



รายงานสรุปการประชุม

โครงการ การจัดประชุมวิชาการ “ทรัพยากรล้ำ”

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ฝ่ายสนับสนุนการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เพื่อทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพสิ่งแวดล้อมและสวัสดิการสาธารณะ

จัดทำโดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพงษ์ คิลกวนิช

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ศาลายา นครปฐม 73170

สิงหาคม 2542

รายงานสรุปการประชุม  
โครงการ การจัดประชุมวิชาการ “ทรัพยากรล้ำ”

|                                 | หน้า    |
|---------------------------------|---------|
| สรุปผลงานสำหรับผู้บริหาร        | ก – ซ   |
| บทคัดย่อ                        | ณ       |
| ABSTRACT                        | ญ       |
| เอกสารประกอบการประชุม ฉบับที่ 1 | 1 – 299 |
| ภาคผนวก                         | ก – ม   |
| เอกสารประกอบการประชุม ฉบับที่ 2 | 1 – 49  |
| ภาคผนวก                         | ก - ณ   |

## สรุปผลงานสำหรับผู้บริหาร

### การประชุมวิชาการ “ทรัพยากรถ้ำ” จังหวัดแม่ฮ่องสอนและกาญจนบุรี

จากการเสนอผลงานของกลุ่มสำรวจถ้ำในเขตลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำกลาง จังหวัดแม่ฮ่องสอนและบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร จังหวัดกาญจนบุรีนั้น พอที่จะสรุปให้เห็นได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การนำเสนอบทความ ซึ่งคณะวิจัยกลุ่มนี้พยายามค้นหาความจริงหรือข้อมูลพื้นฐานในแต่ละด้าน และทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลบางส่วนซึ่งทำให้ได้ผลงานที่น่าสนใจเป็นจำนวนทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 25 ชิ้น 2) ข้อวิจารณ์และข้อเสนอแนะจากผู้ตั้งคำถามหลักและผู้สนใจท่านอื่นๆ ในที่ประชุมต่อตัวบทความและทิศทางของการดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับถ้ำ ซึ่งสามารถแจกแจงรายละเอียดดังนี้ คือ

#### 1. การนำเสนอบทความ

ช่วงการนำเสนอบทความของนักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยตลอดระยะเวลา 2 วันที่ผ่านมานั้น สามารถแบ่งเป็นหมวดหมู่ของความรู้ออกเป็น 6 ด้าน คือ

#### ธรณีวิทยาและอุทกวิทยา

จากหลักฐานที่ได้ในการสำรวจในระยะหนึ่งปีครั้งนี้ คุณชัยพร ศิริพรไพบูลย์ ได้ให้ภาพกว้างทางธรณีวิทยาเกี่ยวกับลักษณะของหิน ธรณีโครงสร้าง และธรณีสัณฐาน ซึ่งสามารถทำความเข้าใจขั้นตอนเบื้องต้นของการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ว่าบริเวณนี้เป็นทะเลน้ำตื้นมาก่อนในช่วงเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส หรือเมื่อประมาณ 345 ถึง 230 ล้านปีที่ผ่านมานี้ โดยมีการพบซากบรรพชีวินบางชนิดที่

สำรวจพบได้ภายในถ้ำหลายแห่ง โดยเฉพาะฟิวซูลินิด (fusulinids) และไครนอยด์ (crinoid) ซึ่งจะสังเกตไม่ได้ง่ายนักจากภูมิประเทศภายนอกถ้ำ รวมทั้งวิธีการสำรวจและการทำผังถ้ำอย่างคร่าวๆ ซึ่งจนถึงขณะนี้คณะวิจัยได้สำรวจถ้ำที่มีความสำคัญทางธรณีวิทยาไปแล้วประมาณ 9 ถ้ำ รวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ 9.7 กิโลเมตร จากการสำรวจครั้งนี้ คุณพัฒนธร ไทไวยะ ได้ประยุกต์ความรู้พื้นฐานของการวิวัฒนาการของธารน้ำซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางธรณีวิทยาที่สะท้อนถึงการวิวัฒนาการของถ้ำด้วย โดยผู้วิจัยได้เปรียบเทียบขั้นตอนของลักษณะถ้ำแต่ละช่วงเวลากับตัวอย่างถ้ำหลายแห่งในพื้นที่ ส่วน คุณไพศาล ศรีพิเศษ ได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดหินงอก หินย้อยที่สัมพันธ์กับอายุของถ้ำ โดยมิน้ำเป็นตัวกระทำและสร้างสรรค์ประติมากรรมรูปแบบต่างๆ ภายในถ้ำ ได้แก่ หินลอดหินย้อย หินปูนฉาบ หินปูนเกลียว ดอกไม้ ถ้ำ และอื่นๆ ซึ่งความแปรปรวนของประติมากรรมทางธรรมชาติเหล่านี้ต้องการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจในกระบวนการเกิดอีกมาก

ส่วนทางอุทกวิทยานั้น คุณชัยพร ศิริพรไพบูลย์ ได้แสดงถึง ลักษณะการไหลของน้ำในภูมิประเทศแบบคาสต์ซึ่งจะพบทางน้ำผิวดินที่มีการไหลเชื่อมต่อกับทางน้ำใต้ดินเป็นช่วงๆ โดยผ่านโพรงถ้ำในลักษณะของน้ำซับและน้ำพุได้ และปริมาณน้ำที่ไหลตามเส้นทางน้ำต่างๆ มีเพียงพอที่จะอำนวยประโยชน์ให้กับระบบนิเวศน์ต่างๆ รวมถึงการใช้น้ำของชุมชนหลายแห่งในพื้นที่ด้วย ขณะเดียวกัน ดร.สิทธิพงษ์ ดิลกภูมิข ได้นำเสนอว่า คุณภาพน้ำที่แตกต่างกันในแต่ละถ้ำ โดยเฉพาะจาก

การปนเปื้อนสิ่งเจือปนจากกิจกรรมของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นของเสียด้านเกษตรกรรม ของเสียจากครัวเรือน กิจกรรมการท่องเที่ยว และอื่นๆ นั้น สามารถส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำและสุขภาพของผู้บริโภคตามชุมชนได้ ต่อจากนั้น คุณคีน สมาร์ท เสนอภาพของธรณีวิทยาและอุทกวิทยาเบื้องต้นของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรฝั่งตะวันออก โดยเฉพาะลักษณะธรณีโครงสร้างและลักษณะการไหลของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในเขตภูมิประเทศภูเขาหินปูนที่สำรวจพบในภาคสนาม พร้อมกับข้อมูลที่ที่น่าสนใจบางส่วนเกี่ยวกับการตรวจวัดค่าทางสิ่งแวดล้อมของถ้ำ เช่น อุณหภูมิและความชื้นในอากาศของถ้ำบางแห่ง และการศึกษาเกี่ยวกับการขัดสีและการละลายของหินปูนโดยน้ำที่ไหลผ่านถ้ำ

### ป่าไม้และสัตว์ป่า

คุณสมศักดิ์ เลาเฮีย ซึ่งเป็นหัวหน้าคณะสำรวจและวิจัยด้านนี้ ได้ให้ภาพรวมเกี่ยวกับพืชพันธุ์ธรรมชาติและสัตว์ป่าที่พบในกลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำลางว่า ยังคงมีความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายทางชีวภาพอยู่มาก ถึงแม้พื้นที่ป่าไม้บางส่วนจะถูกบุกรุกแผ้วถางจากการขยายตัวของชุมชนต่างๆ ก็ตาม โดยป่าที่พบมีอยู่ 6 ชนิด ได้แก่ ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าไผ่ และป่าบริเวณเขาหินปูน ซึ่งทางคณะวิจัยได้สำรวจชนิดพันธุ์พืชต่างๆ โดยเฉพาะบริเวณกลุ่มถ้ำ 3 แห่ง ซึ่งสังคมพืชในแต่ละกลุ่มถ้ำมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งขึ้นกับปัจจัยทางกายภาพ เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเล ปริมาณน้ำฝน และอื่นๆ ส่วนสัตว์ป่าที่พบในบริเวณ 3 กลุ่มถ้ำนี้ กลับพบว่าความหลากหลายของสัตว์ป่า โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและสัตว์ปีกมีจำนวนมากที่สุดในกลุ่มถ้ำที่มีชนิดของป่าน้อยที่สุด ซึ่งอาจเป็นเพราะการขยายตัวของพื้นที่เกษตร

กรรมในพื้นที่กลุ่มถ้ำนี้อาจเป็นถึงจุดใจให้สัตว์ป่าเข้ามาหากินเป็นแหล่งอาหาร

ในขณะที่ คุณสมนึก ชันประสิทธิ์ ได้ทดลองวางแผนสำรวจพันธุ์พืชบนหลังคาถ้ำ 10 แห่ง เพื่อให้ได้คำตอบว่า ลักษณะที่แตกต่างกันของความหนาแน่นของเรือนยอดและชนิดของไม้ที่ขึ้นบนหลังคาถ้ำต่างๆ นั้น มีความสัมพันธ์ต่อลักษณะหินงอกหินย้อย อุณหภูมิ และความชื้นที่เกิดขึ้นภายในถ้ำหรือไม่? กระนั้นก็ตาม ข้อมูลจากการสำรวจยังมีไม่เพียงพอที่จะสรุปความสัมพันธ์ดังกล่าว นอกจากนี้ผู้วิจัยยังเสนอว่า นอกจากจะต้องวางแผนสำรวจเพิ่มขึ้นตามประเภทของป่าแล้ว การศึกษาในด้านนี้ น่าจะพิจารณาปัจจัยอื่นๆ เพิ่มขึ้น เช่น ระบบเรือนรากของไม้ ความหนาของหลังคาถ้ำ และรอยแตกของหินบนหลังคา เป็นต้น สำหรับ คุณทองเพียร ทาคามา ได้ศึกษาถึงสัตว์ป่าตามกลุ่มถ้ำซึ่งผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า สัตว์ป่าหลายประเภทในแต่ละกลุ่มถ้ำมีซ้ำชนิดกัน ซึ่งอาจหมายถึงประเภทของป่าไม้ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกันทำให้สัตว์ป่าบางชนิดเดินทางข้ามเขตกลุ่มถ้ำกันได้ สัตว์บางประเภทที่มีอาณาบริเวณของมันเฉพาะถ้ำนั้น และอาจอาศัยถ้ำเป็นที่อยู่ชั่วคราวได้ด้วย เช่น เลียงผา อีเห็นและสัตว์ตระกูลแมว เป็นต้น เมื่อพิจารณาสัตว์ที่อาศัยถ้ำเป็นที่อยู่ถาวรโดยตรง ได้แก่ ค้างคาว และนกนางแอ่น ก็พบว่า แต่ละกลุ่มถ้ำมีสายพันธุ์ที่ค่อนข้างแตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนสัตว์ประเภทอื่นภายในถ้ำยังไม่ได้ทำการศึกษาเพราะขาดผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน สุดท้าย คุณคีน สมาร์ท เสนอถึง การค้นพบหนูในถ้ำของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร ซึ่งคาดว่าจะสายพันธุ์ใหม่ที่ยังไม่มีใครเคยพบมาก่อน

## ชุมชนและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ

ในการนำเสนอบทความส่วนนี้ซึ่งมี 3 บทความ โดยคุณกฤษฎา เจริญทอง ซึ่งเป็นหัวหน้าคณะวิจัยย่อยกลุ่มนี้ ได้ให้ภาพประวัติการตั้งถิ่นฐานของชุมชนชาวเขาในเขตลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำลางว่า อยู่ในช่วง 30-120 ปี ซึ่งแต่เดิมการดำรงชีพของผู้คนเหล่านี้เป็นแบบยังชีพโดยการเกษตรไร่เลื่อนลอย ต่อมาเมื่อทางราชการมีนโยบายห้ามการย้ายถิ่น คนในชุมชนต่างๆ ได้ทำการเกษตรอยู่กับที่และเพาะปลูกเพื่อขายผลผลิตด้วย ซึ่งหน่วยงานราชการต่างๆ ได้ส่งเสริมให้ชุมชนหลายแห่งพัฒนาเกษตรกรรมที่ทันสมัยขึ้นโดยมีการใช้สารเคมีในการเพิ่มผลผลิต นอกเหนือไปจากการผลิตทางการเกษตรแล้ว คนในชุมชนต่างๆ ยังหารายได้เสริมจากการท่องเที่ยวโดยทำการเสนอขายรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและธรรมชาติที่อยู่รอบชุมชน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ย่อมมีผลกระทบทั้งทางบวกและลบกับผู้คนในชุมชนและสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติด้วย เช่น การเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน การล่มสลายทางวัฒนธรรมท้องถิ่น และการตัดแปลงสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาระบบสาธารณูปการและสาธารณูปโภค

ในขณะที่ คุณสุรศักดิ์ สุดปัญญา ได้เสนอบทความเกี่ยวกับกระแสสังคมและเศรษฐกิจจากภายนอกชุมชนส่งผลต่อความเชื่อของคนท้องถิ่นเกี่ยวกับถ้ำ ซึ่งแต่เดิมชุมชนบางแห่งมีความเชื่อเรื่องผีถ้ำและผีที่ดูแลทรัพยากรอื่นๆ ที่อยู่โดยรอบถ้ำ ความเชื่อดังกล่าวทำให้คนท้องถิ่นไม่กล้าที่จะรบกวนถ้ำและทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง แต่เมื่อกระแสจากภายนอกชุมชนมีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตของคนท้องถิ่นแล้ว ความเชื่อเรื่องผีถ้ำได้เสื่อมคลายลงและทำให้ผู้คนหันมาหาประโยชน์จากถ้ำมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการหาอาหาร เก็บมูลค้างคาว การรื้อค้นโบราณวัตถุเพื่อขาย และการท่องเที่ยวถ้ำ ส่วน คุณนุสรณ์ คำคุณ ได้แสดงให้เห็นว่า ชุมชนต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำลาง

และลุ่มน้ำของมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติโดยรอบถ้ำ โดยเฉพาะการใช้ทรัพยากรที่ดินและแหล่งน้ำนั้น ชาวบ้านส่วนใหญ่ตระหนักดีว่า การใช้สารเคมีทางการเกษตรมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ตามแหล่งน้ำและภายในถ้ำ ขณะเดียวกัน ชาวบ้านส่วนใหญ่ก็ไม่เห็นว่า การเข้าไปหาอาหารด้วยการจับปลา นก หรืออยู่ในถ้ำนั้น ไม่น่าก่อกวนอันตรายต่อสภาพธรรมชาติภายในถ้ำ เมื่อกล่าวถึงการใช้อำนาจเพื่อการท่องเที่ยว คนในชุมชนมีความเห็นที่แตกต่างกันว่า การท่องเที่ยวถ้ำทำให้เกิดหรือไม่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมต่อสภาพธรรมชาติภายในถ้ำก็ได้ แต่ชาวบ้านเกือบทั้งหมดต้องการให้หน่วยงานของรัฐมาเป็นผู้ดูแล หรือให้ความรู้ในการจัดระเบียบการนำเที่ยวที่ถูกต้องให้กับคนท้องถิ่น

## โบราณคดี

การศึกษาทางด้านโบราณคดีเป็นสิ่งที่น่าสนใจมากอย่างหนึ่งของโครงการสำรวจถ้ำทางจังหวัดแม่ฮ่องสอนนี้ ซึ่ง ดร.รัชนี ขุฑทองเดช ได้ให้ภาพรวมของการศึกษาด้านนี้ว่า การค้นพบประเภทของแหล่งโบราณคดีในรอบปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2541-2542) มีจำนวนทั้งสิ้น 37 แหล่ง โดยเป็นสถานที่พบโลหะไม้ 30 แหล่ง ภาพเขียนสี 8 แหล่ง และเป็นที่อยู่อาศัย 3 แหล่ง ซึ่งประเภทของแหล่งโบราณคดีเหล่านี้ อาจมีความซ้ำซ้อนในสถานที่เดียวกันได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทบทวนเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและการหาอายุจากการทำ carbon dating ซึ่งทำให้พบต่อไปอีกว่า หากทำการลำดับชั้นทางวัฒนธรรมก่อน-หลังของแหล่งโบราณคดีในพื้นที่การศึกษาทั้งหมดแล้ว ร่องรอยการอยู่อาศัยของคนสมัยก่อนประวัติศาสตร์จะมีอายุเก่าแก่ที่สุดประมาณ 10,000 ปี และลดหลั่นลงมาถึงประมาณ 1,000 ปี ซึ่งต่อเนื่องจนถึงสมัยประวัติศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับประวัติศาสตร์ล้านนา หลักฐานต่างๆ ที่ถูกพบได้สะท้อนให้เห็นถึงการใช้พื้นที่และทรัพยากรธรรมชาติใน

อดีตของคนโบราณได้อย่างน่าสนใจ ไม่ว่าจะเป็นภาพเขียนสี โครงกระดูกที่ค้นพบ และร่องรอยของวัฒนธรรมโลงไม้ ซึ่งทำให้ทราบถึงระบบการตั้งถิ่นฐาน ระบบเทคโนโลยีในการดำรงชีพ ความเชื่อ และการจัดระบบองค์กรทางสังคมอย่างคร่าวๆ ผู้วิจัยยังได้แสดงความเห็นต่อไปว่า หลักฐานทางโบราณคดีที่พบในอำเภอปางมะผ้า น่าจะมีความสัมพันธ์กับหลักฐานต่างๆ ที่พบในเขตจังหวัดกาญจนบุรีด้วย

เมื่อ คุณจักรินรัฐ นิยมคำ ได้เสนอบทความที่กล่าวถึง การใช้โลงไม้ที่ทำจากขงไม้ขุดจำนวนไม่ต่ำกว่า 140 โลง ที่มีลักษณะเฉพาะของมนุษย์สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ในเขตอำเภอปางมะผ้า โดยโลงไม้ขุดดังกล่าวส่วนใหญ่จะพบตามถ้ำที่อยู่บนหน้าผาสูงซึ่งยากต่อการเข้าถึง การศึกษารายละเอียดของโลง อาทิ ขนาด รูปแบบหัวโลง ปริมาณของโลงในแต่ละแหล่ง และการวางตัวของโลงไม้ รวมทั้งการศึกษาสภาพถ้ำ ทำเลที่ตั้งของถ้ำ และโบราณวัตถุอื่นที่พบร่วมกัน ทำให้เข้าใจมากยิ่งขึ้นถึงสภาพสังคม วิถีชีวิต ความเชื่อ ค่านิยม และความสัมพันธ์ระหว่างชนกลุ่มอื่นๆ ในสมัยโบราณได้ อย่างไรก็ตาม หลักฐานต่างๆ ที่สำรวจพบยังไม่เพียงพอที่จะสืบสาวไปถึงเจ้าของวัฒนธรรมโลงไม้ว่าเป็นชนกลุ่มใด อีกทั้งยังมีข้อสงสัยต่อไปว่า วัฒนธรรมโลงไม้ที่มีอายุต่อเนื่องร่วมพันปี ทำไมจึงสูญหายโดยไม่มีใครสืบสานวัฒนธรรม? ในขณะที่ คุณนุชนางค์ ชุมดี ซึ่งทำการศึกษาโบราณวัตถุที่พบร่วมกับโลงไม้ เช่น เศษภาชนะดินเผา เครื่องมือเหล็ก เครื่องมือหิน และเครื่องประดับ ได้สะท้อนภาพให้เราทราบว่า คนกลุ่มนี้รู้จักการใช้ไฟในการหุงต้มอาหาร และการใช้ไฟทำวัสดุดินเผา อีกทั้งมีฝีมือในการปั้นภาชนะและงานช่างไม้ รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนสินค้าหรือสิ่งของระหว่างพื้นที่ภายในลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำล่าง ตลอดจนมีความเชื่อ พิธีกรรมในการเซ่นไหว้ผู้ตายที่มีลักษณะเฉพาะ

ขณะเดียวกัน คุณเชิดศักดิ์ ศรียาภิวัฒน์ ได้นำเสนอบทความเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่คนในวัฒนธรรมโลงไม้ใช้ในการเลือกพื้นที่ฝังศพ เช่น ลักษณะทางธรณีวิทยา ระดับความสูงจากพื้นที่ระยะห่างจากแหล่งน้ำ และสภาพป่าเบญจพรรณที่มีไม้เป็นวัตถุดิบ จากปัจจัยเหล่านี้พร้อมกับข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม ทำให้ผู้วิจัยสามารถจำแนกลักษณะถ้ำที่ใช้ฝังศพได้ 6 ประเภท ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างขนาดถ้ำ จำนวนและขนาดของโลงไม้ เมื่อ คุณนันทมน ภูริพัฒน์พงศ์ ทำการศึกษาถึงร่องรอยของคนโบราณ โดยเฉพาะการศึกษาถึงโครงกระดูกมนุษย์ ก็ยิ่งช่วยให้ทราบวิถีชีวิต การบริโภค โรคภัยไข้เจ็บ และอื่นๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จากหลักฐานที่สำรวจพบได้แสดงว่า ผู้ที่ตายส่วนใหญ่อยู่ในวัยหนุ่มสาวจนถึงกลางคน ซึ่งมีการใช้แรงงานมากในชีวิตประจำวัน ถึงแม้จากหลักฐานชิ้นส่วนกระดูกบ่งบอกถึงภาวะสุขภาพอนามัยที่ดีของคนโบราณ แต่การตายของคนวัยหนุ่มสาวน่าสะท้อนภาพของโรคภัยไข้เจ็บบางอย่าง

หลักฐานอีกชิ้นหนึ่งในพื้นที่การศึกษา ซึ่ง คุณสุมลรัตน์ สวัสดิ์สาดี ทำการนำเสนอคือ ภาพเขียนสี ซึ่งได้ถูกค้นพบว่ามีจำนวนแหล่งมากที่สุดใภาคเหนือ นั้น ภาพเขียนส่วนใหญ่จะพบทั้งตามเพิงผาและในถ้ำ โดยมีการใช้สีแดง และบางภาพใช้สีแดงและดำ ลักษณะของภาพมักเขียนภาพคน สัตว์ พืช และสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ต้องการบอกเรื่องราวสำคัญของชุมชนหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน เป็นที่น่าสังเกตว่าบางภาพมีความคล้ายคลึงกับภาพเขียนสีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในเขตตอนใต้ของประเทศไทยด้วย

## ระบบฐานข้อมูล

การบันทึกและสร้างระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำนี้ ทางคณะวิจัยยังไม่ได้เพียงแต่บรรจุข้อมูลลงสู่ระบบเหมือนกับการทำงานประจำวัน แต่คณะวิจัยได้พยายามต่อยอดหรือพัฒนาระบบฐานข้อมูลให้ได้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นในหลายๆ ด้าน โดยเฉพาะ ศศ.เกษม กุลประดิษฐ์ ได้เสนอถึง การจัดทำระบบฐานข้อมูลศาสตร์ศาสตร์โดยได้เชื่อมโยงข้อมูล 3 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มข้อมูลกายภาพและชีวภาพ กลุ่มข้อมูลภูมิอากาศและอุทกวิทยา และกลุ่มข้อมูลทำเลของการตั้งถิ่นฐานเพื่ออยู่อาศัยและการเกษตร เพื่อให้ได้พื้นที่ของการใช้ประโยชน์ เช่น การปกป้องและอนุรักษ์ระบบนิเวศที่สำคัญของพื้นที่ หรือการเลือกที่ตั้งชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสม เป็นต้น

นอกจากนี้ คุณหยาดอรุณ ชมสุขประภิต ได้นำเสนอว่า ระบบฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ซึ่งเตรียมไว้สำหรับการจัดการถ้ำนั้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้เป็นระบบที่คิดเองได้ โดยการสร้างระบบวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาเป็นเงื่อนไขในการสรุปรูปแบบและทิศทางความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งเป็นผลจากการประชุมร่วมกันระหว่างคณะผู้สำรวจทั้งหมด เช่น การหาเหตุผลของการเกิดโพรงถ้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่หนึ่งของลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำนั้นมีความสัมพันธ์โครงสร้างทางธรณีวิทยา ธรณีสัณฐาน ลักษณะอุทกวิทยา และประเภทป่าไม้บนหลังคาถ้ำและบริเวณโดยรอบอย่างไร เป็นต้น

จากการบันทึกข้อมูลด้านต่างๆ เข้าสู่ระบบฐานข้อมูลถ้ำ ได้ทำให้คณะวิจัยตระหนักได้ว่า ยังมีถ้ำใหม่หลายแห่งที่อาจขาดการสำรวจอีก ด้วยเหตุนี้ คุณรมณีย์ ทองคารา จึงพยายามเสนอความ

เห็นเกี่ยวกับ การคาดคะเนตำแหน่งข้อมูลภูมิศาสตร์ของถ้ำโดยใช้ระบบฐานข้อมูลเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งข้อสังเกตว่า ข้อมูลเชิงพื้นที่ อาทิ ลักษณะทางธรณีวิทยาของหินปูน พื้นที่หลุมยุบ ตำแหน่งของน้ำพุและน้ำมุด เป็นต้น และข้อมูลเชิงบรรยาย ได้แก่ ประเภทของป่าไม้และความอุดมสมบูรณ์ของป่า ประเภทและสภาพการใช้ที่ดิน ขนาดของหมู่บ้านใกล้เคียง ลักษณะของชนเผ่า ฯลฯ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ได้ถูกดึงมาจากข้อมูลการสำรวจถ้ำ 45 แห่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคาดคะเนตำแหน่งถ้ำที่น่าจะมีได้ อย่างไรก็ตาม การคาดคะเนตำแหน่งนี้ยังอยู่ในขั้นทดลองซึ่งยังไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ และหากการสำรวจยังดำเนินไปไม่สิ้นสุดในขณะนี้ การกำหนดปัจจัยสำหรับการคาดคะเนตำแหน่งอาจเพิ่มมากขึ้นจากที่เคยกำหนดไว้

## การจัดการถ้ำและการท่องเที่ยว

จากระบบฐานข้อมูลที่ได้ คณะผู้วิจัยในเขตจังหวัดแม่ฮ่องสอนได้ทำการประมวลความรู้ โดยเฉพาะเกี่ยวกับถ้ำและพื้นที่ภูมิประเทศหินปูนหรือภูมิประเทศแบบคาสต์ เพื่อพัฒนารอบการจัดการที่เหมาะสมเกี่ยวกับถ้ำและภูมิประเทศแบบคาสต์ในลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำสาละ ซึ่ง คุณจอห์น สปีส์ ได้เสนอว่า จากระบบฐานข้อมูลที่ใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ได้ทำให้ทราบว่า ถ้ำจำนวนมากในลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำสาละมีคุณค่าในด้านต่างๆ เช่น คุณค่าทางวิทยาศาสตร์ โบราณคดี การท่องเที่ยว และอื่นๆ ขณะเดียวกันก็มีความเปราะบางมาก ซึ่งหากมีกิจกรรมของมนุษย์เข้าไปรบกวนก็อาจสร้างความเสียหายได้ ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานของถ้ำ ย่อมช่วยให้การประเมินคุณค่าของถ้ำแต่ละแห่งได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น เพราะถ้ำบางแห่งอาจมีคุณค่ามากกว่าหนึ่งอย่าง จึงทำให้การเสนอกรอบการจัดการถ้ำย่อมแตกต่าง

กันไป อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยมีความเห็นว่า การจัดการน้ำควรทำควบคู่ไปกับการจัดการลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำล่างด้วย เพราะระบบน้ำและป่าไม้มีความสัมพันธ์กับทรัพยากรน้ำอย่างแยกกันไม่ได้ โดยเฉพาะความระมัดระวังในการสร้างระบบโครงสร้างพื้นฐาน และการควบคุมเขตเกษตรกรรมตลอดจนวิธีทำการเกษตรของชุมชนที่อยู่ภายในลุ่มน้ำ ซึ่งการจัดการน้ำและลุ่มน้ำดังกล่าวควรเป็นการประสานความร่วมมือกันระหว่างชุมชนต่างๆ ในพื้นที่และหน่วยงานภาครัฐในระดับต่างๆ ด้วย โดยอาจมีรูปแบบของคณะกรรมการร่วมในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับน้ำ เพื่อให้คำแนะนำในการจัดการอย่างเป็นระบบ

จากกรอบความคิดดังกล่าว คุณแซลลี แอนเดอร์สัน ได้พยายามประยุกต์หลักเกณฑ์เหล่านั้นกับถ้ำแม่ละนา ซึ่งถือว่าเป็นถ้ำที่ยาวที่สุดในประเทศไทย จากข้อมูลที่ได้จากนักวิจัยของชาวต่างประเทศและที่สำรวจด้วยตนเองทำให้ประเมินคุณค่าของถ้ำแม่ละนาได้ว่า มีคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ นานาประการ รวมทั้งมีคุณค่าต่อการพักผ่อนหย่อนใจและการศึกษาแบบผจญภัย ถ้ำนี้จึงมีความสำคัญที่โดดเด่นและประาบางมาก อย่างไรก็ดี มีจำนวนหมู่บ้านที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำย่อยแม่ละนานี้หลายหมู่บ้าน ประกอบกับมีกิจกรรมทางการเกษตรและการปรับปรุงระบบสาธารณูปการและสาธารณูปโภค นอกจากนี้ยังมีชาวบ้านและนักท่องเที่ยวเริ่มบุกรุกเข้าหาประโยชน์จากถ้ำมากขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่คุกคามคุณค่าต่างๆ ของถ้ำแม่ละนา เพราะถ้ำแห่งนี้ยังไม่มีมาตรการป้องกันและจัดการแต่อย่างใด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการป้องกันและจัดการทรัพยากรทั้งลุ่มน้ำ มากกว่าการจัดการเพียงเฉพาะถ้ำเท่านั้น โดยให้คนในชุมชนได้รับข้อมูลของถ้ำและเรียนรู้ร่วมกับกรมป่าไม้ในการป้องกันและจัดการ

ส่วน คุณพิบูล สิทธิประเสริฐกุล ทำการเสนอบทความเกี่ยวกับการจัดการท่องเที่ยวของถ้ำลอด ซึ่งได้ผ่านขั้นตอนของการพัฒนาที่ผิดพลาดมาก่อน ซึ่งไม่เพียงแต่ทำให้คุณค่าทางธรณีวิทยา ชีววิทยา และโบราณคดีของถ้ำลอดเสื่อมโทรมโดยตรงแล้ว ยังทำให้คนในชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงเกิดความแตกแยกในการแย่งชิงผลประโยชน์ต่างๆ ที่ได้จากถ้ำด้วย จนกระทั่งในปี พ.ศ.2534 ทางชุมชนสามารถคลี่คลายปัญหาต่างๆ ด้วยความร่วมมือระหว่างคนท้องถิ่นที่รวมตัวอย่างไม่เป็นทางการในการแก้ไขข้อขัดแย้งภายในชุมชนเอง และการประสานงานกับหน่วยงานรัฐในพื้นที่ ซึ่งได้ช่วยส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับการท่องเที่ยวและการจัดการถ้ำให้กับชุมชน และช่วยพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานบางอย่างให้กับพื้นที่ ผลของความร่วมมือดังกล่าวนอกจากจะทำให้รายได้ของคนท้องถิ่นเพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ชุมชนได้รับการพัฒนาในด้านต่างๆ ดีขึ้นด้วย จนกลายเป็นตัวอย่างที่ชุมชนอื่นที่อยู่ใกล้เคียงพยายามลอกเลียนแบบการจัดการของถ้ำลอดนี้ไปใช้ในชุมชนของตน นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังมีข้อเสนอในการจัดการท่องเที่ยวรูปแบบอื่นๆ ซึ่งช่วยเสริมรายได้ให้กับชุมชนแทนที่จะพึ่งพิงรายได้จากการเที่ยวถ้ำเพียงอย่างเดียว ข้อเสนอเหล่านี้อาจช่วยให้การท่องเที่ยวถ้ำลอดเป็นไปอย่างยั่งยืนได้

ท้ายที่สุด คุณดิน สมาร์ท ได้ให้ภาพรวมของประเทศไทยเกี่ยวกับสภาพการจัดการของถ้ำและพื้นที่ภูมิประเทศภูเขาหินปูนในปัจจุบันและอนาคตว่า ถ้ำหลายแห่งมีความเสี่ยงต่อการบุกรุกและทำลายจากการท่องเที่ยว การขยายตัวของชุมชน และโครงการพัฒนาในด้านต่างๆ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ชักชวนให้ผู้สนใจเรื่องถ้ำร่วมจัดตั้งชมรม เพื่อเป็นศูนย์รวบรวมความรู้ ข้อมูลข่าวสาร และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการสำรวจถ้ำด้วย



หลังจากที่เสร็จสิ้นการนำเสนอผลงานแล้ว ผู้ประสานงานโครงการสำรวจถ้ำในสองพื้นที่ได้ทำการศึกษาภาพรวมของการศึกษา และประเมินความสำเร็จของโครงการในการเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อแนะนำเกี่ยวกับทิศทางการวิจัยต่อไปในอนาคตจากผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ด้วย

## 2. ข้อวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

ในรายละเอียดของข้อวิจารณ์และข้อเสนอแนะนี้ มีผู้ที่ให้ความสนใจแสดงความคิดเห็นเป็นจำนวนมากต่อดัชนีบทความและทิศทางของงานวิจัยถ้ำที่ควรดำเนินต่อไปในหมวดหมู่ของความรู้ด้านต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปเป็นประเด็นหลัก ได้ดังนี้คือ

### ธรณีวิทยาและอุทกวิทยา

- ให้ผู้วิจัยปรับวิธีการเสนอผลการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการของถ้ำซึ่งมีน้ำเป็นตัวกระทำ โดยให้มีความสอดคล้องกับการแบ่งเขต vadose และ phreatic ซึ่งมีระดับน้ำใต้ดิน (water table) เป็นตัวแบ่งด้วย
- การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในถ้ำ ควรมีการตรวจวัดค่าดังกล่าวภายนอกถ้ำเพื่อใช้เป็นค่าเทียบเคียง (control point)
- ควรศึกษาคุณภาพน้ำตามลำน้ำสาขาย่อยต่างๆ ของกลุ่มน้ำ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือการปนเปื้อนของน้ำตามเส้นทางที่ไหลผ่าน และตามช่วงเวลาต่างๆ ของปี
- ควรปรับคำศัพท์ทางธรณีวิทยาที่ใช้อธิบายทรัพยากรถ้ำให้เป็นภาษาไทยมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของบุคคลทั่วไป

### ป่าไม้และสัตว์ป่า

- ควรศึกษาหาสาเหตุว่า ทำไมป่าดงดิบและป่าดิบเขาในพื้นที่การศึกษาจึงไม่พบถ้ำเลย นอกจากนั้นทำการศึกษาประเภทเห็ด รา และไลเคน (lichens) และการแพร่กระจายของพืชชั้นต่ำเหล่านี้ภายในถ้ำ ปากถ้ำ และบริเวณภายนอกใกล้เคียง
- ควรวิเคราะห์หา similarity index ของสังคมพืชตามแหล่งถ้ำต่างๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางชีวภาพ และปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่
- ควรติดตามการใช้ประโยชน์จากถ้ำของสัตว์ป่าต่างๆ รวมทั้งการจำแนกประเภทสัตว์ตามลำดับชั้นภายในห่วงโซ่อาหาร (food chain) เช่น สัตว์กินพืช สัตว์กินสัตว์ และสัตว์กินซาก เป็นต้น
- ศึกษาผลกระทบของการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมว่ามีผลอย่างไรต่อสังคมพืชและสัตว์ป่า ซึ่งอาจส่งผลต่อถ้ำด้วย

### ชุมชนและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ

- นอกเหนือจากการหาข้อมูลจากผู้นำชุมชนและชาวบ้านที่เป็นเกษตรกรที่อยู่ในชุมชนแล้ว ผู้วิจัยควรหาข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายอื่นด้วย เช่น ผู้ประกอบการร้านค้าต่างๆ และผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวของชุมชนนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลด้านอื่นที่เกี่ยวข้องกับถ้ำ อาทิ การซื้อขายสารปราบศัตรูพืชและปุ๋ยในการเกษตร และการปลูกสร้างสิ่งก่อสร้างหรือการดัดแปลงภูมิประเทศเพื่อการท่องเที่ยว เป็นต้น

- ควรนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจทำการประเมินคุณค่าของถ้ำ เพื่อการใช้ประโยชน์หรือการจัดการถ้ำที่เหมาะสม

### โบราณคดี

- ควรมีการสำรวจข้อมูลเพิ่มเติมต่อไปให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด เพราะงานด้านนี้ถือว่าเป็นงานขั้นบุกเบิก ทั้งพื้นที่การศึกษาในจังหวัดแม่ฮ่องสอนอย่างเป็นระบบ และการลำดับชั้นทางวัฒนธรรม (cultural sequence)
- งานสำรวจทางโบราณคดีที่เกี่ยวข้องกับถ้ำนี้ ควรมีการศึกษาร่องรอยโบราณคดีที่อยู่นอกถ้ำหรือพื้นที่ใกล้เคียงโดยรอบ นอกจากนี้ควรศึกษาการตัดแปลงภูมิประเทศของแหล่งโบราณคดีทั้งที่มีสาเหตุจากธรรมชาติและจากฝีมือมนุษย์ด้วย
- จากงานวิจัยนี้ ควรปรับวิธีการวิจัยครั้งต่อไป โดยการจัดประเด็นปัญหา (problem oriented) เป็นโจทย์ของการศึกษา

### ระบบฐานข้อมูล

- ต้องการให้มีการทบทวนเอกสารเกี่ยวกับงานฐานข้อมูลคิดเองได้และการคาดคะเนตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของสิ่งต่างๆ เพราะขณะนี้การพัฒนางานเหล่านี้เป็นไปอย่างรวดเร็วและกว้างขวางมาก ดังนั้นการทบทวนความรู้ดังกล่าวจะมีประโยชน์ต่อการประยุกต์แนวคิดใหม่ๆ กับงานวิจัยถ้ำ

### การจัดการถ้ำและการท่องเที่ยว

- กำหนดประเด็นปัญหา ความรุนแรงของปัญหา และแนวทางแก้ไขที่เกี่ยวข้องในทรัพยากรถ้ำและพื้นที่ใกล้เคียง
- กำหนดเขตการจัดการถ้ำและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรถ้ำที่ชัดเจน ภายใต้เกณฑ์หรือเงื่อนไขที่ร่วมกันคิดและสร้างสรรค์จากกลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้อง เพื่อความสะดวกในการจัดการหรือวางแผนแม่บทของการจัดการต่อไป
- ควรส่งเสริมให้มีการก่อตั้งชมรมหรือสมาคมในการดูแลถ้ำในท้องถิ่นต่างๆ เพื่อให้ความรู้และสร้างความตระหนักถึงคุณค่าถ้ำ
- ควรนำความรู้จากงานวิจัยนี้สู่ชาวบ้าน เพื่อให้ชาวบ้านได้ตระหนักถึงคุณค่าถ้ำในการช่วยกันระวังรักษา

## บทคัดย่อ

การประชุมวิชาการ “ทรัพยากรถ้ำ” ครั้งนี้ นับว่าเป็นการจัดประชุมที่มีการเสนอผลงานการสำรวจถ้ำในลักษณะสหสัมพันธ์วิทยาอย่างเป็นทางการครั้งแรกในวงวิชาการไทยจำนวน 25 ชิ้นงาน ซึ่งมีเป้าหมายที่จะทำการเสนอผลการศึกษาในมิติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรถ้ำในเขตลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำล่าง จังหวัดแม่ฮ่องสอน และบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร จังหวัดกาญจนบุรี โดยจัดให้มีการแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นและรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่าน

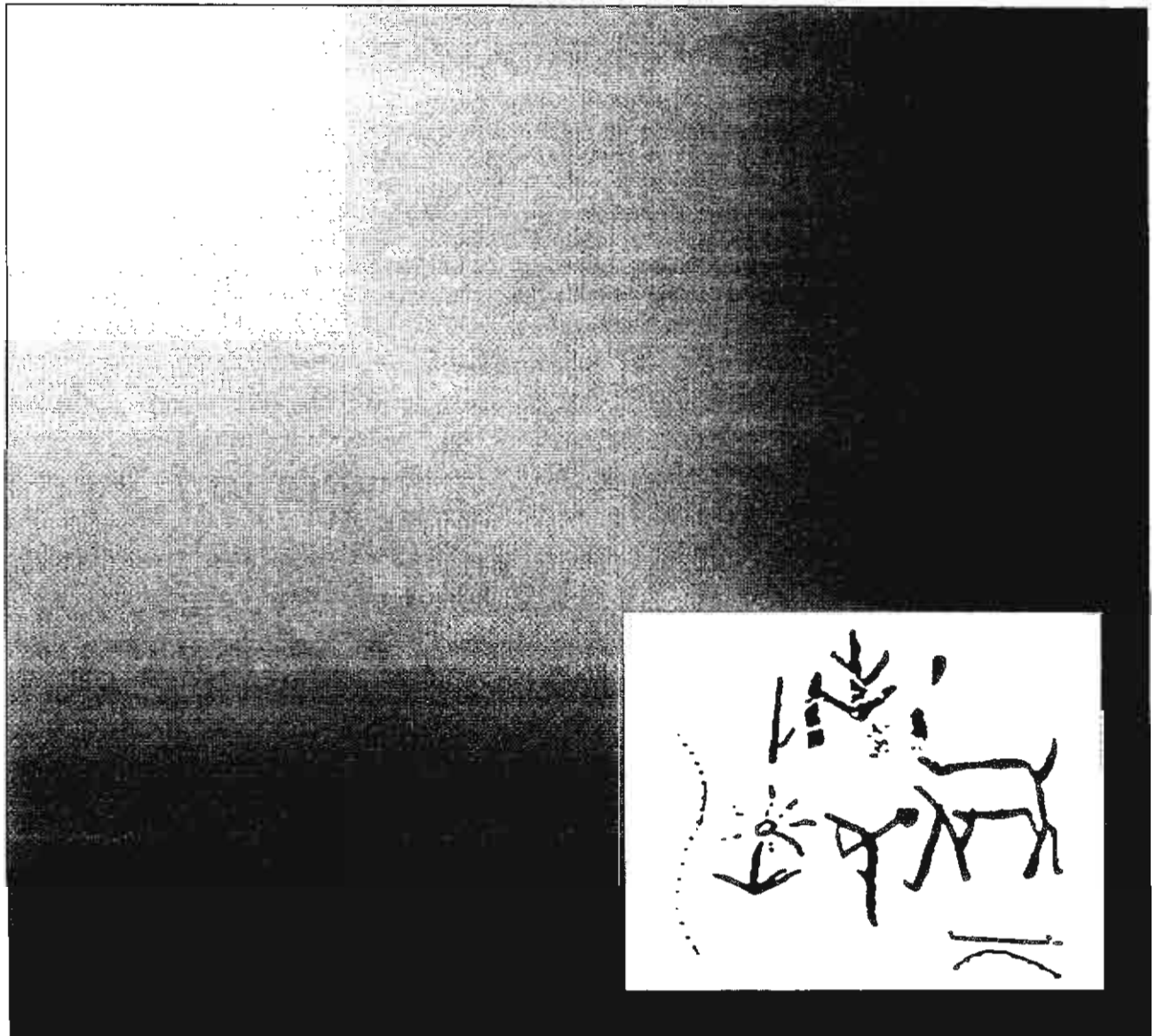
ผลงานที่นำเสนอในการประชุมวิชาการนี้ได้แบ่งองค์ความรู้ออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) *กลุ่มธรณีวิทยาและอุทกวิทยา* ได้นำเสนอวิวัฒนาการการของถ้ำ การเกิดหินงอกหินย้อยและลักษณะการตกตะกอนเด่นๆ ของหินปูนภายในถ้ำที่มีความสัมพันธ์กับสภาพของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่ไหลผ่านถ้ำและพื้นที่ใกล้เคียงทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ 2) *กลุ่มป่าไม้และสัตว์ป่า* แสดงข้อมูลพืชพรรณและสัตว์นานาชนิดทั้งที่อยู่ภายนอกถ้ำ ไม่ว่าชนิดและความหนาแน่นของประเภทป่าต่างๆ ที่เป็นถิ่นที่อยู่และที่หากินของสัตว์หลายชนิด รวมถึงสัตว์ที่อาศัยอยู่ตามถ้ำโดยเฉพาะบริเวณปากถ้ำ และการค้นพบสัตว์ใหม่ 3) *กลุ่มชุมชนและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรท้องถิ่น* ทำการเสนอข้อมูลประวัติชุมชนซึ่งเกี่ยวข้องไปถึงการกำหนดกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนและความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับถ้ำ 4) *กลุ่มโบราณคดี* แสดงความสำคัญของร่องรอยทางโบราณคดีในอำเภอบางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเฉพาะวัฒนธรรมโลหะ ภาชนะดินเผา และโบราณวัตถุอื่นๆ 5) *กลุ่มระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศ* ได้เสนอการนำเข้าระบบฐานข้อมูลทรัพยากรถ้ำและทรัพยากรอื่น ซึ่งจะได้รับการพัฒนาให้เป็นระบบฐานข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเนื่อง เช่น ระบบฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ศาสตร์ ฐานข้อมูลที่คิดเองได้ และการคาดคะเนตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของถ้ำประเภทต่างๆ 6) *กลุ่มการจัดการถ้ำและการท่องเที่ยว* แสดงการศึกษาสถานภาพและคุณค่าของถ้ำ ตลอดจนการจำแนกถ้ำเพื่อการจัดการที่เหมาะสม พร้อมกับเสนอตัวอย่างการจัดการถ้ำเพื่อการท่องเที่ยวประกอบในการพิจารณา ก่อนที่จะมีการสรุปภาพรวมถึงความสัมพันธ์ของงานทุกกลุ่มและการประเมินผลความสำเร็จของงานวิจัยแต่ละด้านในภายหลัง พร้อมกับการวิจารณ์ ชักถาม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในที่ประชุม โดยเฉพาะทิศทางการวิจัยที่ควรดำเนินไปในอนาคตและการสร้างเครือข่ายของนักวิจัยไทยในสาขาวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับถ้ำต่อไป

## ABSTRACT

It was the first time ever in Thai academy that Symposium of Cave Resources was organised in favour of interdisciplinary. Researchers and research assistants presented 25 papers of various results concerning cave resources in Khong and Lang catchment, Mae Hong Son province and in Thungyai Naraesuan Wildlife Sanctuary, Kanchanaburi province. They, in turn, needed to exchange ideas and receive comments from the participants.

All papers presented in the Symposium can be divided into 6 parts: 1) *geology and hydrology* introduced a perspective of cave evolution and speleothem development which related to quality and quantity of surface and ground water; 2) *forestry and wildlife* showed types of forest and wildlife linking to forest pattern and density, and animal habitats outside the caves and at the cave entrance; 3) *community and local resources utilization* revealed histories of hill tribes and their believes and activities involving in natural resources control and management; 4) *archaeology* reflected significant archaeological evidences especially log coffin culture, rock paintings, and other artifacts; 5) *database and information system* showed importance of data utilization which can be developed as a geographical information system for karst topography, an artificial intelligence, and an estimation of possible cave sites; and 6) *cave management and tourism* indicated cave condition and values which can help classify caves for suitable management. Afterward there were a conclusion of cave and related natural and human resources and an evaluation of research completion in each field. Participants, at last, gave comments on further research direction.

# ทรัพยากรก้ำ



โครงการ การสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับก้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดกาญจนบุรี  
สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

## คำนำ

การประชุมวิชาการ “ทรัพยากรถ้ำ” ครั้งนี้ นับว่าเป็นการจัดประชุมที่มีการเสนอผลงานการสำรวจถ้ำในลักษณะสหสัมพันธ์วิทยาอย่างเป็นทางการครั้งแรกในวงวิชาการไทย โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ซึ่งผู้จัดการประชุมมีเป้าหมายที่จะทำการเสนอข้อมูลในมิติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรถ้ำ จัดให้มีการแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นและรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่าน ถึงแม้การดำเนินงานวิจัยขณะนี้โดยเฉพาะการสำรวจภาคสนามของโครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ ทั้งในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและกาญจนบุรีนั้น กำลังดำเนินไปประมาณ 3 ใน 4 ของระยะเวลาทั้งหมด แต่ความรู้ด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรถ้ำได้เผยให้เห็นความโดดเด่นเฉพาะด้านของตนเองอย่างน่าสนใจยิ่ง รวมถึงความสัมพันธ์ของความรู้ดังกล่าวที่เกาะเกี่ยวกันอย่างลึกซึ้งจนสะท้อนให้เห็นลักษณะเด่นเฉพาะของพื้นที่ ซึ่งเป็นเหตุสำคัญที่ทำให้นักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยที่ร่วมกันทำงานทั้งหมดกว่า 25 คน ต่างมีความต้องการแสดงผลงานที่ผูกโยงกันนี้แก่ทุกท่าน ณ ที่นี้ ที่สนใจทั่วไป

หลักฐานหลายประเภทที่ปรากฏร่วมกับถ้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำลำงและลุ่มน้ำของในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและพื้นที่ทุ่งใหญ่นเรศวรในเขตจังหวัดกาญจนบุรี ได้แสดงถึงวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาและธรณีสัณฐานของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยเฉพาะการเกิดถ้ำ หน้าต่างถ้ำ การปรากฏหลุมยุบ ที่ราบขนาดเล็กในหุบเขา และอื่นๆ ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการเก็บกักทรัพยากรน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่อเนกวนน้ำให้แก่พื้นที่ใกล้เคียงได้ตลอดปี และยังทำให้ทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าของพื้นที่นั้นนอกจากจะมีความหลากหลายและอุดมสมบูรณ์แล้ว ยังเกิดลักษณะพิเศษเฉพาะตัวของสิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวสอดคล้องกับระบบนิเวศน์ถ้ำที่มีอยู่อย่างหนาแน่น ไม่ว่าจะเป็นป่าไม้ประเภทต่างๆ ตามยอดเขาสูง บนหลังคาถ้ำ หรือที่เนินเชิงเขา ตลอดจนนกนางแอ่นและค้างคาวที่อาศัยตามปากถ้ำ พืชชั้นต่ำ แมลง และปลาตาบอดชนิดต่างๆ ที่สามารถปรับตัวให้มีชีวิตในความมืดภายในถ้ำได้ ดังนั้นความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรเหล่านี้จึงดึงดูดให้นักวิจัยเริ่มตั้งถิ่นฐานในบริเวณดังกล่าวมาแต่โบราณกาลเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน โดยมีผู้คนหลายเผ่าพันธุ์สลับเปลี่ยนเพื่ออาศัยในพื้นที่นี้หลายชั่วอายุคน และทิ้งไว้ซึ่งหลักฐานทางวัฒนธรรมก่อนประวัติศาสตร์จำนวนมาก อาทิ เมล็ดพันธุ์พืช กระดูกสัตว์ กระดูกมนุษย์ เครื่องมือหินกะเทาะและหินขัด เครื่องมือโลหะ เครื่องปั้นดินเผา เครื่องประดับ ภาพเขียนสี และโลงไม้ในขนาดต่างๆ หลักฐานเหล่านี้ได้ชี้ให้เห็นถึงวิถีชีวิตของผู้คนในอดีตในช่วงเวลาต่างๆ ที่ต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับระบบนิเวศน์รอบตัว จนกระทั่งปัจจุบันที่มีชนกลุ่มน้อยหลายเผ่าพันธุ์ได้เข้ามาอาศัยในพื้นที่นี้ ยังต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับระบบนิเวศน์หรือสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติที่กำลังเปลี่ยนแปลงนี้ด้วย โดยเฉพาะการรับมือกับกระแสเศรษฐกิจและสังคมจากภายนอกที่แผ่มาจากท้องถิ่น ไม่ว่าจะเป็นการส่งเสริมการเกษตรในที่สูง การส่งเสริมการท่องเที่ยว การพัฒนาระบบสาธารณูปการและสาธารณูปโภค และการให้การศึกษาภาคบังคับแก่คนในชุมชน ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อยกสถานะภาพทางเศรษฐกิจและปรับเปลี่ยนแผนการดำเนินชีวิตของคนท้องถิ่นให้เป็นไปตามนโยบายและแผนการพัฒนาของส่วนกลาง

ปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ของทั้งสองจังหวัดนี้ ทั้งนักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยได้วิเคราะห์และรวบรวมความรู้เป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายต่อการนำเสนอและร่วมแสดงความคิดเห็นภายใน 2 วัน โดยจัดแบ่งองค์ความรู้ออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มธรณีวิทยาและอุทกวิทยา กลุ่มป่าไม้และสัตว์ป่า กลุ่มชุมชนและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรท้องถิ่น กลุ่มโบราณคดี กลุ่มระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศ และกลุ่มการจัดการถ้ำและการท่องเที่ยว ทั้งนี้ ใน *กลุ่มธรณีวิทยาและอุทกวิทยา* จะนำเสนอวิวัฒนาการการของถ้ำ การเกิดหินงอกหินย้อยและลักษณะการตกตะกอนเด่นๆ ของหินปูนภายในถ้ำ ที่มีความสัมพันธ์กับสภาพของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่ไหลผ่านถ้ำและพื้นที่ใกล้เคียงทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งวิธีการสำรวจถ้ำใน

ทางธรณีวิทยาด้วย กลุ่มป่าไม้และสัตว์ป่า แสดงข้อมูลพืชพรรณและสัตว์นานาชนิดทั้งที่อยู่ภายนอกถ้ำ ไม่ว่าชนิดและความหนาแน่นของประเภทป่าต่างๆ ที่เป็นถิ่นที่อยู่และที่หากินของสัตว์หลายชนิด รวมถึงสัตว์ที่อาศัยอยู่ตามถ้ำโดยเฉพาะบริเวณปากถ้ำ และการค้นพบสัตว์ใหม่ กลุ่มชุมชนและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรท้องถิ่น จะเสนอข้อมูลประวัติดูชนชนซึ่งเกี่ยวข้องไปถึงการกำหนดกิจกรรมต่างๆ ของชุมชน และความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับถ้ำ กลุ่มโบราณคดี จะแสดงความสำคัญของร่องรอยทางโบราณคดีในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเฉพาะวัฒนธรรมโลงไม้ ภาพเขียนสี และโบราณวัตถุอื่นๆ หลังจากนั้น กลุ่มระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศ จะเสนอการนำเข้าระบบฐานข้อมูลทรัพยากรถ้ำและทรัพยากรอื่นๆ ซึ่งจะได้รับการพัฒนาให้เป็นระบบฐานข้อมูลภูมิศาสตร์แบบศาสตร์ที่สามารถคิดเองได้ และคาดคะเนตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของถ้ำประเภทต่างๆ เพื่อการพัฒนาทรัพยากร ส่วนกลุ่มสุดท้ายคือ กลุ่มการจัดการถ้ำและการท่องเที่ยว แสดงการศึกษาสถานภาพและคุณค่าของถ้ำ ตลอดจนการจำแนกถ้ำเพื่อการจัดการที่เหมาะสม พร้อมกับเสนอตัวอย่างการจัดการถ้ำเพื่อการท่องเที่ยวประกอบในการพิจารณา ก่อนที่จะมีการสรุปภาพรวมถึงความสัมพันธ์ของงานทุกกลุ่มในภายหลัง พร้อมกับการวิจารณ์ ชักถาม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในที่ประชุม โดยเฉพาะทิศทางการวิจัยที่ควรดำเนินไปในอนาคตและการสร้างเครือข่ายของนักวิจัยไทยในสาขาวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับถ้ำต่อไป

ดังนั้น ในการประชุมวิชาการทรัพยากรถ้ำครั้งนี้ คณะวิจัยนอกจากต้องการเผยแพร่ผลการศึกษาเบื้องต้นบางประการแล้ว ยังต้องการขอคิดเห็นในแง่มุมต่างๆ จากผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านด้วย เพื่อให้งานวิจัยทรัพยากรถ้ำมีความก้าวหน้าในทิศทางที่ชัดเจนยิ่งขึ้น รวมทั้งความคาดหวังในการสร้างเครือข่ายของผู้ที่สนใจศึกษาทรัพยากรถ้ำให้ขยายวงกว้างขึ้น เพื่อประสานความร่วมมือในการวิจัยและความช่วยเหลือทางวิชาการต่อไป

สิทธิพงษ์ ศิลกวนิช

ผู้ประสานงานการจัดประชุมทรัพยากรถ้ำ

4-5 สิงหาคม 2542

# สารบัญ

หน้า

คำนำ

คำนิยาม

ธรณีวิทยาและอุทกวิทยา :

ธรณีสัณและระบบถ้ำในอำเภอบางปะหัน

นายชัยพร ศิริพรไพบุลย์

1 - 9

วิวัฒนาการของถ้ำ

นายพัฒนธร โตไวยะ

10 - 19

ประติมากรรมธรรมชาติได้พิภพ

นายไพศาล ศรีพิเศษ

20 - 26

สายธาร ภูเขา และอาณาจักรใต้พิภพ

นายชัยพร ศิริพรไพบุลย์

27 - 38

คุณภาพน้ำบริเวณถ้ำ

ผศ. ดร.สิทธิพงษ์ ศิลกวนิช

39 - 48

Geology and Hydrology of Thungyai Naresuan East Wildlife  
Sanctuary.

Mr.Dean Smart

49 - 53

Other Scientific Results of the Thungyai Naresuan Cave Survey  
Project to Date.

Mr.Dean Smart

54 - 57



## ป่าไม้และสัตว์ป่า :

พรรณไม้และสัตว์ป่า กลุ่มน้ำของและกลุ่มน้ำกลาง  
นายสมศักดิ์ เลาฮีปา 58 - 62

สังคมพืชบนหลังคาถ้ำ  
นายสมนึก ชันประสิทธิ์ 63 - 69

สัตว์ป่าที่พบบริเวณถ้ำ  
นางสาวทองเพียร ทาคำมา 70 - 73

The Cave Rats of Thungyai Naresuan Wildlife Sanctuary - Are  
they the First New Species of Mammal to be Discovered in this  
World Natural Heritage Site?  
Mr.Dean Smart 74 - 76

## ชุมชนและการใช้ประโยชน์ทรัพยากร :

กิจกรรมชุมชนท้องถิ่นกับถ้ำ  
นายกฤษณ์ เจริญทอง 77 - 83

ความเชื่อเรื่องถ้ำของชุมชน  
นายสุรศักดิ์ สุตะปัญญา 84 - 87

เสียงสะท้อนของชุมชนต่อการใช้ถ้ำ  
นางสาวบุษรา คำคุณ 88 - 91

## โบราณคดี :

โบราณคดีที่สูงในปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน  
ดร.รัศมี ชูทรงเดช 92 - 106

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| การเลือกพื้นที่ฝังศพของวัฒนธรรมโลงไม้<br>นายเชิดศักดิ์ ตีรียาภิวัดน์ | 107 - 114 |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| โลงไม้ วัฒนธรรมเฉพาะถิ่น<br>นายจักรินรัฐ นิยมคำ | 115 - 126 |
|-------------------------------------------------|-----------|

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| มุมมองโลงไม้ผ่านวัตถุทางวัฒนธรรม<br>นางสาวนุชนางค์ หุมดี | 127 - 135 |
|----------------------------------------------------------|-----------|

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| ร่องรอยคนโบราณในวัฒนธรรมโลงไม้<br>นางสาวนัทธมน ภูริพัฒน์พงศ์ | 136 - 147 |
|--------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| งานศิลป์บนแผ่นผา<br>นางสาวสุมลรัตน์ สวัสดิ์สาลี | 148 - 159 |
|-------------------------------------------------|-----------|

#### ระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศ :

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| ระบบฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ศาสตร์<br>พศ.เกษม กุลประดิษฐ์ | 160 - 172 |
|------------------------------------------------------|-----------|

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| ฐานข้อมูลคดีได้<br>นางสาวหยาดอรุณ ชมสุขประภิต | 173 - 180 |
|-----------------------------------------------|-----------|

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| การคาดคะเนตำแหน่งข้อมูลภูมิศาสตร์ของถ้ำ<br>นางสาวรมณีย์ ทองคารา | 181 - 191 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|

#### การจัดการทรัพยากรถ้ำ :

|                                                                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Managing the cave and karst resources in the nam khong and<br>nam lang catchment, north - west Thailand.<br>Mr.Jhon Spies | 192 - 202 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

Tham Mae Lana Values and Vulnerability

Ms.Sally Anderson

203 - 216

ถ้ำลอดกับการท่องเที่ยว

นางสาวพิกุล สิทธิประเสริฐกุล

217 - 224

The Ruture of Caves in Thailand.

Mr.Dean Smart

225 - 229

## ภาคผนวก

ป่าไม้และสัตว์ป่า

ก - ง

โบราณคดี

จ - ฉ

การจัดการทรัพยากรถ้ำ

ฉ - ฟ

รายนามนักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย

ภ - ม

## คำนิยาม

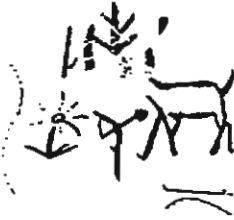
ก่อนที่จะกล่าวถึงรายละเอียดของงานโบราณคดี ผู้เขียนขออนุญาตคำศัพท์ที่ใช้เฉพาะในงานวิจัยนี้ เพื่อให้ท่านผู้อ่านไม่เกิดความสับสนและมีความเข้าใจที่ตรงกัน ดังนี้

**โบราณคดีที่สูง (Upland Archaeology)** หมายถึง ร่องรอยของหลักฐานวัตถุทางวัฒนธรรมของคนในอดีตที่อาศัยอยู่ในเทือกเขา เขิงเขา และที่ราบเชิงเขาที่สูง มีความสูงตั้งแต่ 500 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางขึ้นไป ในที่นี้ผู้เขียนขอกำหนดขอบเขตเฉพาะในอำเภอปางมะผ้าเท่านั้น

**วัฒนธรรมโลงไม้** ในที่นี้เป็นคำเฉพาะที่ใช้เรียกวัตถุทางวัฒนธรรม ที่พบภายในถ้ำที่อำเภอปางมะผ้าอันเป็นอยู่ภายในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีโลงไม้เป็นโบราณวัตถุเด่น (Diagnostic artifact) ของวัฒนธรรม นักโบราณคดีบางท่านจะเรียกโลงไม้นี้ว่า “โลงผีแมน” (กรมศิลปากร, 2530) ซึ่งคำว่า “ผีแมน” เป็นภาษาพื้นเมืองภาคเหนือ หมายถึง อมนุษย์ที่โผล่ขึ้นมา (พินิจ ชาญนะวัฒน์, 2538: 34) นอกจากนี้ยังมีโบราณวัตถุประเภทอื่นๆ อันเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรม คือ ภาชนะดินเผาเนื้อดินสีดำ ทั้งผิวเรียบและมีการตกแต่งลวดลายเชือกทาบหลายแบบ เครื่องประดับสำริด เครื่องมือโลหะจำพวกเหล็ก เป็นต้น สำหรับอายุสมัยของวัฒนธรรมโลงไม้ในเบื้องต้นนี้ ได้จากการกำหนดอายุทางวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 2,200-1,300 ปีมาแล้ว (Grave, 1997)

**ท้องถิ่น** หมายถึง ท้องที่ใดท้องที่หนึ่งที่มีลักษณะทางวัฒนธรรม มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่แตกต่างจากท้องที่อื่น

**ภูมิภาค** ในที่นี้หมายถึง การแบ่งพื้นที่เฉพาะในประเทศไทยตามขอบเขตการปกครองที่กำหนดโดยกระทรวงมหาดไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ เป็นต้น เพื่อความสะดวกในการศึกษาเปรียบเทียบ



## ธรณีทัศน์และระบบถ้ำในอำเภอปางมะผ้า

ชัยพร ศิริพรไพฑูรย์\*

### บทนำ

พื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำลาง มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,210 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีลักษณะทางธรณีวิทยาที่ประกอบไปด้วยหินหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นหินอัคนี หินชั้น และหินแปร แต่สำหรับหินปูนซึ่งเป็นหินชั้นชนิดหนึ่งนั้นจะมีปริมาณที่มากกว่าหินชนิดอื่นๆ คือมีประมาณ 605 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด

จากคุณสมบัติเด่นของหินปูน คือ สามารถละลายในน้ำที่มีสภาพเป็นกรดอ่อนๆ ได้ เมื่อน้ำฝน หรือน้ำผิวดินที่แทรกซึมลงไปในรอบแตกหรือช่องว่างต่างๆ ในหินปูน รอบแตกเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับโครงสร้างทางธรณี เช่น แนวแกนของชั้นหินคดโค้ง รอยเลื่อน และระบบรอยแตกในหิน จากนั้นน้ำดังกล่าวก็จะละลายเนื้อหินปูนตามรอยแตกในหินจนเกิดเป็นโพรงเล็กๆ ซึ่งพอนานเข้าก็จะเกิดเป็นโพรงหรือโถงถ้ำขนาดใหญ่ และทำให้เพดานถ้ำบางแห่งยุบตัวลงมา จนเป็นหลุมขนาดต่างๆ กัน จนทำให้เกิดเป็นภูมิประเทศแบบคาสต์ (Karst topography) ซึ่งมีลักษณะตะปุ่มตะป่ำ บางแห่งกลายเป็นหน้าผาที่สูงชัน บางแห่งเป็นหลุมที่ลึกมากนับร้อยเมตร ภูเขาหินปูนบางแห่งจะมีรูปร่างที่ประหลาด ซึ่งบางครั้งจะมีรูปร่างคล้ายกับสิ่งต่างๆ ที่มนุษย์คุ้นเคย เช่น ช้าง กำแพง หอคอย เป็นต้น ซึ่งภูมิประเทศแบบนี้จะมีความแตกต่างไปจากภูมิประเทศที่เป็นหินชนิดอื่นอย่างชัดเจน

สิ่งต่างๆ ที่ปรากฏให้เห็นในพื้นที่อำเภอปางมะผ้านั้น จะแสดงให้เห็นถึงอิทธิพล และความสัมพันธ์ของลักษณะทางธรณีวิทยากับทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ ไม่ว่า

จะเป็นด้านกายภาพ ชีวภาพ ซึ่งความสัมพันธ์เหล่านี้ได้เกิดขึ้นมาตั้งแต่ในอดีตอันยาวนานนับร้อยล้านปี และสืบเนื่องต่อกันมาจนถึงยุคปัจจุบัน ซึ่งภายหลังที่เผ่าพันธุ์ของมนุษย์ได้กำเนิดมา มนุษย์ก็ได้ใช้ประโยชน์จากถ้ำในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นที่หลบภัย เป็นที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำ หรือแหล่งอาหาร รวมทั้งเป็นสถานที่ที่ใช้ประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อทางศาสนา กระทั่งเป็นแหล่งท่องเที่ยว และแหล่งสำหรับการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ในสาขาต่างๆ

ในการสำรวจเพื่อการศึกษาวิจัยและจัดทำฐานข้อมูลเรื่องถ้ำในโครงการนี้ จะประกอบไปด้วยองค์ความรู้หลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เช่น ธรณีวิทยา อุทกวิทยา โบราณคดี ชีววิทยา ฯลฯ สำหรับกลุ่มธรณีวิทยา จะมีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินการสำรวจด้าน ธรณีวิทยา อุทกวิทยา และการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำ ซึ่งผลการสำรวจของนักวิจัยชุดนี้ ถือได้ว่า เป็นกลุ่มนักวิจัยชาวไทยรุ่นแรกๆ ที่ได้ทำการศึกษาร่องถ้ำในเชิงวิทยาศาสตร์ในงานวิชาการแขนงใหม่สำหรับประเทศไทยที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่า “ถ้ำวิทยา (Speleology)”

### การสำรวจด้านธรณีวิทยา

สำรวจทางธรณีวิทยา (geological survey) ซึ่งจะทำการศึกษาชนิด และลักษณะหิน ธรณีวิทยาโครงสร้าง ศึกษาลักษณะธรณีวิทยาพื้นฐาน (geomorphology) ของพื้นที่ศึกษา และลักษณะของคาสต์ แล้วทำการแบ่งแยกขอบเขตระหว่างพื้นที่ที่เป็นหินปูนกับหินชนิดอื่น พร้อมทั้งหาตำแหน่งจุดสำรวจต่างๆ รวมทั้งตำแหน่งปากถ้ำที่พบด้วย (รูปที่ 1)

\* นักวิจัย ด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยา โครงการ “การสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน”

จากการสำรวจในภาคสนามและการศึกษาแผนที่ธรณีวิทยา ในพื้นที่วิจัยซึ่งสำรวจโดยคณะผู้เชี่ยวชาญเยอรมัน (Hess and Koch, 1979) และกรมทรัพยากรธรณี (แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์และคณะ, 2528) พร้อมทั้งศึกษาภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งถ่ายในปี พ.ศ. 2539 พบว่าสภาพธรณีวิทยาจะประกอบไปด้วยประเภทหินทางธรณีวิทยา 3 ประเภทหลัก คือ หินชั้นหรือหินตะกอน หินอัคนี และหินแปร ซึ่งจะเป็นหินในมหายุค (era) ต่างๆ ตั้งแต่มหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic era) จนถึงยุค ควอเทอร์นารี (Quaternary period)

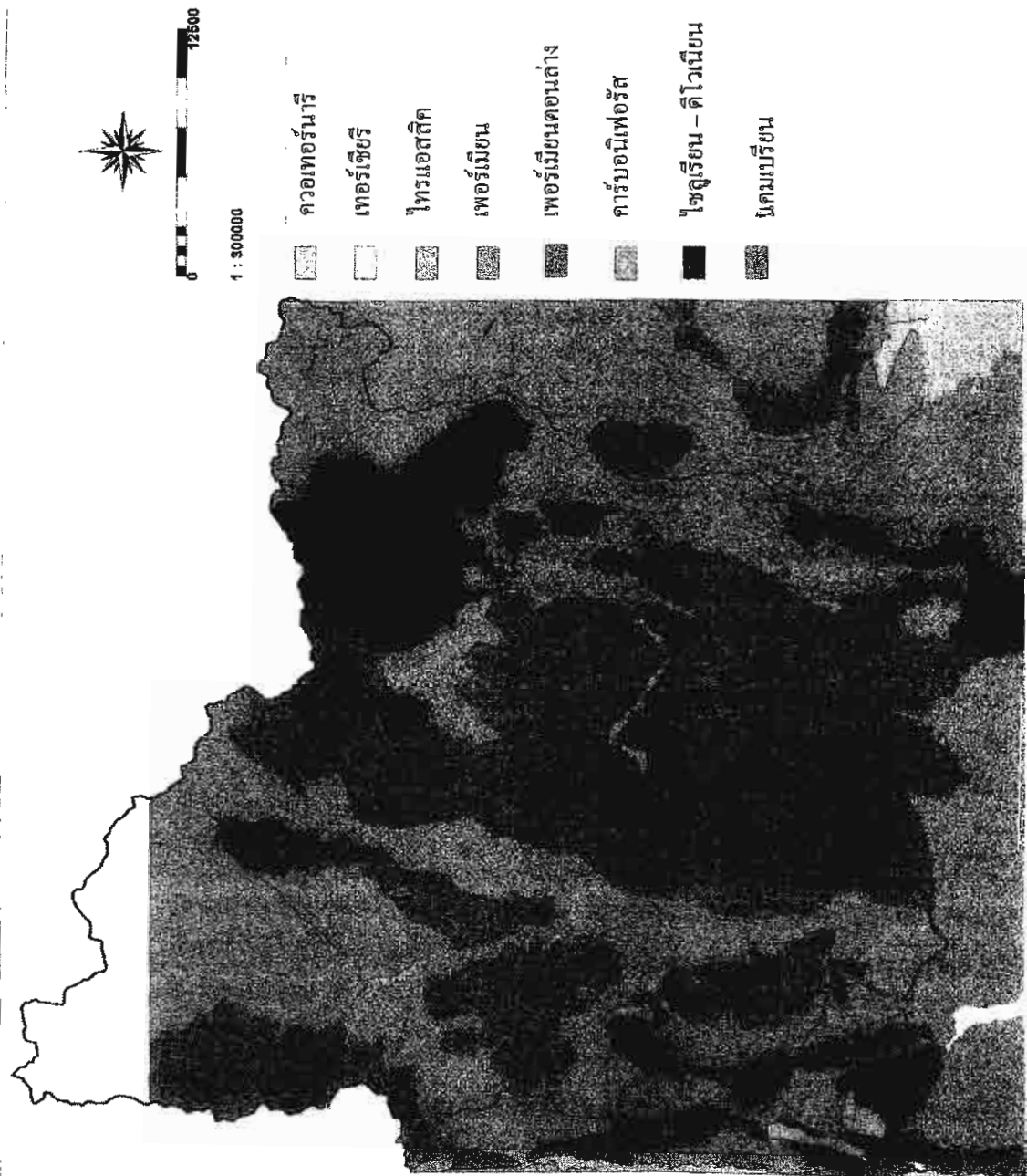
สำหรับรายละเอียดของหินต่างๆที่พบในพื้นที่โครงการวิจัย มีดังนี้

**หินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary rocks)** ประกอบไปด้วย หินปูน (limestone) หินดินดาน (shale) หินทราย (sandstone) หินเชิร์ต (chert) และหินกรวดมน (conglomerate) ซึ่งเป็นหินที่เกิดในมหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic era) คือ ตั้งแต่ 570 ถึง 230 ล้านปี และหินที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดในบริเวณนี้ คือ หินในยุคมแคมเบรียน (Cambrian) มีอายุ 570 ถึง 500 ล้านปี ประกอบไปด้วยหินทราย และหินควอร์ตไซต์ (quartzite) ซึ่งจะโผล่ขึ้นมาบนผิวดินในบริเวณขอบทางด้านตะวันตกและด้านใต้ ของพื้นที่โครงการ

หินที่เป็นหินดาน (bed rock) ที่มีอายุน้อยที่สุดในพื้นที่ศึกษา คือ หินปูน ซึ่งเป็นหินที่มีบทบาทสำคัญ ในการกำเนิดระบบภูมิประเทศแบบคาสต์และระบบถ้ำต่างๆ (Karst-cave system) สำหรับยุคของหินปูนชุดนี้ได้มีผู้กำหนดไว้แตกต่างกันหลายยุค เช่น Kiernan (1986) ให้

หินชุดนี้อยู่ในยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส (Permo-Carboniferous) คืออยู่ประมาณระหว่างยุค คาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) และยุคเพอร์เมียน (Permian) ซึ่งมีอายุระหว่าง 345 ถึง 230 ล้านปี ส่วน Hess และ Koch (1979) และ Hotzl, Czurda, และ Eiswrt (1997) จะให้อายุของหินปูนชุดนี้อยู่ในยุคเพอร์เมียน (Permian) ซึ่งมีอายุระหว่าง 280 ถึง 230 ล้านปี ส่วนแผนที่ที่แสดงไว้ใน Thailand Cave Catalogue ซึ่งรวบรวมโดย Dunkley (1994) บ่งบอกว่าหินปูนในบริเวณกลุ่มน้ำของส่วนใหญ่เป็นหินที่เกิดในยุค เพอร์โม-ไทรแอสสิก (Permo-Triassic) ซึ่งจะอยู่ระหว่างยุคเพอร์เมียนกับยุคไทรแอสสิก มีอายุประมาณ 280-195 ล้านปี

สำหรับความเห็นของนักวิจัยของโครงการนี้ คาดว่าอย่างน้อยหินปูนในพื้นที่สำรวจนี้จะมีบางส่วนที่อยู่ในระหว่างยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนล่าง (Lower Carboniferous) – ยุคเพอร์เมียนตอนบน (Upper Permian) หรือที่เรียกกัน ในอีกชื่อหนึ่งว่ายุค เพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส (Permo-Carboniferous) เพราะได้พบหลักฐานซากดึกดำบรรพ์ (fossils) คือ ฟิวซูลินิด (fusulinids) ซึ่งเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่มีลักษณะเด่นในยุคดังกล่าว (พวงเพชร ธนสิน, สุรพงษ์ เลิศทัศนีย์, 2536, Arduini and Teruzzi 1986; Moody, 1994) จุดที่คณะวิจัยพบ คือ บริเวณหมู่บ้านจะโป๊ะ ส่วนในพื้นที่อื่นๆ จะพบซากดึกดำบรรพ์เป็น ไครนอยด์ (crinoid) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่พบได้ในหินปูนในหลายยุค ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาใช้กำหนดอายุในช่วงแคบๆ ให้อยู่ในยุคใดยุคหนึ่งได้ นอกจากนั้นยังพบหอยจำพวก brachiopod ซึ่งเป็นหอย 2 ฝา และ ปะการัง (coral) ในหินปูนบางแห่ง เช่น ในถ้ำ STD-604 ถ้ำ STD-668



รูปที่ 1 แผนที่ธรณีวิทยาและตำแหน่งจำ

ถ้ำ STD-614 ถ้ำ STD-657 ถ้ำ STD-650 (ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์, 2542) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม คณะวิจัยมีความเห็นว่าการพิสูจน์ทราบอายุของหินปูนชุดนี้ยังคงต้องการหลักฐานจากภาคสนาม และการวิเคราะห์ในห้องทดลองมาสนับสนุนอีกมาก เช่น ลักษณะการวางตัวของหินปูนที่สัมพันธ์กับหินยุคอื่นๆ และซากดึกดำบรรพ์ที่ชัดเจน

ลักษณะของหินปูนชุดนี้จะปรากฏเป็นชั้นหนา และมีการวางตัวในเป็นแนวยาวประมาณ 40 กิโลเมตรในทิศเหนือ-ใต้ อยู่ระหว่างลำน้ำของและน้ำลาง หินปูนชุดนี้จะครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณร้อยละ 50 หรือประมาณ 605 ตร.กม. โดยจะปรากฏเป็นเทือกเขาส่วนใหญ่บริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษาประมาณ 425 ตร.กม. รองลงไปเป็นกลุ่มภูเขาทางตะวันตกมีพื้นที่ประมาณ 120 ตารางกิโลเมตร และกลุ่มภูเขาทางตะวันออกอีกประมาณ 60 ตร.กม. หินปูนชุดนี้จะมีลักษณะของเนื้อหินแบบละเอียด (micritic limestone) จนถึงเนื้อหินปูนปนหินเชิร์ต (cherty limestone) ลักษณะปรากฏ (facies) และซากดึกดำบรรพ์ที่พบโดยคณะวิจัยคือ บริเวณบ้านจะโบ้ ซึ่งอยู่ใกล้กับถ้ำ STD-026 จะเป็นหินปูนที่มีเนื้อเป็นเม็ดแบบไข่ปลา (oolitic limestone) หรือ เป็นหินปูนที่มีซากปะการังโบราณ ที่พบในถ้ำ STD-657 และที่อื่นๆ อีกหลายแห่ง จะแสดงถึงสภาพสิ่งแวดล้อมในการกำเนิดหินปูนชุดนี้ว่าอยู่ในบริเวณน้ำทะเลตื้น

สำหรับหินชนิดอื่นนั้น ที่พบ คือ หินแกรนิต (granite) และหินภูเขาไฟ (volcanic rocks) โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

หินแกรนิต จะพบเป็นหย่อมๆ ขนาดเล็กทางด้านตะวันตกของพื้นที่และจะพบหินอัคนีระดับลึก (plutonic rock) ขนาดใหญ่บริเวณขอบทางด้านตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา และต่อเนื่องเข้าไปในเขตอำเภอปาย ซึ่งลักษณะหินที่พบ คือ เป็นหิน biotite granite มีสีเทาอ่อน ถึง เทาเข้ม เนื้อหยาบ ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบเนื้อดอก (porphyritic texture)

ซึ่งจะมีผลึกของแร่ขนาดใหญ่ปะปนกับผลึกแร่เล็กๆ ที่เป็นเนื้อพื้น (ground mass) หินชนิดนี้มีอายุประมาณ 240 ล้านปี ซึ่งจะตรงกับยุคไทรแอสสิก (Triassic) ตอนต้น หรือ ปลายยุคเพอร์เมียน (แสงอาทิตย์ เชื้อไวรัส และ คณะ, 2528)

**หินภูเขาไฟ** หินภูเขาไฟที่พบจะเป็นประเภทหินลาวา (Lava type) มี 2 ชนิด คือ หินที่คาดว่าจะจะเป็นหินแอนดีไซต์ (Andesite) และหินบะซอลต์ (Basalt) มีรายละเอียด ดังนี้

**หินที่คาดว่าจะจะเป็นหินแอนดีไซต์** จุดที่พบ คือ บริเวณหน้าผาด้านทิศใต้ของถ้ำ STD-601 จะเป็นหินสีเขียวเข้ม-ดำ มีการแตกเป็นกาบ (exfoliation) คล้ายคอกกระหล่ำปลี ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและ/หรือ ทางฟิสิกส์ในบางส่วนของเนื้อหิน ส่วนหินที่พบในถ้ำและปากทางด้านน้ำไหลออก (ทิศใต้) ของถ้ำ STD-601 นั้น จะมีสีน้ำตาล มีเนื้อละเอียด ซึ่งทำให้ดูคล้ายหินบะซอลต์มาก แต่ภายหลังคณะวิจัยได้เก็บตัวอย่างหินด้านบนถ้ำ STD-601 (นอกถ้ำ) เพื่อนำไปทำหินแผ่นบาง (thin section) และทำการวิเคราะห์หาแร่ประกอบหิน ผลปรากฏว่าข้อมูลยังไม่ชัดเจนนัก แต่ก็คาดว่าหินชนิดนี้น่าจะเป็นหินแอนดีไซต์ ซึ่งคณะวิจัยจะพยายามสำรวจเพิ่มเติม และเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์เพื่อยืนยันผลการสำรวจอีกครั้งหนึ่ง

ลักษณะการวางตัวเทียบกับหินชนิดอื่น จะพบว่าอยู่ใต้หินปูนยุคเพอร์เมียน โดยคาดว่าหินแอนดีไซต์ชุดนี้จะเกิดในช่วงยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส ซึ่งมีอายุระหว่าง 345 ถึง 230 ล้านปี

**หินบะซอลต์** หินบะซอลต์นี้คาดว่าจะเกิดในยุคเพอร์โม - คาร์บอนิเฟอรัส จุดที่พบ คือ ลักษณะที่ปรากฏพบว่าอยู่ใต้หินปูนในถ้ำ STD-657 ส่วนพื้นที่นอกถ้ำในขณะนี้ยังสำรวจไม่พบ ส่วนหินแปรที่พบนั้นคือ หินควอร์ตไซต์ (quartzite) และหินอ่อน (marble) แต่จะไม่แสดงรายละเอียดไว้ในบทความนี้

**ธรณีโครงสร้าง** ลักษณะธรณีโครงสร้างในพื้นที่ศึกษานั้น จะปรากฏเป็นชั้นหินคดโค้ง (folds) ที่มีความ



กว้างมาก โดยมีแกนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ หรือเป็นลักษณะโครงสร้างที่เกิดจากรอยเลื่อนแบบ antithetic และ synthetic faults ที่มีการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เช่นกัน (แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ และคณะ, 2528)

โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สำรวจพบในภาคสนามนั้น พบว่า จะมีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกับลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางน้ำ ลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ รวมทั้งลักษณะและทิศทางการวางตัวของถ้ำต่างๆ คือ ถ้ำขนาดใหญ่จะมีแนวของโถงถ้ำหลักวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ยกเว้นถ้ำแม่ละนา และถ้ำ STD-650 โดยรายละเอียดของการเกิดถ้ำและการเปลี่ยนแปลงภายในถ้ำ ตลอดจนการเกิดหินงอกหินย้อยประเภทต่างๆ จะมีการนำเสนอต่อไปในบทความของ พัฒนัธร โตไวยะ ว่าด้วยเรื่อง “วิวัฒนาการของถ้ำ” และบทความของ ไพศาล ศรีพิเศษ ในบทความเรื่อง “ประติมากรรมธรรมชาติใต้พิภพ” ตามลำดับ

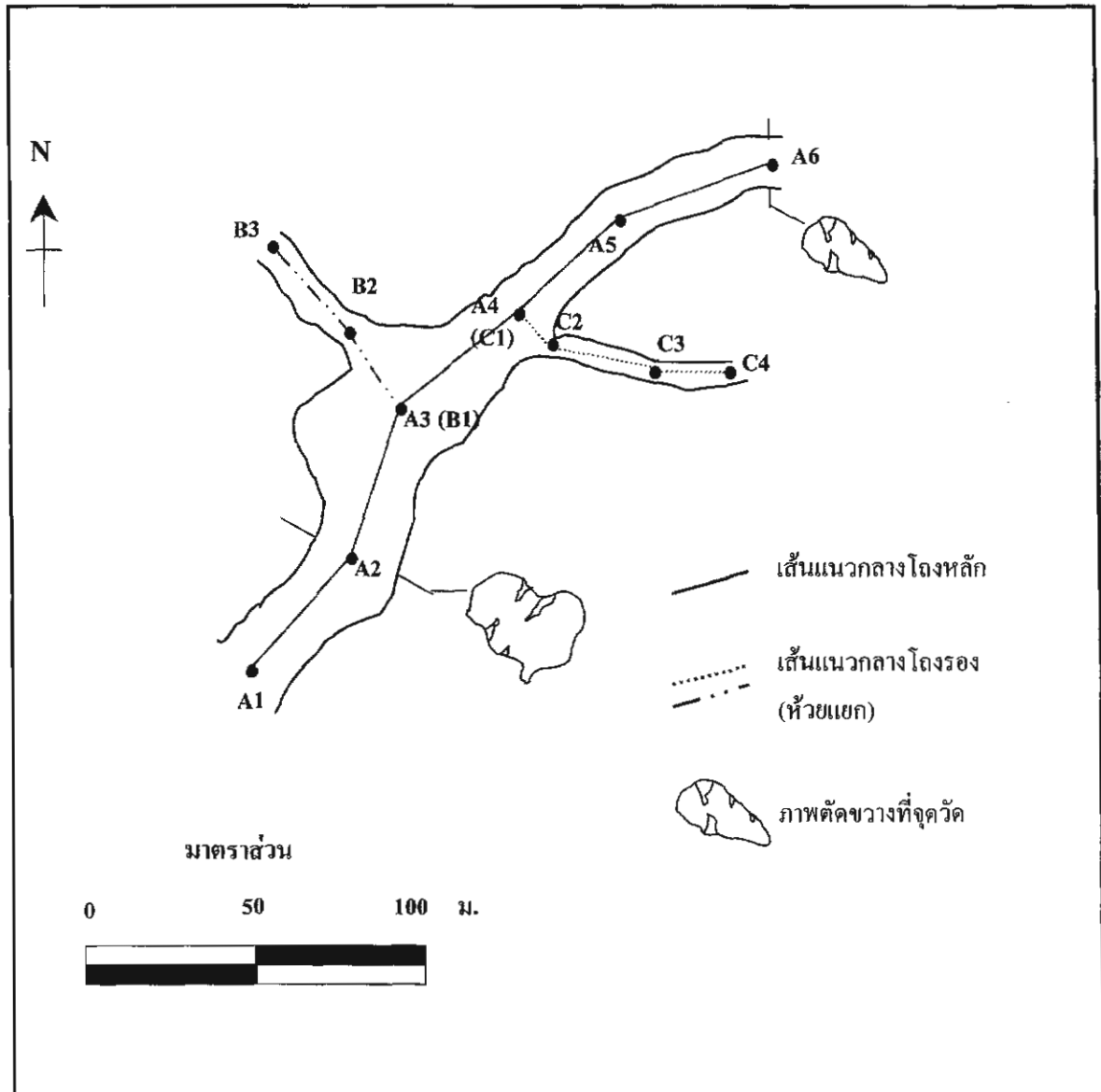
### การสำรวจด้านอุทกวิทยาวิทยา

ในการสำรวจด้านอุทกวิทยาในโครงการนี้ ประกอบไปด้วย การสำรวจข้อมูล 3 ส่วนคือ ข้อมูลอัตราการไหลของลำน้ำ ข้อมูลน้ำพุธรรมชาติ และข้อมูลแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กับแบบรูปทางน้ำ (drainage pattern) ซึ่งจะถูกรวบรวมโดยลักษณะต่างๆ ทางธรณีวิทยาโดยตรง สำหรับข้อมูลในรายละเอียดจะแสดงในบทความเรื่อง “สายธาร..ภูเขาและอาณาจักรใต้พิภพ” ซึ่งเขียนโดย ชัยพร ศิริพรไพบูลย์ นอกจากนี้ มีรายละเอียดของข้อมูลคุณภาพน้ำบริเวณถ้ำบางแห่ง ซึ่งแสดงค่าดัชนีน้ำต่างๆ เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม โดยเชื่อมโยงกับกิจกรรมของมนุษย์ที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่ง สิทธิพงษ์ ดิลกวนิช จะนำเสนอในบทความเรื่อง “คุณภาพน้ำบริเวณถ้ำ”

### การสำรวจเพื่อทำฝั้งถ้ำ

ในการสำรวจเพื่อทำฝั้งถ้ำในครั้งนี้จะประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ คือ

1. การสำรวจทิศทางของโถงถ้ำหลัก (main cave passage) และ โถงแยก (tributaries) ของถ้ำแต่ละถ้ำ รวมทั้งวาดภาพตัดขวาง (cross section) ของโถงถ้ำ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ความกว้าง และความสูงของโถง ที่จุดสำรวจนั้น (รูปที่ 2)
2. ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยา ทำการบันทึกลักษณะทางธรณีวิทยาที่ปรากฏ ได้แก่ ประเภท และชนิดของหิน รวมทั้งลักษณะของหินที่ปรากฏ เช่น สี เนื้อหิน (texture) ลักษณะการผุพัง รวมทั้งข้อมูลซากดึกดำบรรพ์ ที่พบในถ้ำ
3. ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง (structural geology) ได้แก่ รอยต่อของชั้นหิน (bedding plane) รอยแตก (fractures) ลักษณะการคดโค้งของชั้นหิน (folding) รอยเลื่อน (faults) และการเรียงลำดับของชั้นหินต่างๆ
4. ตะกอน และแร่ภายในถ้ำ เป็นการศึกษาตะกอนที่เกิดจากการพัดพาของน้ำ และแร่ทุติยภูมิ (speleothems) ที่เกิดจากสารประเภทคาร์บอเนต ต่างๆ เช่น หินงอก หินย้อย เสาหิน ฯลฯ
5. ศึกษาหลักฐานที่แสดงถึงวิวัฒนาการของถ้ำ เช่น ระดับพื้นถ้ำเก่า (fossil floor levels) ระดับน้ำภายในถ้ำในอดีต รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ได้แก่ การเกิดหลุมยุบในถ้ำ การทรุดตัวของพื้นถ้ำ รอยแยกของเสาหิน (column) ที่เกิดจากการแรงดึงที่เกิดเนื่องจากการทรุดตัวของพื้นถ้ำ (tension crack) ซึ่งสามารถใช้เป็นหลักฐานของวิวัฒนาการของถ้ำได้ ฯลฯ



รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการสำรวจทำผังถ้ำ

### มาตรฐานการสำรวจ

สำหรับการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำในโครงการวิจัยนี้ คณะวิจัยจะใช้วิธีที่เรียกว่า Tape and compass method คือ จะมีการวัดระยะและทิศทาง ซึ่งจะต้องมีการวัดระยะทางระหว่างจุดสำรวจต่างๆ ซึ่งเป็นแนวเส้นกลาง (center line) ของโถงถ้ำ ทำการวัดด้วยเทปวัดระยะที่ให้ความละเอียดถึง 10 เซนติเมตร และจะมีการวัดทิศทางระหว่างจุดสำรวจด้วยเข็มทิศแม่เหล็กที่ให้ความละเอียดถึง 1 องศา คือ Brunton compass และ Suunto compass

พร้อมทั้งทำการวัดค่าความลาดชันหรือมุมเอียงของแนวต่างๆ ด้วย เครื่องวัดมุมเอียง (Suunto inclinometer) ที่ความละเอียดถึง 1 องศา ซึ่งจะเทียบได้กับระดับ (grade) 5 ตามมาตรฐานการสำรวจของสมาคมวิจัยถ้ำของอังกฤษ (British Cave Research Association)

สำหรับความละเอียดในการจดบันทึกการสำรวจนั้น คณะวิจัยได้กำหนดให้อยู่ระหว่าง ชั้น (class) C ถึง D เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งหมายถึงว่ามีการบันทึกรายละเอียดทุกจุด (สถานี) ที่วัด รวมทั้ง ระหว่าง

จุดสำรวจในทางช่วงของโถงถ้ำด้วย ดังนั้นมาตรฐานในการสำรวจถ้ำที่ใช้คือ 5C หรือ 5D

### ผลการสำรวจถ้ำ

ในการทำงานภาคสนามในระยะปีครั้งนั้น ได้ดำเนินการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวเท่านั้น ส่วนฤดูฝนนั้นจะงด เนื่องจากเกรงว่าจะเกิดอันตรายจากน้ำหลาก การดำเนินงานจะทำการสำรวจถ้ำ 2 ประเภท คือ

1. ถ้ำขนาดใหญ่ ซึ่งจะเป็นถ้ำที่มีคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเด่นทางธรณีวิทยา อุทกวิทยา ชีววิทยา ฯลฯ และจะมีความสัมพันธ์ต่อทรัพยากรธรรมชาติ

ภายนอกถ้ำ ตลอดจนความเป็นอยู่ของประชาชนที่อาศัยอยู่ในละแวกใกล้เคียง จำนวนถ้ำที่ทำการสำรวจมี 9 ถ้ำ คือ ถ้ำ STD-604 ถ้ำ STD-601 ถ้ำ STD-609 ถ้ำ STD-657 ถ้ำ STD-032 ถ้ำ STD-060 ถ้ำ STD-665 ถ้ำ STD-653 และ ถ้ำ STD-030 บันทึบบันทึก ได้ความยาวของโถงถ้ำรวมกันทั้งสิ้น 9,703 เมตร (ตารางที่ 1)

2. ถ้ำขนาดเล็ก ซึ่งจะเป็นถ้ำที่มีความสำคัญทางด้านโบราณคดี ประมาณมากกว่า 30 ถ้ำ กระจายอยู่ทางตอนเหนือและตอนกลางของพื้นที่โครงการ ซึ่งเป็นการสำรวจเพื่อหาข้อมูลมาเสริมให้กับกลุ่มนักวิจัยด้านโบราณคดี (ดูรายละเอียดจากรายงานด้านโบราณคดี)

ตารางที่ 1 แสดงความยาวของโถงถ้ำและสถานภาพของถ้ำ

| ลำดับที่ | ชื่อถ้ำ     | ความยาวรวม (ม.) | สถานภาพ    |
|----------|-------------|-----------------|------------|
| 1        | ถ้ำ STD-601 | 550             | Active     |
| 2        | ถ้ำ STD-609 | 1,275           | Active     |
| 3        | ถ้ำ STD-604 | 290             | Active     |
| 4        | ถ้ำ STD-657 | 4,020           | Active     |
| 5        | ถ้ำ STD-032 | 962             | Active     |
| 6        | ถ้ำ STD-060 | 1,077           | Non-active |
| 7        | ถ้ำ STD-665 | 315             | Active     |
| 8        | ถ้ำ STD-653 | 1,188           | Active     |
| 9        | ถ้ำ STD-030 | 25              | Non-active |
| รวม      |             | 9,703           | เมตร       |

หมายเหตุ Active หมายถึง ถ้ำที่มีน้ำไหลผ่าน และยังคงการเกิดหินงอก หินย้อยอยู่ ส่วน Non-active หมายถึง ถ้ำที่ไม่มีน้ำไหลผ่าน และไม่มีการเกิดหินงอก หินย้อย หรือ เป็นถ้ำแห้ง

### สิ่งทีพบในถ้ำ

ตะกอนและแร่ที่เกิดในถ้ำ ตะกอนและแร่ที่พบในถ้ำนั้นถ้ำจะแบ่งตามต้นกำเนิดนั้นจะมี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ตะกอนที่ไม่ใช่สารคาร์บอเนต (non-carbonate formations) ซึ่งได้แก่ ชั้นกรวด ทรายและดินเหนียว รวมทั้งเศษหินที่น้ำพัดพา และตะกอนที่เกิดจากสาร

คาร์บอเนต (carbonate formations) รวมทั้งแร่ทุติย-ภูมิที่เกิดในถ้ำ (speleothem) ซึ่งเป็นผลพวงมาจากการที่น้ำที่มีสารคาร์บอเนตไหลซึมออกมาตามเพดาน หรือผนังถ้ำ และเกิดตกผลึกเป็นแร่แคลไซต์ในรูปแบบต่างๆ และมักจะก่อให้เกิดเป็นปรากฏการณ์ที่แปลกประหลาด หรือสวยงาม เช่น หลอดหินย้อย (soda straw) หินย้อย (stalactite) หินงอก (stalagmite) เสาหิน (column) หิน

ปูนขาว หรือหินน้ำไหล (flow Stone) ม่านหินย้อย (drapery) ทำนบหินปูน (rimstone pool) โล่หินปูน (shield) เกลียวหินปูน (heliclite) และหินลูกตุ้ม (pendulite) ฯลฯ

สิ่งอื่นๆ ที่พบในถ้ำ นอกเหนือไปจากตะกอนถ้ำ และแร่ทุติยภูมิในถ้ำต่างๆ ที่พบแล้ว คณะสำรวจยังได้สำรวจพบสิ่งแปลกๆ ที่หาได้ยาก ได้แก่ สัตว์ที่อยู่ในถ้ำ เช่น ปลาไม่มีตา ปลาตุ๊กแกที่สามารถปีนผนังน้ำตกได้ แมลงงจโคร่ง (centipede) ตัวหนอนเรืองแสงสีเขียวซึ่งเป็นหิ่งห้อยชนิดหนึ่ง ก้างควา งู หอยทากจืด และสัตว์ขนาดเล็กที่ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นสัตว์ประเภทใด

ส่วนพืชนั้นส่วนใหญ่จะเป็นพวกเชื้อราบางประเภท แบคทีเรีย ที่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติ และในบางถ้ำนั้นจะพบเชื้อราที่มีลักษณะเป็นภูห้อยสีขาว ที่เกาะและกินเนื้อไม้ที่มีคนนำไปสร้างบันไดในถ้ำเป็นอาหาร

## บทสรุป

จากลักษณะต่างๆ ทางธรณีวิทยา เช่น ชนิดของหิน โครงสร้างทางธรณี เมื่อผ่านขบวนการการผุสลาย หรือ การกัดกร่อนทางธรรมชาติ โดยมีตัวการที่สำคัญคือน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก จนมีลักษณะของภูมิประเทศต่างๆ กัน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นหินปูนนั้น จะถูกน้ำละลายออกไปตามยุคตามสมัย ผ่านกาลเวลามายาวนานนับล้านปี จนกระทั่งเกิดเป็นระบบของโง่งถ้ำมากมาย ซึ่งในถ้ำนั้นจะเป็นโลกแห่งความมืดมิดได้พิภพที่ดูเสมือนว่ามีแต่ความลึกลับ แต่ข้างในนั้นกลับมีสิ่งที่มีคุณค่ามากมาย ทั้งในแง่ของศิลปะที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ที่มีลักษณะเฉพาะตัว บางสิ่งบางอย่างนั้นมีความสวยงามระดับโลก บางอย่างเป็นสิ่งที่หายาก ยิ่งไปกว่านั้นถ้ำยังเป็นห้องทดลองทางธรรมชาติที่มีประโยชน์ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆ แต่หลายสิ่งหลายอย่างในถ้ำนั้นมีความบอบ

บาง และง่ายต่อการถูกทำลายทั้งทางตรงและทางอ้อมจากมนุษย์

สำหรับการสำรวจในโครงการนี้ ยังขาดสิ่งที่จำเป็น ต้องใช้ในการสำรวจและการศึกษาวิจัยอีกหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือสำรวจบางชนิด เช่น เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฯลฯ รวมทั้งยังขาดผู้ชำนาญการบางด้าน เช่น นักชีววิทยาที่ศึกษาพืช/สัตว์ที่อาศัยในถ้ำ รวมทั้งการฝึกการสำรวจจากผู้เชี่ยวชาญการสำรวจถ้ำ

## บรรณานุกรม

ชัยพร ศิริพรไพบูลย์. “ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยา”, รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 : โครงการ การสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542. หน้า 29 - 67.

พวงเพชร ธนสิน. บรรพชีวินสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

(Invertebrate Fossils). ขอนแก่น: ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรพงษ์ เลิศทัศนีย์. บรรพชีวินทั่วไป (General

Paleontology). เชียงใหม่: ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2536.

แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ และคณะ. “ธรณีวิทยาระวางอำเภอป่าเย้” รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 0045. กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, T-06-7-004-85/GEOL, 2528. 71 หน้า

Arduini, P. and Teruzzi, G. Simon & Schuster's

Guide to Fossils. New York: Simon & Schuster, Ind., 1986.

Dunkley, J. R. Speleological Research Council.

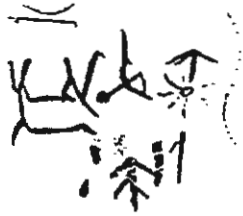
Sydney: 1994.

Hess and Koch, K.E. “Geological Map of Northern Thailand 1 : 250,000”, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources., 1979.

Hotzl, H, Czurda, K. and Eiswrth, M. **Hydrogeology  
and Engineering Geology of tropical karst  
areas, Thailand-laos.** Karlsruhe: University of

Karlsruhe, 1997.

Moody, R. **Practical Guide to Fossils.** London:  
Chancellor Press, 1994.



## วิวัฒนาการของถ้ำ

ทัศนธร โกไวยะ \*

### บทนำ

สรรพสิ่งต่างๆ บนโลกย่อมดำเนินไปตามกฎของธรรมชาติ ตามสัจธรรมของพระพุทธองค์ คือ มีเกิดขึ้น เจริญ (เสื่อม) แล้วก็ดับไป (หรือสิ้นสุด) ถ้ำก็เป็นส่วนหนึ่งของโลกที่ย่อมดำเนินไปตามหลักการเดียวกัน ดังนั้น จะเห็นว่าถ้ำต่างๆ ที่พบเห็นกันบ้างก็ยังคงมีความงดงามน่าดู บ้างก็ดูเก่าคร่ำคร่าไม่น่าดู จากการที่ได้สำรวจและพบเห็นถ้ำต่างๆ ในพื้นที่ จึงทำให้ต้องมีการจัดแบ่งประเภทของถ้ำตามระยะเวลาแห่งการวิวัฒนาการของถ้ำขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการที่ผู้คนที่ได้ไปเที่ยวและพบเห็นพอที่จะจินตนาการได้ว่าถ้ำแห่งนั้นๆ ได้ผ่านกาลเวลามาเนิ่นนานเพียงใด การแบ่งแยกหรือจำแนกถ้ำตามวิวัฒนาการนี้อาจกล่าวได้ว่าง่ายๆ คือ ถ้ำที่มีอายุน้อย อายุปานกลาง และอายุมาก (นอกจากนี้ยังจะมีถ้ำที่เริ่มเกิดใหม่หลังจากผ่านกระบวนการยกตัวของชั้นหินขึ้นมาจนถึงอีกระดับหนึ่งแล้ว) ซึ่งการแบ่งเช่นนี้จะยึดหลักการแบ่งอายุหรือวิวัฒนาการของการเกิดทางน้ำ (William, 1954; Sthraher and Sthraher, 1973; Tarbuck and Lutgens, 1984) สำหรับในพื้นที่วิจัยมีถ้ำที่มีวิวัฒนาการในอายุต่างๆ เป็นตัวอย่างให้เห็นมากมาย

### 1. ปัจจัยในการเกิดถ้ำ

ก่อนที่จะได้กล่าวถึงขบวนการต่างๆ ของการเกิดถ้ำ ควรที่จะได้ทำการศึกษา หรือทำความเข้าใจถึงองค์ประกอบ หรือปัจจัยที่สำคัญที่จะทำให้มีการเกิดถ้ำขึ้นมาได้ ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ได้แก่

#### หินต้นกำเนิด

โดยปกติหินที่จะทำให้เกิดถ้ำได้ต้องเป็นหินที่มีเนื้อหินที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งได้แก่ หินที่มีส่วนประกอบเป็นคาร์บอเนตและซัลเฟต เช่น หินปูน (Limestone,  $\text{CaCO}_3$ ) หินโคโลไมต์ (Dolomite,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) ยิปซัม (Gypsum,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเมื่อน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ ทำปฏิกิริยากับแร่เหล่านี้ จะละลายแร่เหล่านี้ได้ สำหรับในพื้นที่วิจัยนี้ ถ้ำที่พบจะเป็นถ้ำหินปูนที่เกิดขึ้นในยุคเพอร์เมียน (Permian) คือ เมื่อประมาณ 280 - 230 ล้านปีมาแล้ว

#### โครงสร้างทางธรณี

หินปูนในพื้นที่อำเภอปางมะผ้านี้เป็นหินที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนที่มีสารแคลเซียมคาร์บอเนตในทะเล ซึ่งต้องใช้เวลาในการเกิดเป็นเวลาหลายล้านปี เมื่อสารเหล่านั้นแข็งตัวกลายเป็นหิน ต่อมาเมื่อเปลือกโลกเกิดการเคลื่อนตัว ทำให้หินปูนเหล่านั้นยกตัวสูงขึ้นเหนือระดับน้ำทะเลกลายเป็นพื้นดินและภูเขา ในขณะที่เปลือกโลกเคลื่อนที่ไปนั้นก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เช่น เกิดการคดโค้งภายในชั้นหิน รอยแตก หรือบางส่วนจะเกิดเป็นรอยเลื่อนขนาดใหญ่ (fault) ทำให้หินแตกหักและมีรอยแตกเล็กบ้างใหญ่บ้างในเนื้อหิน ทำให้หินมีช่องว่างมากมาย รอยแตกหรือช่องว่างนี้เองที่เป็นสาเหตุสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้เกิดถ้ำเพราะน้ำจะไหลผ่านรอยแตก และช่องว่างเหล่านี้ได้โดยง่าย จนทำให้เกิดรูโพรงไปเรื่อยๆ

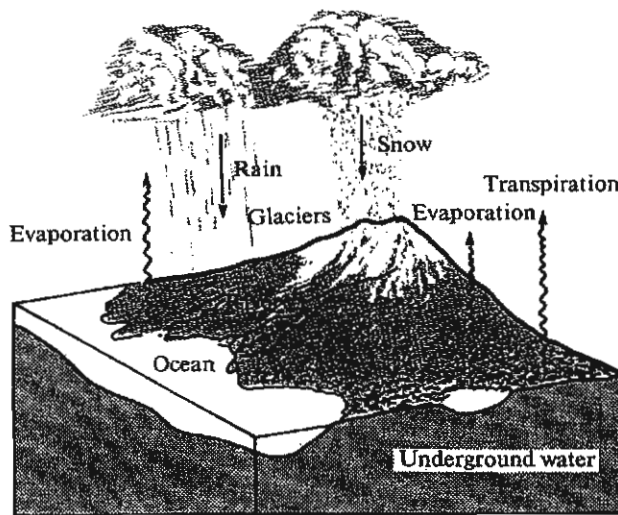
\* ผู้ช่วยนักวิจัย ด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยา โครงการ “การสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน”

