เฉพาะกลุ่มของกลุ่มคนเจ้าของวัฒนธรรมโลงไม้ในพื้นที่ต่างๆ

## 5.4 ตำแหน่งที่ตั้งของถ้ำและโรงไม้

จำนวนถ้ำที่การศึกษาและเก็บข้อมูล จำนวน 18 ถ้ำ ซึ่งประกอบด้วยจำนวนตัวอย่าง มากกว่า 200 ตัวอย่าง พบว่า ถ้ำที่เป็นถ้ำแห้ง มีหลายคูหา และการเข้าถึง ไม่ยากจะพบจำนวนโรงที่มากกว่า (เช่น ถ้ำบ้านบ่อไคร้) ถ้ำที่มีน้ำไหลผ่าน มีการวางโรงในบริเวณคูหาที่แห้ง เช่น ถ้ำลอด หรือเสียบโรงไว้ตามหลังคาถ้ำ เช่นถ้ำผาแดง

การวางหรือตั้งตัวโรง พื้นที่ถ้ำในแต่ละพื้นที่มีพื้นที่ใช้สอยที่แตกต่างกันออกไป พื้นที่ที่เป็นเพิงผา เช่น เพิงผาบ้านไร่ แม่กลางจันทร์ 1 หรือเพิงผาบ้านทุ่งสาแล ที่มีลักษณะเปิดโล่ง จะมีการตั้งเสาทั้งหมด 3 คู่ จำนวน 6 เสา เสาไม้ส่วนใหญ่ทำจากไม้สักเช่นกันแต่มีขนาดที่ค่อนข้างเล็กกว่าโรงไม้ ซึ่งอาจไม่ต้องทำการคัดเลือกเท่าไร แต่หากถ้ำใดเป็นลักษณะถ้ำที่มีหลายคูหา โดยมากคูหาแรกที่มีหลังคาถ้ำสูง จะมีการตั้งโรงไม้และวางโรงบนเสาไม้ เช่นถ้ำบ้านบ่อไคร้ แต่ถ้ำถัดไปที่ค่อนข้างแคบ อาจจะเสียบโรงไม้ไปตามพื้นที่ต่างๆทั้งหลังคาถ้ำ หรือวางที่พื้น

## 5.5 ความหมายของวงปีไม้ต่อสภาพแวดล้อม-สภาพภูมิอากาศโดยรวม

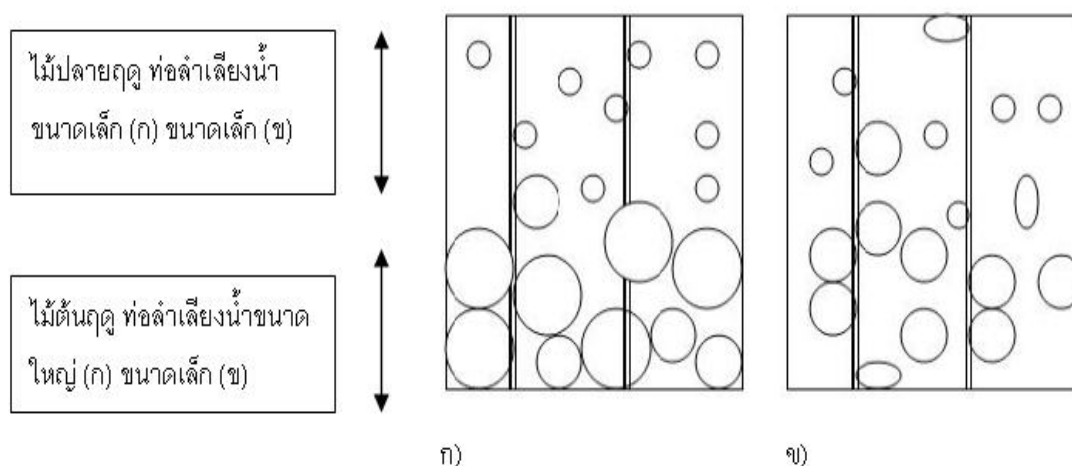
เนื่องจากการเติบโตของต้นไม้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในต้นไม้แล้ว ปัจจัยภายนอกโดยเฉพาะ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สนับสนุนและยับยั้งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ ดังนั้น ใน การศึกษาครั้งนี้จึงได้ใช้การสังเกตลักษณะของท่อน้ำเลี้ยงน้ำและขนาดความกว้างวงปีมาช่วยอธิบายถึงสภาพ ภูมิอากาศขณะที่ดินไม้นั้นยังมีชีวิตอยู่ นอกจากนี้ความโดดเด่นของไม้สักที่นำมาทำโรง พบว่า ต้นสักมีขนาด ใหญ่มาก เส้นผ่าศูนย์กลางของเนื้อไม้ที่เหลือ (ไม่พบเปลือกและกระพี้ไม้-หมายถึงเนื้อไม้ที่มีสีขาวเหลือ หากยัง ยืนต้นอยู่ในเขตรับบริเวณนี้จะทำหน้าที่ลำเลียงน้ำอาหาร เป็นส่วนของไม้ที่มีชีวิต) ประมาณ 0.50 เมตร ดังนั้นหาก จะประมาณเส้นรอบวงเฉลี่ยของไม้สักในขณะที่มีชีวิตอยู่ระหว่าง 1.60 -2.00 เมตร ซึ่งจัดว่าเป็นไม้ที่มีขนาดใหญ่

ขนาดความกว้างวงปีที่ค่อนข้างแคบบ่งบอกถึงความหนาแน่น เปียกชื้น และต้นไม้มีอายุค่อนข้างมาก (ต้นไม้มีอายุน้อยวงปีจะกว้างมาก สังเกตจากวงปีบริเวณที่อยู่ใกล้ๆ แก่นไม้ (pith) และขนาดท่อน้ำเลี้ยงน้ำ (vessel) ที่มีขนาดเล็กกระจายอยู่มากบริเวณไม้ต้นฤดูและลดน้อยลงในช่วงไม้ปลายฤดู บ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของ น้ำและความชื้นในดิน เนื่องจากหากต้นไม้มีการขาดแคลนน้ำและสร้างวงปีที่แคบ ส่วนใหญ่จะพบขนาดท่อน้ำ เลี้ยงน้ำที่ใหญ่ประมาณ 1-2 แถว และวงปีสิ้นสุดลงเกือบไม่ปรากฏบริเวณที่เรียกว่าไม้ปลายฤดูเลย (latewood) ซึ่งไม่ใช่ลักษณะของไม้สักที่พบจากตัวอย่างโรงไม้ สันนิษฐานได้ว่า ไม้สักที่เจริญเติบโตในช่วงเวลาดังกล่าวมี ความอุดมสมบูรณ์มาก มีปริมาณน้ำฝนพอเพียง ซึ่งอาจส่งผลให้อุณหภูมิในขณะนั้นต่ำกว่าในปัจจุบันเล็กน้อย

จากการสร้างเส้นภูมิอากาศซึ่งประกอบไปด้วยเส้นอุณหภูมิและเส้นน้ำฝน จากวงปีไม้สักและไม้สน จากไม้ที่มีชีวิตในพื้นที่ย้อนกลับไปได้ประมาณ 300 ปี พบว่า ปริมาณน้ำฝนในอดีตมากกว่าปัจจุบันเล็กน้อย และ อุณหภูมิในอดีตต่ำกว่าปัจจุบันเล็กน้อย ถึงแม้ว่าจากผลการศึกษาครั้งนี้ยังไม่สามารถเชื่อมต่อดัชนีไม้มีชีวิตกับ ดัชนีไม้จากโรงไม้ได้ แต่จากผลการศึกษาการสร้างเส้นภูมิอากาศย้อนไปในอดีตจากไม้ที่มีชีวิตเป็นข้อมูล สนับสนุนอย่างหนึ่งว่า ในสมัยวัฒนธรรมโรงไม้ ซึ่ง ย้อนกลับไปได้ประมาณ 4,000 กว่าปี สภาพภูมิอากาศอาจไม่ แตกต่างไปจากปัจจุบันมากนัก คาดว่ามีปริมาณน้ำฝนที่มากกว่าและอุณหภูมิที่เย็นกว่า ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้รับการ สนับสนุนจากการศึกษาละอองเรณู (Trikanchanawattana 2005) พบว่าละอองเรณูและสปอร์ของพืชที่ถ้ำลอดและ บ้านไร่ แสดงกราฟที่ชัดเจน ถึงความแห้งแล้งที่เพิ่มมากขึ้น

สภาพพื้นที่ศึกษาในอดีตน่าจะเป็นป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักขึ้นอย่างอุดมสมบูรณ์ ประกอบกับสภาพ พื้นที่ที่เป็นเทือกเขา ซึ่งมีที่ราบเพียงพื้นที่เล็กๆ การดำรงชีวิตของ “เจ้าของวัฒนธรรมโรงไม้” อาจใช้พื้นที่ราบ

บางครั้งและพื้นที่สูงบางช่วงเวลาเพื่อเป็นที่ยู่ออาศัย การดำเนินชีวิต และพื้นที่ถ้ำบางส่วนในการประกอบพิธีกรรมและเก็บ โลงไม้ ผลการศึกษาละอองเรณูและสปอร์ของทั้งถ้ำลอดและบ้านไร่ แสดงให้เห็นชัดเจนของการปรากฏและหายไปของพืชที่ต้องการความชุ่มชื้น จึงแสดงให้เห็นว่า ในช่วงเวลาน้ำหลาก สังคมมนุษย์ในอดีตอาจต้องมีการอพยพขึ้นไปยังบนพื้นที่สูง เนื่องจากบริเวณพื้นที่ราบอาจจะมีการเอ่อล้นของน้ำ แต่เมื่อถึงฤดูแล้ง กลุ่มสังคมมนุษย์ ในอดีตอาจมีการเคลื่อนย้ายกลับมาอาศัยบริเวณพื้นที่ราบ เพราะใกล้แหล่งน้ำ และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ



รูปที่ 5.2 แสดงขนาดของท่อลำเลียงน้ำที่มีขนาดแตกต่างกันของ 1 วงปี ระหว่างไม้ปัจจุบัน (ก) ไม้จากโลงไม้ (ข)

รูปทางขวามือ (ข) ขนาดของเวสเซลที่มีขนาดค่อนข้างเล็กและกระจายทั่ววงปีบ่งบอกถึงสภาพที่ไม้ขาดน้ำ รูปทางซ้ายมือ (ก) ขนาดเวสเซลที่ค่อนข้างใหญ่บริเวณไม้ต้นฤดู และเล็กในไม้ปลายฤดูบ่งบอกถึงดินสกขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งและเริ่มเจริญเติบโตในช่วงต้นฤดูฝน

## 5.6 ผลการกำหนดอายุวัฒนธรรมโลงไม้ ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์คาร์บอน-14

เนื่องจากเส้นดัชนีไม้ที่ได้จากโลงไม้ยังไม่สามารถต่อเชื่อมกับเส้นดัชนีไม้สักที่ทราบอายุ ดังนั้นจึงไม่สามารถทราบค่าอายุของโลงไม้ได้อย่างแน่นอน การกำหนดค่าอายุของโลงไม้ด้วยเทคนิคคาร์บอน-14 เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะได้ทราบค่าอายุประมาณ ซึ่งการกำหนดค่าอายุของโลงไม้ด้วยวิธีคาร์บอน-14 ได้มีการส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการประเทศต่างๆ เพื่อเป็นการตรวจสอบผลการศึกษา และตัวอย่างของโลงไม้จำนวนมากวิเคราะห์ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพฯ ถึงแม้ว่าวิธีการหาค่าอายุที่ทำในห้องปฏิบัติการของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ จะเป็นวิธีที่ค่อนข้างเก่า และใช้ตัวอย่างไม้เป็นจำนวนมาก ก็ยังให้ผลที่ใกล้เคียงกับที่ส่งไปวิเคราะห์ต่างประเทศ อย่างไรก็ตามวิธีที่ดีที่สุดในปัจจุบันนี้ ที่ควรจะมีการศึกษากันไปคือ การนำตัวอย่างโลงไม้ที่สามารถซ้อนทับกับตัวอย่างอื่นมากที่สุด และถ้าสามารถบวบปีวงสุดท้ายได้ (วงที่อยู่ใกล้เปลือกมากที่สุด) นำวงสุดท้ายไปหาค่าอายุด้วยวิธี Atom Mass Spectrometer (AMS) โดยหาค่าแอลฟาเซลลูโลส ซึ่งเป็นค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงในเนื้อไม้น้อยมาก เมื่อได้ค่าแล้วนำไป calibration กับวงปีไม้ที่ทราบอายุ จะได้ค่าอายุของ

ตัวอย่างไม้ใกล้เคียงกับปีที่ต้นไม้ถูกตัดมากที่สุด ต่อจากนั้นจึงนำค่าอายุที่วิเคราะห์ได้ไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นที่ซึ่กันกันได้ (synchronization) เพื่อกำหนดค่าอายุ

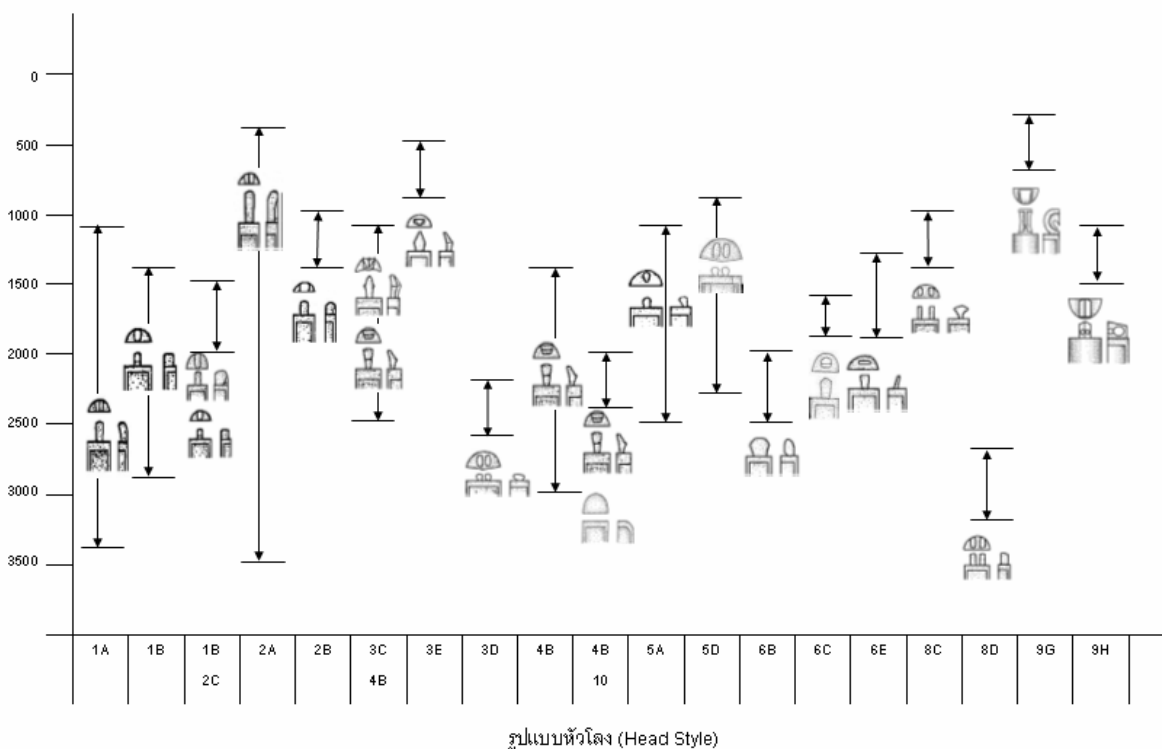
“วัฒนธรรมโลงไม้” จากการวิเคราะห์ค่าอายุทางวิทยาศาสตร์ด้วยคาร์บอน 14 พบว่า อายุที่เก่าแก่ที่สุดคือ โลงไม้จากถ้ำแม่ลาจันทร 1 ค่าอายุ  $3,160 \pm 270$  B.P. calibrated  $-2$  sigma 1,507 ปี ก่อนพุทธศักราช - 257 ปี ก่อนพุทธศักราช และโลงที่อายุน้อยคือ โลงไม้จากเพิงผาทุ่งสาแล ค่าอายุ  $430 \pm 190$  อายุ calibrated  $2$  sigma เท่ากับ พ.ศ. 1793 - 2443 ดังนั้นวัฒนธรรมโลงไม้ครอบคลุมเวลา ยาวนานถึง ประมาณ 4,000 ปี รูปแบบของหัวโลงบางรูปแบบเช่น 1A, 1B, 2A และ 4B มีการใช้ต่อเนื่องเป็นช่วงเวลากว้างในบางรูปแบบ เช่น 6C และ 3D ซึ่งมีการใช้ในช่วงที่แคบๆ

ซึ่งจากหลักฐานไม่สามารถที่จะบอกได้ว่า กลุ่มคนเหล่านี้สืบทอดกันมาอย่างต่อเนื่อง เป็นเครือญาติ กัน หรือมีการเข้ามาของกลุ่มคนใหม่ แต่ที่มีความเหมือนกันคือ ในเรื่องความเชื่อในวัฒนธรรมความตาย และใช้ทรัพยากรธรรมชาติ คือ ไม้ในป่าบริเวณใกล้เคียงเป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญในการสร้างโลงไม้

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่าอายุทางวิทยาศาสตร์ คาร์บอน-14 ยังเป็นการยืนยันถึงวิธีการศึกษาจากวงปีไม้ว่า โลงไม้ที่มีรูปแบบหัวโลงที่แตกต่างกันและซึ่กันกันได้ โดยไม่ได้เรียงลำดับตามรูปแบบง่ายไปสู่ที่ซับซ้อนเป็นความจริง

อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาเบื้องต้น ได้นำตัวอย่างไม้ที่มีรูปแบบหัวโลงที่แตกต่างกัน และตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มที่มีการซึ่กันกับตัวอย่างอื่นๆ มากที่สุดมาหาค่าอายุ พบว่าโลงไม้เริ่มปรากฏตั้งแต่ประมาณ 3,000 B.P. – 700 A.D. มีอายุอยู่ในช่วงประมาณ 4,000 ปี

ค่าอายุ C-14 Age (yrs BP)



รูปที่ 5.3 แสดงค่าอายุด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ของหัวโลงรูปแบบต่างๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษา

## 5.7 ผลเรณูวิเคราะห์

แหล่งที่มาและชนิดตะกอนที่แตกต่างกันจะให้ผลเรณูวิเคราะห์ต่างกันด้วย ในกรณีตัวอย่างจากจุด TLP4 (ตัวอย่างจากถ้ำลอด) และ TLP10 ซึ่งตะกอนมีสีคล้ำและเนื้อดินมีอินทรีย์วัตถุมากกว่า ตัวอย่างจากจุด BRP8 จึงพบปริมาณละอองเรณูหนาแน่นมากกว่า ทั้งนี้พื้นที่จุดเก็บตัวอย่าง TLP4 และ TLP10 เป็นลานตะพักลำน้ำเก่า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) ที่มีการพัดพาตะกอนให้มาทับถมในบริเวณนี้และอาจเกิดน้ำท่วมขังในบางฤดูได้ ส่วนตัวอย่าง BRP8 (ตัวอย่างจากบ้านไร่) เป็นตะกอนดินที่ทับถมมาจากการผุพังสลายตัวของแหล่งกำเนิดดินที่มาจากพื้นที่ที่เป็นหินปูน ซึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่ค่อยเหมาะสมในการรักษาสภาพของละอองเรณู

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างจากจุดจุดเจาะ BRP8 พบว่า มีความหลากหลายของชนิดพืชน้อยกว่าตัวอย่างจาก TLP4 และ TLP10 และมีความน่าสนใจที่พบสปอร์ในสัดส่วนที่สูงมาก และไม่พบละอองเรณูของพืชในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังเลย ทั้งๆ ที่บริเวณนี้เป็นแนวเชื่อมต่อ (ecotone) ของป่าทั้ง 2 ชนิดนี้ ซึ่งอาจจะต้องศึกษาถึงความแตกต่างของความทนทานต่อการผุสลายของละอองเรณูแต่ละชนิดพืช และปัจจัยสภาพทางเคมีและกายภาพของชั้นทับถมที่มีผลต่อการผุสลายของละอองเรณู รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังกล่าวข้างบน

สำหรับตัวอย่างที่นำมาจากแหล่งโบราณคดี พบว่ามีการสะสมละอองเรณูและสปอร์ค่อนข้างน้อย โดยพบ 10 ตัวอย่าง จากทั้งหมดที่ศึกษา 32 ตัวอย่าง จากผลการศึกษาพบว่าจะไม่พบ ละอองเรณูในชั้นดินที่อยู่ลึกกว่า 90 เซนติเมตร และการศึกษาเรณูวิทยาประสบความสำเร็จจากพื้นที่ที่อยู่รอบๆ แหล่งโบราณคดีมากกว่าในแหล่งขุดค้น

## 5.8 สภาพแวดล้อมโบราณ

ผลการศึกษาพบว่า ระบบนิเวศในพื้นที่บ้านถ้ำลอดและบ้านไร่ ประกอบด้วยพืชพรรณในระบบนิเวศเขตร้อนและกึ่งร้อน และผลการศึกษาตัวอย่างจากจุดจุดเจาะ TLP4, TLP10 และ BRP8 พบว่ามีสภาพความแห้งมากขึ้นเนื่องจากการเปิดโล่งพื้นที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเรณูวิทยาในหลายพื้นที่ของประเทศไทย (Kealhofer and Penny 1998; Wannakoaw 2004; Penny and Kealhofer 2005) ซึ่งได้สรุปว่า ไซโลซินตอนปลายถึงไฮโลซินตอนต้น สภาพภูมิอากาศมีความชื้นสูงขึ้นพบพืชในเขตอบอุ่นกระจายตัวอยู่บ้าง ในช่วงกลางและปลายไฮโลซิน ความชื้นสูงขึ้น อากาศร้อนขึ้น ปรากฏพืชในเขตร้อนชื้นมากขึ้น ต่อจากนั้นจนถึงใกล้ปัจจุบันความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศมีมากขึ้นและอิทธิพลจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การรบกวนสภาพป่าไม้ธรรมชาติ เป็นต้น

พืชพรรณที่พบจากจุดจุดเจาะ TLP และ TLP10 เป็นไม้สน ไม้ในป่าผลัดใบเช่น ก่อ (*Castanopsis* sp.), กระดุมผี/ไคร้ผด-ไม้ขนาดเล็ก (*Glochidion* sp.) พืชตระกูลถั่ว (*Leguminosae*) มะยม (*Phyllanthus* sp.) ก่อ (*Quercus* sp.) พะยอม (*Shorea* sp.) และ ไม้แดง (*Xylia* sp.) ไม้ไม่ผลัดใบ เช่น วงศ์กระดังงา (*Annonaceae*), *Calocedrus* sp., *Lauraceae* และ *Ulmaceae* ซึ่งพรรณไม้เหล่านี้ พบทั่วไปในพื้นที่อำเภอปางมะผ้า และภาคเหนือ นอกจากนี้ พืชพรรณบางชนิดอาจบ่งชี้ถึงสภาพการถูกรบกวนของพื้นที่ได้ โดยส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้ผลัดใบ เช่น *Glochidion* sp., *Leguminosae*, *Phyllanthus* sp. และ *Terminalia* sp. เป็นต้น (Penny 2005; Kealhofer and Penny 1998; ไชมอน การ์ดเนอร์ และคณะ 2543 )

สน (*Pinus* sp.) เป็นพืชในเขตกึ่งร้อนชื้นซึ่งในประเทศไทยพบเพียง 1 สกุล คือ *Pinus* sp. และพบเพียง 2 ชนิด (species) (ไชมอน การ์ดเนอร์ และคณะ 2543) เนื่องจากพื้นที่ประเทศไทยเป็นขอบของพื้นที่การแพร่กระจายของสน ซึ่งชอบสภาพอากาศที่เย็นและไม่ค่อยชื้น (อุทิส ภูอินทร์ 2541) หรือเรียกสภาพภูมิอากาศ

แบบเขตกึ่งร้อนชื้น ในอำเภอปางมะผ้า จะพบสนในพื้นที่สูง 700-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล ร่วมกับไม้ในป่าเต็งรัง และพบในที่สูงตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไป ร่วมกับพวกพืชในป่าดิบเขาที่มีไม้ก่อ เป็นพืชเด่น นอกจากนี้การพบเรณูของไม้สนเกือบทุกจุดเก็บตัวอย่างเป็นการยืนยันได้ว่า ป่าเขตอบอุ่น (อากาศเย็น/แห้งแล้ง) ในสมัยปลายไพลสโตซีน (10,000 ปี หรือสิ้นสุดยุคน้ำแข็ง) กระจายตัวครอบคลุมมาถึงตอนเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Kealhofer and Penny 1998) เมื่อสภาพอากาศมีความชื้นมากขึ้นและอุณหภูมิสูงขึ้น (สมัยโฮโลซีน) ไม้ป่าเขตร้อนชื้นสามารถเข้าครอบครองพื้นที่ และไม้สนถอยร่นไป ประกอบกับการใช้ไฟเพื่อเผาพื้นที่ป่าไม้และเปลี่ยนพื้นที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมของประชาชนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ในปัจจุบันยังคงมีไม้สนกระจายอยู่เป็นหย่อมๆ

สำหรับการพบ Leguminosae ของระดับความลึกด้านบนๆ ของ TLP10 ซึ่งไม้วงศ์นี้ส่วนใหญ่เป็นไม้ผลัดใบ ไม่สามารถจำแนกชนิดให้ละเอียดได้มากกว่านี้ แม้ว่าเราจะรู้กันว่าพืชตระกูลถั่วถูกนำมาบริโภคกันมานานแล้วก็ตาม เนื่องจากวงศ์นี้เป็นวงศ์ใหญ่ ลักษณะละอองเรณูยากต่อการจำแนก

หญ้าจัดเป็นพืชคลุมดินในพื้นที่ป่าผลัดใบและป่าเต็งรัง ทั้งนี้รวมทั้งไผ่ด้วย การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของละอองเรณูหญ้าที่พบ จะบอกถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ด้วย รวมกับการเปลี่ยนแปลงของพืชชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากละอองเรณูที่พบส่วนใหญ่มีขนาดเล็กซึ่งอาจเป็นได้ทั้งหญ้าทั่วไปและไผ่ และละอองเรณูหญ้าที่พบนี้ไม่น่าจะเป็นข้าวเนื่องจากแม้ว่าไผ่จะมีขนาดต้นใหญ่แต่ละอองเรณูไผ่ มีขนาดเล็ก เหมือนหญ้าป่าเช่นกัน

ผลเรณูวิเคราะห์จากทั้ง TLP 4 และ BRP8 ร่วมกับค่าอายุ 280-0 ปีก่อนปัจจุบันหรือประมาณ พ.ศ. 2213-2493 (ค.ศ. 1670-1950) (Beta-206533) และ 670-550 ปีก่อนปัจจุบัน หรือประมาณ พ.ศ. 1823-1943 (ค.ศ. 1280-1400) (Beta-206534) ตามลำดับ ซึ่งถึงสภาพความแห้งแล้งที่มากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งอาจเนื่องมาจาก การเปิดโล่งของพื้นที่และการรบกวนสภาพป่า ทั้งนี้ยังเป็นที่น่าสังเกตว่า ในช่วงค่าอายุที่ได้นี้สภาพอากาศมีแนวโน้มว่าเย็นกว่าในปัจจุบัน สอดคล้องกับช่วงเวลาการเกิด Little Ice Age ในยุโรป และช่วงที่มีอากาศเย็นในพื้นที่เอเชีย อย่างไรก็ตาม ข้อสังเกตนี้ยังต้องการการศึกษาและข้อมูลเพิ่มเติมในการอธิบายผล

ผลการศึกษาของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอด เมื่อวิเคราะห์ร่วมกับผลการวิเคราะห์กระดูกสัตว์ที่พบว่าพื้นที่ในอดีตน่าจะเป็นป่าผลัดใบ เต็งรัง ป่าไผ่ และป่าดิบเขา แม้ว่าผลเรณูวิเคราะห์จะไม่สามารถระบุถึงชนิดป่าได้ แต่ผลที่ได้ก็ไม่ขัดแย้งกับผลการวิเคราะห์กระดูกสัตว์ โดยข้อมูลละอองเรณูพบว่าพืชพรรณในอดีตประมาณ 12,100±60 ปีก่อนไม่แตกต่างกับปัจจุบันมากนัก ซึ่งอาจเชื่อมโยงได้ว่าสภาพอากาศก็น่าจะไม่แตกต่างกับในปัจจุบันมากนัก

ส่วนผลการศึกษาของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่ พบว่า ไม่แตกต่างกับปัจจุบัน ตัวอย่างชั้นที่กำหนดอายุได้มากที่สุด ประมาณ 10,210±50 ปีก่อนปัจจุบันนั้น พบแต่ละอองเรณูสน จึงไม่สามารถระบุชนิดป่าได้ เนื่องจากชนิดพืชที่พบไม่มากและไม่ต่อเนื่อง

แม้ว่าการศึกษาก่อนหน้านี้จะระบุว่าสภาพภูมิอากาศในช่วงไพลสโตซีนตอนปลายของกัวนิชเพเยา (Penny 2005) และทะเลสาบหนองหาน (Kealhofer and Penny 1998) จะหนาวเย็นและแห้งกว่าในปัจจุบัน โดยพืชพรรณไม่แตกต่างจากปัจจุบัน ผลการศึกษาเรณูวิทยาของตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอดและบ้านไร่ไม่สามารถบอกถึงสภาพภูมิอากาศได้มากนัก แต่การพบละอองเรณูของสนในทุกตัวอย่างก็อาจสนับสนุนข้อสันนิษฐานดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นที่จะใช้หลักฐานและข้อมูลอื่นเพื่อสนับสนุนข้อสันนิษฐานมากกว่านี้

นอกจากนี้ การเปรียบเทียบระดับความลึกของตัวอย่างถ่านและค่าอายุที่ได้ พบว่า พื้นที่เก็บตัวอย่างพื้นที่ 2 ที่บ้านถ้ำลอดมีอัตราการทับถมตะกอนสูงกว่าพื้นที่ 7 ที่บ้านไร่ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะพื้นที่ที่เป็นลานตะพักลำน้ำเก่า ที่เป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากการพัดพาของน้ำท่วมบ้างเป็นครั้งคราว

## 5.9 วงปีไม้และละอองเรณูกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ประกอบด้วยเหตุผลใหญ่ 2 ประการ คือ จากปัจจัยภายนอก คือ ความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการหมุนเวียนของโลกรอบตัวเองและรอบดวงอาทิตย์ แกนเอียงของโลก ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่จะส่งมาถึงโลก ซึ่งมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พอเพียงในการสนับสนุนเหตุผลเหล่านี้ เช่น การเกิดยุคน้ำแข็งในอดีตที่ผ่านมา (Braun *et al.* 2005) และปัจจัยภายใน เช่น การเกิดภูเขาไฟระเบิด (Wolfe 2000) การเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจก การเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำทะเล เป็นต้น หลักฐานที่จะใช้เพื่อยืนยันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในช่วงที่ยังไม่มีการบันทึกข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยานั้น นักวิทยาศาสตร์จะต้องหาหลักฐานอ้างอิงที่มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศโดยตรง วงปีไม้และละอองเรณูเป็นหลักฐานที่สำคัญหลักฐานหนึ่งที่จะใช้เป็นตัวแทน และสะท้อนสภาพภูมิอากาศในอดีตได้

ผลการศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากยังไม่สามารถขยายเส้นดัชนีโลงไม้กับไม้ที่มีชีวิตได้ จึงต้องใช้การกำหนดอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 พบว่า โลงไม้มีอายุอยู่ในช่วง 3,000 ปี ก่อนปีปัจจุบัน ลักษณะโครงสร้างของวงปีพบว่ามีความหนาที่ค่อนข้างแคบ และท่อลำเลียงน้ำมีขนาดเล็ก ซึ่งบ่งชี้ว่าสภาพป่าไม้มีความหนาแน่น แต่ไม่ได้มีข้อจำกัดในเรื่องความชุ่มชื้นหรือน้ำ (หากมีน้ำเป็นปัจจัยจำกัด ท่อลำเลียงน้ำจะใหญ่และมีจำนวนน้อย) ดังนั้นจึงยืนยันได้ว่าสภาพป่าไม้ในอดีตมีความอุดมสมบูรณ์มาก และสภาพอากาศในช่วงเวลาดังกล่าวค่อนข้างหนาวเย็น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาละอองเรณู ที่พบว่าในชั้นดินที่ลึกพบละอองเรณูของพวกไม้สนและก่อ ซึ่งเป็นไม้ที่ชอบสภาพอากาศที่ค่อนข้างเย็น

ในช่วงยุคน้ำแข็งระยะสั้น (Little Ice Age) ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงประมาณ พ.ศ. 1953-2343 (ค.ศ. 1400-1800) พบว่า สภาพอากาศกลับมาหนาวเย็นมากอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจากวงปีไม้และละอองเรณูของประเทศ พบว่ามีแนวโน้มในลักษณะนั้นเช่นเดียวกัน แต่อาจจะไม่ชัดเจนเท่ากับพืชพรรณในเขตอบอุ่น ในช่วงเริ่มต้นของยุคโฮโลซีน อาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศนั้นเกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติโดยตรง แต่เมื่อจำนวนประชากรและการพัฒนาเทคโนโลยีมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ไฟ ไม่ว่าจะเป็นการจุดเพื่อล่าสัตว์ป่า และการขยายพื้นที่เพื่อการเพาะปลูก สภาพธรรมชาติต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าไม้จะถูกทำลายอย่างมาก ก่อรูปกับสภาพดินของเขตร้อนชื้น เป็นดินที่มีแร่ธาตุอาหารต่ำ ดินมีความเป็นกรด และปริมาณน้ำฝนที่มาก หากที่ดินไม่มีพืชปกคลุมอยู่ หรือถูกเปิดโล่งเป็นระยะเวลายาว จะทำให้เกิดการพังทลายของดินได้ค่อนข้างรุนแรง และเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ถึงแม้ในปัจจุบันจะพบชนิดพืชพรรณเช่นเดียวกับสมัยโฮโลซีนตอนต้น แต่ความอุดมสมบูรณ์ไม่สามารถจะเปรียบเทียบกันได้เพราะธรรมชาติไม่สามารถจะฟื้นสภาพได้

วงปีไม้สามารถที่จะอธิบายความผันแปรของสภาพอากาศปีต่อปี ทั้งในปัจจุบัน และในอดีต ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันสามารถสะท้อนให้เห็นได้จากวงปีไม้ สำหรับละอองเรณู นั้น สามารถจะช่วยอธิบายสังคมของพืชพรรณในพื้นที่นั้นๆ ที่เคยเจริญเติบโตในอดีตได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามการศึกษาละอองเรณูของพืชในปัจจุบันก็มีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นฐานข้อมูลในการจำแนกชนิดพืชได้ เนื่องจากพืชจะมีความสามารถในการปรับตัวหากสภาพอากาศค่อยๆ เปลี่ยนแปลง โดยอาจเป็นการลดจำนวนลง ซึ่งสามารถศึกษาได้จากความมากมายของละอองเรณูตามความลึกของชั้นดิน ดังนั้นละอองเรณูของพืชในปัจจุบัน จะเป็นข้อมูลอ้างอิงและง่ายในการจำแนกชนิดพืชต่อไป

## 5.10 ภาพรวมความสัมพันธ์ด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม

ผลจากการศึกษาการพัฒนาของวัฒนธรรมวงปีไม้ที่มีรูปแบบหัวโลงต่างๆ กัน โดยใช้เทคนิคเกี่ยวกับวงปีไม้ และใช้วิธีกำหนดอายุคาร์บอน 14 พบว่า เทคนิคเกี่ยวกับวงปีไม้สามารถช่วยตอบคำถามให้กับโครงการฯ ได้ในระดับหนึ่ง คือ เรื่องเทคโนโลยีการทำโลง การเลือกใช้ไม้ ขั้นตอนการทำโลงไม้ นอกจากนี้เทคนิควงปีไม้ให้ข้อสรุปว่า รูปแบบของหัวโลงที่หลากหลายไม่ได้บ่งบอกถึงระยะเวลาที่แตกต่างกัน หมายถึง วัฒนธรรมวงปีไม้ที่อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 4,000 ปี มีการสร้างสรรค์รูปแบบของหัวโลงรูปแบบต่างๆ ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน ไม่ได้มีการพัฒนาจากรูปแบบหัวโลงจากรูปแบบซึ่งง่ายกว่าไปสู่หัวโลงที่สลับซับซ้อนมากขึ้น โดยสันนิษฐานว่ารูปแบบของหัวโลงอาจขึ้นอยู่กับความสามารถของช่างในสมัยวัฒนธรรมวงปีไม้ ความโดดเด่นของหัวโลงแบบง่ายที่ปรากฏให้เห็นในช่วงเวลาที่ค่อนข้างยาวนานนั้นอาจบ่งบอกถึงความนิยมรูปแบบหรืออาจเป็นสัญลักษณ์แทนสายตระกูล หรือเครื่องหมายของผู้คนในวัฒนธรรมวงปีไม้

วงปีไม้บันทึกสภาพสิ่งแวดล้อมในอดีต ความผันแปรของวงแต่ละวงในรอบหนึ่งปี บอกให้ทราบถึงปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของปีนั้นที่ต้นไม้มีอายุอยู่ ถึงแม้ว่าในการศึกษาครั้งนี้จะยังไม่สามารถใช้ดัชนีวงปีไม้จากโลงไม้ต่อเชื่อมกับดัชนีไม้สักที่มีชีวิต แต่หากมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยทำการรวบรวมจำนวนตัวอย่างไม้จากสิ่งก่อสร้าง เฟอร์นิเจอร์ หรือเครื่องมือประเภทต่างๆ คาดว่า ดัชนีไม้สักของประเทศไทยจะสามารถบ่งชี้ช่วงว่างขององค์ความรู้ของสภาพภูมิอากาศในเอเชียได้เป็นอย่างดี และเปิดเผยถึงความผันผวนของสภาพภูมิอากาศในอดีตของเขตป่าร้อนชื้น

โลงไม้จัดเป็นวัฒนธรรมที่มีคุณค่าเป็นการบอกเล่าถึงความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น วงปีไม้สักสะท้อนสภาพสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลานั้นว่า ความอุดมสมบูรณ์ของอำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ที่มีพื้นที่ปกคลุมไปด้วยสภาพป่าที่หนาแน่นเป็นที่อยู่ของสัตว์ป่านานชนิด ดังนั้นจึงทรงคุณค่าแก่การเก็บรักษาวัฒนธรรมวงปีไม้ให้อยู่คู่กับคนทั้งในพื้นที่และเป็นองค์ความรู้แก่คนรุ่นหลังต่อไป

จากผลการวิเคราะห์ละอองเรณู แม้ว่าผลค่าอายุของถ่านไม้ในชั้นดินจะไม่สามารถย้อนกลับไปได้มากนัก คือ 120+40 ปีก่อนปัจจุบัน หรือ 280-0 ปีก่อนปัจจุบัน (Beta-206533) และ 650+40 ปีก่อนปัจจุบันหรือ 670-550 ปีก่อนปัจจุบัน (Beta-206534) แต่ผลการศึกษาที่พบว่าสภาพพื้นที่มีแนวโน้มที่มีความแห้งแล้งเพิ่มขึ้น โดยผลการศึกษาเรณูวิทยาจากตัวอย่าง TLP4, TLP10 และ BRP8 พบว่ามีทั้งพืชในเขตร้อนชื้นและเขตกึ่งร้อนชื้นพืชที่พบเป็นพืชที่ยังพบอยู่ในพื้นที่อำเภอบางมะฝ้าและภาคเหนือในปัจจุบัน โดยพืชพรรณที่พบประกอบไปด้วยไม้สน ไม้ในป่าเบญจพรรณ เต็งรัง และดิบเขา โดยที่หลายๆ ชนิด สามารถบ่งชี้ถึงสภาพการรบกวนพื้นที่ การสูญเสียความชื้นหรือมีการเปิดโล่งของพื้นที่มากขึ้น เช่น *Glochidion* sp., *Leguminosae*, *Phyllanthus* sp. และ *Terminalia* sp. เป็นต้น การพบเรณูของพืชในเขตอบอุ่น (เช่น สน/โอ๊ก/ก่อ) อยู่ในระดับชั้นดินที่ลึก และไม้เขตร้อน (เช่น ถั่ว/แดง/พะยอม) ในบริเวณชั้นดินที่ตื้นขึ้นมา สลับกับหญ้าและไผ่ บ่งบอกถึงการทดแทนสังคมพืชป่าและการรบกวนที่ดิน การเปิดโล่งพื้นที่เพิ่มความแห้งแล้งให้กับบริเวณพื้นที่หน้าดิน อย่างไรก็ตามการไม่พบเรณูของเมล็ดข้าว มีเหตุผลหลายประการ คือ จากสภาพพื้นที่ศึกษาที่เป็นพื้นที่ราบเพียงเล็กน้อยและถูกห้อมล้อมไปด้วยหุบเขา พื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณต้นน้ำ ทำให้เกิดการไหลบ่าของน้ำค่อนข้างรุนแรงในช่วงฤดูฝนและพื้นที่ราบลุ่มได้รับอิทธิพลการแช่ขังของน้ำในช่วงฤดูฝนและแห้งในช่วงฤดูแล้ง คุณสมบัติของสภาพพื้นที่เช่นนี้ทำให้ละอองเรณูของพืชต่างๆ ง่ายต่อการถูกทำลาย ประกอบกับกระแสน้ำที่แรงในช่วงฤดูฝนอาจพัดพาละอองเรณูไปได้ง่าย

ส่วนผลการศึกษาตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดี แม้ไม่สามารถนำมาสร้างไคอะแกรมได้ แต่พืชที่พบเป็นพืชที่ยังคงพบในปัจจุบัน สภาพแวดล้อมในอดีตจึงอาจจะไม่แตกต่างจากปัจจุบันมากนัก นอกจากนี้จากกล่าว