## น้ำ

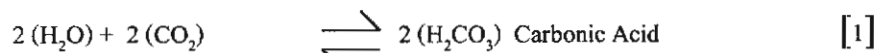
ตัวการสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้เกิดถ้ำได้นั้นคือ น้ำในธรรมชาติจะมีวัฏจักรของมัน คือ เมื่อน้ำที่อยู่ตามทะเลมหาสมุทร แม่น้ำ ฯลฯ ถูกความร้อนก็จะระเหยกลายเป็นไอน้ำลอยขึ้นไปรวมตัวกัน กลายเป็นก้อนเมฆ และต่อมาก็กลายเป็นฝนตกลงสู่พื้นโลกอีกครั้ง (รูป 1) น้ำฝนที่ตกลงมาเมื่อรวมตัวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ก็จะกลายเป็นกรดคาร์บอนิคอ่อนๆ (สมการที่

[1]) เมื่อน้ำฝนไหลซึมผ่านชั้นดินลงสู่ชั้นหินมันก็จะไหลผ่านรอยแตก กลายเป็นน้ำบาดาล หากน้ำบาดาลดังกล่าวไหลซึมผ่านชั้นหิน ที่เป็นหินปูนมันก็จะทำปฏิกิริยาคังสมการที่ [2] และ [3] ทำให้เกิดเกลือแคลเซียมไบคาร์บอเนตที่ละลายน้ำได้ดี ทำให้เนื้อหินปูนละลายออกไปเรื่อยๆ จนกลายเป็นโพรงต่อไป

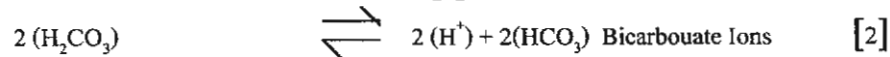
รูปที่ 1 วัฏจักรของน้ำ (Hydrologic Cycle)



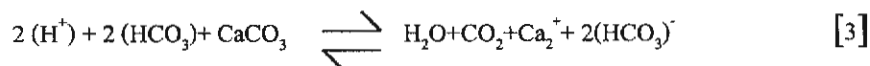
ที่มา : ชาญ ดันติสุกฤต และคณะ, 2529



กรดคาร์บอนิคจะแตกตัวต่อไปดังสมการ [2]



เมื่อซึมผ่านหินปูนก็จะละลายเกิดเป็นเกลือแคลเซียมไบคาร์บอเนต









4. ธารน้ำคืบหลัง (Rejuvenated stream) หมายถึง การเกิดเขาใหม่ อันเนื่องจากการที่แผ่นดินยกตัวขึ้น ทำให้ทางน้ำต้องมีการปรับสมดุล โดยเริ่มการเกิดเขาในแนวลึกมากขึ้น เพื่อที่จะทำให้ระดับน้ำอยู่ใกล้เคียงกับระดับน้ำทะเลให้มากที่สุด ดังนั้น จึงเริ่มขบวนการกัดเซาะแนวลึกใหม่หรือคือการเกิดใหม่โดยเริ่มช่วง Youth ครั้งใหม่ต่อไป โดยจะเห็นได้จากการที่ร่องรอยของรอยโค้งตัว ความสูงของชายตลิ่งเดิม ชันกรวดทรายเก่าทางน้ำเต็มจะเห็นได้ชัด แล้วจากนั้นขบวนการวิวัฒนาการก็เริ่มต้นและดำเนินต่อไปตามที่ได้อธิบายมาแล้วตามลำดับ

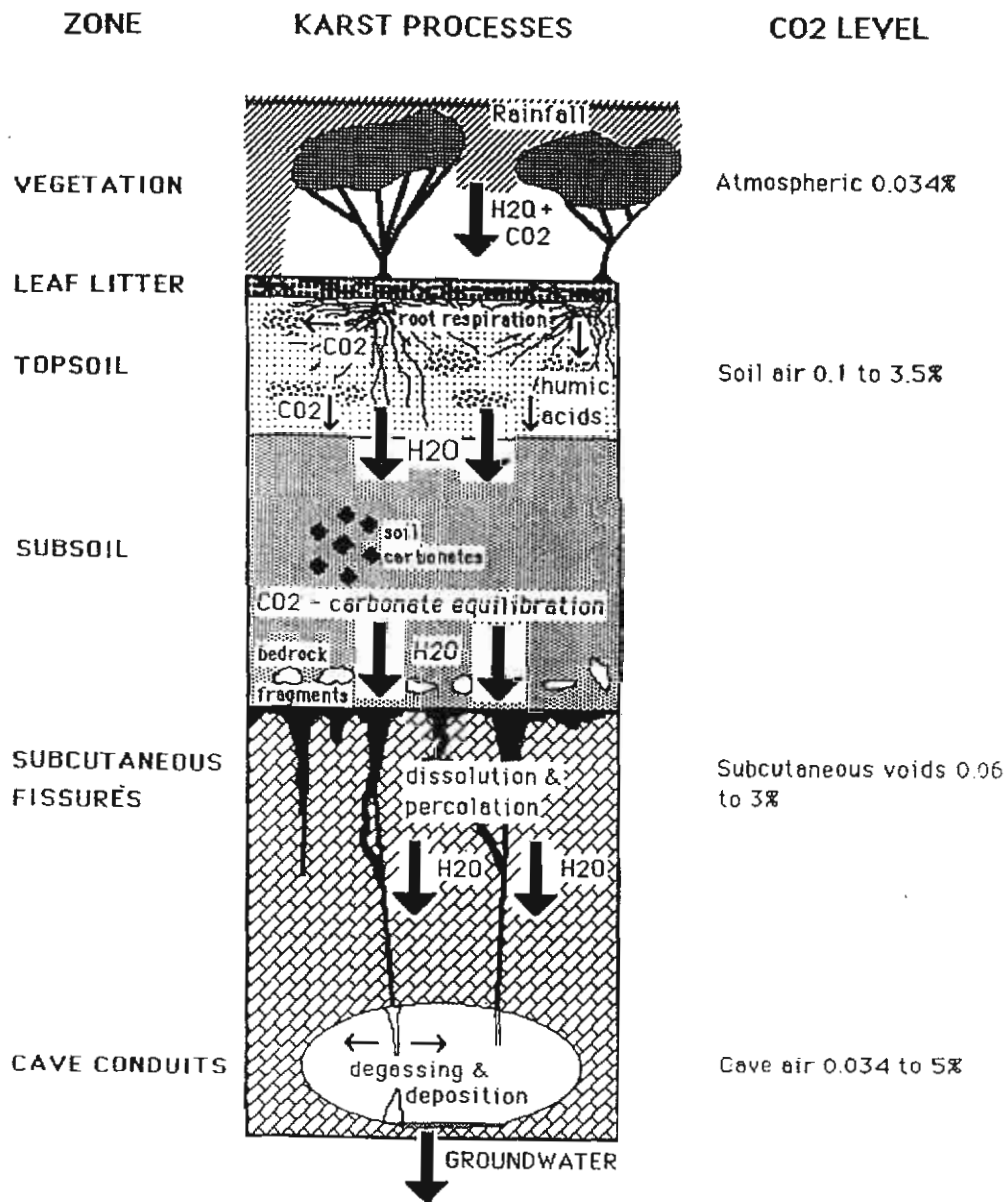
#### การเกิดและวิวัฒนาการของถ้ำ

เมื่อได้อธิบายถึงวิวัฒนาการของทางน้ำบนผิวดิน อาจจะทำให้เห็นภาพได้ง่ายขึ้น ต่อไปก็จะได้อธิบายเปรียบเทียบการเกิดและวิวัฒนาการของถ้ำซึ่งจะอยู่ใต้ผิวดิน ดังนั้นจึงอาจทำให้เห็นภาพได้ยากกว่า อย่างไรก็ตาม ลักษณะการเกิดก็จะมีธรรมชาติคล้ายกันคือ มีน้ำเป็นตัวเริ่มต้น มีหินเป็นทางน้ำแทนที่จะเป็นดิน แต่ขั้นตอนการเกิดก็ยังจะอิงอยู่บนพื้นฐานของการเกิดทางน้ำบนผิวดินเป็นหลัก ดังจะได้กล่าวเป็นลำดับต่อไป ดังนี้

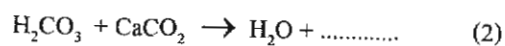
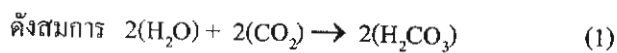
1. ถ้ำปฐมวัย (Youth cave) ตั้งแต่จุดเริ่มต้นของการจะเกิดเป็นถ้ำโดยจะเริ่มจากจุดเล็กๆ ก่อน กล่าวคือ เมื่อมีฝนตกลงมาบนพื้นผิวโลกของเรา น้ำส่วนใหญ่ก็จะไหลลงไปตามพื้นผิวดินกลายเป็นทางน้ำ ดังได้กล่าวไป

แล้ว แต่ยังมีน้ำบางส่วนประมาณร้อยละ 5 - 10 ซึมลงสู่ใต้ผิวดินหรือรอยแตกของหินในกรณีที่มีผิวดิน หรือไม่มีดินปกคลุมอยู่ น้ำที่ไหลซึมอยู่ใต้ผิวดินเหล่านี้ส่วนหนึ่งก็จะถูกดูดซับเอาไว้ด้วยรากของพืช ส่วนที่เหลือก็ไหลซึมต่อไปตามรูพรุนของชั้นดิน ขณะเดียวกันก็ไหลไปตามความลาดชันของพื้นผิวโลก ซึ่งถ้ามีปริมาณมากพอมันก็คือชั้นน้ำบาดาลนั่นเอง ซึ่งน้ำบาดาลส่วนนี้ บางส่วนก็ยังไหลซึมต่อไปในแนวคืบ เพื่อลงตามความลึกของชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป (รูป 2) อย่างไรก็ตามในบางครั้งก็มีข้อจำกัด คือ ถ้าชั้นดินชั้นที่มีความพรุน (porosity) น้อยหรือเป็นหน้าหินแข็งจนน้ำไม่สามารถไหลซึมต่อไปได้ น้ำเหล่านั้นก็จะไหลขนานไปกับชั้นดินไปตามความลาดชัน แต่เมื่อใดที่ชั้นหินมีรอยแตก น้ำเหล่านั้นก็มีโอกาสที่ไหลซึมผ่านรอยแตกเหล่านั้น น้ำบาดาลเหล่านี้ในขณะที่ไหลซึมผ่านชั้นดินหรือแม้กระทั่งน้ำฝนที่ตกลงมา เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศโดยธรรมชาติจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) อยู่ด้วยในปริมาณที่พอเหมาะจำนวนหนึ่ง น้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) เมื่อทำปฏิกิริยากับ  $\text{CO}_2$  ในธรรมชาติ (จะในอากาศก็มีหรือในรูพรุนของชั้นดินก็ดี) จะทำให้น้ำเหล่านั้นบางส่วนจะมีความเป็นกรด คาร์บอนิก ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) อ่อนๆ ซึ่งน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆนี้เมื่อไหลไปพบกับหินปูน ( $\text{CaCO}_3$ ) ก็จะทำให้น้ำที่เป็นตัวละลายที่ดีสามารถที่จะละลาย  $\text{CaCO}_3$  (รูปที่ 2)

รูปที่ 2 แสดงอิทธิพลของก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่ทำให้เกิดถ้ำ



ที่มา : Gillieson, 1996

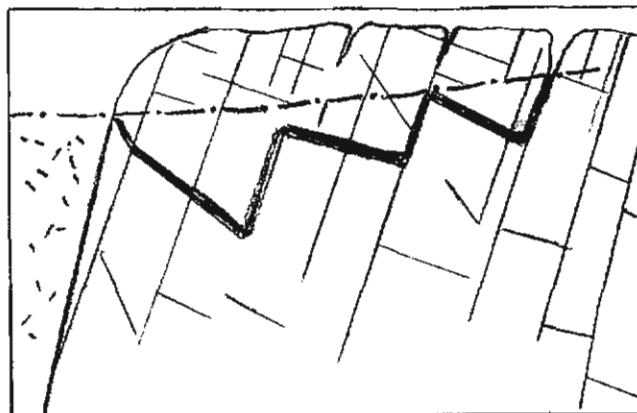


จากที่บรรยายมาทั้งหมดเป็นเพียงจุดเริ่ม หรือปฐมบทของการเกิดถ้ำเท่านั้น แต่ขบวนการของการเกิดถ้ำยังไม่ได้เกิดขึ้นเลย จากนั้นไปจึงจะเป็นจุดเริ่มต้นของขบวนการเกิดถ้ำกล่าวคือ เมื่อน้ำเริ่มละลายหินปูน (ที่กล่าวว่าเป็นหินปูนเพราะถ้าส่วนใหญ่จะเกิดในหินปูน ทั้งนี้เพราะหินปูนมีส่วนประกอบเป็น  $\text{CaCO}_3$  ซึ่งจะถูกละลายได้ดีกว่าหินอื่นๆ มีแร่ประกอบหินเป็นแร่ชนิดอื่นที่ไม่มีคุณสมบัติในการถูกละลายได้ดีอย่างแคลไซต์  $\text{CaCO}_3$  ดังนั้น ที่จะกล่าวต่อไปจะเน้นเฉพาะหินปูนเท่านั้น แม้ว่าหินชนิดอื่นก็มีรอยแตกเช่นกัน แต่น้ำจะไหลไปได้เพียงระดับหนึ่งก็ไม่สามารถไหลซึมต่อไปได้ เพราะรอยแตกจะเริ่มเล็กลง และน้ำไม่สามารถละลายเนื้อหินออกไปได้) ตามรอยแตกของหินปูนเมื่อน้ำไหลซึมผ่านรอยแตกเหล่านั้น ก็จะเริ่มขยายตัวออกจากรูหรือรอยแตกเล็กๆ ก็จะค่อยๆ ใหญ่ขึ้น (รูป 3)

โดยธรรมชาติรอยแตกในหินจะมีหลายทิศทาง ดังนั้นไม่เพียงแต่รอยแตกในแนวตั้ง (vertical) เท่านั้น แนวแตกในแนวระนาบ (horizontal) ก็ถูกละลายไปด้วยเช่นกัน รอยแตกเหล่านี้แรกๆ เมื่อน้ำไหลซึมผ่านในปริมาณน้อย ความเร็วในการไหลก็จะยังไม่มาก เมื่อรอยแตกถูกละลายขยายใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณน้ำก็

ไหลผ่านได้มากขึ้น อัตราการไหลก็มากตามไปด้วย อัตราการละลายก็มากตามอัตราการไหลเช่นกัน เมื่อรอยแตกขยายใหญ่ขึ้นจนเป็นรูโพรงการไหลของน้ำก็จะเป็นอิสระมากขึ้น จนสามารถไหลเป็นทางน้ำ ในช่วงระยะตั้งแต่ที่กล่าวมาจนถึงระยะนี้คือเมื่อหินเป็นรูปโพรงขนาดใหญ่พอควร ระยะนี้ก็คือ ระยะเริ่มแรก (Youth) นั่นเอง นั่นคือ เริ่มที่จะเป็นถ้ำแล้ว ถ้าในช่วงนี้จะมีแค่ขบวนการกัดเซาะของน้ำเป็นส่วนใหญ่ จะไม่มีขบวนการตกตะกอนภายในถ้ำเกิดขึ้นมากนัก อาจจะมีตะกอนถ้ำบางอย่างเกิดขึ้นตามมา หากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น การเกิดหลอดหินย้อย (soda straw) หินย้อย (stalactite) ที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นมาบ้าง ดังนั้นถ้าในช่วงระยะเวลาเหล่านี้จะยังไม่มียะไรซับซ้อนนอกจะเป็นเพียงรูโพรงเล็กๆ แคบๆ มีความชันค่อนข้างมาก ยังไม่มีตะกอนถ้ำต่างๆ หรือตะกอนทางน้ำ (กรวด ทราย) จะมีก็แต่หินหล่นขนาดใหญ่ที่เป็นผลจากการร่อนของชั้นหิน หินย้อยเหล่านี้ก็จะยังมีเหลื่อมคม เนื่องจากยังไม่มีการละลายหรือการขัดถูของการตกตะกอนต่างๆ ตัวอย่างได้แก่ ถ้ำ STD-604 ถ้ำ STD-653 ถ้ำ STD-669

รูปที่ 3 แสดงการขยายตัวของรอยแตกเมื่อถูกละลายด้วยน้ำ



ที่มา : Gillieson, 1996

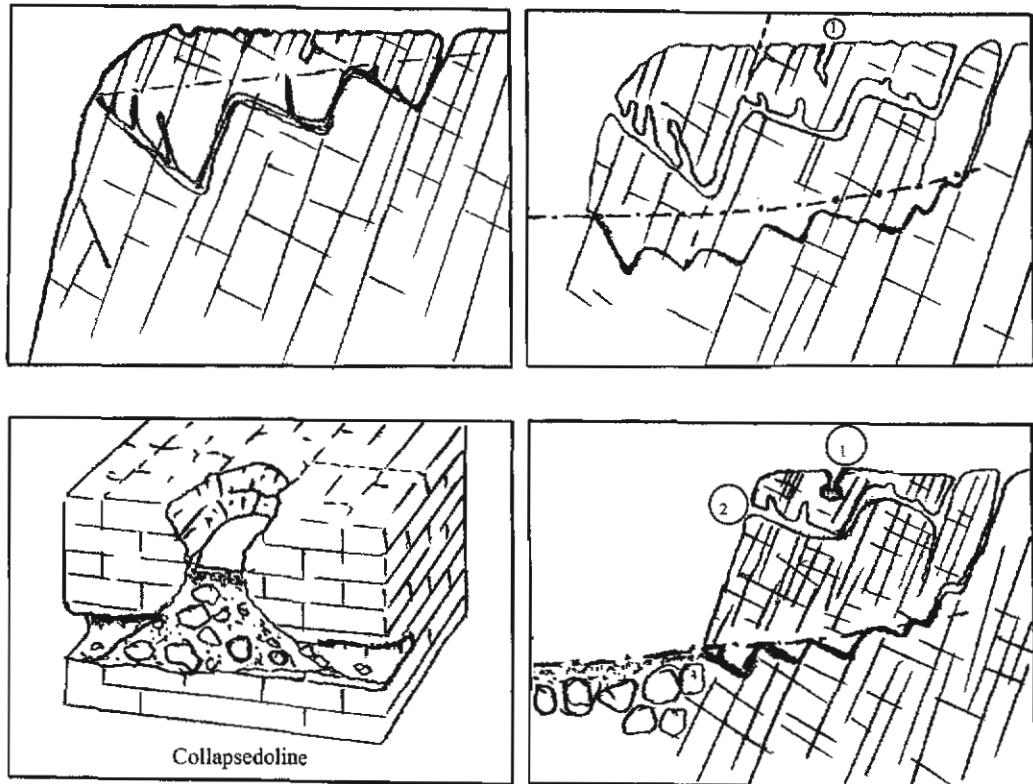
2. ถ้ำมีขมิ้ววัย (Matured cave) เมื่อการกัดเซาะในแนวคิงเข้าใกล้จุดสมดุล รวมทั้งระดับน้ำบาดาลกัดเซาะและละลายเนื้อหินจนเข้าใกล้กับระดับน้ำผิวดิน ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่ง การกัดเซาะในแนวระนาบก็จะมามากขึ้น และรักษาระดับคงที่ไว้ได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง การขุดลึกลงของตะกอนทางน้ำจะขุดลึกลงให้ก้อนหินขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง และลบเหลี่ยมมุมมากขึ้น การไหลหยดของน้ำตามเพดานและผนังถ้ำมากขึ้น ทำให้เกิดตะกอนถ้ำมีมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นหินงอกหินย้อย หินปูนฉาบ แต่ขนาดจะยังไม่ใหญ่โตมากนัก ชนิดของตะกอนถ้ำประเภทเกิดได้น้ำหรือในแอ่งจะยังมีน้อยมาก ตัวอย่างของถ้ำที่มีอายุระยะกลางนี้ได้แก่ ถ้ำ STD-650 ถ้ำ STD-060 ถ้ำ STD-609

3. ถ้ำป้างวัย (Old age cave) เป็นถ้ำที่มีอายุมาก ผ่านการกัดเซาะและการละลายมานาน ตะกอนตามพื้นจะเป็นพวกกรวดทรายและดินเหนียว ก้อนกรวดจะมีความกลมมนไม่มีเหลี่ยมขนาดไม่ใหญ่มากส่วนใหญ่จะกองติดอยู่กับผนังถ้ำ จนบางครั้งน้ำที่ไหลซึมผ่านผนังถ้ำมาทับพวกหินปูนฉาบ (flowstone) หรือ ม่านหินย้อย (drapery) ต่างๆ ตามผนังถ้ำไหลมาเคลือบพวกก้อนกรวดเหล่านั้นจนเชื่อมติดกับผนังถ้ำไปด้วย ซึ่งจะใช้เป็นหลักฐานว่าเคยเป็นพื้นทางน้ำมาก่อน นอกจากนี้บางครั้งตามผนังถ้ำอาจจะมีโพรงดินบางแห่ง ซึ่งเมื่อถึงฤดูน้ำหลาก ตามซอกหลืบหรือรูโพรงเหล่านี้จะเต็มไปด้วยน้ำ แต่ต่อมาเมื่อระดับน้ำลดลง ก็จะมีการตกตะกอนถ้ำประเภทที่เกิดได้น้ำในขณะที่มีน้ำขังนิ่ง เช่น พวก pool deposits ต่างๆ หรือพวกผลึกเคลือบผนัง (crystal linings) เป็นต้น ซึ่งถือเป็นหลักฐานอันหนึ่งว่าระดับต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการตกผลึกเหล่านี้เป็นตัวชี้ว่าครั้งหนึ่งเคยเป็นระดับน้ำท่วมถึงมาแล้ว นอกจากผลึกเคลือบผนังแล้ว ตะกอนที่เกิดในแอ่งจะเป็นพวกดินโคลนที่มีขนาดเล็กมาก ซึ่งเมื่อน้ำลดลงหรือแห้งไปตะกอนเหล่านี้ก็จะทับถมกันอยู่ในแอ่งหรือเคลือบฉาบอยู่บนตะกอนถ้ำต่างๆ ด้วย ขนาดของถ้ำจะมีการขยายตัว

ในแนวระดับออกไปเรื่อยๆ เท่าที่จะเป็นไปได้ ขึ้นกับปริมาณน้ำและความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านถ้ำเหล่านี้ ตัวอย่างถ้ำที่พบในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ถ้ำลอด ถ้ำ STD-032 เป็นต้น

4. ถ้ำคืนพลัง (Rejuvenated cave) เป็นขบวนการทางธรณีวิทยาชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก ทำให้ระดับพื้นผิวหรือลักษณะภูมิประเทศต่างๆ เกิดการยกตัวขึ้นสูงกว่าระดับเดิมที่เป็นอยู่ในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เริ่มเกิดการกัดเซาะในแนวลึกครั้งใหม่อีกครั้งหนึ่ง ขบวนการเกิดถ้ำก็จะยังคงดำเนินการต่อไป เช่น การตกตะกอนถ้ำต่อเนื่องไป ซึ่งถ้ำหากไม่มีหลักฐานอย่างใดอย่างหนึ่งก็อาจจะไม่ทราบว่าเกิดการเคลื่อนตัว หรือยกตัวของพื้นผิวโลก แต่เนื่องจากหลักฐานหลายอย่างที่ถูกบันทึกอยู่บนผนังถ้ำ หรือตะกอนถ้ำบางอย่างจะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงแต่ละครั้งเอาไว้ เช่น fossil floor (ระดับพื้นน้ำเดิม) (รูปที่ 4) หรือการแตกหักของแท่งเสาหิน (column) ที่เกิดจาก tension crack ซึ่งเมื่อเกิดการทรุดตัวของระดับพื้น จะทำให้เกิดการแตกหักได้เช่นกัน การทรุดตัวก็เป็นผลสืบเนื่องจากการยกตัวของพื้นผิวเดิม กล่าวคือ เมื่อพื้นผิวโลกถูกยกระดับสูงขึ้นระดับน้ำต่างๆ ก็ต้องปรับตัวให้เข้าสู่สมดุลที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งจะถือเป็นระดับมาตรฐานของระดับน้ำที่น้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำเสมอ เมื่อน้ำในถ้ำไหลกัดเซาะในระดับที่ลึกลงจะทำให้เกิดรูโพรงด้านล่างของพื้นถ้ำเดิม ทำให้เกิดการพังถล่มของพื้นลงไปเป็นหลุมลึกลงไป หรือ เรียกว่า หลุมยุบ (sinkhole หรือ doline) ซึ่งจะพบได้ทั่วไปในบริเวณที่มีน้ำบาดาลไหล อยู่ใต้พื้นชั้นหินที่เป็นหินปูน แต่ถ้ำหากเกิดการยุบตัวของชั้นหินที่ถูกละลายจนข้างใต้เกิดเป็นรูโพรงขนาดใหญ่ ทำให้เกิดการพังถล่มของพื้นที่เป็นบริเวณกว้างใหญ่มากๆ จะเรียกอีกอย่างว่า polje ซึ่งใน

รูปที่ 4 แสดงวิวัฒนาการของถ้ำแขวนทั้ง 2 ประเภท เมื่อชั้นหินถูกยกตัว



ที่มา : Gillieson, 1996 และ Bloom, 1979

พื้นที่วิจัยก็มีอยู่หลายแห่ง เช่น บ้านแม่ละนา บ้านผาเผือก เป็นต้น ส่วนถ้ำที่มีหลักฐานการเกิด Rejuvenation มาแล้วก็ได้แก่ ถ้ำลอด ถ้ำ STD-601 ถ้ำ STD-665 ถ้ำ STD-657 เป็นต้น

ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดส่วนใหญ่จะเป็นถ้ำที่ยังมีการพัฒนาการอยู่ (active cave) คือ มีการกัดเซาะจากทางน้ำมีการตกตะกอนของตะกอนถ้ำ คือ ยังมีการเกิดหินงอก หินย้อย ต่างๆ อยู่แต่ในพื้นที่วิจัยยังมีถ้ำอีกกลุ่มหนึ่งคือถ้ำลอย (ถ้ำแขวน) ที่หยุดการพัฒนาไปแล้ว (non active cave) หรือเรียกอีกอย่างว่าถ้ำตาย หรือถ้ำแห้ง ซึ่งก็คือถ้ำที่มักพบอยู่ตามยอดเขาสูงๆ อาจเป็นเพียงรูโพรงที่มีขนาดต่างๆ ทั้งเล็กและใหญ่ บางถ้ำแม้จะอยู่สูงมาก แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับที่สูงกว่าถ้ำ active ทั่วไป ถ้ำแขวนพวกนี้จะมีอยู่เป็นจำนวนมากและส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ โดยมนุษย์โบราณที่เอาโลงศพไปเก็บไว้ภายในถ้ำ และบางถ้ำอาจถูกใช้

เป็นที่อยู่อาศัยของมนุษย์ยุคโบราณเหล่านั้นด้วย นอกจากมนุษย์แล้วมีร่องรอยว่าสัตว์ต่างๆ ก็ใช้เป็นที่อยู่อาศัยหลบภัยด้วย สำหรับวิวัฒนาการหรือการเกิดของถ้ำพวกนี้สามารถอธิบายจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

**ประเภทแรก** เป็นพวกที่เกิดเป็นลักษณะรูโพรงลึกๆ มีระดับชั้นภายในถ้ำเป็นหลายระดับไม่พบตะกอนกรวดทราย จะพบแต่ก้อนหินหล่นขนาดต่างๆ ที่แตกหักหรือตะกอนถ้ำพวกหินย้อย ขนาดต่างๆ ที่ตกลงมาอยู่ตามพื้นถ้ำ รวมกับพวกฝุ่นละอองที่น้ำจะเกิดจากตะกอนพวกดินเหนียว ตกทับถมอยู่ ถ้ำประเภทนี้คาดว่าจะเป็นเกิดจากการที่น้ำไหลซึมตามรอยแตกจากด้านบนแล้วละลายเนื้อหิน ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นๆ โดยการละลายจะถูกจำกัดในรูโพรง ไม่มีการไหลของน้ำในแนวระนาบมากนัก ถ้าจะเป็นการไหลก็เป็นการไหลในแนวตั้ง โดยไหลผ่านรอยแตกในแนวตั้งมากกว่าการ

ไหลในแนวระนาบ ถ้าพวกนี้จะเกิดในบริเวณที่อยู่เหนือระดับน้ำไหล (water table) คือจะอยู่บนยอดเขาสูงมีปากถ้ำอยู่ด้านบนในลักษณะของหน้าต่างถ้ำ (window) ระดับชั้นของพื้นถ้ำจะอยู่ลึกลงไปจากปากทางเข้า ตะกอนถ้ำ (speleothems) ก็มียูบ้างซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นประเภทที่เกิดจากน้ำหยดและน้ำไหล (dripstone and flowstone forms) เช่น พวงหินงอก หินย้อย หินปูนฉาบ เป็นต้น ถ้าประเภทนี้อาจผ่านขั้นตอน Rejuvenation หรือไม่ผ่านก็ได้ เพราะหลักฐานมักไม่ค่อยเด่นชัด หรือมักไม่พบหลักฐานเลย แต่อย่างไรก็ตามสาเหตุที่ถ้ำพวกนี้หยุดการพัฒนากลายเป็นถ้ำตาย หรือถ้ำแห้ง (non active) นั้น สาเหตุหลักก็คือการเปลี่ยนสภาพของหลังคาถ้ำ กล่าวคือ หลังคาถ้ำบางลง หรือถล่มลง ป่าหรือพืชพรรณบนหลังคาลดน้อยลงทำให้น้ำที่ซึมผ่านหลังคาถ้ำลดน้อยลงจนหมดไปในที่สุด ตัวอย่างของถ้ำประเภทนี้ได้แก่ ถ้ำ STD-030 ถ้ำ STD-006 ถ้ำ STD-025 เป็นต้น

ประเภทที่สอง เป็นถ้ำที่มีพัฒนาการจากถ้ำที่เกิดใต้ระดับน้ำ (water table) คือ มีการไหลในแนวตั้ง และมีการไหลในแนวระนาบมาก่อน ถ้ำแขวนประเภทนี้มีพัฒนาการแบบถ้ำ active โดยทั่วไป แต่ต่อมาได้ผ่าน

ขั้นตอนของ rejuvenation มาหลายครั้งจนกระทั่งระดับที่เคยอยู่ใต้ดินต่อมาถูกยกตัวสูงขึ้นเรื่อยๆ จนอยู่สูงเหนือระดับน้ำปัจจุบันไปมาก ขณะเดียวกันแนวถ้ำเดิมที่เป็นแนวต่อเนื่องกันถูกทำลายหรือถล่มหายไป อันเนื่องจากการเกิดหลุมยุบขนาดใหญ่พังทลาย ลงเป็นแนวหลุมยุบ หรือ dolines (Ford, 1976) ส่วนของถ้ำที่หลงเหลืออยู่จึงค้างลอยอยู่บนยอดเขา หน้าผาหรือเชิงเขา ในขณะที่ถ้ำ active ใหม่หรือทางน้ำใหม่ ยังคงมีพัฒนาการต่อไป ถ้าประเภทนี้จะมีความยาวในแนวระนาบบ้างไม่มากนักน้อย อาจมีตะกอนถ้ำ หลากๆ แบบ คล้ายถ้ำ active ที่เห็นๆ อยู่ในปัจจุบันเพียงแต่ปัจจุบันได้หยุดการพัฒนาไปแล้ว ถ้ำพวกนี้จะมีปากถ้ำอยู่ในแนวระนาบ ตามหน้าผาต่างๆ เนื่องจากแนวถ้ำเดิมถล่มไปจนเหลือบางส่วนที่ยังคงอยู่ในเนื้อหินตัวอย่างของถ้ำแขวนประเภทนี้ได้แก่ ถ้ำ STD-008 ถ้ำ STD-057

เมื่อได้กล่าวถึงวิวัฒนาการของถ้ำและทางน้ำไปแล้ว เพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ก็สามารถที่จะเขียนเป็นตารางแสดงการเปรียบเทียบวิวัฒนาการของทางน้ำ และถ้ำอย่างง่าย (ดังรูป 5)

รูปที่ 5 เปรียบเทียบวิวัฒนาการทางน้ำกับถ้ำ

|        |              | Youth | Maturity | Old Age | Rejuvenation |
|--------|--------------|-------|----------|---------|--------------|
| ทางน้ำ | X-section    |       |          |         |              |
|        | Sediment     |       |          |         |              |
| ถ้ำ    | Longitudinal |       |          |         |              |
|        | X-section    |       |          |         |              |

ที่มา : จากการสำรวจ, 2541.

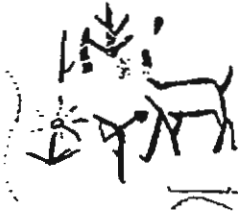
## ประโยชน์ของการจำแนกวิวัฒนาการของถ้ำ

สิ่งที่ผู้เขียนคาดว่าจะน่าจะเป็นประโยชน์สำหรับการเขียนบทความขึ้นนี้ก็คือ

1. ปลุกจิตสำนึกให้แก่ชุมชนและนักท่องเที่ยว ได้มีความรู้สึกรักและหวงแหนถ้ำและสภาพแวดล้อมต่างๆ เพราะถ้ำหากพวกเขาเหล่านั้นได้ทราบว่าถ้ำที่จะมาเป็นถ้ำให้เขาได้เที่ยวชมและชื่นชมความงามของมันต้องใช้เวลานานเป็นล้านๆ ปี จึงจะเกิดขึ้นมาได้ เขาก็จะได้เที่ยวชมอย่างมีความระมัดระวังไม่ทำลายสิ่งต่างๆ ในถ้ำ
2. ทำให้ทราบถึงวิวัฒนาการความเป็นมาทางธรณีวิทยาและเป็นหลักฐานในการยืนยันความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่บริเวณนี้เพื่อไปเชื่อมต่อกับความเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกในบริเวณอื่นๆ
3. นำไปใช้ในการวางแผนจัดการทรัพยากรถ้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น หากจะเปิดให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ที่เป็นถ้ำอายุน้อย ก็อาจจะต้องดูขนาดของถ้ำ ถ้ำเป็นถ้ำเล็กก็อาจจะมีกรควบคุมจำนวนนักท่องเที่ยวบ้าง แต่ถ้าเป็นถ้ำใหญ่การควบคุมจำนวนนักท่องเที่ยวก็อาจจะผ่อนคลายเป็นบ้าง เพราะเมื่อถึงฤดูน้ำหลากถ้ำก็สามารถฟื้นตัวเองได้ดีกว่าถ้ำอายุมากที่ต้องควบคุมจำนวนนักท่องเที่ยวให้มากกว่าถ้ำอายุน้อย เป็นต้น

## บรรณานุกรม

- ชาญ ดันติสุกฤต และคณะ. ธรณีวิทยา เล่ม 2. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์ ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, 2529.
- Bloom, A.L. "Geomorphology", **A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms.** New Delhi-11001: Prentice-Hall of India Private Ltd., 1979.
- Gillieson, D. **Caves : Processes, Development and Management.** Blackwell Publisher, 1996.
- Strahler, A.N. and Strahler, A.H. **Environmental Geoscience : Interaction between Natural Systems and Man.** Santa Barbara: Hamilton Publishing Co., 1973.
- Tavbuck, E.J. and Lutgens, F.K. **The Earth : An Introduction To Physical Geology.** Columbus: Charles E. Merrill Publishing Co and A Bell & Howell Co, 1984.