ได้ว่า การศึกษาสภาพแวดล้อมในอดีตและการศึกษาทางเรณูวิทยาประสบความสำเร็จได้จากพื้นที่รอบๆ แหล่งโบราณคดีมากกว่าในพื้นที่ขุดค้น

เมื่อทรัพยากรป่าไม้ในสมัยวัฒนธรรมโลงไม้เป็นป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง สนเขา และป่าดิบชื้น ซึ่งไม่ได้แตกต่างไปจากสภาพปัจจุบันมากนัก เพียงแต่ความอุดมสมบูรณ์และความหนาแน่นของพื้นป่าจะมากกว่าในปัจจุบัน ดังนั้นชนิดสัตว์ที่พบในป่าในสมัยวัฒนธรรมโลงไม้ ก็คงไม่แตกต่างไปจากชนิดที่พบในปัจจุบัน แต่คงมีความชุกชุมมากกว่าในปัจจุบันเช่นกัน เพราะสัตว์ป่าต้องอาศัยพึ่งพิงป่าไม้เป็นแหล่งอาหารและที่หลบภัย ปัจจุบันพื้นที่ป่าถูกทำลายไปมากย่อมส่งผลให้ชนิดและจำนวนสัตว์ในปัจจุบันลดน้อยลงมาก

## 5.11 ปัญหาและอุปสรรคด้านวงปีไม้และสิ่งแวดล้อม

1. การศึกษาวงปีไม้จากตัวอย่างไม้ที่มีชีวิตครั้งนี้ ทำการศึกษาจากตัวอย่างไม้ 2 ชนิด คือ ไม้สักและไม้สน เพราะสามารถกำหนดค่าอายุของวงปีไม้ที่แน่นอน เมื่อนำเส้นดัชนีที่ได้ไปใช้ในการต่อขยายเส้นดัชนีกับดัชนีที่ได้จากสิ่งก่อสร้าง และไม้จากแหล่งโบราณคดี (ไม้จากโลงไม้) พบว่า ดัชนีไม้ที่มีชีวิตในพื้นที่ยังไม่สามารถเชื่อมต่อกับข้อมูลวงปีไม้จากแหล่งโบราณคดีโลงไม้ได้ จึงทำการอธิบายเฉพาะในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความกว้างวงปีกับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่พบว่า ขนาดความกว้างวงปีผันแปรตามสภาพภูมิอากาศ ในขณะที่ต้นไม้ยังมีชีวิตอยู่ จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงใช้ดัชนีไม้ที่มีชีวิตสร้างเส้นน้ำฝนและเส้นอุณหภูมิย้อนกลับไปในอดีตประมาณ 2-300 ปี

2. การสร้างเส้นภูมิอากาศ (reconstruction climate) ทั้งเส้นอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ศึกษาจากไม้ที่มีชีวิตสามารถทำได้ในช่วงโฮโลซีนตอนปลาย สำหรับไม้จากโลงไม้ถึงแม้จะสามารถกำหนดค่าอายุได้ แต่ยังขาดข้อมูลเชื่อมต่อกะหว่างไม้ที่มีชีวิตกับไม้จากโลงไม้อีกประมาณ 500 ปี ดังนั้นจึงยังไม่สามารถสร้างเส้นอุณหภูมิและเส้นน้ำฝนของสภาพอากาศในยุคโฮโลซีนทั้งหมดได้ จึงจำเป็นต้องอธิบายลักษณะของวงปีไม้ประกอบกับหลักฐานทางโบราณคดีอื่นๆ เช่น กระดูกสัตว์ที่ช่วยในการอธิบายสภาพภูมิอากาศ และการตีความสภาพสิ่งแวดล้อมโดยรวมของยุคโฮโลซีน และหากสามารถทำการศึกษาละอองเรณูจากแหล่งที่เหมาะสม เช่น หลุมยุบในบางพื้นที่ จะสามารถนำผลการศึกษาละอองเรณูที่ได้มาช่วยเติมเต็มสภาพภูมิอากาศในสมัยโฮโลซีน ตลอดจนชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างสมัยไพลสโตซีนตอนปลายถึงสมัยโฮโลซีนตอนต้น นอกจากนี้ตัวอย่างข้างต้น การศึกษาในอนาคตอาจพิจารณาหลักฐานอื่นๆ ที่มีศักยภาพในการศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีต เช่น ตัวอย่างจากหินงอก เพื่อนำผลการศึกษาที่ช่วยเติมเต็มช่องว่าง และสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศในอดีต ให้ชัดเจนมากขึ้น

3. การเก็บตัวอย่างและบันทึกรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างไม้และสภาพของแหล่งโบราณคดีบางแห่งไม่สามารถทำได้อย่างครบถ้วน ซึ่งมีสาเหตุหลายประการ คือ ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างในภาคสนามมีเวลาจำกัด สภาพของโลงไม้ที่ชำรุดทั้งที่เกิดตามธรรมชาติและถูกทำลายจากมนุษย์ (เช่น การเผาและขีดเขียนลงบนตัวโลง การเคลื่อนย้ายตำแหน่งของโลง เป็นต้น) สภาพแหล่งที่ยากต่อการเข้าถึง นอกจากนี้แหล่งโบราณคดีบางแหล่งที่ถ้ำและโลงไม้ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับชุมชนของชาวไทยภูเขา ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐให้ท้องถิ่นสามารถจัดการท่องเที่ยวได้เอง เป็นที่น่าเสียดายว่า แม้ทางโครงการจะได้ขอความอนุเคราะห์ในการเข้าพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่าง แต่เนื่องจากความเข้าใจที่ไม่ตรงกันที่อาจเกิดจากได้รับข้อมูลที่คลาดเคลื่อน ทำให้ทีมวิจัยไม่สามารถเข้าพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่างได้ในบางพื้นที่ แม้ว่าหลักฐานโลงไม้ในพื้นที่เหล่านั้นจะมีศักยภาพในการศึกษาด้านวงปีไม้ก็ตาม

4. ในช่วงที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนได้รับการสถาปนาให้เป็นเมืองหนึ่งในอาณาจักรล้านนา พบว่า ไม้สักได้รับการคัดเลือกกว่าเป็นของมีมูลค่าที่ใช้เพื่อเป็นเครื่องบรรณาการทั้งแก่หัวเมืองต่างๆ และส่งมายังกรุงเทพฯ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ประชาชนทั่วไปเกือบจะไม่มีสิทธิที่จะใช้ไม้สักเพื่อกิจการใหญ่ เช่น การสร้างบ้านเรือน และเมื่อมีการทำการป่าไม้อย่างจริงจัง โดยเริ่มจากหัวเมืองฝ่ายเหนือเอง และในที่สุดอยู่ภายใต้การดูแลของรัฐทั้งหมด การใช้ไม้สักจึงเสมือนเป็นของต้องห้ามของประชาชนทั่วไป นอกเสียจากจะเกิดการลักลอบตัดบ้าง ดังนั้นไม้สักจำนวนมหาศาลจึงถูกส่งออกไปนอกประเทศมากกว่าที่จะมีหลงเหลือใช้ภายในประเทศ ทำให้โอกาสที่จะใช้ตัวอย่างไม้สักจากสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่มาต่อขยายเส้นดัชนีที่มีชีวิตมีโอกาสดำเนินได้ได้น้อยมาก

5. การวิเคราะห์ค่าอายุของโลงไม้ เนื่องจากการกำหนดค่าอายุด้วยวิธี AMS ต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงในการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการต่างประเทศ จากข้อจำกัดในด้านงบประมาณ การศึกษาครั้งนี้จึงทำการเตรียมตัวอย่างไม้และส่งตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์ค่าอายุที่ห้องปฏิบัติการภายในประเทศ ที่ในกระบวนการกำหนดค่าอายุใช้วิธี Direct CO<sub>2</sub> absorption จึงทำให้ปริมาณตัวอย่างค่อนข้างมาก (10-20 กรัม) และเนื่องจากมีตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์จำนวนมากทำให้ต้องอาศัยระยะเวลาในการเตรียมตัวอย่างจากไม้ให้อยู่ในรูป pure cellulose และระยะเวลาในการวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 จากห้องปฏิบัติการต้องใช้เวลาที่ค่อนข้างมาก

6. การศึกษาละอองเรณูยังไม่พบแหล่งที่เป็นตัวแทนที่ดีสำหรับการศึกษา ดังนั้นผลการศึกษาละอองเรณูจึงพบว่าค่อนข้างมีอายุน้อยและร่วมสมัยกับปัจจุบัน หากได้มีการศึกษาละอองเรณูในพื้นที่ศึกษาต่อไป จะเป็นหลักฐานที่สำคัญอีกหลักฐานหนึ่งที่จะใช้อธิบายภาพสิ่งแวดล้อมในอดีตของ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอนได้ชัดเจนมากขึ้น

7. ข้อมูลทางด้านวงปีไม้นั้นอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้หากมีข้อมูลหรือตัวอย่างเพิ่มเติม ดังนั้นการเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมมากขึ้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ข้อมูลที่ได้นั้นมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ตลอดจนการให้ความรู้และสร้างความเข้าใจถึงความสำคัญของโบราณวัตถุเหล่านี้ก็มีความสำคัญยิ่ง เพื่อการจัดการแหล่งและการจัดระบบการท่องเที่ยวที่ถูกต้อง เนื่องจากในปัจจุบัน พบว่า โลงไม้ในบางพื้นที่ถูกเผาทำลาย หรือขีดเขียนข้อความลงบนตัวโลงที่ก่อให้เกิดความเสียหายนอกเหนือจากการผุพังตามธรรมชาติ ดังนั้นการเก็บข้อมูลทางด้านวงปีไม้จึงถือเป็นงานเร่งด่วนที่ควรกระทำก่อนหลักฐานชิ้นสำคัญชิ้นนี้จะไม่หลงเหลือให้เราได้เรียนรู้อีกต่อไป ดังนั้นข้อมูลวงปีไม้ที่ได้ในปัจจุบันนั้นถือเป็นกุญแจดอกหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้ร่วมกับการศึกษาทางด้านอื่นๆ เพื่อสร้างความเข้าใจและเรียนรู้เรื่องราวในอดีตผ่านวัตถุทางวัฒนธรรมชิ้นนี้

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

กรมแผนที่ทหาร

2519 แผนที่ “แม่ละนา”. ลำดับชุด L7017 ระยะเวลาที่ 4648III มาตรฐาน 1: 50,000. พิมพ์ครั้งที่ 2

กองสารสนเทศสิ่งแวดล้อม

2542 สารานเทศภูมิศาสตร์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดแม่ฮ่องสอน. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

เขมชาติ เทพไชย

2519 พิธีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในบริเวณถ้ำผีแมนและโนนนกทา. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) มหาวิทยาลัยศิลปากร.

คณะนักศึกษาศาสาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร รุ่นที่ 11

2540 รายงานการฝึกภาคสนาม กรณีศึกษา: ลุ่มน้ำของ จังหวัดแม่ฮ่องสอน.

จักรินรัฐ นิยมคำ

2541 เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ทรัพยากรถ้ำ. 4-5 สิงหาคม 2542. โรงแรมรอยัล กรุงเทพฯ.

ชัชวาล ทองดีเลิศ (บรรณาธิการ)

2542 สืบสานตำนานนาสวนต่อมหายใจของแผ่นดิน. เชียงใหม่: มิ่งเมืองเนาวรัตน์การพิมพ์.

ชิน อยู่ดี

2500 โบราณวัตถุสถานทั่วพระราชอาณาจักร. กรมศิลปากร.

ชีวิต เข้มเจริญ

2544 กระบวนการสร้างแผนการจัดการถ้ำลอดเพื่อการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ บ้านถ้ำลอด อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร), บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.

เชิดศักดิ์ ตรียาภิวัฒน์

2541 การศึกษาดำรงที่ตั้งแหล่งโบราณคดีประเภท “ถ้ำผีแมน” สมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายในบริเวณลุ่มน้ำของและดง อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี), ภาคโบราณคดี, คณะโบราณคดี, มหาวิทยาลัยศิลปากร

ไชมอน การ์ดเนอร์ และคณะ

2543 ไม้เมืองเหนือ. โครงการจัดพิมพ์คบไฟ.

ทองแถม นาถจำนง (แปล)

2534 “ประเพณี “ทำศพ” ของชนชาวจ้วง” ศิลปวัฒนธรรม. ปีที่ 13 ฉบับที่ 2: 230-238.

ทิพย์รัตน์ สุภาถาวาย

2522 การศึกษาสภาพทางนิเวศวิทยาในอดีตของถ้ำผีแมน อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน. สารนิพนธ์ ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธนศ เจริญเมือง

2538 มาจากล้านนา. พิมพ์ครั้งที่สอง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เมือง.

นาฏสุตา ภูมิจำนงค์

2542 โครงการศึกษาสภาพภูมิอากาศในอดีตบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยไม้สัก, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนทุนวิจัย.

นาฏสุตา ภูมิจำนงค์

2546 การศึกษาละอองเรณูจากแหล่งโบราณคดีเพิงผาบ้านไร่และเพิงผาล้อด, เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเรื่อง คน วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อมโบราณบนพื้นที่สูงในอำเภอ ปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ 2546. มหาวิทยาลัยศิลปากร วังท่าพระ. กรุงเทพฯ.

ปรีชา กาญจนาคม

2526 รายงานเบื้องต้นการสำรวจนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม. โครงการลุ่มแม่น้ำแควน้อย ตอนบนด้านโบราณคดี. นครปฐม แผนกบริการกลาง สำนักงานอธิการบดี พระราชวังสนามจันทร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พิพัฒน์ กระแจะจันทร์.

2544 การศึกษาวัฒนธรรมโลงไม้ด้วยวิธีการศึกษาจากวงปีไม้: กรณีศึกษาแหล่งโบราณคดีหุบเขาบ้านไร่ในเขตอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี), ภาควิชาโบราณคดี, คณะโบราณคดีมหาวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พิพัฒน์ กระแจะจันทร์

2546 “โลงไม้ที่เพิงผาบ้านไร่กับการตีความค่าอายุของวงปีไม้”, เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเรื่อง คน วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อมโบราณบนพื้นที่สูงในอำเภอ ปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. (เอกสาร โรเนียว)

รัฐพงษ์ พวงทับทิม

1998 ศึกษาละอองเรณูและสปอร์ของ บริเวณแอ่งพรุฑูเขา “อ่างกา” ที่ยอดดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

รัศมี ชูทรงเดช

2546 ภาพรวมสภาพแวดล้อมโบราณช่วงสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย-โฮโลซีนตอนปลาย, เอกสารประกอบการประชุมเรื่อง คน วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อมโบราณในพื้นที่สูงอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ 2546, มหาวิทยาลัยศิลปากร, วังท่าพระ, กรุงเทพฯ.

รัศมี ชูทรงเดช และคณะ

2544 คน วัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมโบราณ บนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน, เอกสารประกอบการประชุมโครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน, มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

2546 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. กรุงเทพฯ.

- 2547 รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่ 2. กรุงเทพฯ.
- 2548 รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3 โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในอำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะที่ 2. กรุงเทพฯ.

สถาพร ขวัญยืนและคณะ.

- 2530 โครงการโบราณคดีประเทศไทย (ภาคเหนือ). กรมศิลปากร; ม.ป.ท.

สันต์ เกตุปราณีต, นิพนธ์ ตั้งธรรม, สุวิทย์ แสงทองพราว, ปรีชา ธรรมานนท์, นริศ ภูมิภาคพันธ์และศิริ อัคระอักษร.

- 2534 ไฟป่าและผลกระทบต่อระบบป่าไม้ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักวิชาการป่าไม้

- 2539 100 ปีวิชาการป่าไม้ไทย. กรมป่าไม้.

สำนักงานอำเภอบางมะฝ้า

- 2540 บรรยายสรุป อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. (เอกสาร โรเนียว)

สิทธิพงศ์ ดิลกวนิช

- 2544 รายงานการวิจัยขั้นสมบูรณ์ของโครงการสำรวจและจัดระบบฐานข้อมูลถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน. เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

สินีนาฏ วรรณศรี

- 2546 “การศึกษาวงปีไม้จากโลงไม้ถ้ำบ่อไคร้”, เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเรื่อง คนวัฒนธรรม และสภาพแวดล้อมโบราณบนพื้นที่สูงในอำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. (เอกสาร โรเนียว)

สุจิตต์ วงษ์เทศ

- 2538 “ล้านนา:มหาราชอาณาจักร”. ศิลปวัฒนธรรม.

สุเมธรัตน์ สวัสดิ์สาตี

- 2542 งานศิลปบนแผ่นผา. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเรื่อง “ทรัพยากรถ้ำ”. โครงการการสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดกาญจนบุรี. โรงแรมรอยัลซิติ้ กรุงเทพฯ วันที่ 4-5 สิงหาคม 2542. สนับสนุนโดยกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สุรศักดิ์ อนันต์เวทยานนท์

- 2530 การศึกษารูปร่างของเรือขุดที่พบบริเวณอุทยานถ้ำลอด ต.สบป่อง อ. เมือง จ. แม่ฮ่องสอน. สารนิพนธ์ระดับปริญญาตรี, ภาควิชาโบราณคดี, คณะโบราณคดี, มหาวิทยาลัยศิลปากร

อังคาร แจ่มชื่น

- 2541 เรณูวิเคราะห์สำหรับการศึกษาสภาพภูมิอากาศที่ยอดดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือของไทย, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

อุทิศ ภูอินทร์

- 2539 “ป่าไม้ผลัดใบของประเทศไทย”. ป่าไม้กับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบญ

อุดมลักษณ์ สุนทรกุล

- 2546** ความหลากหลายของชาติพันธุ์ของคนบนพื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน.  
เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเรื่อง คน วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อมโบราณบน  
พื้นที่สูงในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. ณ วันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ 2546, มหาวิทยาลัย  
ศิลปากร วังท่าพระ, กรุงเทพฯ

## ภาษาอังกฤษ

Anderson, D.

- 1990 Lang Rongrien Rockshelter: A Pleistocene, Early Holocene Archaeological Site from Krabi, Southwestern Thailand. **University Museum Monograph 71**. Philadelphia: The University Museum.

Backer, P.

- 2002 Trans-Atlantic Climate Connection. **Science** 26: 67-68.

Bass, P. and Vetter, R.E.(eds.)

1989. Growth rings in tropical woods. **IAWA Bull.** N.s.10: 95-174

Bellwood, P.

- 1997 **Prehistory of the Indo-Malaysian Archipelago**, revised edn. Honolulu: University of Hawaii Press.

Berlage, H.P.

- 1931 **Over het Verband Tusschen de Dikte der Jaaringen van Djatiboomen (*Tectona grandis* L.f.) en den regenval op Java.** (About the relationship between annual ring width of Djati trees (*Tectona grandis* L.g.)

Bhattacharyya, A., Yadav, R.R., Borgaekar, H.P., and Pant, G.B.

- 1992 Growing-ring analysis of Indian tropical trees:dendroclimatic potential. **Current Science**. 62: 736-741.

Boonchirdchoo, S.

- 1996 **relative Study of Pinus Tree Ring-width and Climatic Variables. Case Study: Nam Nao and Phu Kradung National Parks, Thailand.** Unpublished M.Sc Thesis, Faculty of Technology of Environmental Management, Mahidol University, Bangkok.

Borgaonkar, H.P., Pant, G.B. and Kumar, K.R.

- 1994 Dendroclimatic Reconstruction of the Summer Precipitation at Srinagar, Kashmir, India, since the late eighteenth century . **The Holocene** 4(3): 299-306.

Borgaonkar, H.P., Pant, G.B., and Rupa Kumar, K.

- 1996 Ring width variation in *Cedrus deodara* and its climate response over the Western Himalaya. **Int. J. Climatol.** 16: 1409-1422.

Boyd W.E. and Mcgraph R.J.

- 2001 The geoarchaeology of the prehistoric ditched sites of the upper Mae Nam Mun Valley, NE Thailand, **Late Holocene vegetation history** 171: 307-328.

Braun H., Christl M., Rahmstorf S., Ganopolski A., Mangini A., Kubatzki C., Roth K., and Kromer B.

- 2005 Possible solar origin of the 14,703 year glacial climate cycle demonstrated in a coupled model. **Nature** 438.

Buckley, B.M., Barbetti, M., Watanasak, M., D'Arrigo, R. Boonchirdchoo, S., and Sarutanon, S.

- 1995 Dendrochronological investigations in Thailand. **IAWA Journal** 16(4): 393-409.

Chappell, J.

- 1982 Sea levels and sediments: some features of the context of coastal archaeological sites in the Tropics. **Archaeology in Oceania** 17:69-78.

Chang, K.C.

- 1977 **The Archaeology of Ancient China**. 3<sup>rd</sup> ed., New Haven Yale University.

Chowdhury, K.A.

- 1940 The forming of the growth ring trees in Indian tree. **Indian Forest Records** vol. II. no.3. Part III.

Cook, E.R. and Holmes, R.L.

1986. User manual for program Arstan. In : Holmes, R.L. et al. (eds.). **Tree-ring chronologies of western North America, California, eastern Oregon and northern Great Chronology Series IV**. Univ. of Arizona, Tucson, pp. 50-65.

Cook, E.R. and L.A. Kairiukstis (eds.)

- 1990 **Methods of Dendrochronology**. London: Kluwer Academic Publ.

Coster, C.

- 1927 Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen -und Jahresringbildung in den Tropen Ann. **Jard. Bot. Buitenzorg**, 37: 49-161.
- 1928 **Einiges ueber das Dickenwachstum und die Inhaltsstoffe des Djatistammes, *Tectona grandis* L.f. *Tectona***, 17: 1056-1057.

D'Arrigo, R., Barbetti, M., Watanasak, M., Buckley, B., Krusic, P., Boonchirdchoo, S., and Sarutanon, S.

- 1996 Progress in Dendroclimatic Studies of Mountain Pine in Northern Thailand. **IAWAJ**. 8(4): 433-444.

De Boer, H.J.

- 1951 Tree-ring Measurement and Weather Fluctuation in Java from A.D. 1514. **Kom. Akad. Wetensch** 54: 194-209.

Denniston, R F. and Gonzalez, L.A.

- 2000 Speleothem Evidence for Changes in Indian Summer Monsoon Precipitation over the last ~2300 years. **Quaternary Research** 53: 196-202.

February, E.C.

- 1996 “Coffins”, wood and the Status of the People Buried. **Journal of Archeological Science** 23: 279-282.

Filley, T.R., Blanchette R.A., Simpson E. and Fogel M.L.

- 2001 Nitrogen cycle by wood decomposing soft-rot fungi in the “King Midas tomb”, Gordion, Turkey. **National Academy of Science** 98(23): 13346-13350.

Free, M and Alan, R.

- 1999 Global warming in the context of the Little Ice Age. **J. of Geophysic Research** 104(D16): 19057-19070

Fraegri, K. and Iversen, J.

- 1989 **Textbook of Pollen Analysis**. 4<sup>th</sup> ed. Great Britain: Courier International.

Fritts, H.C.

- 1976 **Tree Rings and Climate**. London: Academic Press.

Gamble, C. and Soffer, O. (eds.)

- 1990 **The World at 18000 BP. vol. 2: Low Latitudes**. Unwin Hyman Ltd.

Garder, S., Sidisunthorn, P. and Anusarnsunthorn, V.

- 2000 **A field guild to forest trees of northern Thailand**. Bangkok: Kopfai Publishing.

Geiger, F.,

- 1915 Anatomische Untersuchungen ueber die Jahrringbildung von *Tectona grandis*. **Jahrb. F. Wiss. Botanik** 55: 522-607.

Gorman, C. F.

- 1970 Excavation at Spirit Cave, North Thailand. **Asian Perspective** 13.  
1971 Hoabinhian and After: Subsistence Patters in Southeast Asia During the Pleistocene and Early Recent Periods. **World Archaeology** 2: 300-320.

Grave, P. and Kealhofer, L.

- 1999 Assessing Bioturbation in Archaeological Sediments Using Soil Morphology and Phytolith Analysis. **Journal of Archaeological Science** 26: 1239-1248.

Grave, P., Spies, J., Barbetti, M., and Hotchkis, M.

- 1994 Dating the Log Coffin of Northwest Thailand. **IPPA conference**: 1994 Jan 5-12. Chiang Mai.

Grenfell, H.R.

- 1995 Probable fossil zygnematacean algal spore genera. **Review of Palaeobotany and Palynology** 84: 201-220.

Harrison, T and Harrison, B.

- 1971 The Prehistory of Sabah. **Sabah Society Journal**. Hong Kong: Cathay Press Ltd.

- Heaney, L.  
1991 Climatic and vegetational change in Southeast Asia. **Climatic Change** 19:53-60.
- Hesmer, H.  
1970 **Der Kombinierte Land-und Forstwirtschaftliche Anbau. II. Tropisches und subtropisches Asian**, pp. 103-113, Stuttgart: Band 17, E. Klett-Verl.
- Higham, C. F.  
1989 **The Archaeology of Mainland Southeast Asia**. New York: Cambridge University Press.
- Holmes, R.L.  
1983 Computer-assisted Quality Control in Tree-ring Dating and Measurement. **Tree-Ring Bull** 43: 69-78.
- Hutangkura, Trongjai  
2000 **Pollen anlysis of Holocene sediments from Kanchanaburi province: palaeo-vegetation and palaeo-environment**, Unpublished M.Sc. Thesis, Technology of Environmental Management, Faculty of Graduae Studies, Mahidol University, Bangkok.
- IPCC.  
1996 Intergovernmental Panel on Climate Change. In : Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A., and Maskell, K., (Eds.), **Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jacoby, G.C.  
1980 Overview of tree-ring analysis in tropical regions. **IAWA Bull.** n.s. 10: 99-108
- Jacoby, G.C. and D'Arrigo, R.  
1990 Teak (*Tectona grandis* L.f.) a tropical species of large-scale dendroclimatic potential. **Dendrochronologia** 8, 83-98.
- Jarupongsakul,S.  
1987 **Geomorphology of the Chao Phraya delta, Thailand**. Unpublished Doctoral dissertation, Division of Tropical Agriculture, Kyoto University, Japan.
- Khaokhiew, C.  
2004 **Geoarchaeology of Thamlod rock shelter, Changwat Mae Hong Son, Northern Thailand**. Unpublished M.Sc. Thesis, Graduate school, Chulalongkorn University, Bangkok.
- Kealhofer, L.  
1995 Environment during the Terminal Pleistocene and Holocene in Northeastern Thailand: Phytolith evidence from Lake Kumphawapi. **Asian Perspective** 35(2): 229-254.

Kealhofer, L. and Penny, D.

- 1998 A Combined Pollen and Phytolith Record for Fourteen Thousand Years of Vegetation Change in Northeastern Thailand. **Review of Palaeobotany and Palynology** 103: 83-93.

Komonjinda, S. and Wattanakornsiri, A.

- 2000 **Pollen Analysis for Plant Communities of the Holocene Samples from Mae Yom Park.** Unpublished B.S. Project, Faculty of environment and resource studies Environmental Science and Technology, Mahidol University, Bangkok.

Liese, W.

- 1986 To the memory of Sir Dietrich Brandis. **India Forester** 112: 639-644.

Maloney, B.K.

- 1997 A 10,600 year pollen record from Nong Thale Song Hong, Trang Province, South Thailand. **Journal of Siam Society** 86(1-2): 201-217.
- 1998 Pollen analysis: An appraisal of the potential of lime stone caves and sediments (from areas of calcareous drainage). **SPAFA Journal**. 8(3): 5-11.

Mann, M.E., Bradley, R.S., and Hughes, M.K.

- 1999 Northern hemisphere temperatures during the past millennium: inferences uncertainties and limitations. **Geophysical research Letters** 26: 759-762.

Maloney, B.

- 1992 Late Holocene climatic change in Southeast Asia: the Palynological evidence and its implications for archaeology. **World Archaeology** 24:25-34.