## บทนำ

ธรรมชาติสร้างสรรค์ผลงานที่นับเป็นศิลปะมากมายที่มนุษย์ไม่สามารถลอกเลียนแบบได้ ลักษณะกายภาพทางธรณีวิทยาเป็นศิลปะธรรมชาติ ที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปตามแต่ลักษณะพื้นฐานของแต่ละพื้นที่ ซึ่งลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่มีการก่อกำเนิดขึ้นนี้ ยังมีสิ่งที่นับเป็นประติมากรรมธรรมชาติที่น้อยคนจะได้พบเห็น ประติมากรรมธรรมชาตินี้คือ “ถ้ำและตะกอนแร่ภายในถ้ำ” ในประเทศไทยมีถ้ำให้พบเห็นในหลายบริเวณ จุดที่น่าสนใจคือ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ปัจจุบันมีโครงการศึกษาภายใต้ชื่อ “โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน” โครงการได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ทางด้านธรณีวิทยามีการจัดทำแผนผังของถ้ำที่พบเพื่อแสดงตำแหน่งที่ชัดเจน การจัดจำแนกชนิดของตะกอนถ้ำที่พบและนำเสนอเพื่อการจัดการทรัพยากรที่เหมาะสมด้วย ซึ่งอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีลักษณะโดดเด่นทางสภาพภูมิประเทศและธรณีวิทยาที่แตกต่างจากบริเวณอื่นที่พบในประเทศไทย

ลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของอำเภอปางมะผ้ามีความแตกต่างของพื้นที่ค่อนข้างมาก คือ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูงชันมีที่ราบระหว่างหุบเขาน้อยมาก ซึ่งเป็นผลเนื่องจากสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ ชนิดหินส่วนใหญ่ที่พบเป็นหินปูน ในยุคเพอร์เมียน ซึ่งมีอายุ

## ประติมากรรมธรรมชาติได้พิภพ

ไพศาล ศรีพิศข \*

ประมาณ 280-230 ล้านปี (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530) โดยในหน่วยหินปูนจะมีลักษณะธรณีสัณฐานที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวเรียกว่า “ลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์” (Karst topography) ซึ่งลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์นี้ จะเกิดขึ้นเนื่องจากการละลายของชั้นหินคาร์บอเนต โดยน้ำที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือกรดอินทรีย์ต่างๆ ละลายอยู่ ทำการละลายเนื้อหินทั้งในทางคั้งและทางราบ จนเกิดเป็นโพรงต่างๆ ซึ่งต่อมาเมื่อระดับน้ำในโพรงลดลง ก็จะกลายเป็นถ้ำที่มนุษย์สามารถเข้าไปได้ และด้วยเหตุที่การซึมของน้ำจากเพดานและผนังถ้ำยังคงมีอยู่ ซึ่งน้ำเหล่านั้นเป็นน้ำที่มีสารหินปูน หรือสารแคลเซียมไบคาร์บอเนตละลายอยู่ เมื่อซึมผ่านเข้ามาในถ้ำก็จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปและจะเกิดการตกผลึกของสารแคลเซียมไบคาร์บอเนตเป็นแร่ทุติยภูมิที่เกิดในถ้ำประเภทต่างๆ มากมาย

## การเกิด

ลักษณะถ้ำที่มีอายุมาก (old age) มีความสำคัญในการเกิดตะกอนถ้ำ กล่าวคือ มีการเคลื่อนผ่านของทางน้ำน้ำจะเป็นตัวกลางในการชะล้างและพัดพาตะกอนเข้าไปในถ้ำ ทำให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนในถ้ำ การที่มีน้ำเคลื่อนผ่านจะเป็นตัวทำละลายและพัดพาสารแคลเซียมไบคาร์บอเนตในเนื้อหินปูน เมื่อน้ำเกิดการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำให้เกิดการพอกตัว

\* ผู้ช่วยนักวิจัย ด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยา โครงการ “การสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน”



ของแร่แคลไซต์ตามผนังถ้ำหินปูน การพอกตัวของสารแคลเซียมคาร์บอเนตในอัตราและสภาวะที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดลักษณะเด่นทางโครงสร้างภายในถ้ำรวมเรียกว่า “Speleothem”<sup>1</sup> ในถ้ำที่มีการก่อเกิดการพอกตัวอย่างต่อเนื่องของสารแคลเซียมคาร์บอเนต เกิดเป็นประติมากรรมที่งดงามและแปลกตาน่าสนใจแก่ผู้พบเห็น ในอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีตะกอนถ้ำมากมายหลายชนิดทั้งที่มีลักษณะเช่นเดียวกับถ้ำในภูมิภาคอื่นและมีลักษณะเฉพาะตัว

### ประเภทของตะกอนภายในถ้ำ

ตะกอนภายในถ้ำแบ่งตามต้นกำเนิดได้ 2 ประเภท (ชัยพร ศิริพรไพบูลย์, 2541)

1. ตะกอนที่ไม่ใช่สารคาร์บอเนต (non carbonate formations) ได้แก่ ตะกอนกรวด หินทราย โคลนที่ถูกพัดพามาด้วยทางน้ำ บางส่วนแสดงร่องรอยที่ถ้ำน้ำเดิม

2. ตะกอนที่เกิดจากสารคาร์บอเนต (carbonate formation) ได้แก่ speleothem ที่ก่อเกิดลักษณะรูปทรงแปลกประหลาด หรือสวยงามภายในถ้ำมีอยู่มากมายหลายชนิด สำหรับคำจำกัดความของ speleothem ที่ใช้ในบทความนี้ ได้ใช้ตาม J.N. Jennings (อ้างใน Gillieson, 1996) และ Moore, and Sullivan (1978)

สำหรับการแบ่งประเภท speleothem นั้น White (อ้างถึงใน Gillieson, 1996) ได้แบ่ง speleothem เป็น 3 ประเภทตามลักษณะการเกิด ดังนี้

#### 1. ประเภทที่เกิดจากน้ำหยดและน้ำไหล (dripstone and flowstone forms) ได้แก่

หลอดหินย้อย (soda straw) เป็นสารหินปูนที่จับตัวเป็นหลอดย้อยจากเพดานถ้ำ ส่วนนอกเกิดการแข็งตัว

แต่บริเวณตรงกลางด้านในกลวงและมีหยดน้ำไหลซึมออกมา โดยน้ำที่มีส่วนประกอบของสารคาร์บอเนตจะเป็นตัวเพิ่มความยาวของหลอดหินย้อย แต่เนื่องจากตรงกลางเป็นรูกลวงทำให้หลอดหินย้อยเป็น speleothem ที่ค่อนข้างเปราะบาง เมื่อความยาวของหลอดหินย้อยเพิ่มมากขึ้น มักจะหักและหล่นลงบนพื้นถ้ำ หลอดหินย้อยที่พบส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายกัน พบได้ทั่วไปในถ้ำที่มีน้ำไหลผ่านอยู่ที่สำคัญ ได้แก่ ถ้ำ STD-657 ถ้ำแม่ละนา ถ้ำ STD-668 ถ้ำ STD-653 ถ้ำ STD-601 และถ้ำ STD-609 เป็นต้น

หินย้อย (Stalactite) เป็น speleothem ที่เกิดแขวนลงจากเพดานหรือผนังถ้ำ มักจะมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอก (cylindrical form) หรือ รูปกรวย (conical form) โดยน้ำที่มีสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตซึมมาตามรอยแตกของเพดานหรือผนังถ้ำ เมื่อน้ำเกิดการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีการตกตะกอนของสารแคลเซียมคาร์บอเนตจึงมีการพอกตัว ซึ่งตอนแรกมีลักษณะเป็นแท่งแล้วจะเกิดพอกตัวจากส่วนแกนกลาง

หินงอก (Stalagmite) เป็น speleothem ที่เกิดการพอกตัวจากพื้นถ้ำสูงขึ้นไปในแนวดิ่ง โดยหยดน้ำที่หยดลงมาจากหินย้อย ตอนแรกจะมีลักษณะเป็นสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่พอกตัวจนมีลักษณะเป็นแอ่งน้ำขนาดเล็ก และจะพอกตัวสูงขึ้นจนบางครั้งจะไปบรรจบกับหินย้อยกลายเป็นแท่งหิน มักจะพบร่วมกับหินย้อยเสมอ

หินงอกหินย้อยที่พบในอำเภอปางมะผ้า พบกระจายอยู่ทั่วไปแทบทุกถ้ำ แต่อาจมีขนาดและลักษณะแตกต่างกันไป ที่น่าสนใจ ได้แก่ ในถ้ำ STD-601 พบหินงอกขนาดใหญ่มีรูปร่างลักษณะคล้ายแท่งเทียนสูงประมาณ 5-6 เมตร (บริษัทจิออกราฟฟิคดีไซน์, 2538) ในบริเวณใกล้เคียงกันหลายแห่งกลางโถงถ้ำ ถ้ำลอด พบลักษณะหินงอกหินย้อยขนาดใหญ่หลายบริเวณ ความสูง

<sup>1</sup> Speleothem แร่ทุติยภูมิที่เกิดภายในถ้ำ ส่วนใหญ่เป็น แร่แคลไซต์ เป็นรูปทรงต่าง ๆ เช่น หินงอก หินย้อย (Australian Speleological Federation Inc., 1998)

ประมาณ 5-6 เมตร และในบางถ้ำจะพบหินย้อยสีฟ้า เกิดเนื่องจากแร่มาลาไคต์ (malachite) ซึ่งเป็นแร่ทองแดง คาร์บอเนตชนิดหนึ่งที่มีสีเขียวเข้มรูปผลึกเป็นแบบ โบ-ทอยคอล (botryoidal) สามารถละลายน้ำได้ จึงไปรวมกับน้ำที่คั่งซึมผ่านจากเพดานถ้ำแล้วแปรสภาพเป็นอะซุไรต์ (azurite) ที่มีสีฟ้า แร่นี้มีสูตรเคมีเหมือนมาลาไคต์แต่มีรูปผลึกแบบโมโนคลินิก (monoclinic) ทำให้บางส่วนของหินย้อยมีสีฟ้าไปด้วย (ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์, 2542) นับเป็นลักษณะ speleothem ที่หาพบได้ยากในโลก

เสาหิน (Column) เป็น speleothem ที่ต่อเนื่องจากพื้นถึงเพดานมีลักษณะเป็นแท่ง เกิดจากหินงอกหินย้อยที่มีการพอกตัวมากพจนเชื่อมติดกัน พบได้ในถ้ำที่มีน้ำไหลผ่านได้แทบทุกถ้ำ แต่จะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไปตามขนาดและรูปร่างของถ้ำ บางถ้ำเป็นเสาหินขนาดเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่กี่เซนติเมตร บางถ้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-6 เมตร เช่น ที่ถ้ำลอคมีความสูงมากกว่า 30 เมตร แต่ในบางถ้ำรูปร่างอาจจะไม่สมมาตร กล่าวคือ มีการพอกในแต่ละด้านแตกต่างกันมาก เช่น ในถ้ำผีแมนบ้านจะไม่มีเสาหินลักษณะแบนยาวกึ่งกลางแบ่งโถงถ้ำออกเป็นสองโถงย่อย

หินปูนกลม (Globulite) เป็น speleothem ที่มีลักษณะป่องกลมหรือค่อนข้างกลม ห้อยย้อยลงจากเพดานถ้ำหรือจากหินงอกหินย้อย ซึ่งมักเกิดเป็นกลุ่มและใกล้กับบริเวณทางน้ำไหลผ่านภายในถ้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ของน้ำมาก ๆ เช่น ที่ถ้ำ STD-668 พบที่เพดานถ้ำ นอกจากนี้ยังพบที่ถ้ำแม่ละนา ถ้ำ STD-657 ซึ่งมีความสวยงามและสมบูรณ์มาก

ม่านหินย้อย (Drapery) เกิดจากน้ำที่มีสารคาร์บอเนตไหลตามผนังเอียง เมื่อน้ำเกิดการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดแรงดึงผิว ทำให้เกิดการตกตะกอนของแร่แคลไซต์มีลักษณะเป็นแผ่นบางย้อยลงจากผนังถ้ำดูคล้ายม่านมีขนาดแตกต่างกัน ม่านหินย้อยที่พบในบริเวณที่มีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่มากมักจะมียาวสดและมีขนาดใหญ่ บางแห่งจะมีสีน้ำตาลแดงสลับสีขาว

หรือสีเหลืองอ่อนมีชื่อเรียกเฉพาะว่าม่านเบคอน (bacon formation) ม่านหินย้อยพบได้ทั่วไปในถ้ำต่างๆ เช่น ถ้ำ STD-609 ถ้ำ STD-657 ถ้ำ STD-604 ถ้ำ STD-601 ถ้ำแม่ละนา ถ้ำลอค เป็นต้น โดยมีม่านเบคอนที่มีความสมบูรณ์มาก จะพบในถ้ำแม่ละนา

หินปูนฉาบ หรือ หินน้ำไหล (Flowstone) มีการสะสมตัวโดยน้ำที่มีสารคาร์บอเนตไหลเป็นฟิล์มบางๆ บนพื้นผิวและผนังถ้ำ มักประกอบด้วยแร่ทราเวอร์ทีน (Travertine) ซึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของแร่แคลไซต์ เมื่อมีการพอกตัวมากขึ้นอาจมีขนาดความหนา มี ความยาวและความสูงหลายสิบเมตร พบอยู่แทบทุกถ้ำ แต่ที่พบขนาดใหญ่และมีความสมบูรณ์มาก ได้แก่ ถ้ำ STD-657 ถ้ำ STD-609 ถ้ำ STD-604 ถ้ำแม่ละนา ถ้ำ STD-601 ถ้ำลอค ที่มีลักษณะเด่น ถ้ำ STD-030 เป็นหินปูนฉาบสูงจากพื้นถ้ำถึงเพดานถ้ำประมาณ 15 เมตร โพรงถ้ำมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 เมตร ลงในแนวตั้ง ถ้ำ STD-668 มีหินปูนฉาบทรงค่อนข้างกลมสูงประมาณ 6 เมตร ยาวมากกว่า 10 เมตร และบางส่วนของโพรงถ้ำที่ถูกเคลือบโดยหินปูนฉาบลึกลงในแนวตั้งประมาณ 20 เมตร นอกจากนี้ที่ถ้ำ STD-650 พบหินปูนฉาบสูงประมาณ 6 เมตร ยาวประมาณ 10 เมตร และด้านในพบแนวหินปูนฉาบสูงประมาณ 10 เมตร ยาวต่อเนื่องกันประมาณ 100 เมตร นับเป็นหินปูนฉาบที่มีความสมบูรณ์และสวยงามมากที่สุดในอำเภอบางมะฝ้า นอกจากนี้หินปูนฉาบยังมีความสำคัญในแง่โบราณคดี เพราะในบางถ้ำเป็นหินปูนฉาบอายุน้อยที่เกิดขึ้นใหม่เคลือบทับหลักฐานทางโบราณคดีอยู่บางๆ เช่น ในถ้ำบริเวณคอนเหนือของพื้นที่ศึกษา พบว่ามีหินปูนฉาบเคลือบทับกะโหลกและเศษกระดูกมนุษย์อยู่

## 2. ประเภทที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (Erratic forms) ได้แก่

หินปูนเกลียว (Helictite) เป็น speleothem เป็นตะกอนถ้ำประเภทคาร์บอเนต ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแนวแกนของผลึกที่เติบโตจากแนวตั้งทำให้มีลักษณะโค้งหรือเป็นมุมแหลม มีลักษณะเป็นหลอดโค้งหรือบิดเป็น

เกลียว บริเวณตรงกลางเป็นหลอดบางซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเติบโตของสารแคลเซียมคาร์บอเนต และอาจมีสาเหตุมาจากกระแสลมที่พัดผ่านภายในถ้ำ พบตามเพดานและผนังถ้ำที่ยังมีน้ำซึมผ่านทั่วไป โดยความสมบูรณ์จะขึ้นกับความชื้นและปริมาณน้ำที่มีสารคาร์บอเนตเช่นเดียวกับตะกอนถ้ำอื่นๆ โดยถ้ำที่ยังค้นพบหินปูนเกลียวสภาพสมบูรณ์มาก ได้แก่ ถ้ำ STD-657 ถ้ำแม่ละนา ถ้ำ STD-601 ถ้ำลวด เป็นต้น

**ดอกไม้ถ้ำ (Anthodite)** เป็น speleothem ที่มีลักษณะคล้ายกับหินปูนเกลียว ที่มีลักษณะคล้ายขนนก ประกอบด้วยกลุ่มผลึกของแร่ที่มีรูปร่างคล้ายเข็มยาวๆ ของแร่อะราโกไนต์ (aragonite) หรือแรยิปซัม (gypsum) ซึ่งแร่อะราโกไนต์เป็นอีกลักษณะหนึ่งของแร่แคลไซต์ ที่มีสารแคลเซียมคาร์บอเนตน้อยกว่าปกติมีรูปผลึกแบบออร์โธโรมบิก (Orthorhombic) มีความเปราะบางมาก ในถ้ำที่พบการเข้าไปศึกษาต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูง พบได้ในบางถ้ำที่มีสภาพสมบูรณ์อยู่มาก ได้แก่ ถ้ำ STD-657 ถ้ำแม่ละนา ในถ้ำที่มีความสมบูรณ์ลดลงมาได้แก่ ถ้ำ STD-621 ถ้ำ STD-032 ส่วนที่พบในถ้ำลวดนั้นมีบริเวณกว้างมาก แต่ปัจจุบันถูกผลกระทบจากการท่องเที่ยว ทำให้สกปรกและมีสภาพชำรุดผุพัง เพราะใช้เป็นทางเดินผ่านของนักท่องเที่ยว บริเวณโถงย่อยของถ้ำตุ๊กตาเหนือโถงธารน้ำหลักของถ้ำลวด นอกจากนี้ยังพบได้ในถ้ำที่ไม่มีน้ำไหลผ่านแล้วบางถ้ำแต่ค่อนข้างสกปรก เนื่องจากไม่มีน้ำหล่อเลี้ยง เช่น ที่ถ้ำ STD-026 บริเวณโถงลึกที่สุดของถ้ำ

**โล่หินปูน (Shield)** เป็น speleothem ที่เกิดจากน้ำที่มีสารคาร์บอเนตสูงไหลผ่านรอยแตกเล็กๆ ตามผนังถ้ำเมื่อไหลออกมาสู่บรรยากาศในโถงถ้ำก็เกิดการพอกของแร่แคลไซต์นานาไปกับผนังรอยแตก ทำให้เกิดแผ่นบางๆ สองแผ่นประกบกันซึ่งน้ำจะไหลซึมผ่านได้ พบเป็นขนาดต่างๆ กันมักพบในถ้ำที่มีอายุมากและมีขนาดใหญ่ เช่น ถ้ำลวด ถ้ำแม่ละนา ถ้ำ STD-601

### 3. ประเภทที่เกิดใต้ระดับน้ำ (Sub-aqueous forms) ได้แก่

**ท่านบหินปูนและแอ่งน้ำ (Rimstone Dam and Rimstone Pool)** เกิดในบริเวณพื้นถ้ำหรือตามแนวท่อน้ำไหล เมื่อน้ำไหลจะทิ้งตะกอนหินปูนเพิ่มพูนขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ตะกอนปูนเกิดการก่อตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายเขื่อน เรียกว่า ท่านบหินปูน ต่อมาจะเกิดการกักน้ำไว้ทำให้เป็นลักษณะแอ่ง เมื่ออัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น จะทำให้น้ำเอ่อล้นและเกิดเป็นสันเขื่อนเหลื่อมล้ำกันในลักษณะขั้นบันได ขนาดของท่านบหินปูนมีหลายขนาด บางถ้ำพบมีขนาดกว้างหลายเมตรและมีความหนาของสันท่านบหลายสิบเซนติเมตร แต่ในบริเวณแอ่งที่เพิ่งเกิดขึ้นใหม่สันของท่านบจะมีความเปราะบางมาก ในหินงอกบางบริเวณสามารถมองเห็นการเกิดของท่านบได้อย่างชัดเจน โดยน้ำที่หยดจากหินงอกอาจก่อให้เกิดลักษณะคล้ายท่านบหินปูนขนาดเล็กและเพิ่มขนาดขึ้นในบริเวณที่อยู่ห่างจากหินงอกออกไป นอกจากนี้ในแอ่งหินปูนที่เกิดหากมีตะกอนทรายหรือกรวดขนาดเล็กและมีน้ำเพียงพอ อาจทำให้เกิดการพอกตัวของหินปูนรอบตะกอนที่กลิ้งไปมาภายในแอ่ง เกิดเป็น speleothem ที่เรียกว่า อูไลต์ (oolite) หรือ ไข่มุกถ้ำ (cave pearl) อีกด้วย ท่านบหินปูนพบได้ในแทบทุกถ้ำ โดยท่านบหินปูนที่มีขนาดใหญ่และมีความสวยงามมาก อยู่ในถ้ำแม่ละนา ส่วนถ้ำ STD-657 ยังพบท่านบหินปูนที่มีลักษณะแปลกตากว่าที่อื่นอยู่บริเวณโถงย่อยด้านบนเหนือโถงถ้ำหลัก มีลักษณะของท่านบรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมมองดูเหมือนกับคันทนาเรียงต่อกันอย่างสวยงาม

**ผลึกเคลือบผนัง (Crystal Linings)** เป็น speleothem ที่เกิดภายใต้ระดับน้ำ มีการตกผลึกของแร่แคลไซต์ในส่วนที่เป็นแอ่งและค่อนข้างน้ำนิ่ง ในบางถ้ำจะทำให้ทราบถึงระดับน้ำเดิม เพราะผลึกแคลไซต์ที่เคลือบผนังจะมีระดับขอบเขตด้านบนเป็นแนวระดับเดียวกัน และเหนือขึ้นไปจะเปลี่ยนเป็นหินปูนฉาบ ถ้ำที่มีโครงสร้างผลึกเคลือบผนังมีความสวยงามค่อนข้างมาก โดยผลึกเคลือบผนังที่สวยงามที่สุดในอำเภอปางมะ

ผ้ำพบในถ้ำ STD-657 ซึ่งมีตะกอนถ้ำมากมายหลายชนิด ส่วนถ้ำ STD-668 พบผลึกเคลือบผนังในส่วนช่องด้าน หลังแท่งหินขนาดใหญ่ ภายในมีลักษณะคล้ายห้องทั้ง พื้นผนังและเพดานเป็นผลึกแคลไซต์เคลือบผนัง ผลึกมี เกร็ดละเอียดสีขาวอมส้มเมื่อสังเกตใกล้ๆ มองดูคล้าย โคมระย้า ถ้ำ STD-032 พบผลึกเคลือบผนังรูปผลึก แคลไซต์เกาะกันเป็นรูปคล้ายดอกกุหลาบที่ผนังถ้ำ มี ขอบเขตระดับน้ำเดิมด้านบนสูงจากพื้นประมาณ 2 เมตร พื้นถ้ำมีลักษณะเป็นสระโคลน (mud crack pool) speleothem ประเภทนี้มีความสวยงามและเปราะบางมาก ต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูงในการเข้าไปในบริเวณที่มี ผลึกเคลือบผนังอยู่

**ไข่มุกถ้ำ (Cave pearl or oolite)** เป็น speleothem ที่ลักษณะเป็นทรงกลมหรือค่อนข้างกลม ผิวนอกเรียบ คล้ายไข่มุก หรือลักษณะอื่นๆ พบในแอ่งดินที่เกิดจาก หอยค้ำ แกนกลางอาจเป็นเม็ดกรวดหรือทรายกลิ้งไปมา ในแอ่งที่มีน้ำ เกิดการพอกตัวของแร่แคลไซต์เป็นชั้นๆ รอบแกนกลาง พบตั้งแต่ขนาดเท่าหัวเข็มหมุดจนถึง ขนาดเท่าฝ่ามือ รูปร่างลักษณะของไข่มุกถ้ำที่พบใน แต่ละที่ นอกจากการเกิดแล้วส่วนประกอบก็เป็นปัจจัย ทำให้มีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันออกไป ไข่มุกถ้ำที่พบ ในอำเภอปางมะผ้าบางชนิดหาพบได้ยาก เท่าที่พบมีอยู่ 3 ลักษณะด้วยกัน

1) **ไข่มุกถ้ำผิวเรียบ** เป็นไข่มุกถ้ำสีขาวบริสุทธิ์ ผิวเรียบ และค่อนข้างกลม เนื่องจากแร่แคลไซต์ที่ เคลือบรอบแกนกลางมีความบริสุทธิ์ค่อนข้างมาก นอกจากนี้ที่หล่อเลี้ยงในแอ่งดินยังมีสมำเสมอ ขนาดค่อนข้างเท่ากันในแต่ละแอ่ง พบในถ้ำแม่ละนา ถ้ำ STD-621 เป็นต้น

2) **ไข่มุกถ้ำรูปน้อยหน้า** เป็นไข่มุกถ้ำสีขาวปน น้ำตาลหรือสีน้ำตาล ลักษณะเป็นไข่มุกถ้ำผิวเรียบขนาดเล็กเกาะตัวรวมกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ก้อน ไข่มุกถ้ำมีผิวนอกตะปุ่มตะป่ำเหมือนผลน้อยหน้า คาดว่า สาเหตุที่ไข่มุกถ้ำผิวเรียบก้อนเล็กๆ เกาะตัวรวมกันเนื่อง จากภายในแอ่งดินมีน้ำหล่อเลี้ยงน้อยลงจากตอนแรก ต่อ

มาเกิดการหดตัวและมีส่วนประกอบของตะกอนดิน เหนียว (Clay) เพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก ทำให้ไข่มุกถ้ำที่ได้มี สีค่อนข้างสกปรกจากดินเหนียวนั่นเอง ขนาดของไข่มุก ถ้ำรูปน้อยหน้าแต่ละก้อนมีขนาดแตกต่างกันภายในแอ่ง ค่อนข้างมาก ขึ้นอยู่กับไข่มุกถ้ำก้อนไหนจะมี ส่วน ประกอบของดินเหนียวมากก็จะเกิดการเกาะติดกันมาก และมีก้อนขนาดใหญ่มาก บางก้อนมีขนาดใหญ่มากเท่า ฝ่ามือ นอกจากนี้บางแอ่งดินที่พบไข่มุกถ้ำรูปน้อยหน้า ที่ พื้นแอ่งดินเหนียว เกิดการแห้งเกาะกันแข็งและทับถม ก้อนไข่มุกถ้ำจนติดแน่น บางแห่งไหลออกมาเพียงครึ่ง ก้อนและด้านล่างเชื่อมเหมือนเป็นเนื้อเดียวกันกับแอ่งน้ำ ดิน ถ้ำที่พบไข่มุกถ้ำชนิดนี้มักเป็นถ้ำที่มีความชื้นสูงมี การสะสมตัวของตะกอนดินเหนียวมากและเป็นบริเวณ สูงจากทางน้ำหลักในถ้ำ หรือเป็นถ้ำที่ทางน้ำหลักกุด เสาหลงไประดับต่ำกว่าระดับเดิม หรืออาจเป็นถ้ำแวนไป แล้ว พบที่ถ้ำ STD-668 ถ้ำแม่ละนา ถ้ำ STD-657 ถ้ำ STD-601 ถ้ำ STD-650 และในถ้ำแวนบางถ้ำ เช่น ถ้ำ STD-060 เป็นต้น

3) **ไข่มุกถ้ำผลึก** เป็นไข่มุกถ้ำที่มีผลึกแคลไซต์ เกาะตัวกันเป็นทรงกลมหรือค่อนข้างกลม ผิวของไข่มุก ถ้ำผลึกนี้จะขรุขระคล้ายเกร็ดน้ำตาล ซึ่งไข่มุกถ้ำชนิดนี้ จะมีประกายสวยงามกว่าชนิดอื่น และมีขนาดไม่ใหญ่ มาก เกิดในแอ่งน้ำดินที่เคยอดูได้ระดับน้ำจนมีการตก ผลึกและเกาะตัวกัน โดยแอ่งน้ำดินที่พบไข่มุกถ้ำผลึกนี้ ภายในแอ่งจะมีการตกผลึกทั้งแอ่ง จนอาจทำให้ไข่มุกถ้ำ ผลึกเกาะติดแน่นอยู่กับพื้นแอ่งน้ำดิน บริเวณที่พบแอ่ง น้ำดินผลึกที่ระดับน้ำเดิมเดียวกัน หากมีช่องว่างขนาดใหญ่ที่ทำให้เกิดน้ำขังได้ อาจพบผลึกเคลือบผนังที่มี ลักษณะผลึกเหมือนกับที่แอ่งน้ำดินผลึกและไข่มุกถ้ำ ผลึกในแอ่งนั้นได้ ถ้ำที่พบไข่มุกถ้ำผลึกชนิดนี้พบเพียง ถ้ำเดียวคือที่ถ้ำ STD-668

### ผลกระทบต่อประติมากรรม

speleothem หรือตะกอนถ้ำที่เกิดจากสารคาร์บอน บอนเนต แต่ละชนิดที่เกิดภายในถ้ำมีลักษณะและอัตรา

การเกิดในหลายรูปแบบ มีทั้งคล้ายคลึงและแตกต่างกัน ออกไปตามแต่ละปัจจัยที่กระทำภายในถ้ำแต่ละถ้ำ ปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำ ความเข้มข้นของสารเคมี เชื้อรา แบคทีเรีย นอกจากนั้นยังขึ้นกับสภาพความแตกต่างของโครงสร้างทางธรณีวิทยาของแต่ละถ้ำด้วย ถ้ำที่มีการค้นพบ speleothem ที่หลากหลายและสมบูรณ์มักเป็นถ้ำที่มีอายุมากเพราะ speleothem แต่ละชนิดใช้เวลาในการก่อกำเนิดนานนับล้านปี ซึ่งในบางครั้งจะก่อตัวอย่างช้าๆ ไปตามการเวลา แต่การผุพังทำลายเองตามธรรมชาตินั้นเป็นไปในสัดส่วนที่ไม่มาก ปัจจัยที่เป็นตัวการสำคัญที่สุดในการผุพังทำลายของ speleothem ได้แก่ คนที่เข้าไปภายในถ้ำนั่นเอง คนที่เข้าไปใช้ประโยชน์จากถ้ำมีมากมาย ทั้งเข้าไปเพื่อหาเลี้ยงชีพโดยการหาของป่า เช่น รังผึ้ง ขี้ผึ้ง หรือเข้าไปในเชิงท่องเที่ยว คนเหล่านี้หากไม่มีความรู้ลึกหรือจิตสำนึกในการอนุรักษ์ อาจไม่ทราบหรือนึกไม่ถึงในเรื่องเล็กน้อย เช่น เฝ้านที่เหยียบอยู่บนพื้นถ้ำอาจจะทำลายมีการก่อกำเนิดของ speleothem อยู่ นับเป็นการทำลายสมบัติทางธรรมชาติของถ้ำไปโดยไม่รู้ตัว ถึงแม้ว่าผู้เข้าไปภายในถ้ำจะมีความรู้ความเข้าใจมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ถ้ำ แต่บางครั้งการขาดความระมัดระวังก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ speleothem เกิดความเสียหายได้เช่นกัน นอกจากการผุพังทำลายโดยไม่ตั้งใจของคนเข้าไปใช้ถ้ำแล้ว ยังมี speleothem อีกจำนวนมากที่ผุพังหรือสูญหายเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมโดยความตั้งใจของคนเข้าไปใช้ถ้ำ เช่น ม่านหินย้อยที่มีความสวยงามมีแผ่นแผ่กว้างแต่เปราะบาง เมื่อกระทบถูกจะมีเสียงก้องดังกังวานไพเราะ ก็จะถูกตีเสมือนเป็นเครื่องดนตรีซึ่งจะทำให้เกิดการแตกหักได้ง่ายมาก การเหยียบย่ำบนสันทำนบหินปูนที่มีขนาดเล็กและเปราะบาง การกระทบถูกหลุดหินย้อย หรือการเก็บผลึก ไข่มุกถ้ำ แล้วนำออกไปจากถ้ำ แม้กระทั่งจุดที่คนทั่วไปไม่ทันได้คิดถึง เช่น การจุดไฟภายในถ้ำจะทำให้ถ้ำเกิดเป็นเขม่าควันเกาะติดตามเพดาน ผ่นถ้ำ หรือ speleothem เป็นต้น สิ่งเหล่านี้นับเป็นสมบัติที่มีคุณค่าตามธรรมชาติ เมื่อสูญหายหรือผุพัง

ย่อมยากแก่การก่อกำเนิดขึ้นใหม่ซึ่งต้องใช้เวลานานมาก

การที่จะควบคุมคนที่เข้าไปใช้ถ้ำซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ชาวบ้านในพื้นที่ นักท่องเที่ยว จำเป็นต้องมีการจัดจำแนกการจัดการในแต่ละถ้ำออกเป็นส่วนๆ ถ้ำบางแห่งที่มีความสะดวกในการเดินทางและมี speleothem ที่ยังพอมีความสมบูรณ์ ถ้ำสามารถที่จะเปิดเป็นถ้ำท่องเที่ยวต้องมองหลายด้าน เพราะจะเป็นประโยชน์แก่ชาวบ้านในพื้นที่ทางด้านเศรษฐกิจ แต่ต้องมีการให้การศึกษาในการเข้าถ้ำแต่ละแห่งเกี่ยวกับการอนุรักษ์ การเที่ยวถ้ำที่ถูกวิธี อุปกรณ์ที่ถูกต้องเหมาะสมที่ใช้ภายในถ้ำ และอาจมีการให้ความรู้ในทางธรณีวิทยาการเกิดของ speleothem นอกเหนือจากการชมความสวยงามของ speleothem ตามปกติ แต่ในบางถ้ำที่มี speleothem ที่สวยงามมีความสมบูรณ์มากๆ หรือพบได้ยาก อาจทำการปิดปากถ้ำไม่ให้บุคคลทั่วไปเข้าไปในถ้ำ หรือมีการควบคุมอย่างเข้มงวดต่อการเข้าออกถ้ำ โดยจัดเป็นช่องทางเดินให้เดินในช่องทางที่กำหนด เมื่อมีการกำหนดการเข้าออกถ้ำหรือปิดปากถ้ำแล้วสมควรต้องมีข้อมูลความรู้รูปถ่าย แบบจำลอง ของ speleothem เพื่อให้การศึกษาแก่ผู้ที่สนใจทั่วไปด้วย

ในการจัดจำแนกประเภทหรือชนิดของถ้ำว่าถ้ำไหนจะเปิดเป็นถ้ำท่องเที่ยว เปิดเป็นถ้ำควบคุมหรือปิดปากถ้ำ ต้องมีการสำรวจศึกษาอย่างละเอียดลึกซึ้ง โดยจัดให้มีการประชุมของผู้สำรวจนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และทำการสำรวจความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องและได้รับผลกระทบกับการใช้ถ้ำ เพราะถ้ำหากเกิดการผิดพลาดในการจัดการ นอกจากจะเกิดความเสียหายต่อถ้ำแล้วยังจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของวิถีชีวิต ค่านิยม ทางสังคมและวัฒนธรรมของคนในท้องถิ่นอีกด้วย ยิ่งถ้ามีการจัดการถ้ำที่สมบูรณ์มากสักแห่งจะเป็นการดีต่อสภาพเศรษฐกิจของท้องถิ่นนั้น แต่ผลกระทบที่ติดตามมาอาจทำให้มีการบุกรุกเพื่อทำการจัดการแบบเดียวกันในท้องถิ่นอื่นๆ มากขึ้น ทำให้เกิดความเสียหายแก่ถ้ำเพราะควบคุมได้ยาก ขณะเดียวกันเจ้าหน้าที่ของรัฐบาลที่มีหน้าที่ในการควบคุมและจัดการต้องมีความ

รับผิดชอบต่อการควบคุมที่เด็ดขาด ต้องมีความรู้ความเข้าใจรวมทั้งมีการประชาสัมพันธ์แก่นักท่องเที่ยวที่ดีพอสามารถทำได้โดยการจัดการอบรมทางด้านการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์และทางด้านธรณีวิทยา เพื่อ speleothem ของถ้ำที่เปิดจะเกิดความเสียหายน้อยที่สุด ดังนั้น speleothem ที่มีในถ้ำทุกแห่งนับเป็นสมบัติที่มีคุณค่าควรจะอยู่ในความดูแลของทุกคน เพราะนอกจากจะเก็บไว้ให้คนรุ่นหลังได้ศึกษาและชื่นชมประติมากรรมธรรมชาติแล้ว การที่ธรรมชาติได้อยู่คงสภาพเดิมมากที่สุดก็นับว่ามีคุณค่าในตัวของมันเองมากที่สุดด้วย

### บรรณานุกรม

คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา .

พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา. คณะกรรมการประสานงานด้านธรณีวิทยา ภายใต้คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ, 2530.

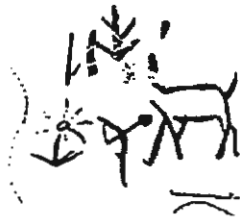
ชัยพร ศิริพรไพบุลย์. เอกสารประกอบการบรรยาย

“ธรณีวิทยาเกี่ยวกับถ้ำของจังหวัดแม่ฮ่องสอน” , โครงการประชุมเชิงปฏิบัติการหัวหน้าสถานีพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่า, 2541.

ชัยพร ศิริพรไพบุลย์. “ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยา”, รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2. โครงการการสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542.

บริษัทจีโอกราฟฟิคดีไซน์. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาเพื่อพัฒนาและอนุรักษ์ถ้ำ กิ่งอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน., 2538.

Gillieson, D. **Caves : Processes, Development and Management.** Blackwell Publisher, 1996.  
Moore, G.W. and Sullivan, G.N. **Speleology – The Study of Caves.** USA: Cave Book, 1978.



## สายธาร... ภูเขา... และอาณาจักรใต้พิภพ

ชัยพร ศิริพรไพฑูรย์ \*

### บทนำ

ในการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำลาง ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเฉพาะบริเวณที่มีภูมิประเทศแบบคาสต์หรือบริเวณที่มีหินปูนนั้น จะกระทำได้อย่างยาก เพราะระบบโครงข่ายของโถงถ้ำมักมีความซับซ้อนและยากต่อการสำรวจให้ได้ทุกส่วน อย่างไรก็ตามเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของงานนี้ ผู้เขียนได้พยายามทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะคุณสมบัติของหินปูน โครงสร้างธรณีวิทยา เช่น รอยแตก รอยเลื่อน ที่ปรากฏในพื้นที่นั้นจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดขนาดและทิศทางของโถงถ้ำ ตลอดจนโครงข่ายที่เชื่อมโยงกันระหว่างโถงถ้ำต่างๆ ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อการเกิดและกำหนดคุณสมบัติแหล่งน้ำบาดาลโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นขนาด ความลึก ทิศทางการกระจายตัวชั้นน้ำบาดาล ตลอดจนปริมาณ และคุณภาพน้ำ

ในบทความนี้จะเน้นในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางของสายน้ำ โดยจะเริ่มจากน้ำฝนที่ตกลงลงมาจากพื้นโลก กลายมาเป็นน้ำผิวดินที่ไหลไปตามลำห้วยต่างๆ แล้วไหลหายลงไปในโพรงหินในจุดที่เรียกว่า กีด เข้าสู่ระบบถ้ำต่อไป ก่อให้เกิดเป็นโถงถ้ำ รวมทั้งตะกอนในถ้ำและแร่ธาตุภูมิประเภทต่างๆ แล้วไหลออกมาเป็นน้ำซับ น้ำพุ

ธรรมชาติ หรือที่ชาวบ้านในท้องถิ่นเรียกว่า น้ำสู่ ซึ่งจะกลับมาเป็นน้ำผิวดินอีกครั้งหนึ่ง

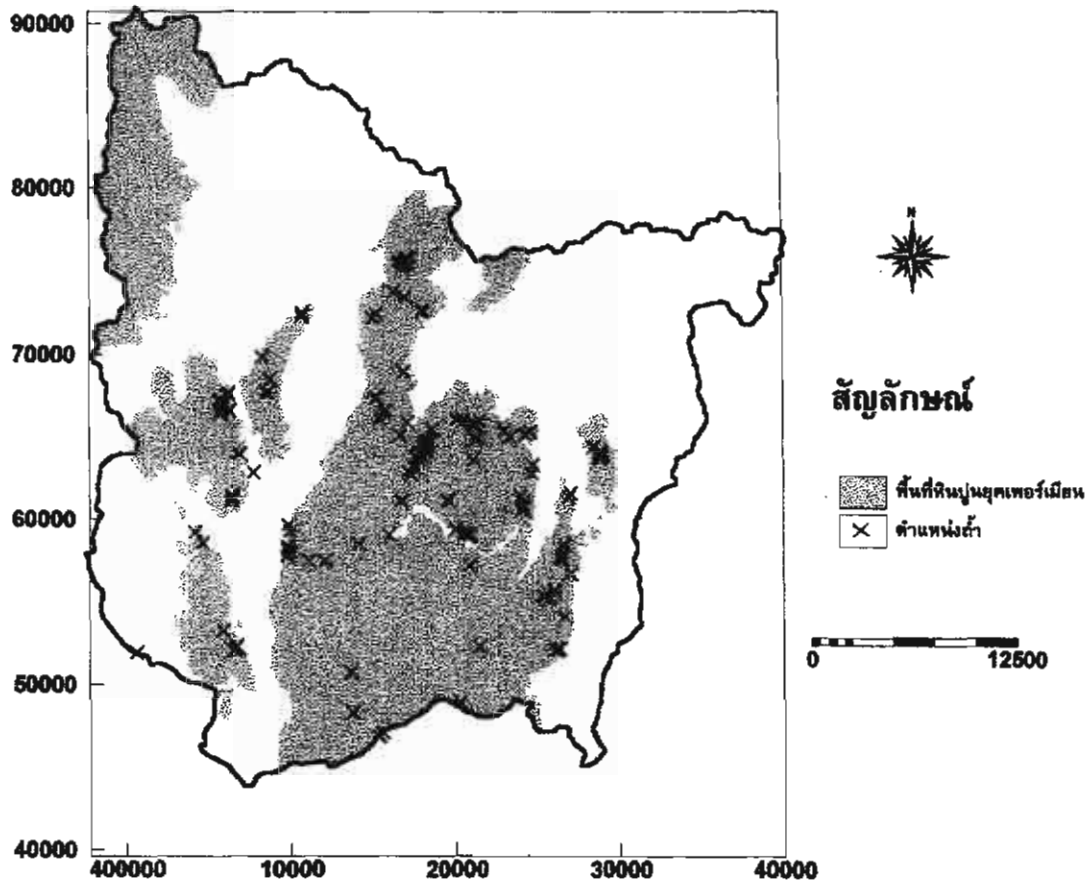
### ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ธรณีวิทยา ธรณีสัณฐาน และแบบรูปทางน้ำ

นอกเหนือไปจากปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และปัจจัยทางชีวภาพแล้ว ในการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน จะต้องคำนึงถึงสภาพทางธรณีวิทยาและโครงสร้างทางธรณี ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะของทางน้ำ ในที่นี้คณะวิจัยได้แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำลางออกได้เป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ที่เป็นเทือกเขาหินปูน ซึ่งจะอยู่ในบริเวณตอนกลางรวมทั้งพื้นที่ที่ต่อเนื่องไปทางเหนือของพื้นที่ศึกษา จะมีลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ (Karst topography) และพื้นที่รอบๆ เขาหินปูนซึ่งจะเป็นหินชนิดอื่น เช่น หินทราย หินดินดาน เป็นต้น ซึ่งจะเป็นภูมิประเทศแบบไม่ใช่คาสต์ (Non-Karst topography) (ดูรูปที่ 1)

ด้วยเหตุที่พื้นที่ทั้งสองส่วนนี้มีความแตกต่างกันในแง่ของแร่วิทยา (mineralogy) และธรณีวิทยาโครงสร้าง (structural geology) ดังนั้นจึงมีความคงทนต่อการผุพังอยู่กับที่ (weathering) และการกร่อน (erosion) ที่แตกต่างกัน

\* นักวิจัย ด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยา โครงการ “การสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน”



รูปที่ 1 แสดงพื้นที่หินปูน

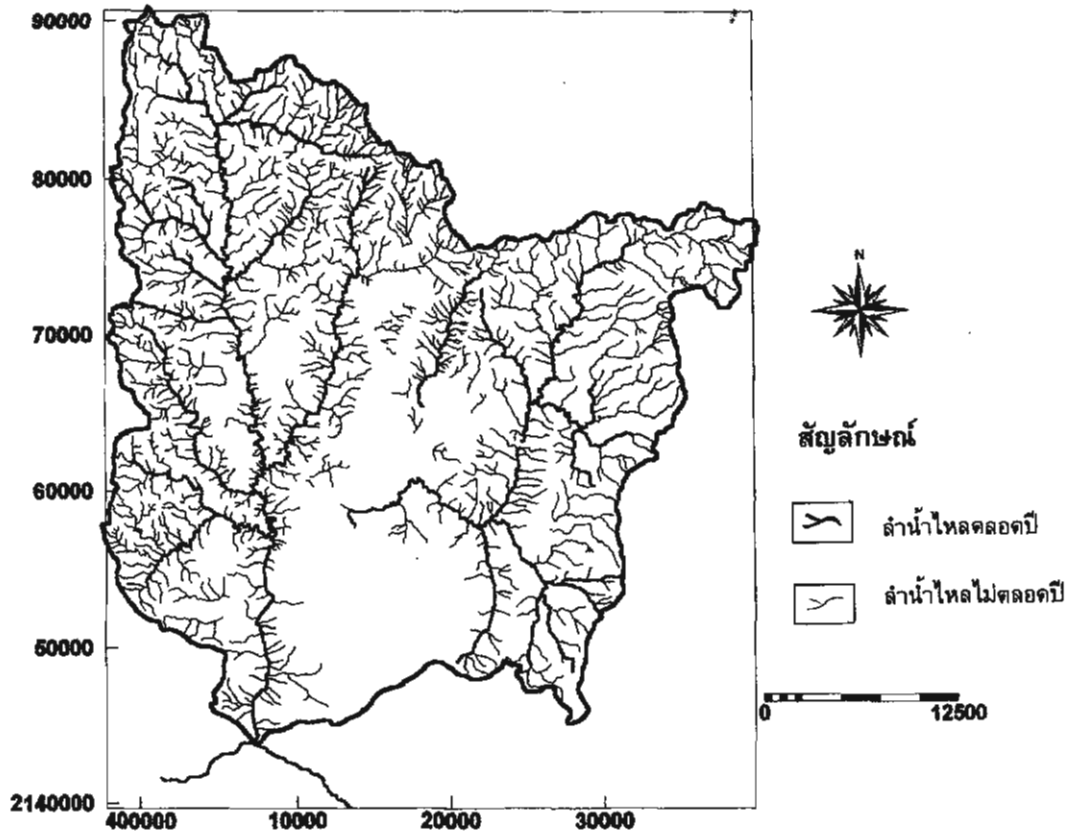
จึงทำให้มีความแตกต่างกันในทางธรณีสัณฐานวิทยา (geomorphology) และมีแบบรูปทางน้ำ (drainage pattern) ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 1. พื้นที่ภูมิประเทศแบบไมใช่คาร์สต์ (Non-Karst topography)

ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่ศึกษา พื้นที่ส่วนนี้จะมีแบบรูปทางน้ำ (drainage pattern) ที่ปรากฏเป็นแบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ (dendritic drainage

pattern) แบบรูปทางน้ำคล้ายกิ่งไม้ (sub-dendritic drainage pattern) และ แบบรูปทางน้ำกิ่งขนาน (sub-parallel drainage pattern) โดยมีแม่น้ำ หรือลำห้วยสายหลักๆ อยู่ 4 สาย ซึ่งจะมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือบริเวณชายแดนไทย - เมียนมาร์ ลงสู่แม่น้ำปาย ในทางทิศใต้ของกลุ่มน้ำ (ดูรูปที่ 2) ทิศทางการไหลของแม่น้ำดังกล่าวนี้จะขนานไปกับแกนของชั้นหินคดโค้ง (fold axis) แม่น้ำดังกล่าวนี้ประกอบไปด้วย





รูปที่ 2 แผนที่แสดงแบบรูปทางน้ำในพื้นที่ศึกษา

- **ลำน้ำของ** จะเป็นแม่น้ำที่ยาวที่สุดในลุ่มน้ำของ มีความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร ตั้งอยู่ทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ทิศทางของลำน้ำจะวางตัวเป็นเส้นตรงในแนวเกือบ เหนือ - ใต้ โดยมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือ บริเวณเทือกเขาใกล้ชายแดนประเทศเมียนมาร์ ลำน้ำของนี้จะไหลผ่านบ้านจะทอ บ้านไฮ บ้านนาปูป้อม บ้านสเล่ บ้านกองไม้สูง บ้านแม่สุยะ จนกระทั่งไปบรรจบกับแม่น้ำปาย บริเวณห้วยน้ำฮูทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา

- **ห้วยโป่งแสนปึก** มีความยาวประมาณ 25 กิโลเมตร อยู่ห่างจากลำน้ำของไปทางตะวันออกประมาณ 10 กิโลเมตรเศษ มีต้นน้ำอยู่บริเวณตอนเหนือของบ้านปางคามใกล้ชายแดนประเทศเมียนมาร์ ทิศทางของลำน้ำวางตัวในแนวประมาณ เกือบเหนือ-ใต้ ห้วยโป่งแสนปึกนี้จะไหลจากทิศตะวันตกของบ้านปางคาม ผ่านบ้านหนองหอย บ้านน้ำสุผา

เสือ แล้วไปบรรจบกับลำน้ำของบริเวณตอนเหนือของบ้านแม่สุยะ

- **ห้วยแม่ละนา** มีความยาวประมาณ 10 กิโลเมตรเศษ จะอยู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีต้นน้ำอยู่บริเวณคอกหลักแดง คอยคอก ห้วยแม่ละนาคนี้จะไหลจากบ้านป่าแยกลงไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ ผ่านบ้านห้วยเอี้ยะ บ้านแม่ละนา แล้วไหลเข้าไปในลำแม่ละนา ซึ่งมีความยาวของลำตามโง่งหลักประมาณ 8 กิโลเมตร และไหลออกมาสู่ผิวดินอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นก็จะไหลลงสู่ใต้ดินเข้าสู่ระบบถ้ำอีกครั้ง และคาดว่าจะไหลกลับออกมาสู่ผิวดินรวมกับลำน้ำของแล้วไหลต่อไปทางใต้สู่แม่น้ำปาย

- **ห้วยน้ำนาง** มีความยาวประมาณ 30 กิโลเมตร จะอยู่บริเวณด้านตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีต้นน้ำ

อยู่บริเวณคอยสันขวาง คอยมุเซอ ใกล้ชายแดนประเทศเมียนมาร์ แล้วไหลลงไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ ผ่านบ้านแอโก๋ บ้านแสนคำลือ แล้วไหลเข้าไปในถ้ำลอด บ้านถ้ำลอด บ้านสบป่อง จากนั้นจะเปลี่ยนทิศทางการไหลไปทางตะวันตกขนานไปกับทางหลวงหมายเลข 1095 ผ่านบ้านไร่ แล้วไหลหายเข้าไปในถ้ำบริเวณกึ่งน้ำลาง บริเวณบ้านไร่ ซึ่งมีลักษณะคาสต์ (karst feature) แบบ “หุบเขาหลุมยุบขนาดใหญ่” (Polje) มีพื้นที่รองรับน้ำเป็นที่ราบ และคาดว่าจะไหลออกจากระบบช่องทางของถ้ำลงสู่ลำน้ำของบริเวณน้ำตกชู้ชาหรือพื้นที่ใกล้เคียง ในทางทิศใต้ซึ่งมีระดับความสูงของพื้นที่ต่ำกว่า แล้วจะไหลไปรวมกับแม่น้ำปาย

ทางน้ำดังกล่าวนี้ โดยเฉพาะคอนเหนือของพื้นที่ศึกษาจะเป็นพื้นที่รับน้ำ (catchment areas) และบางแห่งจะเป็นจุดเติมน้ำ (recharge areas) ของระบบน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลในบริเวณนี้

## 2. พื้นที่ภูมิประเทศแบบคาสต์ (Karst topography)

พื้นที่ส่วนนี้จะเป็นภูมิประเทศแบบคาสต์ จะมีแบบรูปทางน้ำที่ซับซ้อน มีลักษณะที่พิเศษและแตกต่างจากพื้นที่ส่วนอื่นๆ เพราะมีหลุมยุบมากมาย (sink hole หรือ doline) สลับกับภูเขาที่สูงชันและมีลักษณะตะปุ่มตะป่ำ ทำให้ลักษณะของทางน้ำแปลกไปจากส่วนอื่นๆ ของพื้นที่ศึกษา ลำน้ำหลายสายได้ไหลลงไปในโพรงหินซึ่งประชาชนในท้องถิ่นเรียกว่า ก๊ิด แล้วไหลผ่านเข้าไปในระบบถ้ำ น้ำบางส่วนจะถูกกักเก็บไว้ในโพรงถ้ำต่างๆ โดยเฉพาะโพรงถ้ำหรือรอยแตกที่อยู่ใต้ระดับน้ำ และบางส่วนของไหลออกทางปากถ้ำเป็นน้ำพุ หรือที่เรียกกันว่า น้ำฮู ทำให้ลำน้ำบางสายในพื้นที่นี้ที่ขาดหายไปเป็นช่วงๆ ไม่ต่อเนื่องเหมือนลำน้ำในบริเวณที่เป็นหินชนิดอื่น และจะเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลอย่างใกล้ชิด ซึ่งถือได้ว่าแหล่งน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่ที่เป็นหินปูนนั้น จะมีบทบาทและเกี่ยวข้องต่อความเป็นอยู่ของประชาชน โดยเฉพาะ น้ำฮู หรือน้ำพุที่ไหลออกจากระบบถ้ำจะเป็นน้ำดื่มที่ใช้ของคนในท้องถิ่น นอกจากนี้

น้ำจากถ้ำต่างๆ จะเป็นแหล่งต้นน้ำของน้ำผิวดินหลายแห่งในบางพื้นที่ด้วย

## การเดินทางของสายน้ำ

เนื่องจากคำว่า “ถ้ำ” ในเชิงวิทยาศาสตร์นั้น (White, 1984 อ้างถึงใน Gillieson, 1996) ได้ให้คำจำกัดไว้ว่า ถ้ำ คือ ช่องว่างหรือโพรงในหินซึ่งทำหน้าที่เป็นช่องทางเดินของน้ำ ระหว่างทางน้ำเข้า เช่น ก๊ิด (streamsink) และทางน้ำออก เช่น น้ำพุ หรือ น้ำฮู (springs) และน้ำซับ (seeps) ซึ่งท่อเหล่านี้จะมีตั้งแต่ขนาดเล็ก คือ 5 - 15 มิลลิเมตร จนกระทั่งมีขนาดใหญ่โตมาก เช่น ที่ถ้ำลอด ถ้ำ STD-650 ซึ่งมีขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 40 เมตร เป็นต้น ในกรณีที่โพรงถ้ำมีขนาดใหญ่จะทำให้เกิดกระแสน้ำไหลเป็นแบบ turbulent flow ซึ่งจะมีผลในการละลายของเนื้อหิน การกัดเซาะ และการพัดพาตะกอนในถ้ำได้ จะเห็นได้ว่าถ้ำที่เกิดในหินปูนนั้น จะเกิดขึ้นจากการที่น้ำไปละลายเนื้อหินปูน ซึ่งประกอบไปด้วยสารแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) หรือแร่แคลไซต์ (Calcite) เป็นหลัก ดังนั้นในการสำรวจทางด้านอุทก-วิทยาของระบบถ้ำจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไปทำการตรวจสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำบาดาล และ น้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีลักษณะแบบคาสต์ได้

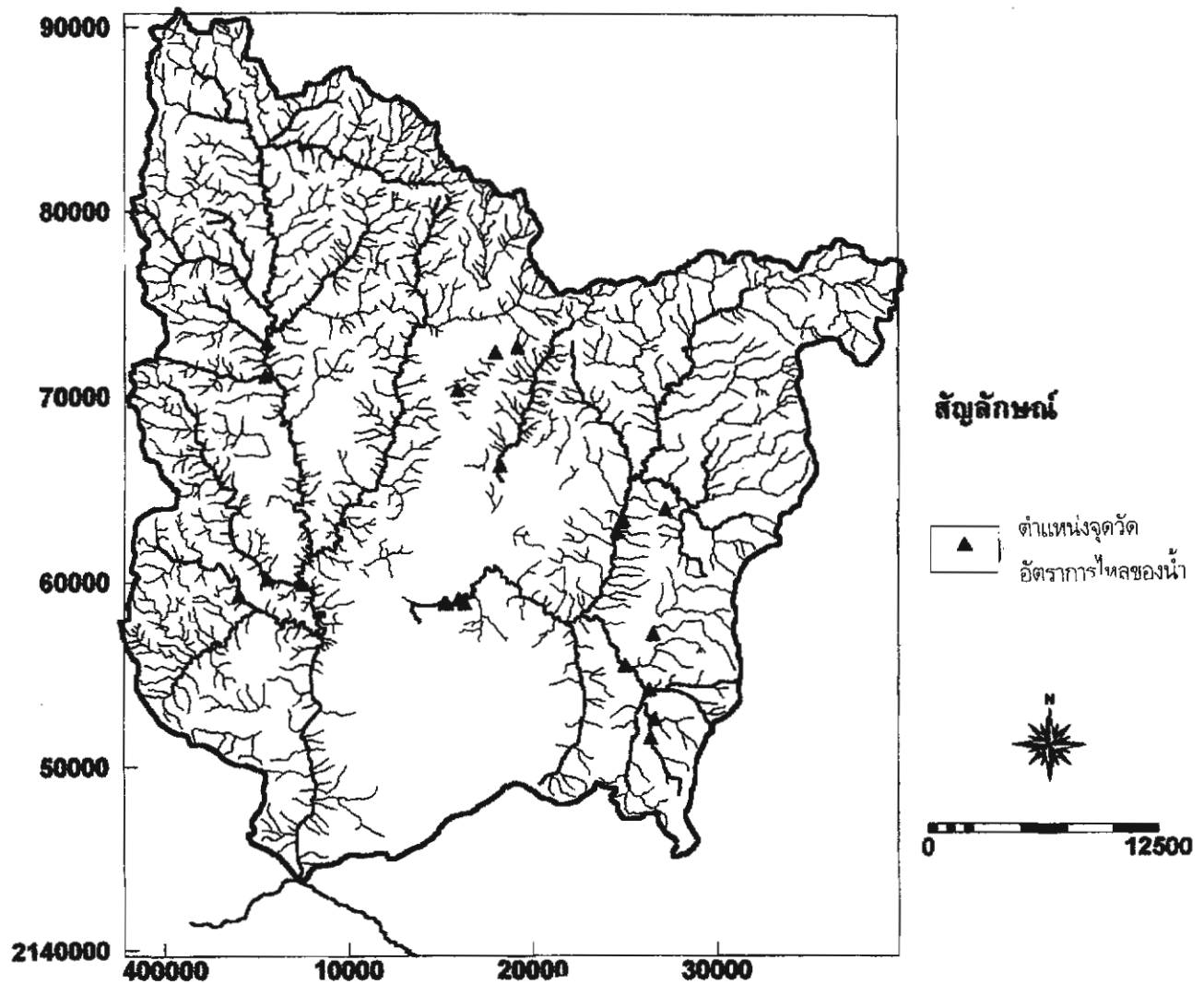
เพื่อให้ได้ภาพของปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (หรือน้ำบาดาล) ชัดเจนมากขึ้น ผู้เขียนขอแบ่งน้ำที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 ส่วนคือ น้ำผิวดินก่อนไหลเข้าระบบถ้ำ น้ำใต้ดินในระบบถ้ำ (น้ำบาดาล) และน้ำพุธรรมชาติที่ไหลออกจากระบบถ้ำ ดังนี้

### น้ำส่วนที่ 1 : น้ำผิวดินก่อนไหลเข้าระบบถ้ำ

หมายถึงน้ำผิวดินในส่วนที่เป็นน้ำในลำห้วยก่อนที่จะไหลเข้าถ้ำ คณะวิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลอัตราการไหลของลำน้ำในพื้นที่ศึกษา 22 จุด และเนื่องจากอัตราการไหลของลำน้ำที่ทำการวัดในครั้งนี้มีปริมาณค่อนข้างน้อย เพราะเป็นช่วงฤดูแล้ง จึงใช้หน่วยแสดงอัตราการไหลของกระแสน้ำเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ลบ.ม./

นาทิ) (ดังแสดงในรูปที่ 3 และ ตารางที่ 1) ซึ่งจะมี  
ตำแหน่งกระจายตัวอยู่ประมาณตอนกลางของพื้นที่  
ศึกษา และมีหลายจุด โดยเฉพาะจุดที่เป็นกีด (streamsink)

นั้น มักจะอยู่ในตอนเหนือของโค้งถ้ำหลักๆ ซึ่งจะวางตัว  
ในแนวเหนือ-ใต้



รูปที่ 3 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดวัดอัตราการไหลของลำน้ำ

ตารางที่ 1 แสดงอัตราการไหลของลำน้ำ ณ จุดต่างๆ

| ลำดับ<br>ที่ | สถานที่                                    | วันที่<br>สำรวจ | ชื่อลำน้ำ     | อัตราการไหล<br>(ลบ.ม./นาท) |
|--------------|--------------------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| 1            | บ้านเมืองแพม ค.ถ้ำลอด                      | 14/11/41        | น้ำแพม        | 0.32                       |
| 2            | บ้านห้วยแฮะ (บ้านห้วยเฮี้ยะ) ค.ปางมะผ้า    | 26/11/41        | ห้วยเฮี้ยะ    | 0.5                        |
| 3            | บ้านไร่ ค.สบป่อง                           | 20/11/41        | น้ำลาด        | 0.62                       |
| 4            | ปากถ้ำบ้านไม้สูง                           | 19/11/41        | ?             | 0.74                       |
| 5            | บ้านไร่ ค.สบป่อง.                          | 20/11/41        | น้ำลาด        | 0.74                       |
| 6            | วัดบุญคาราม บ้านแม่สุยะ ค.ห้วยผา           | 25/11/41        | น้ำแม่สุยะ    | 1.2                        |
| 7            | เส้นทางไปบ้านผามอน ค.ถ้ำลอด                | 11/11/41        | ห้วยป่าไม้แดง | 2.6                        |
| 8            | บ้านป่าไม้แดง ค.สบป่อง อ.ปางมะผ้า          | 26/11/41        | ห้วยไฮ        | 3                          |
| 9            | บ้านน้ำริน ค.สบป่อง อ.ปางมะผ้า             | 26/11/41        | ห้วยน้ำริน    | 4                          |
| 10           | บ้านนาปู่ป้อม ค. นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า      | 27/11/41        | ห้วยป่าแดง    | 4.5                        |
| 11           | บ้านสเล่ (ทุ่งสาแล) ค.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า | 27/11/41        | ห้วยผา        | 5                          |
| 12           | บ้านแม่ละนา ค. ปางมะผ้า อ.ปางมะผ้า         | 26/11/41        | แม่ละนา       | 9                          |
| 13           | บ้านป่าไม้แดง ค.สบป่อง อ.ปางมะผ้า          | 26/11/41        | ห้วยป่าแดง    | 10                         |
| 14           | บ้านเด่นผา ค.สบป่อง อ.ปางมะผ้า             | 26/11/41        | แม่อุ้มองหลวง | 12                         |
| 15           | บ้านแม่สุยะ ค.ห้วยผา อ.ปางมะผ้า            | 25/11/41        | ห้วยล้าน      | 16                         |
| 16           | บ้านไร่ ค.สบป่อง อ.ปางมะผ้า                | 20/11/41        | น้ำลาด        | 46.3                       |
| 17           | บ้านไร่ ค.สบป่อง อ.ปางมะผ้า                | 20/11/41        | น้ำลาด        | 64.3                       |
| 18           | สถานีถ้ำลอดฯ                               | 10/11/41        | น้ำลาด        | 97.9                       |
| 19           | บ้านไร่ ค.สบป่อง อ.ปางมะผ้า                | 20/11/41        | น้ำลาด        | 116.6                      |
| 20           | สถานีถ้ำลอดฯ                               | 10/11/41        | น้ำลาด        | 124.2                      |
| 21           | สถานีถ้ำลอดฯ                               | 10/11/41        | น้ำลาด        | 129.5                      |
| 22           | หน่วยป้องกันรักษาป่า มส.15 ค.นาปู่ป้อม     | 27/11/41        | น้ำของ        | 145                        |
|              |                                            |                 | เฉลี่ย        | 36.1                       |

ที่มา : จากการสำรวจ, 2541

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลของลำน้ำ มีค่าที่แตกต่างกันมาก กล่าวคือ มีค่าต่ำสุด 0.32 ลบ.ม./นาท และสูงสุด 145 ลบ.ม./นาท โดยมีค่าเฉลี่ย 36.1 ลบ.ม./นาท และจากการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม พบว่า

อัตราการไหลที่มีค่าต่ำนั้น (น้อยกว่า 5 ลบ.ม./นาท) จะเป็นลำห้วยที่มีขนาดเล็ก และเป็นธารน้ำไหลเป็นพักๆ (intermittent stream) ซึ่งมักจะอยู่ในบริเวณที่ใกล้กับต้นน้ำ ส่วนจุดที่มีอัตราการไหลมีค่าสูงกว่า 5 ลบ.ม./นาท

เป็นลำห้วยที่มีขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ และเป็นธารน้ำไหลตลอดปี (perennial stream) เช่น น้ำลำ และ น้ำของ

## น้ำส่วนที่ 2 : น้ำในระบบของโรงถ้ำ

ในส่วนนี้จะหมายถึงน้ำใต้ดิน หรือน้ำบาดาลในโรงถ้ำต่างๆ รวมทั้งน้ำในชั้นตะกอนร่วนที่อยู่ด้านบนของหินปูน จากการสำรวจสภาพทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งข้อมูลผลการเจาะบ่อน้ำบาดาลที่ดำเนินการโดยกรมโยธาธิการ พบว่าพื้นที่นี้จะประกอบไปด้วยหน่วยทางธรณีวิทยา 2 ชนิดหลักๆ ที่สามารถเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ (water-bearing formations) หรือชั้นน้ำบาดาล (groundwater aquifers) ได้ กล่าวคือ

1. หินร่วน (unconsolidated rocks) เป็นชั้นตะกอน (sediments) ที่เกิดจากการผุพังของหิน มีส่วนประกอบเป็นแร่ดินเหนียว กรวด ทราย และ เศษหิน ความหนาของชั้นตะกอนชนิดนี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 1 - 10 เมตร และมีหินแข็งรองรับอยู่ด้านล่างเป็นหินดาน (bed rock) ดังนั้นลักษณะของชั้นน้ำบาดาลส่วนใหญ่จึงเป็นแบบ “ชั้นหินอุ้มน้ำอิสระ (unconfined aquifers)” ซึ่งส่วนใหญ่ประชาชนในท้องถิ่นสามารถนำมาใช้ได้โดยตรงและง่ายต่อการขุดเพราะอยู่ในระดับตื้น บ่อน้ำที่พบส่วนใหญ่จะเป็นบ่อขุด (dug well) ที่ใกล้กับลำน้ำในปัจจุบัน เช่น น้ำลำ น้ำแม่ละนา เป็นต้น บ่อประเภทนี้จะมีความลึกประมาณ 2 - 3 เมตร มีปริมาณน้ำไม่มากนัก และจากประสบการณ์ของผู้เขียน บ่อน้ำเหล่านี้จะให้ปริมาณน้ำได้ประมาณ 1-2 ลบ.ม/ ชม. ส่วนคุณภาพน้ำเป็นน้ำจืด

2. หินแข็ง (consolidated rocks หรือ hard rocks) ประกอบไปด้วยหินปูน หินทรายและหินดินดาน จากลักษณะทางธรณีวิทยาดังกล่าว ทำให้สามารถประเมินสภาพอุทกธรณีวิทยา (น้ำบาดาล) ได้ว่าชั้นน้ำบาดาลในบริเวณนี้ จะอยู่ในหินที่มีรอยแตก หรือ ถ้ำใต้ดินซึ่งเกิดจากการละลายของเนื้อหินปูน (solution channels) เป็นส่วนใหญ่ และลักษณะของชั้นน้ำบาดาลจึงเป็นแบบ “ชั้นน้ำกักขัง (confined aquifers)” ซึ่งจะมี

แรงดันสูงกว่าแรงดันของบรรยากาศ เช่นเดียวกับแหล่งน้ำบาดาลในหินปูนจังหวัดสระบุรี นครราชสีมา และกระบี่ (ชัยพร ศิริพรไพบูลย์, 2540)

ลักษณะของน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลในระบบถ้ำนั้นจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือโรงถ้ำที่มีน้ำปนกับอากาศ (vadose zones) ซึ่งได้แก่บริเวณส่วนที่อยู่เหนือระดับน้ำในถ้ำ กับส่วนที่เป็นโพรง หรือโรงถ้ำที่มีน้ำอยู่เต็ม (phreatic zones) ซึ่งน้ำทั้งสองส่วนนี้จะทำหน้าที่และบทบาทที่แตกต่างกัน กล่าวคือ

### โรงถ้ำที่มีน้ำปนกับอากาศ (vadose zones)

น้ำในส่วนนี้จะป็นน้ำที่อยู่เหนือระดับน้ำบาดาล (water table) และจะเป็นน้ำที่อยู่ปนกับอากาศในช่องว่างต่างๆในหิน เช่น ในรอยแตก โพรง หรือโรงถ้ำขนาดต่างๆ ซึ่งจะมีสัดส่วนของอากาศมากกว่าน้ำ และจะมีบทบาทมากในการก่อให้เกิดแร่ทุติยภูมิ (speleothem) ต่างๆ โดยเฉพาะแร่ที่เกิดจากน้ำที่มีสารคาร์บอเนต เช่น หินย้อย หินงอก เสาหิน ม่านหินปูน เป็นต้น หรือแร่ชนิดอื่นๆ เช่น แร่ไพซัม แร่เหล็ก-แมงกานีส หรือแร่ชนิดอื่น เช่น แร่ไพซัม แร่มาลาไคต์ (malachite) เป็นต้น และด้วยเหตุที่เป็นน้ำที่ค่อนข้าง ไหลซึมออกมาตามเพดานหรือผนังถ้ำ จึงมักจะมีอัตราการไหลที่ค่อนข้างน้อยมาก เมื่อเทียบกับน้ำในส่วนที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำบาดาล (water table)

ในบางถ้ำนั้นจะพบว่าโรงถ้ำบางส่วนจะแสดงถึงการกัดเซาะหรือละลายเนื้อหินปูนโดยน้ำที่ไหลจากด้านบนเพดานถ้ำมาตามรอยแตกในแนวตั้งทำให้เพดานถ้ำเกิดเป็นรูปทรงของหินที่คล้ายกับหินย้อย เช่นที่ถ้ำ STD-609 ถ้ำ STD-601 เป็นต้น โรงถ้ำประเภทนี้หลายแห่งจะมีลำธารไหลที่พื้นถ้ำ ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการกัดเซาะหินที่พื้นถ้ำให้ลึกลงไปเรื่อยๆ (Meredith, and Wooldridge, 1992) และโรงถ้ำประเภทนี้มักไม่มีหินย้อยหรือหินงอก

### โรงถ้ำที่มีน้ำอยู่เต็ม (phreatic zones)

น้ำในส่วนนี้มักจะมีบทบาทต่อการละลายเนื้อหินปูนตามรอยแตกหรือโพรงต่างๆ ให้ขยายใหญ่ขึ้น และ