Moore, P.D., Webb, J.A., and Collinson, M.E.

- 1991 **Pollen analysis.** Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Murphy, J.O. and Whetton, P.H.

- 1989 A re-analysis of a tree ring chronology from Java. Proc. Kon. Ned. Akad. **Wetensch** 92: 241-257.

Murphy, J.O.

- 1994 A dendroclimatic study of teak from east Java. Proc. Kon. Ned. Akad. **Wetensch** 97: 183-199.

Nobochi, T., Ogata, Y., and Siripatanadilok, S.

- 1995 Seasonal characteristics of wood formation in *Hopea odorata* and *Shorea henryana*. **IAWA J.** 16: 361-369.

Palakit, K.

- 2004 **Dendroclimatological Studies of teak (Tectona grandis L.): A case Study in Mae Hong Son Province, Thailand.** Master Thesis in Technology of Environmental Management, Fac. of Graduate Studies, Mahidol University.

Palmer, J.G. and Murphy, J.O.

- 1993 An extended tree ring chronology (Teak) from Java Proc. Kon. Ned. Akad. **Wetensch.** 96: 27-41.

Pant, G.B. and Borgaonkar, H.P.

- 1983 Growth ring of teak trees and regional climatology. In.:Singh, L.R., Singh, S., Tiwari, R.C., Srivastava, R.P. (eds.), **Environmental management**, pp. 154-158, India: The Allahabad Geographical Society, Department. of Geography, University. of Allahabad:.

Penny, D.

- 1996 Paleoenvironmental analysis of the Sakon Nakhon basin, northeast Thailand: palynological perspectives on climate change and human occupation. **Bulletin of Indo-Pacific Prehistory Association** 18(2):139-148.
- 2001a Palaeoenvironmental analysis of the Sakon Nakhon basin, north-east Thailand; palynological perspectives on climate change and human occupation. **Bull.Indo-pacific Prehist.**
- 2001b A 40,000 year palynological record from north-east Thailand; implications for biogeography and palaeo-environmental reconstruction. **Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 171: 97-128.

Penny, D. and Kealhofer, L.

- 2004 Microfossil evidence of land-use intensification in north Thailand. **Journal of Archaeological Science** 32: 69-82.

Penny, D. (inpress).

- 2005 The Holocene history and development of the Tonle Sap, Combodia. **Quaternary Science Reviews.**

Phanijkul, S.

- 1999 **Correlative study of teak ring width and climatological data from Srisatchanalai area, Northern Thailand.** Unpublished M.Sc. Thesis, Environmental Planning for Community and Rural Development, Faculty of graduate studies, Mahidol University, Bangkok.

Pilcher, J.R.

- 1990 Sample Preparation, Cross-dating, and Measurement. In: Cook, E.R. & L.A. Kairiukstis, (eds.). **Methods of Dendrochronology: Applications in the environmental sciences**, pp. 40-51, Dordrecht: Kluwer Academic:.

Pramojanee, P. and Hastings, P.

- 1983 Geomorphological and palynological investigation of sea level change in Chanthaburi, S.E. Thailand. In: Thiramongkol N., and Pisutha-Arnond V. (eds). **Proceedings of the First Symposium on the Geomorphology and Quaternary Geology of Thailand**, Bangkok, pp. 35-51.
- 1993 **Images of The Past.** Moutain View : Mayfield.

Pumijumnong, N.

- 1995 **Dendrochronologie mit Teak (*Tectona grandis* L.) in Nord-Thailand.** Germany: Dissertation, University Hamburg.

Pumijumnong N. and Park W-K

- 2000 Reconstruction of Northern Thailand May Rainfall using Anatomical Variables of Teak Tree Rings. New Horizons in Wood Anatomy. **Proceedings of the 4th. Pacific Regional Wood Anatomy Conference. Edited by Yoon Soo KIM.** Chonnam National University, Kwangju, Korea, pp. 282-287.

Pumijumnong, N., Eckstein D. and Sass U.

- 1995a Tree-ring Research on *Tectona grandis* in northern Thailand. **IAWA Journal**, 16(4): 385-392.
- 1995b Reconstruction of rainfall in northern Thailand from tree-ring series of teak. In **IGBP-PAGES/PEP II Symposium on Palaeoclimate and Environmental Variability during the past 2000 Years in Austral - Asian Transect**, Nov. 28 - Dec. 1, Nagoya University. Nagoya, Japan, pp. 186-191.

Pumijumnong, N., Eckstein, D., Sass U., and Park, W-K.

- 2000 Tree-Ring Network (*Tectona grandis* L.) and its Use for climate Reconstruction. New Horizons in Wood Anatomy. In **Proceedings of the 4th. Pacific Regional Wood Anatomy Conference. Edited by Yoon Soo KIM.** Chonnam National University, Kwangju, Korea. pp 278-281.

Purintavaragul, C.

- 1999 **Palynological and Sedimentological investigations of Holocene environmental changes in SE Thailand and their impact on human society.** Final report for 1998-99, National Research Council of Thailand.

Poungtaptim, R.

- 1998 **Palynological study of the Intramontane peat bog at Doi Inthanon, Chiang Mai province.** Unpublished M.Sc. Thesis, Graduate school, Chulalongkorn University, Bangkok.

Roberts, N.

- 1998 **The Holocene: An Environmental History.** Malden: Blackwell.

Sass, U., Eckstein, D., and Killmann, W.

- 1995 Wood formation in two species of Dipterocarpaceae in Peninsular Malaysia. **IAWA J.** 16: 371-384.

Schweingruber, F.H.

- 1993 **Trees and Wood in Dendrochronology.** Springer-Verlag.

Shoocongdej, R.

- 1996 Working toward an anthropological perspective on Thai Prehistory: current research on the Post-Pleistocene. **Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association** 14(1):119-132.
- 2000 Forager mobility organization in seasonal tropical environments of western Thailand. **World Archaeology** 32(1): 14-40.

Sonsuk, M.

- 2003 Radiocarbon Dating. **OAEP/JAERI 4<sup>th</sup> Follow up training Course on Nuclear Technology and its Diverse Application**; 6-16 Oct 2003; Thailand: Office of Atoms for Peace,

Sukkosol, V.

- 1996 **A Study of Drought and Flood Events in Thai History Data of the 20<sup>th</sup> Century and Comparison with Meteorological data and Tree-ring Indices**. Master Thesis, Fac. of Graduate Studies, Mahidol University.

Stahle, D.W., Cleaveland, M.K., Blanton, D.B., Therrell, M.D., and Gay, D.A.

- 1997 The lost colony and Jamestown droughts. **Science**, Vol.280:564-567.

Steward, J.

- 1973 **Theory of Culture Change**. Urbana: University of Illinois Press.

Stokes, M.A. and Smiley, T.L.

- 1968 **An Introduction to Tree-Ring Dating**. United States of America.

Sørensen, P.

- 1974 Prehistorical Iron Implements From Thailand. **Asian Perspectives** 16. Hong Kong : The University Press of Hawaii.

Tenazas, R.C.F.

- 1983 The Boat-coffin Burial Complex in the Philippines and its Relation to Practices in Southeast Asia. **SPAFA Digest** 4(1): 11-8.

Thammanitcha, S., Tourchob W., and Pipatwattanakul, D.,

- 1988 Variation in radial growth of Murkus and Khasia Pines in Thailand. Proceeding of the seminar on growth and yield in tropical mixed/moist forest, Hualalumpur, Malasia.

Trikanchanawattana, C.

- 2005 **Polynological study at Ban Tham Lod and Ban Rai in Pang Ma Pha district, Mae Hong Son province, northern Thailand**. Unpublished M.Sc M.Sc in Technology of Environmental Management, Faculty of Graduate Studies, Mahidol university.

Wannasri, S.

- 2004 **A Dendroarcheological Study of Log Coffins: Bo Krai Cave and Ban Rai Rockshelter in Pang Mapha District, Mae Hong Son Province.** Unpublished M.Sc. Thesis, Technology of Environmental Management, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, Bangkok.

Wannakoaw, P.

- 2004 **Pollen analysis for vegetations and climatic changes in Holocene period at Thung Salang Luang National Park, Pitsanulok Province.** Unpublished M.Sc Thesis, Technology of Environment management, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, Bangkok.

Watanasak, M.

- 2003 **Paleo-ecological reconstruction of Sukhothai world heritage.** Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol university. Supported by UNESCO.

Wolfe J.

- 2000 **Volcanoes, Climate Change.** NASA Earth Science Enterprise, Data service.

Yadav R.R. and Singh J.,

- 2002 Tree-Ring-Based Spring Temperature Patterns over the Past Four Centuries in Western Himalaya. **Quaternary Research** 57: 299-305.

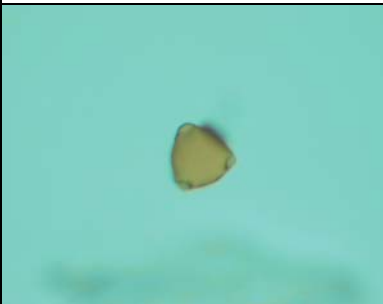
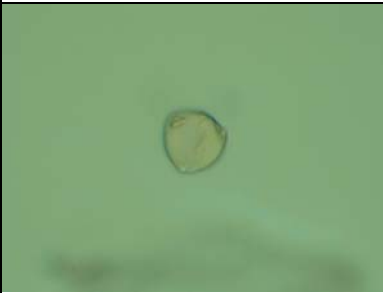
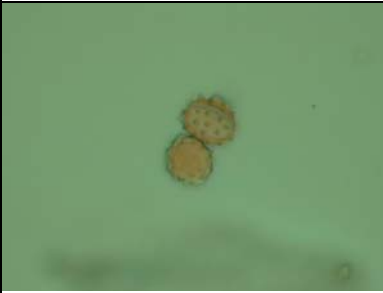
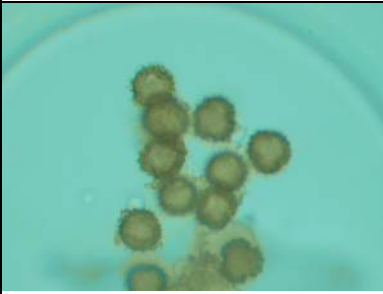
## เว็บไซต์

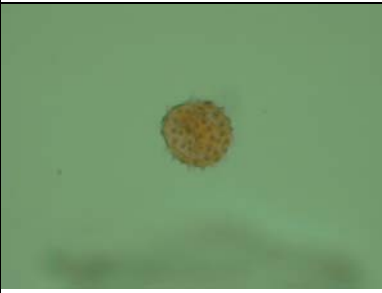
<http://www.lakepowell.net/sciencecenter/paleoclimate.html>  
<http://www.nap.edu>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/younger\\_dryas](http://en.wikipedia.org/wiki/younger_dryas)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Medieval\\_climate\\_optimum](http://en.wikipedia.org/wiki/Medieval_climate_optimum)  
[http://www.gcmod.nasa.gov/records/GCMD\\_EARTH\\_LAND\\_Paleocl\\_Dryas1.html](http://www.gcmod.nasa.gov/records/GCMD_EARTH_LAND_Paleocl_Dryas1.html)  
<http://www.lakepowell.net/sciencecenter/paleoclimate.html>  
<http://info.anu.edu.au> [Accessed 2006 JAN 28]  
[http://www2.sunysuffolk.edu/mandias/lia/little\\_ice\\_age.html](http://www2.sunysuffolk.edu/mandias/lia/little_ice_age.html)  
<http://www.arizona.edu>  
<http://www.geo.arizona.edu/palynology/polkey.htm>  
<http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/calibration.htm>  
[http://www.oakview.demon.co.uk/bronze\\_age/](http://www.oakview.demon.co.uk/bronze_age/)  
<http://www.hullcc.gov.uk/archeology/hullmc.htm>

# ภาคผนวก

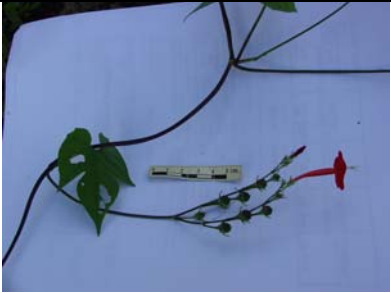
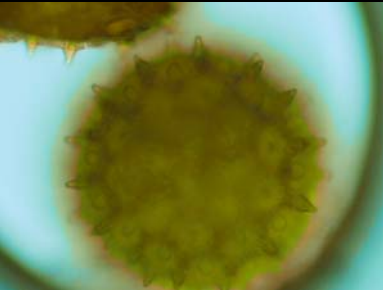
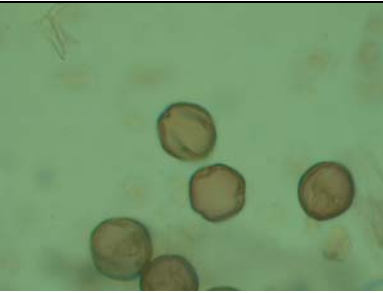
## ภาคผนวก ก ผลการศึกษา Modern Pollen

ตาราง ก-1 ผลการศึกษา modern pollen บริเวณถ้ำลอด

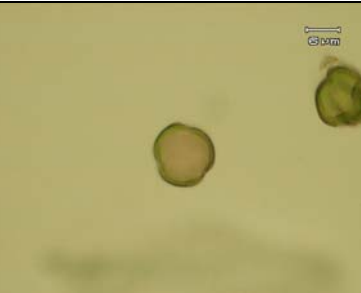
| Sample no. | Plant habits and taxa           | Plant sample |                                                                                      | Pollen result                                                                         |
|------------|---------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| STL1-001   | Herbaceous plant-<br>Compositae |              |     |    |
| STL1-002   | Shrub- Leguminosae              |              |   |   |
| STL1-003   | Shrub                           |              |  |  |
| STL1-004   | Herbaceous plant-<br>Compositae |              |                                                                                      |  |
| STL3-001   | Herbaceous plant-<br>Compositae |              |   |  |

| Sample no. | Plant habits and taxa                                                       | Plant sample |                                                                                     | Pollen result                                                                        |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| STL3-002   | Herbaceous plant-<br><i>Fissodocarpus linifolia</i><br>Bennet<br>Onagraceae |              |    |                                                                                      |
| STL3-003   | Herbaceous plant-<br>Acanthaceae                                            |              |   |                                                                                      |
| STL3-004   | Herbaceous plant-<br>Compositae                                             |              |  |  |
| STL3-005   | Herbaceous plant-<br>Compositae                                             |              |  |  |
| STL3-006   | Herbaceous plant-<br>Compositae                                             |              |  |  |