โพรงหรือช่องว่างทั้งหมดจะมีน้ำอยู่เต็ม และในกรณีที่ เป็นโพรงนั้นจะมีลักษณะการไหลของน้ำแบบเดียวกับ น้ำในท่อ ซึ่งจะสามารถสังเกตได้จากร่องรอยที่พบ คือ ผนังถ้ำมักจะเป็นท่อกลมๆ หรือรูปรีๆ มีผนังของโถงถ้ำค่อนข้างเรียบ หลายแห่งจะพบหลักฐานที่ใช้บ่งบอกถึง ลักษณะการไหลของน้ำได้ คือ scallop (Moore, and Sullivan, 1978) ผู้เขียนขอเรียกว่า “รอยรีวน้ำไหล” ซึ่ง คล้ายๆ กับ “รอยรีวคลื่น (ripple mark)” (คณะ อนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530) สิ่งนี้ สามารถใช้บอกความเร็วของน้ำในเชิงเปรียบเทียบได้ รวมทั้งบอกทิศทางการไหลของน้ำว่าไหลจากทิศไหนไป ทิศไหน ตัวอย่างเช่นถ้ำรอยรีวน้ำไหลนี้มีขนาดเล็กแสดง ว่าน้ำไหลเร็ว แต่ถ้ำมีขนาดใหญ่ น้ำจะไหลช้า

ในแง่ของการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลแล้ว น้ำใน ส่วนนี้จะป็นชั้นน้ำที่มีศักยภาพสูงกว่าน้ำในส่วนบนที่เป็น vadose zones เพราะจะมีปริมาณน้ำที่มากกว่า ความลึกของบ่อน้ำบาดาลในกรณีที่ป็นหินปูนนั้นจะอยู่ในรอยแตก ถ้ำ หรือโพรงน้ำใต้ดิน ซึ่งจะพบตั้งแต่ในระดับใกล้ผิวดิน จนถึงความลึกไม่น้อยกว่า 100 เมตร ตัวอย่างบ่อน้ำบาดาลที่มีในปัจจุบัน เช่น ที่โรงเรียนศูนย์ ปางมะผ้า และบ้านแม่สุยะ ซึ่งเป็นบ่อที่เจาะโดยกรม โยธาธิการ เมื่อปี 2539 นั้น เป็นบ่อน้ำบาดาลที่ได้น้ำจาก ชั้นหินปูน มีความลึก 24 เมตร สามารถให้ปริมาณน้ำ (yield) ได้ 10 - 15 ลบ.ม/ ชม. มีระดับน้ำปกติ (static water level) 2 - 10 เมตร ระดับน้ำลด (drawdown) 2 - 6 เมตร มีคุณภาพน้ำเป็นน้ำจืด มีค่าความกระด้างทั้งหมด ประมาณ 158 - 176 มก./ลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์อนุโลมให้ เป็นน้ำสำหรับบริโภค และสามารถนำมาใช้ทำป็น ระบบประปาหมู่บ้านได้

ในอนาคตถ้าหากมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น หรือในกรณีที่จะมีกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องการใช้น้ำใน ปริมาณที่มากกว่าเดิม เช่น การเกษตร หรือการอุตสาหกรรม ที่ต้องการใช้น้ำในปริมาณที่มาก ก็สามารถ พัฒนาแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่นี้ขึ้นมาใช้ได้ โดยการ เจาะบ่อน้ำบาดาลจากรอยแตกของหิน หรือโพรงในหิน ปูนที่มีน้ำ เพราะแหล่งน้ำบาดาลในบริเวณนี้ถือได้ว่า

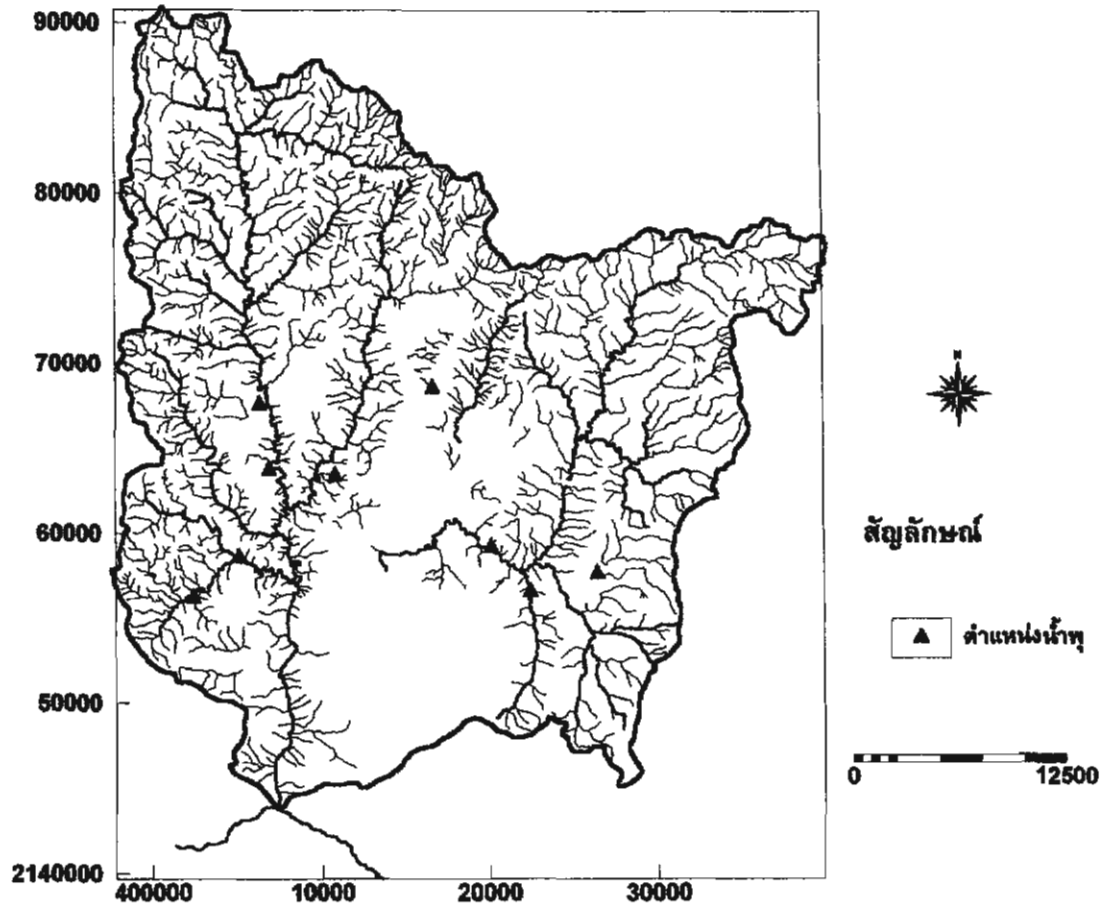
เป็นแหล่งน้ำสำรองที่สำคัญมากแห่งหนึ่ง ซึ่งถ้าสามารถ ควบคุม และมีการจัดการที่ดีแล้ว ก็สามารถนำมาใช้ให้ เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและ ยั่งยืนมากขึ้น

### น้ำส่วนที่ 3 : น้ำพุธรรมชาติ หรือ น้ำอู

น้ำพุ หรือน้ำอู (spring) เป็นน้ำบาดาลที่ไหลออกมา จากใต้ดินขึ้นมาสู่ผิวดิน ซึ่งเราจะสังเกตบริเวณที่มีน้ำ พุดได้จากพื้นที่ที่มีน้ำไหลออกมาและมักเป็นที่ที่ชื้นแฉะ หรือมีน้ำขัง (Todd, 1985) ดังนั้น น้ำพุจึงเป็นปรากฏ การณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดินหรือน้ำ บาดาลที่มีลักษณะ ชั้นดิน ชั้นหิน และโครงสร้างทาง ธรณีวิทยาบางอย่างที่เหมาะสมมาเป็นตัวควบคุมให้น้ำ บาดาลไหลมาสู่ผิวดิน เช่น รอยแตกของหิน รอยต่อ ของชั้นหิน โพรงหรือถ้ำในหินปูน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ เกิดเป็นน้ำพุประเภทต่างๆ แต่ในพื้นที่ศึกษาจะพบ 2 ประเภท คือ

- น้ำพุที่เกิดจากระดับน้ำใต้ดินตัดกับผิวดิน (water table spring) เช่น ที่บ้านแม่สุยะ
- น้ำพุที่ไหลออกจากโพรงหรือถ้ำที่เกิดจากการ ละลายของเนื้อหิน (solution channels) แล้ว ไหลออกที่ผิวดิน (Linsley and Franzini, 1985) ซึ่งน้ำพุส่วนใหญ่ที่คณะวิจัยสำรวจพบในพื้นที่ โครงการจะเป็นน้ำพุประเภทนี้ และ เรียกเป็น ศัพท์พื้นเมืองว่า “น้ำอู” ซึ่งหลายๆ แห่งถูกนำ มาใช้เป็นแหล่งน้ำในการอุปโภคและบริโภค ของชุมชนมานาน

ในการสำรวจข้อมูลน้ำพุ นั้น คณะวิจัยได้ทำการ สำรวจจุดที่มีน้ำพุต่างๆ โดยมีการกำหนดตำแหน่งจุด สำรวจด้วย GPS แล้วจึงทำการวัดอัตราการไหลด้วยวิธี เดียวกันกับการวัดอัตราไหลของลำน้ำผิวดิน ได้ทำการ สำรวจทั้งสิ้น จำนวน 9 จุด (ดังแสดงในรูปที่ 4 และ ตารางที่ 2) ซึ่งจะมีตำแหน่งกระจายตัวอยู่ประมาณตอน กลางของพื้นที่โครงการ และพบว่าจุดที่เป็นน้ำพุ นั้นจะ อยู่ในช่วงความสูงระหว่าง 352 - 800 เมตร จากระดับ น้ำทะเลปานกลาง (ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, 2542)



รูปที่ 4 แผนที่แสดงตำแหน่งน้ำพุ

ตารางที่ 2 แสดงอัตราการไหลของน้ำพุ ณ จุดต่างๆ

| ลำดับที่ | สถานที่                                     | วันที่<br>สำรวจ | ความสูง<br>เมตร( รทก) | อัตราการไหล<br>(ลบ.ม./นาที่) |
|----------|---------------------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|
| 1        | บ้านน้ำกัก                                  | 16/11/41        | 490                   | 0.15                         |
| 2        | บ้านไม้สูง                                  | 19/11/41        | 667                   | 0.46                         |
| 3        | ห้วยป่าไม้แดง                               | 11/11/41        | 800                   | 0.7                          |
| 4        | ค.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า                      | 27/11/41        | 360                   | 1                            |
| 5        | ถ้ำ STD-609 ค.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า          | 27/11/41        | -                     | 1.3                          |
| 6        | น้ำพุ บ้านแม่หม่ม ม.1 ค.สบป่อง อ.ปางมะผ้า   | 20/11/41        | 720                   | 1.32                         |
| 7        | บ้านน้ำสุผาเสื่อ ม.4 ค.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า | 15/11/41        | 510                   | 1.33                         |
| 8        | วัดถ้ำสามตา บ้านแม่สุยะ                     | 16/11/41        | 352                   | 3.3                          |
| 9        | สวนสาธารณะบ้านน้ำพุ ค.ถ้ำลอด อ.ปางมะผ้า     | 11/11/41        | 600                   | 6.8                          |
| เฉลี่ย   |                                             |                 |                       | 1.82                         |

ที่มา: จากการสำรวจ, 2541.

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าอัตราการใช้ของน้ำพุ มีค่าระหว่าง 0.15 - 6.8 ลบ.ม/นาที่ โดยมีค่าต่ำสุด 0.17 ลบ.ม/นาที่ ที่บริเวณบ้านน้ำกวด ต.ห้วยผา อ.เมือง และสูงสุด 6.8 ลบ.ม/นาที่ บริเวณสวนสาธารณะบ้านน้ำสุ ต.สบป่อง อ. ปางมะผ้า และมีค่าเฉลี่ย 1.82 ลบ.ม/นาที่

สำหรับคุณภาพของน้ำนั้น ถึงแม้ว่าน้ำทั้งหมดจะเป็นน้ำจืด แต่ก็ยังเป็นน้ำที่ประชาชนในท้องถิ่นนำมาใช้ในการบริโภค ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้เริ่มทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์คุณภาพ เพื่อให้ทราบว่าน้ำจากน้ำพุนั้นสามารถใช้บริโภคได้หรือไม่ เพราะน้ำในหินปูนในบางจุดอาจจะมีปริมาณความกระด้างสูงเกินมาตรฐานน้ำดื่ม ซึ่งจะได้นำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมานำเสนอในโอกาสต่อไป

## ผลการวิเคราะห์สารคาร์บอเนตที่ละลายในน้ำในส่วนต่างๆ

ส่วนหนึ่งของการศึกษาด้านอุทกวิทยาในโครงการวิจัยนี้ คือ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ซึ่งจะมีการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านต่างๆ ของน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และชีวภาพเป็นหลัก แต่ในบทความนี้จะนำเสนอเฉพาะข้อมูลทางเคมีที่จะสามารถแสดงผลให้เห็นน้ำในส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำในลำห้วยก่อนที่จะไหลเข้าระบบถ้ำ น้ำในระบบถ้ำ และน้ำในส่วนที่ไหลออกมาจากระบบถ้ำ โดยเฉพาะน้ำพุธรรมชาติ และปัจจัย (parameter) ที่จะนำมาเสนอ คือ ค่าความกระด้างของน้ำซึ่งเกิดจากการละลายของแร่แคลไซต์ที่เป็นแร่ส่วนใหญ่ในเนื้อหินปูน จนกลายเป็นโพรงหรือโถงถ้ำ (Solution channels) ขนาดต่างๆ และขอน้ำเสนอเฉพาะสารแคลเซียมไบคาร์บอเนต (calcium bicarbonate) ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายในน้ำเท่านั้น

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสารไบคาร์บอเนตจากตัวอย่างน้ำในลำห้วยนอกถ้ำ

| เลขที่ | สถานที่                 | Bicarbonate alkalinity (mg/l) | หมายเหตุ          |
|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1      | ห้วยसान                 | 104.4                         | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 2      | ห้วยสลอบ                | 69.64                         | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 3      | ห้วยแม่อุ่มหลง          | 196.5                         | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 4      | ห้วยแม่หมู              | 109.93                        | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 5      | ห้วยม่วง                | 19.22                         | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 6      | ห้วยผา                  | 134.3                         | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 7      | ห้วยป่ามุง              | 67.1                          | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 8      | ห้วยปางสูง              | 47.25                         | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 9      | ห้วยนาซอ                | 52.23                         | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 10     | น้ำแม่สุยะ              | 34.8                          | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 11     | น้ำแม่ละนา              | 99.5                          | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 12     | น้ำของ                  | 146.5                         | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
| 13     | บ้านแม่อุ่มหลง (น้ำใช้) | 10.94                         | น้ำในลำห้วยนอกถ้ำ |
|        | เฉลี่ย                  | 84.02                         |                   |

ที่มา : จากการสำรวจ, 2541.



ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสารไบคาร์บอเนตจากตัวอย่างน้ำจากระบบถ้ำ

| เลขที่ | สถานที่                  | Bicarbonate alkalinity (mg/l) | หมายเหตุ               |
|--------|--------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1      | ปางคาม                   | 193.99                        | ในถ้ำ                  |
| 2      | ปางคาม                   | 193.99                        | นอกถ้ำ                 |
| 3      | บ้านหลุกป่ากือ(ห้วยเคือ) | 414.35                        | นอกถ้ำ                 |
| 4      | บ้านหลุกตอง              | 271.09                        | นอกถ้ำ                 |
| 5      | บ้านหลุกข้าวหลาม         | 353.1                         | บ่อน้ำดินใกล้เขาหินปูน |
| 6      | บ้านน้ำริน               | 132                           | ในถ้ำ                  |
| 7      | บ้านน้ำริน               | 261                           | นอกถ้ำ                 |
| 8      | น้ำฮูแม่สุขะ             | 381.52                        | น้ำพุ                  |
| 9      | น้ำฮู 5 (ห้วยน้ำริน)     | 19.9                          | น้ำพุ                  |
| 10     | น้ำพุ3 (บ้านน้ำกิด)      | 430.3                         | น้ำพุ                  |
| 11     | น้ำพุ2 (ถ้ำ STD-642 )    | 144.2                         | น้ำพุ                  |
| 12     | น้ำพุ1 (น้ำของ)          | 286                           | น้ำพุ                  |
| 13     | ถ้ำ STD-657 (น้ำออก)     | 271.1                         | น้ำจากถ้ำ              |
| 14     | ถ้ำ STD-609 (น้ำออก)     | 236.3                         | น้ำจากถ้ำ              |
| 15     | ถ้ำ STD-668 (IS)         | 458                           | ในถ้ำ                  |
| 16     | ถ้ำ STD-668 (IR)         | 409                           | ในถ้ำ                  |
|        | เฉลี่ย                   | 278.49                        |                        |

ที่มา : จากการสำรวจ, 2541.

จากตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าน้ำฟิวคินในส่วนที่ไหลก่อนเข้าสู่ระบบถ้ำนั้น จะมีปริมาณสารแคลเซียมไบคาร์บอเนตต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส่วนอื่นๆ คือประมาณ 19 - 196 มก/ลิตร มีค่าเฉลี่ย 84 มก./ลิตร รองลงมาคือน้ำในส่วนที่ไหลออกมาจากระบบถ้ำ คือประมาณ 19.9 - 430.3 มก/ลิตร มีค่าเฉลี่ย 278.5 มก/ลิตร และมากที่สุดคือน้ำที่ไหลซึมออกมาจากเพดานหรือผนังถ้ำแล้วทำให้เกิดเป็นแร่ทุติยภูมิในถ้ำ (speleothem) เช่น หินงอก หินย้อย เป็นต้น กับน้ำที่ขังอยู่ตามทำนบก้นหินปูน (Rimstone pools) ในบางแห่งที่มีสภาพน้ำขังนานๆ และมักจะไม่ค่อยมีน้ำไหลล้น (overflow) ผ่านออกไปในอัตราที่มาก จะมีปริมาณแคลเซียมไบคาร์บอเนตประมาณ 409 - 458 มก/ลิตร มีค่าเฉลี่ย

มก./ลิตร ซึ่งมีความเข้มข้นมากพอที่จะตกตะกอนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ )

จากข้อมูลในตารางที่ 3 และ 4 นั้น จะเห็นได้ว่าปริมาณสารแคลเซียมไบคาร์บอเนตของน้ำในแต่ละกลุ่มจะมีค่าที่แตกต่างกันมากในบางตัวอย่าง แต่จากการสังเกตในภาคสนามของผู้เขียนพบว่าในบางกรณี เช่น น้ำในถ้ำ STD-601 บางส่วนมีสารดังกล่าวต่ำ เพราะเป็นจุดที่น้ำเพิ่งไหลจากภายนอกเข้าสู่ถ้ำ ยังไม่มีเวลานานเพียงพอที่จะละลายหินปูนได้มาก ส่วนน้ำฟิวคินบางจุดกลับมีปริมาณสารดังกล่าวสูง ผู้เขียนคาดว่าจะมีน้ำไหลออกจากถ้ำตามรอยแตกหรือโพรงขนาดเล็กที่ไม่อาจสังเกตเห็นได้

## สรุป

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (น้ำบาดาล) ในพื้นที่บริเวณอำเภอปางมะผ้า นั้น จะแสดงให้เห็นถึงส่วนหนึ่งของวัฏจักรของน้ำที่แตกต่างไปจากพื้นที่ทั่วไป เพราะด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวของหินปูนที่มีความแข็งแรงปานกลาง แต่สามารถละลายน้ำได้ จึงทำให้เกิดเป็นโง่งงในแนวต่างๆ เชื่อมโยงกันไปมา และถ้าต่างๆที่ปรากฏในพื้นที่ศึกษานั้น ก็เปรียบเสมือนท่อน้ำขนาดต่างๆ กันที่ฝังอยู่ใต้ดิน ซึ่งจะทำหน้าที่ในการส่งผ่านน้ำจากบริเวณพื้นที่รับน้ำแล้วส่งผ่านไปสู่อำนาจของโง่งงอันซับซ้อน แล้วปล่อยน้ำส่วนหนึ่งออกมาสู่ผิวดินกลายเป็นน้ำผิวดินอีกครั้งหนึ่งในรูปของน้ำพุธรรมชาติที่จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของแม่น้ำ ลำธารต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นขบวนการทางธรรมชาติ เช่น ปริมาณน้ำฝนที่ผิดปกติ การทำลายหน้าดินในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะจากการตัดไม้ทำลายป่า และกิจกรรมอื่นๆ ของมนุษย์ที่มีผลต่อการทำลายหน้าดิน จะก่อให้เกิดอัตราการทับถมของตะกอนที่น้ำได้พัดพาเข้าไปภายในถ้ำที่ผุดแตกไปจากสภาพปกติ รวมทั้งการใช้สารเคมีต่างๆ ในการเกษตรจะมีผลทำให้ทั้งปริมาณและคุณภาพน้ำในถ้ำเปลี่ยนแปลง และจะก่อให้เกิดผลกระทบต่ออัตราการเติบโตของหินงอกหินย้อย สิ่งมีชีวิตภายในถ้ำ และท้ายที่สุดก็จะกระทบมาถึงความอยู่รอดของมนุษย์เอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำพุที่ไหลออกจากถ้ำ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภคของชุมชน

การศึกษาเรื่องถ้ำในโครงการวิจัยนี้ ถือได้ว่าเป็นงานใหม่สำหรับกลุ่มนักวิชาการชาวไทย คณะวิจัยยังคงต้องการการสนับสนุนทั้งด้านความรู้ การฝึกฝน และเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น ดังนั้น หากคณะวิจัยชาวไทยได้มีโอกาสทำงานต่อเนื่องกันไป ผู้เขียนเชื่อว่าผลงานที่เกิดขึ้นในอนาคตคงจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ การค้นพบสิ่งใหม่ๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความรู้ในสาขาที่เกี่ยวข้อง

และยังจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับด้านอื่นๆ เช่น ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม การควบคุมการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรถ้ำและทรัพยากรอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำบาดาล ป่าไม้ เป็นต้น

## บรรณานุกรม

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา.

พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา. คณะกรรมการ

ประสานงานด้านธรณีวิทยา ภายใต้คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ, 2530.

ชัยพร ศิริพรไพบุลย์. "ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยา", รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 : โครงการการสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำจังหวัดแม่ฮ่องสอน. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542. หน้า 29 - 67.

ชัยพร ศิริพรไพบุลย์. รายงานการสำรวจสภาพแหล่งน้ำบาดาล โดยวิธีธรณีฟิสิกส์ อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่(มีนาคม 2540). กรุงเทพมหานคร: กองพัฒนาบ่อบาดาล กรมโยธาธิการ , 2540.

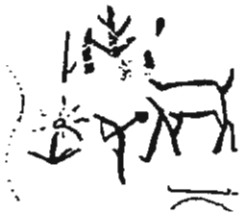
Gillieson, D. "Caves : Processes", **Development and Management**. Blackwell Publisher, 1996.

Linsley, R.K. and Franzini, J.B. **Water-Resources Engineering, Singapore**. McGraw-Hill International Book Co., 1985.

Meredith, M.and Wooldridge, J. **Giant Caves of Borneo**. Kuala Lumpur: Tropical Press Sdn Bhd, 1992.

Moore, G.W. and Sullivan, N. "Speleology", **The Study of Caves**. St. Louis, revise 2<sup>nd</sup> Edition, 1978.

Todd, D.K. **Groundwater Hydrology**. London: Wiley International Ed, 1985



## คุณภาพน้ำบริเวณลำ

สิทธิพงษ์ คิลกวนิช \*

ลักษณะอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำกลาง ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอเมือง และอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอนนั้น มีความสลับซับซ้อนของระบบน้ำผิวดิน (surface water) และน้ำใต้ดิน (ground water) ที่มีการไหลเชื่อมโยงกันอย่างต่อเนื่องอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นสภาพธรณีวิทยาของหินปูนที่มีลักษณะพยุลงไปทั่วพื้นที่ ประกอบกับพื้นที่บางส่วนเป็นหินแกรนิต หินทราย หินดินดาน หินควอร์ตไซต์ และหินอื่นๆ (Kieman, 1991a, 1991b; ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, 2542: 34-44) ดังนั้นภูมิประเทศเด่นที่ปรากฏจึงมักเป็นแอ่งที่ราบขนาดเล็กที่กระจายอยู่ทั่วไป สลับกับลักษณะของภูเขาและหน้าผาสูงชัน หลุมยุบขนาดต่างๆ หน้าต่างคาสต์<sup>1</sup> และถ้ำหลากหลายขนาดที่พบได้ทั้งอยู่บนภูเขา เจริงเขา และได้ดิน ลักษณะภูมิประเทศที่ซับซ้อนเหล่านี้ทำให้สายน้ำสามารถไหลตามผิวดินเป็นช่วงๆ แล้วไหลซึมผ่านหลุมยุบที่เป็นโพรงของชั้นหินและดิน หรือโพรงถ้ำที่ลึกลงไปหลายสิบเมตร อีกทั้งสายน้ำนั้นยังสามารถไหลกลับสู่พื้นผิวดินอีกครั้งในลักษณะของน้ำซึมหรือน้ำพุที่อยู่ในภูมิประเทศระดับต่ำกว่า ดังนั้นน้ำที่ไหลผ่านจุดต่างๆ ของพื้นที่หนึ่งย่อมมีคุณภาพของสายน้ำที่ต่างกันไป

เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำที่พบตามบริเวณลำ เช่น ปากถ้ำหรือท้ายถ้ำ ซึ่งอาจเป็นจุดที่น้ำไหลเข้าหรือไหลออกไปสู่แหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินอื่นๆ ต่อไปได้นั้น ค่าคุณภาพน้ำดังกล่าวย่อมมีความแตกต่างกันไปตามปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำ ณ ที่นั้น เมื่อทำการพิจารณาต่อไปถึงตัวดัชนีที่สำคัญบางตัวที่สะท้อนถึง

คุณภาพน้ำแล้ว ยิ่งทำให้เราตระหนักได้ว่าค่าของดัชนีบางอย่างสามารถมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวภาพของลำ นอกจากนี้หากมองถึงการให้ประโยชน์จากแหล่งน้ำที่ผ่านลำของมนุษย์ในกิจกรรมต่างๆ แล้ว ชุมชนของมนุษย์เองย่อมได้รับผลกระทบที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปด้วย ในที่นี้ผู้วิจัยจะทำการเสนอผลการศึกษาของลำตัวอย่างจำนวน 7 แห่ง ได้แก่ ลำลอด ลำ STD-604 STD-605 STD-657 STD-601 STD-650 และลำ STD-665 ซึ่งตำแหน่งของลำเหล่านี้กระจายครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำกลาง ดังรายละเอียดที่จะเสนอต่อไป

### ปัจจัยที่กำหนดคุณภาพน้ำบริเวณลำ

หากจะทำการพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่กำหนดคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะบริเวณลำแล้ว เราจำเป็นต้องคำนึงปัจจัยความเป็นมาของน้ำ รวมถึงปัจจัยประกอบอื่นๆ ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและกระบวนการทางกายภาพ (chemical reactions and physical processes) อันมีผลให้น้ำมีคุณภาพต่างกันไปเมื่อน้ำไหลผ่านจากพื้นที่หนึ่งไปสู่อีกพื้นที่หนึ่งภายในวงจรของวัฏจักรน้ำ (hydrologic cycle) ซึ่งสัมพันธ์ถึงวัฏจักรชีวะ-ธรณี-เคมี (biogeochemical cycles) ของทรัพยากรอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงด้วย (Odum, 1971: 86-105; Bailey *et al*, 1978: 407; Ehrlich and Roughgarden, 1987: 553-564) ดังนี้คือ

#### ภูมิอากาศ

ปัจจัยภูมิอากาศนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการก่อกำเนิดน้ำหรือหยาดน้ำฟ้า (precipitation) โดยเฉพาะในรูปของน้ำฝน ซึ่งเมื่อความชื้นในบรรยากาศมี

\* นักวิจัย ด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยา โครงการ “การสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับลำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน”

<sup>1</sup> หน้าต่างคาสต์ คือ แอ่งหรือหลุมที่เกิดจากการพังทลายของเพดานถ้ำและมีลำธารไหลอยู่ด้านล่าง

การกลั่นตัวเป็นหยดน้ำแล้วตกลงสู่พื้นดินแล้ว น้ำฝนได้ทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วอยู่ในรูปของกรดคาร์บอนิก ( $H_2CO_3$ ) ซึ่งทำให้น้ำฝนมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน (Sawyer and McCarty, 1978; Manahan, 1984: 22-25) ดังนั้นหากปริมาณน้ำฝนในพื้นที่หนึ่งมีจำนวนมากเท่าใด ก็ย่อมส่งผลให้น้ำฝนมีพลังในการการเซาะพื้นผิวดินและหินมากเท่านั้น (O'Hare and Sweeney, 1986: 141) หลังจากทีน้ำฝนปะทะพื้นผิวดินและหินแล้ว น้ำฝนส่วนหนึ่งจะระเหยกลับไปยังบรรยากาศโลก และอีกส่วนหนึ่งจะไหลไปรวมตัวกันตามที่ต่าง ๆ ภายในวัฏจักรน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำธาร หนองน้ำ ทะเลสาบ และธารน้ำใต้ดิน เป็นต้น (Trewatha and Horn, 1980 50-51; Manahan, 1984: 10; O'Hare and Sweeney, 1986: 74) นอกจากนี้ปัจจัยด้านอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความเข้มข้นของแสงแดด และปัจจัยทางภูมิอากาศอื่นๆ ยังมีความสัมพันธ์ต่อการผุพังของหินและดิน การเติบโตของพืชคลุมดิน ลักษณะดินที่อยู่และแหล่งอาหารของสัตว์ และกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำทั้งสิ้น

### ประเภทหินและดิน

ลักษณะทางธรณีวิทยาจะเป็นตัวกำหนดประเภทของหินและแร่ในหินตามลักษณะการเกิดของหินนั้น นอกจากนี้ดินซึ่งเกิดจากการสลายตัวของหินต้นกำเนิดจากที่ต่างๆ แล้วมาสะสมตัว ณ ที่แห่งหนึ่งย่อมสะท้อนไปถึงคุณสมบัติของดินที่มีความแตกต่างจากหินที่เป็นฐานล่างของดินนั้น ดังนั้นเมื่อน้ำฝนซึ่งเป็นกรดอ่อนได้ไหลผ่านหินและดินจากพื้นที่หนึ่งไปสู่อีกพื้นที่หนึ่ง ย่อมละลายแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในหินและดินออกมา ซึ่งอาจทำให้น้ำมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปอีกครั้ง โดยอาจเป็นกรดมากขึ้นหรืออาจกลายเป็นกลางจนถึงมีค่าความเป็นด่างได้ นอกจากนี้ยังมีค่าโลหะหนักต่างๆ ตลอดจนสารแขวนลอย หรือสารละลายอื่นๆ เจือปนในน้ำมากขึ้นด้วย (Strahler, 1977: 265, 269; Mallory and Cargo, 1979: 162, 170-172, 240; Allan, 1995: 23) ยกตัวอย่างเช่น น้ำ

ผิวดินและน้ำใต้ดินที่ไหลผ่านภูมิประเทศหินปูน คุณภาพของน้ำมักปรากฏเป็นด่างอ่อน มีความกระด้างของน้ำ (hardness) ค่อนข้างมากจนถึงสูงมาก ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมมีปะปนอยู่ในน้ำสูง และบางครั้งอาจมีความขุ่นของน้ำ (turbidity) ค่อนข้างสูงด้วย (Sawyer and McCarty, 1978; Gillieson, 1996: 115-121) และเมื่อน้ำได้ไหลไปในพื้นที่อื่น คุณสมบัติของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินก็จะเปลี่ยนแปลงไปอีกตามสภาพแวดล้อมใหม่

### น้ำนิ่งและน้ำไหล

ลักษณะน้ำนิ่งและน้ำไหลบริเวณลุ่มน้ำมีความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลและปริมาณน้ำที่ไหลผ่านลุ่มน้ำ เนื่องจากในฤดูฝนลุ่มน้ำบางแห่งซึ่งอยู่ในระดับใต้พื้นผิวดินนั้น อาจมีน้ำท่วมขังได้เป็นช่วงๆ หรืออาจมีน้ำท่วมตลอดทั้งปีหรือถ้ำ การเกิดน้ำท่วมนี้มักเกิดในช่วงเวลาจับปลานและระดับน้ำอาจลดลงบ้างเมื่อฝนหยุดตก ดังนั้นการที่ปริมาณน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ย่อมส่งผลให้ความรุนแรงของกระแสน้ำที่ไหลภายในถ้ำสามารถพัดพาตะกอนขนาดใหญ่เคลื่อนที่ได้ในระยะไกล รวมทั้งยังทำการชะล้างหรือกัดเซาะผิวหน้าของหินและดินตามผนัง เพดาน และพื้นถ้ำได้อย่างรุนแรงด้วย ซึ่งเท่ากับเป็นการชะล้างแร่ธาตุต่างๆ จากหินและดินออกมา ขณะเดียวกันปริมาณน้ำที่มีมากและมีการไหลตลอดเวลามีส่วนช่วยกระจายสิ่งเจือปนต่างๆ หรือเท่ากับเป็นการเจือจางความเข้มข้นของสารละลายในสาหร่าย ส่วนในฤดูแล้งถ้ำที่เคยมีน้ำท่วมอาจแห้งเกือบตลอดปีหรือถ้ำ ซึ่งอาจมีน้ำขังนิ่งตามพื้นถ้ำเป็นบางจุด คุณภาพของน้ำบริเวณถ้ำอาจค่อยลงไปหรือพบความเข้มข้นของสารตกค้างต่างๆ ทั้งในน้ำและตะกอนที่ถ้ำน้ำได้ อาทิ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำลดลง หรือมีการปนเปื้อนของสารปราบศัตรูพืชที่มาจากพื้นที่เกษตรกรรมภายนอกถ้ำในปริมาณสูง เป็นต้น (Gillieson, 1996: 14-58) อย่างไรก็ตาม การแทรกซึมของน้ำใต้ดินเกิดขึ้นได้หลายจุดตลอดปีหรือถ้ำ ซึ่งอาจพบได้ว่า มีทั้งน้ำใต้ดินที่ไหลเข้ามาภายในถ้ำ และมีน้ำจากภายในถ้ำที่ไหลซึมผ่านชั้นหินออกไปจากถ้ำ ดังนั้นในสภาพความเป็นจริงของถ้ำบางแห่งอาจพบทั้งธารน้ำไหลและ

แอ่งน้ำนิ่งภายในถ้ำเดียวกันได้เสมอ และอาจพบว่าคุณภาพน้ำทั้ง 2 แหล่งนั้นแตกต่างกัน ทั้งๆ ที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำไปทำการวิเคราะห์ในช่วงเวลาเดียวกัน

#### การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบถ้ำ

บริเวณรอบนอกของถ้ำโดยทั่วไปในพื้นที่ลุ่มน้ำกลางและลุ่มน้ำของนี้ จะเป็นป่าธรรมชาติดั้งเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งป่าดิบ ป่าดิบเขา ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นหรือความอุดมสมบูรณ์ของป่าที่ช่วยดูดซับน้ำฝนไว้ จะมีความแตกต่างกัน โดยขึ้นกับระบบเรือนยอดและระบบรากของป่าไม้แต่ละชนิดที่สามารถอุ้มน้ำได้ ตลอดจนขึ้นกับอัตราการแผ้วถางทำลายพื้นที่ป่าของชนกลุ่มน้อยเผ่าต่างๆ เพื่อบุกเบิกพื้นที่ในการทำเกษตร จากการศึกษาของวุฒิ หวัง-วัชรกุล และคณะ (2541) พบว่า พื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดแม่ฮ่องสอนลดลงประมาณร้อยละ 30 หรือประมาณ 2,387,400 ไร่ ภายใน 25 ปี (พ.ศ.2516-2541) ซึ่งรวมหมายถึงพื้นที่ป่าในเขตลุ่มน้ำกลางและลุ่มน้ำของนี้ก็มีเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้ความสามารถของป่าต้นน้ำในพื้นที่ที่จะดูดซับน้ำฝนได้จึงอาจลดน้อยลง นอกจากนี้การปราบปรามยุงพาหะที่นำโรคไข้จับสั่นหรือมาลาเรียด้วยสารเคมีก็ยังปรากฏอยู่ รวมทั้งการส่งเสริมการเกษตรจากภาครัฐและองค์กรพัฒนาเอกชนมีส่วนเร่งให้ตะกอนดินที่มาจากทางไหลพรานที่ดิน ตลอดจนสารตกค้างต่างๆ จากการใช้สารเคมีในรูปของปุ๋ยเคมี และสารปราบศัตรูพืชในการเกษตรไหลปะปนรวมกับแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (สิทธิพงษ์ คิลกวนิช, 2542: 77-80) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ย่อมมีผลโดยตรงต่อการพัฒนาการของถ้ำและสิ่งมีชีวิตต่างๆ ภายในถ้ำ รวมทั้งความสามารถในการอำนวยน้ำของถ้ำที่จ่ายให้แก่ลำน้ำผิวดินต่างๆ และความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยในการบริโภคน้ำของชุมชนด้วย

#### ลักษณะของคุณภาพน้ำ

ดัชนีน้ำที่เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ มักนำเสนอในรูปของดัชนีทางกายภาพและเคมี ในที่นี้จะขอยกดัชนีที่สำคัญบางชนิดเพื่อแสดงคุณสมบัติที่ดีและเลวของน้ำบริเวณถ้ำ โดยเฉพาะปากถ้ำและท้ายถ้ำของถ้ำลอด ถ้ำ STD-604 STD-605 STD-657 STD-601 STD-650 และถ้ำ STD-665 ซึ่งแหล่งน้ำอ้างอิงที่ใช้ในการศึกษาทั้งสองจุดนี้ หากเป็นธารน้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดินที่ไหลเข้าถ้ำจะถือว่าเป็นปากถ้ำ และบริเวณท้ายถ้ำจะเป็นจุดที่น้ำไหลออกสู่ภายนอกหรือเป็นจุดที่น้ำไหลซึมผ่านกันถ้ำเข้าสู่ระบบน้ำใต้ดิน อย่างไรก็ตาม ในการเก็บตัวอย่างน้ำจริงจากปากถ้ำและท้ายถ้ำนั้น ลักษณะของแหล่งน้ำอาจเป็นแอ่งน้ำขังนิ่งชั่วคราวในฤดูแล้งได้ ดังรายละเอียดที่จะนำเสนอต่อไปนี้ คือ

#### อุณหภูมิ

จากการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำทั้ง 6 แห่งนี้ ปรากฏว่า อุณหภูมิของน้ำบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำมีค่าเฉลี่ย 22.0 และ 20.7 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำท้ายถ้ำเกือบทุกแห่งจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมिवิเวณปากถ้ำที่เป็นทางน้ำเข้าเสมอประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส เพราะเมื่อน้ำได้ไหลผ่านโพรงถ้ำที่มีมืดและเย็น การคายความร้อนของน้ำให้กับสิ่งแวดล้อมรอบข้างภายในถ้ำจะทำให้อุณหภูมิน้ำลดต่ำลง ยกเว้นที่ถ้ำ STD-605 ซึ่งมีผลตรงกันข้าม เนื่องจากลักษณะของแหล่งน้ำในขณะเก็บตัวอย่างน้ำนั้นมีสภาพของน้ำนิ่ง จึงไม่มีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับสิ่งแวดล้อมรอบภายในถ้ำได้ดีเท่าที่ควร (ตารางที่ 1)

#### ความเป็นกรดเป็นด่าง

เนื่องจากพื้นที่ถ้ำโดยรวมเป็นเขตภูเขาหินปูน น้ำที่ไหลผ่านหินปูนย่อมละลายแคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบอื่นที่ทำให้น้ำมีความเป็นด่างมากกว่าปกติ เมื่อ

ผู้วิจัยทำการตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่างจากแหล่งน้ำบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำทั้ง 6 แห่ง พบว่า ค่าของน้ำส่วนใหญ่เป็นด่างอ่อน หรืออยู่ในช่วง pH 7.60-8.50 แต่จะพบว่าถ้ำบางแห่ง เช่น ทางน้ำเข้าปากถ้ำ STD-605 มีความเป็นกรดอ่อนเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะช่วงเดือนพฤษภาคม 2541 เป็นช่วงเวลาที่ถ้ำจำนวนมากในพื้นที่มีระดับน้ำต่ำมาก และลักษณะแหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่างน้ำมีสภาพน้ำค่อนข้างนิ่งและมีขนาดเล็ก คือ มีน้ำจากใต้ดินไหลผุดขึ้นมาอย่างช้าๆ และอยู่ในแอ่งทรายที่มีองค์ประกอบของแร่ซิลิกาปะปนอยู่ด้วย ซึ่งซิลิกาโดยตัวของมันเองจะมีฤทธิ์เป็นกรดเมื่อปะปนในน้ำ นอกจากนี้ถ้ำบางแห่ง เช่น น้ำบริเวณท้ายถ้ำลวดจะมีฤทธิ์เป็นด่างน้อยกว่าบริเวณปากถ้ำเสมอ เนื่องจากมูลนกนางแอ่นจากเพดานถ้ำของบริเวณท้ายถ้ำลวด จะตกหล่นลงสู่พื้นน้ำและไหลลอยปะปนไปกับน้ำที่ออกมาจากถ้ำ (ดูตารางที่ 1)

#### ออกซิเจนละลายในน้ำ

ตามปกติจะไม่มีกรารายงานดัชนีของออกซิเจนละลายในน้ำที่มาจากน้ำชั้นใต้ดินหรือน้ำบาดาล เพราะน้ำที่อยู่ใต้ดินจะไม่สัมผัสกับอากาศภายนอก แต่แหล่งน้ำใต้ดินในกลุ่มน้ำของและกลุ่มน้ำตลิ่งนี้มีการสัมผัสกับอากาศภายนอกเป็นระยะๆ เนื่องจากสายน้ำใต้ดินบางแห่งจะกลายเป็นน้ำพุหรือน้ำซึมผิวดินออกมาสู่ภายนอก แล้วอาจไหลกลับเข้าสู่โพรงถ้ำเพื่อบรรจบกับสายน้ำใต้ดินอื่นๆ ต่อไป ดังนั้นการสำรวจตรวจวัดดัชนีน้ำนี้จึงต้องการทราบระดับออกซิเจนละลายในน้ำว่าเป็นอย่างไร

ในการตรวจวัดระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำจากแหล่งน้ำบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำของถ้ำทั้ง 6 แห่งนี้ พบว่ามีปริมาณค่อนข้างสูงมาก คือ อยู่ในช่วงประมาณ 6.0-8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (มก/ล) เนื่องจากแหล่งน้ำเกือบทุกแห่งเป็นน้ำไหล นอกจากนี้ยังสังเกตได้อีกว่า ระดับออกซิเจนละลายในน้ำบริเวณท้ายถ้ำมักสูงกว่าบริเวณปากถ้ำ เพราะน้ำในบริเวณท้ายถ้ำจะได้รับน้ำจากสายน้ำใต้ดินอื่นตามจุดต่างๆ ตลอดความยาวของถ้ำ อีกทั้งภายในถ้ำหลายแห่งจะเป็นโพรงอากาศใหญ่ โดยถ้ำบางแห่ง เช่น ถ้ำ STD-601 จะมีอากาศถ่ายเทดีมาก ซึ่งขณะน้ำไหลนี้ยังสามารถที่จะมีออกซิเจนปะปนเพิ่มเติมในน้ำได้อีก อย่างไรก็ตาม อาจมีกรณีข้อยกเว้น เช่น ที่ถ้ำลวดซึ่งระดับออกซิเจนละลายในน้ำของท้ายถ้ำมักน้อยกว่าทางปากถ้ำ เพราะบริเวณท้ายถ้ำจะเป็นแหล่งที่อยู่ของนกนางแอ่นที่หนาแน่น ซึ่งมักพบมูลนกและซากลูกนกที่พลัดตกจากรังตามเพดานถ้ำ ได้หล่นลงมาตายอยู่ในบริเวณดินดอนและในธารน้ำภายในถ้ำเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำบริเวณท้ายถ้ำลดลง หรือที่ถ้ำ STD-604 ซึ่งท้ายถ้ำเป็นทางตันที่น้ำทั้งหมดจะไหลซึมลงชั้นน้ำใต้ดิน ซึ่งระหว่างเส้นทางน้ำนี้โดยเฉพาะบริเวณปากถ้ำพบมูลของนกนางแอ่นและค้างคาว ตลอดจนนกตะกอนดินและหินปะปนเป็นจำนวนมากเช่นกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลคุณภาพน้ำ

| ชื่อถ้ำ | อุณหภูมิของน้ำ (°C) |      | pH   |      | DO (mg/L) |      | ความกระด้าง (mg/L) |        | แอมโมเนีย (mg/L) |      | ไนเตรท (mg/L) |      | เหล็ก (mg/L) |       |
|---------|---------------------|------|------|------|-----------|------|--------------------|--------|------------------|------|---------------|------|--------------|-------|
|         | เข้า                | ออก  | เข้า | ออก  | เข้า      | ออก  | เข้า               | ออก    | เข้า             | ออก  | เข้า          | ออก  | เข้า         | ออก   |
| ถด      | 24.1                | 21.6 | 8.30 | 7.87 | 7.88      | 6.97 | -                  | -      | -                | -    | -             | -    | -            | -     |
| STD-604 | 22.5                | 18.2 | 7.75 | 7.80 | 8.20      | 7.10 | -                  | -      | -                | -    | -             | -    | -            | -     |
| STD-605 | 21.0                | 21.7 | 6.87 | 7.65 | 3.40      | 6.00 | 285.00             | 195.60 | 0.07             | 0.04 | 2.99          | 3.21 | 0.20         | 0.14  |
| STD-657 | 22.9                | 21.4 | 7.60 | 7.62 | 6.30      | 7.55 | 154.00             | 225.40 | ND               | 0.01 | 1.22          | 2.84 | 0.10         | 0.06  |
| STD-601 | 19.7                | 19.2 | 7.82 | 7.68 | 7.60      | 8.00 | -                  | -      | -                | -    | -             | -    | <0.07        | <0.07 |
| STD-650 | -                   | 22.1 | -    | 8.54 | -         | 8.52 | -                  | -      | -                | -    | -             | -    | -            | -     |
| STD-665 | -                   | -    | -    | -    | -         | -    | -                  | -      | -                | -    | 1.40          | ND   | 0.14         | <0.07 |

หมายเหตุ ค่าดัชนีมีค่าต่าง ๆ ของถ้ำเกือบทั้งหมดนั้น เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดเพียงครั้งเดียว ยกเว้นถ้ำลอดซึ่งเป็นถ้ำลอดซึ่งเป็นการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องถึง 5 ครั้งในรอบ 18 เดือนที่ผ่านมา

### ความกระด้าง

ถึงแม้สถาบันที่ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบางแห่งได้คำนวณค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำ (total hardness) โดยคิดค่าแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีอยู่ในน้ำ รวมกับค่าโลหะหนักบางชนิด เช่น เหล็ก สตรอนเทียม และแมงกานีส (Sawyer and McCarty, 1978: 379-380) แต่ในที่นี้ค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำ จะยึดหลักการวิเคราะห์น้ำของ APHA, AWWA และ WEF (American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation) เป็นแนวทางพิจารณา ซึ่งจะคำนึงถึงผลรวมของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นหลักเท่านั้น (Eaton, Clesceri and Greenberg, 1995) ดังนั้นจากการเก็บตัวอย่างน้ำจากถ้ำ 2 แห่งนั้น<sup>2</sup> มีค่าความกระด้างอยู่ในช่วงระหว่าง 154.00-285.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งนับว่าน้ำมีความกระด้างสูง<sup>3</sup> ค่าความกระด้างของน้ำดังกล่าวแสดงความสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศหินปูนที่น้ำฝนและธารน้ำไหลต่างๆ ที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนโดยธรรมชาติสามารถละลายหินปูนได้ให้ปะปนมากับสายน้ำ

### เหล็ก

สาเหตุของการตรวจค่าเหล็กที่เป็นโลหะหนักปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น เนื่องจากในช่วงต้นของโครงการฯ นี้ที่ได้ดำเนินไปไม่นานนัก ชาวบ้านบางแห่งที่กลุ่มนักวิจัยเคยสอบถามถึงการใช้น้ำบริโภคและอุปโภค ได้แจ้งว่า บางครั้งได้กลิ่นสนิมเหล็กจากการ

บริโภค เช่น บริเวณบ้านแม่ละนา ซึ่งมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำใกล้เคียงถ้ำแม่ละนา ด้วยเหตุนี้ทางกลุ่มวิจัยคุณภาพน้ำจึงคาดว่าอาจจะพบธาตุเหล็กปนเปื้อนในแหล่งน้ำอื่นของบางท้องถิ่นบ้าง แต่จากการตรวจวัดค่าเหล็กในขณะนี้ จากถ้ำจำนวน 4 แห่ง พบว่า มีการปนเปื้อนอยู่ในระดับต่ำ คือ น้อยกว่า 0.07-0.20 มก/ล ซึ่งถือว่าไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภคของมนุษย์

### แอมโมเนียและไนเตรท

เนื่องจากพื้นที่ใกล้เคียงถ้ำหลายแห่งมีการทำเกษตรกรรมเพื่อการบริโภคภายในครัวเรือนและเพื่อการค้า เช่น การทำข้าวไร่ การปลูกข้าวโพด การปลูกพืช ฯลฯ ดังนั้นการปนเปื้อนจากการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์จะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะการปนเปื้อนแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียและไนเตรท ผลจากการตรวจวัดค่าดังกล่าวจากบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำ 4 แห่ง ได้แก่ ถ้ำSTD-605 STD-657 STD-601 และถ้ำSTD-665 พบว่า มีค่าแอมโมเนียและไนเตรทค่อนข้างต่ำถึงต่ำมาก<sup>4</sup> ทั้งนี้ค่าแอมโมเนียที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.07 จนถึง < 0.01 มก/ล หรือแทบไม่สามารถตรวจวัดได้ ส่วนค่าไนเตรท พบในช่วง 3.21 มก/ล จนถึงค่าต่ำมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้ ซึ่งถือว่ามีค่าในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นจากดัชนีของน้ำทั้งสองนี้ แสดงว่า เกษตรกรที่อยู่ใกล้เคียงยังมีการใช้ปุ๋ยเคมีน้อยมาก ถึงแม้ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำจะเป็นช่วงที่ชาวเขาที่อยู่ใกล้เคียง ทำการปลูกข้าวไร่เป็นส่วนใหญ่ก็ตาม

<sup>2</sup> ในการเก็บตัวอย่างน้ำจริงนั้น ได้เก็บตัวอย่างจากถ้ำ 4 แห่ง แต่เมื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้พบตัวอย่างน้ำเสียไป 2 แห่ง

<sup>3</sup> Sawyer และ McCarty (1978:379) ได้กำหนดช่วงของความกระด้างของน้ำเป็น 4 ช่วง คือ

|                |                      |                  |                           |
|----------------|----------------------|------------------|---------------------------|
| 0.75 มก/ล      | ถือว่า น้ำอ่อน       | 75 – 150 มก/ล    | ถือว่า น้ำค่อนข้างกระด้าง |
| 150 – 300 มก/ล | ถือว่า น้ำกระด้างสูง | มากกว่า 300 มก/ล | ถือว่า น้ำกระด้างสูงมาก   |

<sup>4</sup> ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มทั่วไป มักกำหนดให้ค่าเหล็กในแหล่งน้ำมีค่าไม่เกิน 0.3 มก/ล (Sawyer and McCarty, 1978:466)

<sup>5</sup> ตามเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) ความความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ได้ชี้ว่า ค่าแอมโมเนียและไนเตรทในแหล่งน้ำผิวดิน หากน้อยกว่า 0.5 และ 5.0 มก/ล ตามลำดับถือว่าแหล่งน้ำนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ดี



### สารปราบศัตรูพืช

การตรวจวัดสารปราบศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้แก่ ดีดีที (DDT) บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC) ดิลดริน (Dieldrin) อัลดริน (Aldrin) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor) เฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ (Heptachlor epoxide) และ เอนดริน (Endrin) เพื่อทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน ตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 นั้น ทางกลุ่มวิจัยคุณภาพน้ำพยายามที่จะพิจารณาการสะสมสารพิษเหล่านี้จากตัวอย่างทั้งน้ำและดินตะกอนของถ้ำบางแห่ง ได้แก่ ถ้ำ STD-605 STD-657 STD-604 ถ้ำลอด และถ้ำ STD-650<sup>6</sup> (ดูตารางที่ 2 ประกอบ)

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ในน้ำตัวอย่างของถ้ำ STD-605 และ STD-657 ณ บริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำ มีการปนเปื้อนของเฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ ที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก นอกจากนี้ที่ท้ายถ้ำ STD-605 ยังพบการปนเปื้อนของดีดีที และอัลดริน ในปริมาณที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมากเช่นกัน เมื่อพิจารณาถึงผลรวมของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนทั้งหมดที่เป็นของถ้ำ STD-605

และ STD-657 พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่เกินมาตรฐานมาก ส่วนในตะกอนดินบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำทั้งสองนี้ พบว่า มีการปนเปื้อนของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่สูงมากเช่นกัน<sup>7</sup> และเป็นที่น่าสังเกตว่า ทางห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตรวจพบอัลดรินในบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำ STD-605 และ STD-657 และไม่พบดิลดรินในบริเวณท้ายถ้ำ STD-605 ซึ่งช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนนี้เป็นช่วงที่ชาวเขามีการปลูกข้าวไร่ จึงมีความเป็นไปได้ถึงการใช้สารเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม จากการสอบถามชาวบ้าน โดยเฉพาะที่บ้านผามอน ถึงการใช้สารปราบศัตรูพืช ซึ่งได้รับคำตอบว่า มีการใช้กรัมม็อกโซน หรือพาราควอต ในการฆ่าหญ้าด้วย ซึ่งสารนี้อยู่ในกลุ่มของไดไพริดิเลียม (Dipyridilium) ที่มีการสลายตัวเร็ว (ศุภชัย รัตนมณีฉัตร, 2529; ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539) ส่วนที่ถ้ำ STD-604 ไม่สามารถตรวจพบสารใดในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเลย ทั้งนี้ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่ชาวเขาได้เก็บเกี่ยวข้าวเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรืออาจไม่มีการใช้สารกลุ่มนี้ในการเกษตรก็เป็นได้ ซึ่งต้องมีการสอบถามเกษตรกรอีกครั้งเพื่อยืนยันคำตอบ

<sup>6</sup> ส่วนการวัดสารปราบศัตรูพืชในดินตะกอน ให้ทำเฉพาะถ้ำ STD-605 และถ้ำ STD-657 เท่านั้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูงมาก ทางกลุ่มวิจัยคุณภาพน้ำจึงลองเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์เบื้องต้น

<sup>7</sup> ค่ามาตรฐานของสารปราบศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ตามเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน ตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 มีดังนี้

|                                    |                            |                                         |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| ดีดีที                             | มีค่าไม่เกินกว่า           | 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)  |
| บีเอชซี ชนิดแอลฟา                  | มีค่าไม่เกินกว่า           | 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb) |
| ดิลดริน                            | มีค่าไม่เกินกว่า           | 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)  |
| อัลดริน                            | มีค่าไม่เกินกว่า           | 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)  |
| เฮปตาคลอร์ และ เฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ | มีค่าไม่เกินกว่า           | 0.2 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)  |
| เอนดริน                            | มีค่าที่ไม่สามารถตรวจพบได้ |                                         |
| รวมสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนทั้งหมด   | มีค่าไม่เกินกว่า           | 0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb) |

ตารางที่ 2 สารปราบศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่พบในน้ำและดินตะกอน บริเวณถ้ำ STD-657 STD-605 และ STD-604 ปี พ.ศ.2541

| สารปราบศัตรูพืช<br>ที่พบในน้ำ                   | ถ้ำ STD-605 |          | ถ้ำ STD-657 |          | ถ้ำ STD-604 |         | ถ้ำลอด |         |
|-------------------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|---------|--------|---------|
|                                                 | ปากถ้ำ      | ท้ายถ้ำ  | ปากถ้ำ      | ท้ายถ้ำ  | ปากถ้ำ      | ท้ายถ้ำ | ปากถ้ำ | ท้ายถ้ำ |
| ดีดีที (พีพีบี)                                 | N.D.        | 5.36     | N.D.        | N.D.     | N.D.        | -       | N.D.   | N.D.    |
| บีเอชซีชนิดแอลฟา (พีพีบี)                       | N.D.        | N.D.     | N.D.        | N.D.     | N.D.        | -       | N.D.   | N.D.    |
| ดิลดริน (พีพีบี)                                | N.D.        | N.D.     | N.D.        | N.D.     | N.D.        | -       | N.D.   | N.D.    |
| อัลดริน (พีพีบี)                                | N.D.        | 3.51     | N.D.        | N.D.     | N.D.        | -       | N.D.   | N.D.    |
| เฮปตาคลอร์ และเฮปตาคลอร์<br>อีพอกไซด์ (พีพีบี)  | 108.75      | 293.58   | 323.88      | 50.63    | N.D.        | -       | 0.10   | 0.02    |
| เอนดริน (พีพีบี)                                | -           | -        | -           | -        | N.D.        | -       | N.D.   | N.D.    |
| สารปราบศัตรูพืชรวม (พีพีบี)                     | 108.75      | 302.45   | 323.88      | 50.63    | N.D.        | -       | N.D.   | N.D.    |
| สารปราบศัตรูพืช<br>ที่พบในดินตะกอน              |             |          |             |          |             |         |        |         |
| ดีดีที (พีพีบี)                                 | 336.54      | 492.49   | 299.08      | 102.78   | -           | -       | -      | -       |
| บีเอชซีชนิดแอลฟา (พีพีบี)                       | N.D.        | 213.72   | 176.03      | 170.77   | -           | -       | -      | -       |
| ดิลดริน (พีพีบี)                                | 143.82      | N.D.     | 60.91       | 35.12    | -           | -       | -      | -       |
| อัลดริน (พีพีบี)                                | N.D.        | N.D.     | N.D.        | N.D.     | -           | -       | -      | -       |
| เฮปตาคลอร์ และเฮปตาคลอร์ อี<br>พอกไซด์ (พีพีบี) | 804.42      | 4,626.81 | 515.54      | 3,481.16 | -           | -       | -      | -       |
| เอนดริน (พีพีบี)                                | -           | -        | -           | -        | -           | -       | -      | -       |
| สารปราบศัตรูพืชรวม (พีพีบี)                     | 1,673.06    | 5,333.02 | 1,051.56    | 3,789.83 | -           | -       | -      | -       |

หมายเหตุ: ช่วงเวลาของการเก็บน้ำและดินตะกอนตัวอย่าง ของถ้ำ STD-605 คือ วันที่ 7 พ.ค. 41 (เวลา 14.50 น. และ 17.00 น.) ส่วนของถ้ำ STD-657 คือ วันที่ 5 พ.ค. 41 (เวลา 13.48 น. และ 16.00 น.) สำหรับถ้ำ STD-604 ได้ทำการเก็บเฉพาะตัวอย่างน้ำบริเวณปากถ้ำเท่านั้น คือ ในวันที่ 17 พ.ย. 41 (เวลา 11.30 น.) เพราะถ้ำ STD-604 เป็นถ้ำที่มีท้ายถ้ำเป็นทางตัน โดยน้ำจะซึมลงสู่ใต้ดิน ดังนั้นทางกลุ่มคุณภาพน้ำจึงไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำหรือดินตะกอน ณ ที่จุดนี้ และถ้ำลอดได้เก็บตัวอย่างเฉพาะน้ำบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำ ในวันที่ 8 มี.ค. 42 (เวลา 10.30 น. และ 10.58 น.)

## ผลกระทบของน้ำที่มีต่อถ้ำและการใช้ประโยชน์

เมื่อพิจารณาเฉพาะถึงคุณภาพน้ำจากถ้ำที่แตกต่างกัน เนื่องจากการเจือปนของตะกอนแร่ธาตุหรือสารละลายต่างๆ ที่มาจากหิน ดิน หรือกิจกรรมของมนุษย์ที่อยู่ใกล้เคียง ย่อมส่งผลต่อสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่ในถ้ำ และต่อพืช สัตว์ และการอุปโภคและบริโภคของมนุษย์ตามชุมชนที่อยู่ภายนอกถ้ำด้วย

หากคุณภาพน้ำของถ้ำมีค่าความกระด้างสูงหรือสูงมาก ย่อมมีอิทธิพลต่อการเกิดหินงอกและหินย้อยภายในถ้ำได้เร็วกว่าน้ำอ่อน ทั้งนี้ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นแร่ธาตุหลักในหินปูนหรือหินโดโลไมท์ (dolomite) และสารประกอบของทั้งสองธาตุนี้ในรูปของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต จะทำให้เกิดเกิดหินงอกและหินย้อยในลักษณะต่างๆ ได้ง่าย อย่างไรก็ตาม หากในน้ำมีแร่ชนิดอื่นปะปนเพิ่มขึ้นอีก เช่น ธาตุทองแดงหรือเหล็ก การเกิดหินงอกและหินย้อยอาจมีสีส้มของสนิมทองแดงและเหล็กเกิดแทรกเจือปนในเนื้อหินด้วย นอกจากนี้ธาตุแคลเซียมยังมีประโยชน์ต่อสัตว์น้ำ เช่น ปลา กุ้ง และหอย ในการสร้างกระดูกหรือเปลือกห่อหุ้มตัว ดังนั้นหากปริมาณแคลเซียมลดลง ย่อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำต่างๆ ภายในถ้ำด้วย และหากมีสารพิษอื่นเจือปน อาทิ น้ำทิ้งจากชุมชน หรือสารปราบศัตรูพืชที่มาจากพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงกับถ้ำ ก็ย่อมมีอันตรายต่อชีวิตต่างๆ ทั้งที่อาศัยอยู่ภายในและภายนอกถ้ำ (Horne and Goldman, 1994: 176-177; Gillieson, 1996: 220-223) ขณะเดียวกัน หากน้ำจากถ้ำที่มีค่าความกระด้างสูงมาก และมีโลหะหนักเจือปน ย่อมไม่เหมาะต่อการใช้ภายในครัวเรือน เช่น การซักล้างต่างๆ และต่อการบริโภคในการดื่มหรือหุงต้มของมนุษย์ เพราะจะทำให้เกิดโรคนี้หรือเกิดพิษจากโลหะหนักได้ เป็นต้น

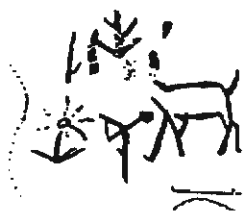
ถึงแม้ในการสำรวจตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำจากถ้ำบางแห่งในเขตลุ่มน้ำบางและลุ่มน้ำของ พบว่า ค่าคุณภาพน้ำยังไม่เข้าข่ายอยู่ในเกณฑ์อันตรายเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 แล้ว หรือลักษณะน้ำอยู่ในสภาพค่อนข้างดี กระนั้นก็

ตาม กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการขยายตัวด้านการเกษตรในเชิงพาณิชย์ การส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยพยายามตัดเส้นทางเข้าไปในแหล่งธรรมชาติให้ได้มากที่สุด หรือการสร้างระบบโครงสร้างพื้นฐานไม่ว่าจะเป็นอ่างเก็บน้ำ ฝายทดน้ำ ถนน หรือการหาหลุมกลบขยะใหม่ๆ เพื่อรองรับการขยายตัวของชุมชนต่างๆ และการท่องเที่ยว สิ่งเหล่านี้ย่อมเกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทั้งระบบของลุ่มน้ำบางและลุ่มน้ำของ ซึ่งเกี่ยวข้องไปถึงน้ำที่ไหลผ่านถ้ำแทบทุกแห่งด้วย ผลร้ายที่จะเกิดขึ้น ไม่เพียงสร้างความเสียหายต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมภายในเขตต้นน้ำเท่านั้น แต่ยังลามไปถึงพื้นที่ปลายน้ำอื่นๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

## บรรณานุกรม

- ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์. “ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยา”, รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2: โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542. หน้า 29-67.
- สิทธิพงษ์ ศิลกวงษ์. “คุณภาพน้ำ”, รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2: โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน. นครปฐม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542. หน้า 68-81.
- ศุภชัย รัตนมณีฉัตร. “พาราควอท” ใน วิฑูร อัดน โธ และ ไพโรจน์ อุ่นสมบัติ (บรรณาธิการ), พิษวิทยาคลินิก: ยาปราบศัตรูพืช. กรุงเทพมหานคร: โครงการตำรา-ศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2529. หน้า 79-85.
- ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา. ภาวะมลพิษของดิน จากการใช้สารเคมี. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539.

- Allan, J.D. **Stream Ecology: Structure and Function of Running Water**. London: Chapman & Hall, 1995.
- Bailey, R.A., Clarke, H.M., Ferris, J.P., Krause, S. and Strong, R.L. **Chemistry of the Environment**. New York: Academic Press, 1978.
- Ehrlich, P.R. and Roughgarden, J. **The Science of Ecology**. New York: Macmillan Publishing Co, 1987.
- Gillieson, D. **Caves: Processes, Development and Management**. Oxford: Blackwell Publishers, 1996.
- Home, A.J. and Goldman, C.R. **Limnology**. New York: McGraw-Hill, Inc, 1994.
- Kiernan, K. "Geomorphological evidence for quaternary climatic change in the low Sino-Burman ranges", **Singapore Journal of Tropical Geography**, 12: 2, 1991a. pp112-123.
- Kiernan, K. "Tropical mountain geomorphology and landscape evolution in north-west Thailand", **Z. Geomorp. N.F.** 35 (2), 1991b. 187-206.
- Mallory, B.F. and Cargo, D.N. **Physical Geology**. New York: McGraw-Hill Book Co., 1979.
- Manahan, S.E. **Environmental Chemistry**. Monterey: Brooks/Cole Publishing Co., 1984.
- Odum, E.P. **Fundamentals of Ecology**. Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1971.
- Sawyer, C. N. and McCarty, P. L. **Chemistry for Environmental Engineering**. Tokyo: McGraw Hill Book., 1978.
- Strahler, A.N. **Principles of Physical Geology**. New York: Harper & Row, Publishers, 1977.
- Trewatha, G.T. and Horn, L.H. **An Introduction to Climate**. Auckland: McGraw-Hill International Book Co., 1980.



## The Geology and Hydrology of Thungyai Naresuan East Wildlife Sanctuary : Preliminary Observations.

*Dean Smart*

### INTRODUCTION

The geology of Thungyai Naresuan Wildlife Sanctuary is complex and has been poorly studied. The map produced by the Department of Mineral Resources (Siripakdi, 1985) is inaccurate and fairly useless. Rocks of many types have been recognised by the Thungyai Cave Project. These include sandstones, shales, quartzites, limestones and intrusive basalts. Most attention has been paid to the limestones as they produce the best karst and caves.

Mapping of the limestone and karst has been an ongoing concern of the project to better understand the general geology and hydrology of the area. Difficulties in doing this arise from the sheer size of Thungyai Naresuan and logistical access problems. Also dense forest covers the geology of wide areas.

Surface hydrology shown on the 1:50,000 maps is largely incorrect. Perennial streams exist where only seasonal streams are shown and vice versa. The underground drainage of large areas is still little known.

### LIMESTONE OF THUNGYAI NARESUAN

Limestone rocks make up well in excess of 50% of Thungyai Naresuan Wildlife Sanctuary. Of the total area of 3,200 km<sup>2</sup>, this constitutes somewhere between 1,600 and 2,500 km<sup>2</sup> of karst rocks. So far two distinct limestone facies have been recognised (facies names created by project):

L1 facies = pale grey, massively bedded limestone. Contains many irregular chert nodules. The greater competence of this facies allows it to form the prominent karst towers and cliff lines of the area.

L2 facies = medium to dark grey, thinly bedded (up to 30 cm) limestone with thin black shale beds (up to 20 cm) in between. Contains little chert. Observed fossils include brachiopods, gastropods, fenestellid bryozoans and a few small crinoids. Forms less prominent hills without cliffs.

At Huai Nam Khieo, the L2 facies underlies L1 with a faulted contact. The contact may indeed be conformable as it is marked in several localities by a 50cm thick bed of

pinkish, nodular limestone. L1 facies makes up the roof of the caves of Tham Molakot (TK025) and Tham Phet (TK036). L2 forms the walls and floor. Folding, faulting and localised igneous intrusions make bedding dip measurements difficult to interpret without huge amounts of data. This is reflected in the randomness of measurements taken so far in the Huai Nam Khieo area:  $25^{\circ}$  to  $030^{\circ}$ ,  $22^{\circ}$  to  $345^{\circ}$ ,  $24^{\circ}$  to  $300^{\circ}$  and  $13^{\circ}$  to  $125^{\circ}$ . General structure is probably guided by faulting and folding rather than bedding.

The age and stratigraphy of the limestone in Thungyai is unknown at present. Checking the literature (e.g. Bunopas, 1981) revealed no definite answers.

Overall distribution of the two facies is poorly known. Mapping is ongoing. Soil sampling will reveal whether or not the underlying bedrock of forested areas is limestone or not.

## **SURFACE AND UNDERGROUND HYDROLOGY**

Several perennial surface streams collect on the non-karst rocks of the area. Some of these streams cross over the limestone, some sink upon meeting the limestone and others sink and rise repeatedly. Many seasonal streams exist in both karst and non-karst areas.

Huai Bi is a perennial stream with a large catchment area in the non-karst, mountains of central Eastern Thungyai. The water flows West and crosses the limestone in a broad flat area. Turning Northwest, the stream leaves the limestone and flows across more sandstones and shales until finally

sinking into its bed about 1km before the confluence with the Mae Khlong.

In the Pha Fa area, spectacular L1 facies cliffs are faulted up against shales and sandstones to the East. Small perennial streams flow off the shales in deep gullies about 1km long. The water meets the limestone and sinks immediately (e.g. TK050, TK051). It is assumed that these streams do not rise again until reaching the main Mae Khlong valley some 10km distant. A large resurgence has been found in the Mae Khlong valley at Huai Wak (TK023) that may drain the Pha Fa area.

Huai Nam Khieo displays fine examples of repeatedly sinking and rising streams. All the streams are perennial but unnamed. One stream flows off igneous and sandstone rocks to the West of the area and sinks into Tham Phet (TK036). A short flow across the surface follows until the stream sinks again into Tham Molakot (TK025). A longer surface stretch follows this cave until finally, the stream sinks into Tham Than Lot (TK012). Inside the last cave the stream disappears down a small hole. A small stream sinks to the East of the tower containing Tham Seua (TK034). The stream is met very briefly inside the cave and rises again on the West side. From here the stream flows across the surface to sink again on the East side of the tower containing Tham Than Lot. Yet another small stream flows off sandstone and sinks on the South West side of the Tham Than Lot tower at Tham Tao (TK043). The only water found to emerge from this tower is at the extreme Southern end. From here the water flows on the surface and soaks away into a flat muddy area. During floods, water overflows into the seasonal stream passages of Tham Than Lot and resurges on the Northern side of the tower. It flows on the surface Northwards to sink at Tham Mor (TK049). Rising from Tham Mor, the floodwater disappears into an area of dolines, short caves and canyons. The eventual rising for