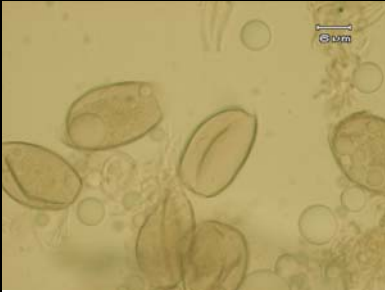
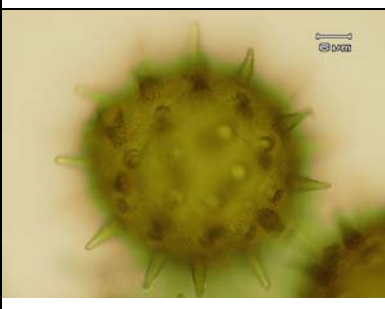
| Sample no. | Plant habits and taxa                                                                            | Plant sample                                                                       | Pollen result                                                                         |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| STL3-007   | Orchidaceae                                                                                      |  |                                                                                       |
| STL3-008   | Herbaceous plant-                                                                                |                                                                                    |                                                                                       |
| STL3-009   | Herbaceous plant-<br>Compositae                                                                  |                                                                                    |   |
| STL3-010   | Tree-<br><i>Syzygium cumini</i> (Linn.)<br>Skeels or <i>Euginia cumini</i><br>Druce<br>Myrtaceae |                                                                                    |  |
| STL3-011   | Herbaceous plant-<br>Compositae                                                                  |                                                                                    |  |
| STL3-012   | Tree-<br><i>Shorea obtuse</i><br>Dipterocarpaceae                                                |                                                                                    |  |

| Sample no. | Plant habits and taxa                                              | Plant sample                                                                        | Pollen result                                                                        |
|------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| STL3-013   | Orchidaceae                                                        |    |    |
| STL4-001   | Herbaceous plant-<br><i>Cleome viscosa</i> L.<br>Capparaceae       |   |   |
| STL4-002   | Herbaceous plant-<br><i>Spilanthus acmella</i> Murr.<br>Compositae |  |  |
| STL4-003   | Herbaceous climber-<br><i>Ipomoea</i> sp.<br>Convolvulaceae        |  |  |
| STL4-004   | Tree-<br><i>Sterculia pexa</i><br>Sterculiaceae                    |  |  |

**ตาราง ก-2 ผลการศึกษา modern pollen บริเวณบ้านไร่**

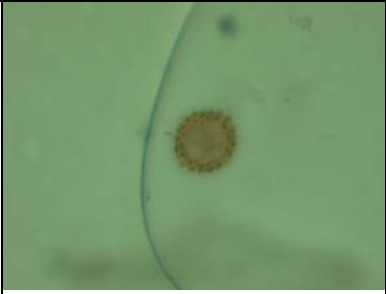
| Sample no. | Plant habits and taxa          | Plant sample                                                                         | Pollen result                                                                         |
|------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| SBR1-001   | Herbaceous plant-Acanthaceae   |    |    |
| SBR1-002   | Herbaceous plant               |   |                                                                                       |
| SBR1-003   | Herbaceous plant               |  |                                                                                       |
| SBR1-004   | Herbaceous plant-Zingiberaceae |  |                                                                                       |
| SBR1-005   | Shrub                          |  |  |

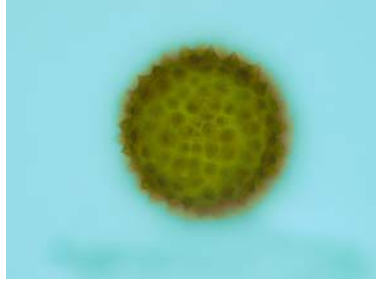
| Sample no. | Plant habits and taxa                              | Plant sample                                                                        | Pollen result                                                                        |
|------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| SBR1-006   | Shrub                                              |    |                                                                                      |
| SBR1-007   | Tree-<br><i>Sterculia villosa</i><br>Sterculiaceae |   |   |
| SBR1-008   | Shrub                                              |  |                                                                                      |
| SBR1-009   | Shrub                                              |  |                                                                                      |
| SBR1-010   | Palm-<br>Palmae                                    |  |  |

| Sample no. | Plant habits and taxa                                | Plant sample                                                                       | Pollen result                                                                         |
|------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| SBR1-011   | Herbaceous plant                                     |  |    |
| SBR2-001   | Shrub-<br>Malvaceae                                  |  |   |
| SBR2-002   | Herbaceous plant-<br>Leguminosae                     |                                                                                    |  |
| SBR2-003   | Herbaceous plant-<br>Malvaceae                       |                                                                                    |  |
| SBR2-004   | Tree-<br><i>Shorea siamensis</i><br>Dipterocarpaceae |                                                                                    |  |

| Sample no. | Plant habits and taxa                        | Plant sample                                                                      | Pollen result                                                                      |
|------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| SBR3-001   | Shrub-<br><i>Barleria</i> sp.<br>Acanthaceae |  |  |

ตาราง ก-3 ผลการศึกษา modern pollen บริเวณเพิงผาถ้ำลอด

| Sample no. | Plant habits and taxa                                              | Plant sample                                                                         | Pollen result                                                                         |
|------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| SMT-001    | Fern-<br><i>Pteris</i> sp.<br>Pteridaceae                          |    |    |
| SMT-002    | Fern-<br><i>Adiantum</i> sp.<br>Pteridaceae                        |    |   |
| SMT-003    | Shrub                                                              |   |  |
| SMT-004    | Herbaceous plant-<br><i>Spilanthes acmella</i> Murr.<br>Compositae |  |  |
| SMT-005    | Herbaceous plant-<br>Poaceae                                       |  |                                                                                       |

| Sample no. | Plant habits and taxa                                                                | Plant sample                                                                        | Pollen result                                                                        |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| SMT-006    | Herbaceous plant-                                                                    |                                                                                     |    |
| SMT-007    | Herbaceous plant-<br>Acanthaceae                                                     |    |    |
| SMT-008    | Herbaceous plant-<br><i>Asystasia</i> sp.<br>Acanthaceae                             |                                                                                     |  |
| SMT-009    | Herbaceous plant-<br>Malvaceae                                                       |                                                                                     |  |
| SMT-010    | Herbaceous plant-<br><i>Tithonia diversifolia</i><br>(Hemsley) A. Gray<br>Compositae |  |  |

| Sample no. | Habitat and taxa                                                                | Plant sample                                                                         | Pollen result                                                                         |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| SMT-011    | Herbaceous plant-<br><i>Ageratum conyzoides</i> L.<br>Compositae                |    |                                                                                       |
| SMT-013    | Herbaceous plant-<br><i>Alternanthera frutescens</i><br>R. Br.<br>Amaranthaceae |   |   |
| SMT-014    | Herbaceous plant                                                                |                                                                                      |  |
| SMT-015    | Herbaceous plant -<br>Acanthaceae                                               |  |  |
| SMT-016    | Herbaceous plant -<br>Labiatae                                                  |  |  |

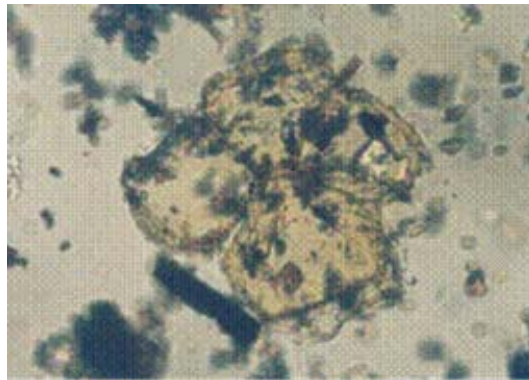
## ภาคผนวก ข

### รูปละอองเรณูและสปอร์

ต้นไม้ (Tree) และไม้พุ่ม (Shrub)



*Alnus* sp.



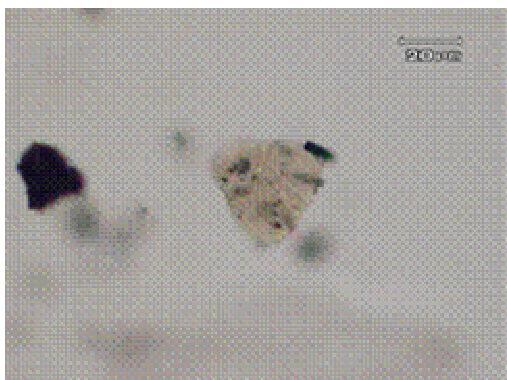
Annonaceae



cf. *Bauhinia* sp.



*Betula* sp.



*Bombax* sp.



cf. *Calocedrus* sp.

## ต้นไม้ (Tree) และไม้พุ่ม (Shrub)



*Castanopsis* sp.



*Glochidion* sp.



*Jatropa* type



Lauraceae

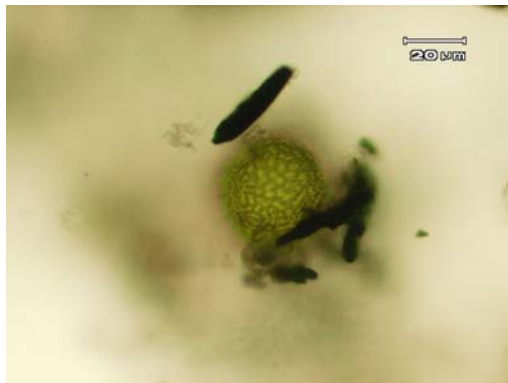


Leguminosae

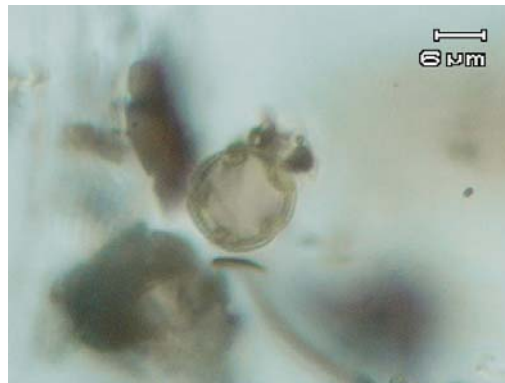


*Nyssa* sp.

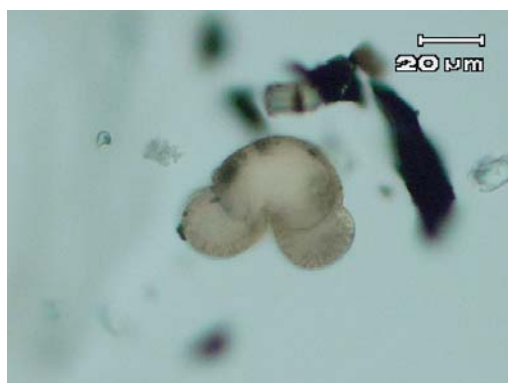
## ต้นไม้ (Tree) และไม้พุ่ม (Shrub)



*Oleaceae*



*Phyllanthus* sp.



*Pinus* sp.



*Pterocarpus* sp.

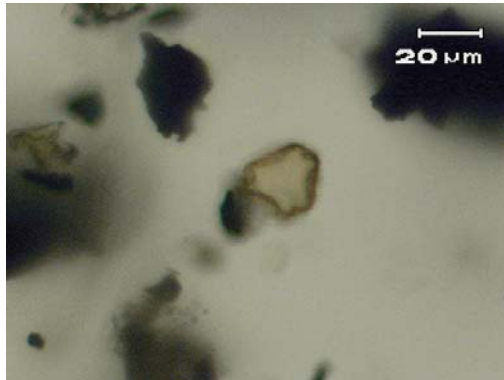


*Quercus* sp.



*Shorea* sp.

## ต้นไม้ (Tree) และไม้พุ่ม (Shrub)



*Symplocos* sp.



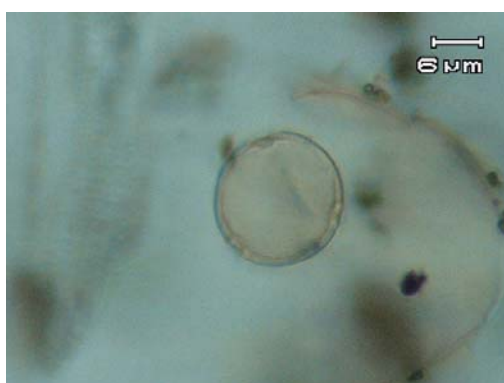
*Syzygium* sp.



*Terminalia* sp.



Ulmaceae



Urticaceae



*Xylia* sp.

## HERBACEOUS PLANT



Acanthaceae



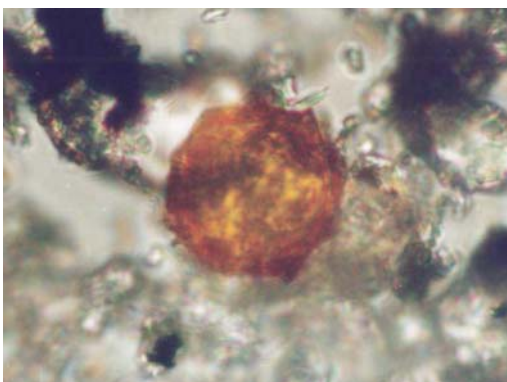
Acanthaceae



Acanthaceae



*Alternanthera* sp.



Amaranthaceae

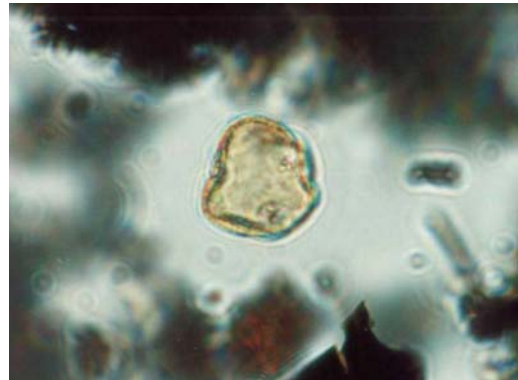


Cheno-Amaranthaceae

## HERBACEOUS PLANT



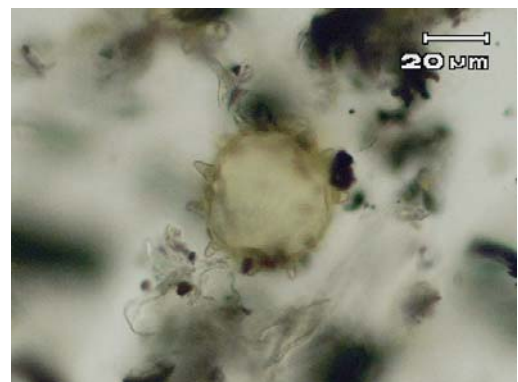
Compositae



Cyperaceae



Liliaceae/Amaryllidaceae



Malvaceae

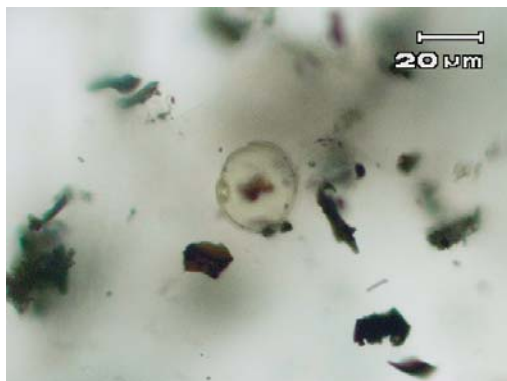


*Merremia* sp.

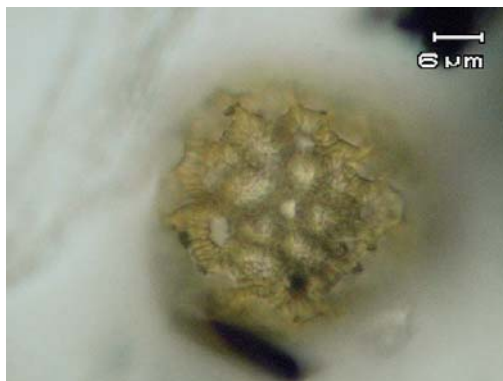


Poaceae (cultivated type)

## HERBACEOUS PLANT



Poaceae (wild type)

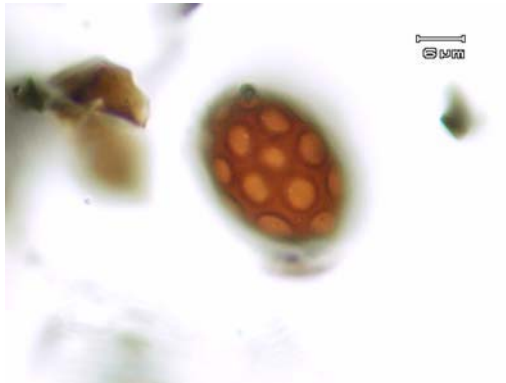


*Polygonum* sp.

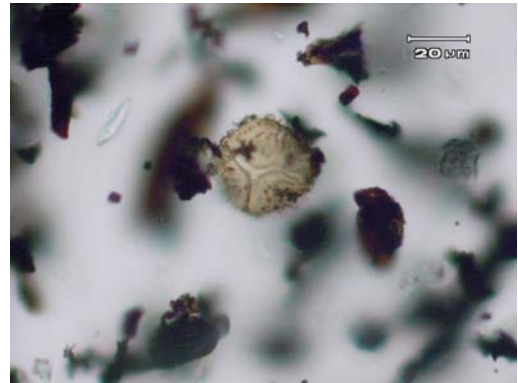


Thunbergia (Acanthaceae)  
/ Eriocaulon

## FERN AND FERN ALLIES



cf. *Bolbitis* sp.



*Cheilanthes* sp.



*Cyathea* sp.



*Davallia* sp.



Lycopoda



Lycopoda

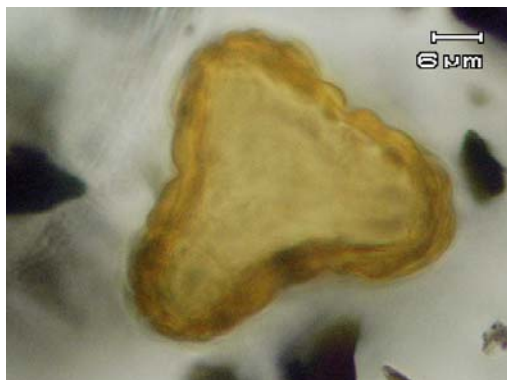
## FERN AND FERN ALLIES



*Lycopodia*



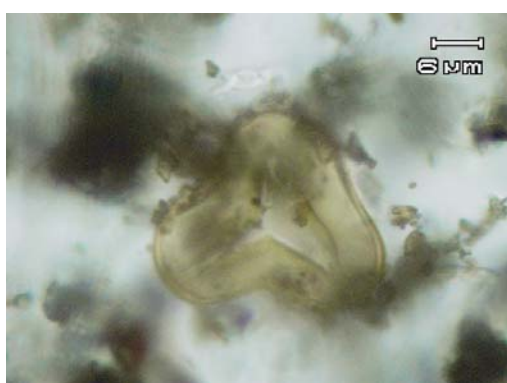
*Lygodium* sp.



*Lygodium* sp.



*Microlepia* sp.



*Microlepia* sp.



*Ophioglossum* sp.

## FERN AND FERN ALLIES



*Osmunda* sp.



Polypodiaceae



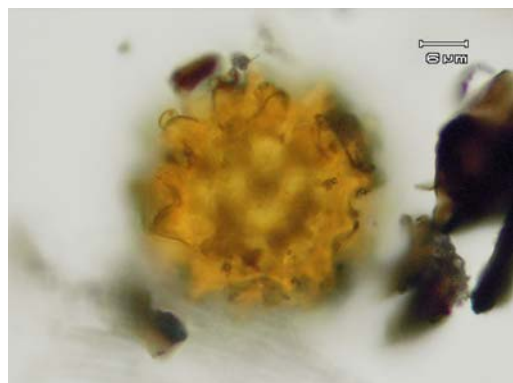
Polypodiaceae



psilate trilete spore



Pteridophytic spore



Pteridophytic spore

## FERN AND FERN ALLIES



Pteridophytic spore



*Pteris* sp.



*Pteris* sp.



Schizaeaceae



Schizaeaceae



Schizaeaceae

## PALM



cf. *Calamus* sp.



Palmae

## ALGAE

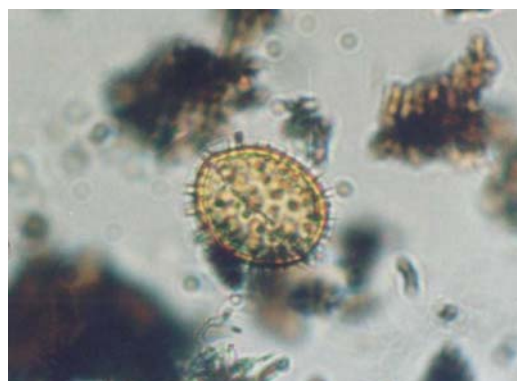


*Circulispores* sp.



*Concentricystes* sp.

## AQUATIC PLANT



cf. *Blyxa* sp.

## ภาคผนวก ค

### รายงานผลการกำหนดค่าอายุ Radiocarbon Dating

| Dr. Rasmi Shoocongdej                                                                                                                                                                            |                          | Report Date: 8/15/2005              |                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Silpakorn University                                                                                                                                                                             |                          | Material Received: 7/6/2005         |                                 |
| Sample Data                                                                                                                                                                                      | Measured Radiocarbon Age | $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratio | Conventional Radiocarbon Age(*) |
| Beta - 206533<br>SAMPLE : TLP410<br>ANALYSIS : AMS-Standard delivery<br>MATERIAL/PRETREATMENT : (wood): acid/alkali/acid<br>2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 1670 to 1950 (Cal BP 280 to 0)          | 160 +/- 40 BP            | -27.3 o/oo                          | 120 +/- 40 BP                   |
| Beta - 206534<br>SAMPLE : BRP820<br>ANALYSIS : AMS-Standard delivery<br>MATERIAL/PRETREATMENT : (organic sediment): acid washes<br>2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 1280 to 1400 (Cal BP 670 to 550) | 620 +/- 40 BP            | -23.1 o/oo                          | 650 +/- 40 BP                   |

## CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-27.3;lab. mult=1)

Laboratory number: Beta-206533

Conventional radiocarbon age: 120±40 BP

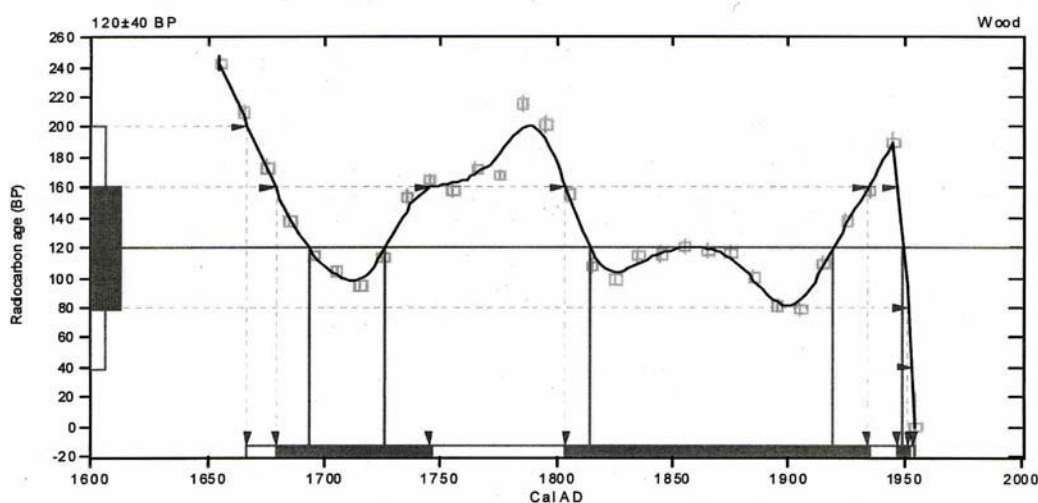
2 Sigma calibrated result: Cal AD 1670 to 1950 (Cal BP 280 to 0)  
(95% probability)

Intercept data

Intercepts of radiocarbon age  
with calibration curve:

Cal AD 1690 (Cal BP 260) and  
Cal AD 1730 (Cal BP 220) and  
Cal AD 1810 (Cal BP 140) and  
Cal AD 1920 (Cal BP 30) and  
Cal AD 1950 (Cal BP 0)

1 Sigma calibrated results: Cal AD 1680 to 1740 (Cal BP 270 to 200) and  
(68% probability) Cal AD 1800 to 1930 (Cal BP 150 to 20) and  
Cal AD 1950 to 1950 (Cal BP 0 to 0)



### References:

- Database used*  
INTCAL98  
*Calibration Database*  
*Editorial Comment*  
Stuiver, M., van der Plicht, H., 1998, Radiocarbon 40(3), pxi-xii  
INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration  
Stuiver, M., et al., 1998, Radiocarbon 40(3), p1041-1083  
*Mathematics*  
A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates  
Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

### Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

## CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-23.1:lab. mult=1)

Laboratory number: Beta-206534

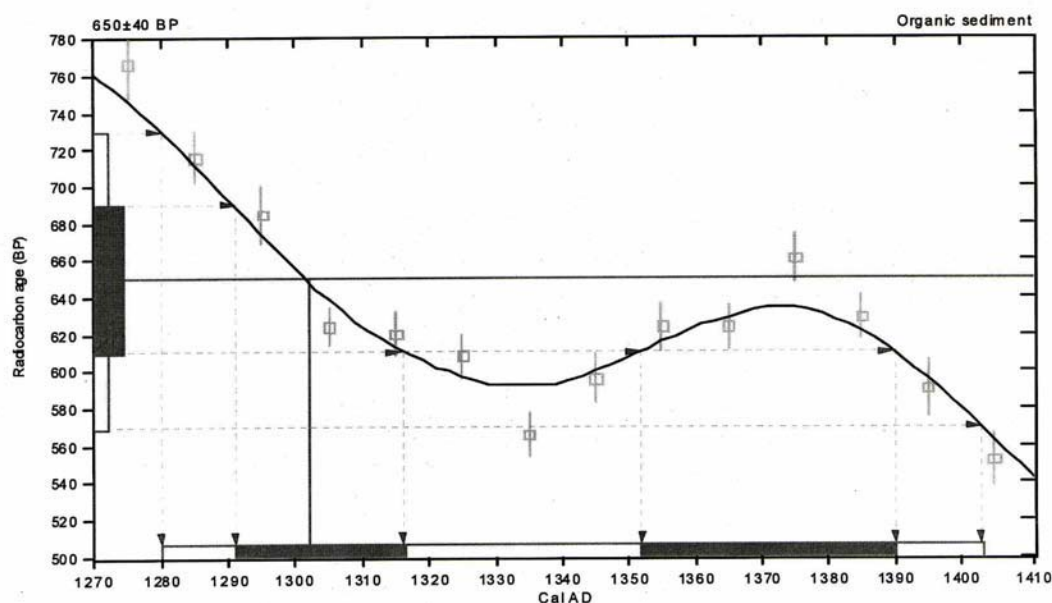
Conventional radiocarbon age: 650±40 BP

2 Sigma calibrated result: Cal AD 1280 to 1400 (Cal BP 670 to 550)  
(95% probability)

Intercept data

Intercept of radiocarbon age  
with calibration curve: Cal AD 1300 (Cal BP 650)

1 Sigma calibrated results: Cal AD 1290 to 1320 (Cal BP 660 to 630) and  
(68% probability) Cal AD 1350 to 1390 (Cal BP 600 to 560)



### References:

#### Database used

INTCAL98

#### Calibration Database

#### Editorial Comment

Stuiver, M., van der Plicht, H., 1998, Radiocarbon 40(3), pxi-xiii

#### INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration

Stuiver, M., et al., 1998, Radiocarbon 40(3), p1041-1083

#### Mathematics

#### A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

## Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com