



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับคำ
จังหวัดแม่ฮ่องสอน

(เล่มที่ 2: ธรณีวิทยาและอุทกวิทยา)

โดย สิริพิชญ์ คิลกวนิช และคณะ

กุมภาพันธ์ 2543

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

(เล่มที่ 2: ธรณีวิทยาและอุทกวิทยา)

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- ผศ.ดร.สิทธิพงษ์ คิลกวณิช
- ผศ.เกษม กุลประดิษฐ์
- นายชัยพร ศิริพรไพบูลย์
- ผศ.ดร.รัศมี ชูทรงเดช
- นายจอห์น สปีส์
- นายกฤษณ์ เจริญทอง
- นายสมศักดิ์ เลาะป่า

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ ม.มหิดล
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ ม.มหิดล
กองพัฒนาบ่อน้ำบาดาล กรมโยธาธิการ
คณะโบราณคดี ม.ศิลปากร
นักวิจัยอิสระ
กรมป่าไม้
กรมป่าไม้

ឥសានប័ណ្ណ

		หน้า
สารบัญ		ก
สารบัญตาราง		ง
สารบัญแผนภูมิ		จ
บทนำ	ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์ และสิทธิพงษ์ คิลกวณิช	1
บทที่ 1	ลักษณะทางธรณีวิทยา ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์	3
บทที่ 2	ลักษณะทางอุทกวิทยา ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์	29
บทที่ 3	คุณภาพน้ำในด้านสิ่งแวดล้อม สิทธิพงษ์ คิลกวณิช	43
เอกสารอ้างอิง		59
ภาคผนวก ก	รวมคำศัพท์เรื่องถ้ำและคำศัพท์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	
ภาคผนวก ข	วิธีการตรวจสอบข้อมูลทางธรณีวิทยา	
ภาคผนวก ค	เกณฑ์การสำรวจถ้ำ	
ภาคผนวก ง	ข้อมูลทางอุทกวิทยาและธรณีวิทยาที่สำคัญ	
ภาคผนวก จ	แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ	
ภาคผนวก ฉ	แผนผังของถ้ำที่สำรวจ	
ภาคผนวก ช	การแบ่งลำดับชั้นของน้ำพุโดยใช้อัตราการไหล	

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	สรุปข้อมูลผลการสำรวจถ้ำขนาดใหญ่	20
ตารางที่ 2.1	แสดงข้อมูลการสำรวจอัตราการไหลของลำน้ำ (Stream discharge)	34
ตารางที่ 2.2	ข้อมูลน้ำพุ (Spring discharge)	39
ตารางที่ 2.3	ผลการวิเคราะห์ค่าสารไบคาร์บอเนตจากตัวอย่างน้ำในลำห้วยนอกถ้ำ	40
ตารางที่ 2.4	ผลการวิเคราะห์ค่าสารไบคาร์บอเนตจากตัวอย่างน้ำจากระบบถ้ำ	41
ตารางที่ 3.1	แสดงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ณ สถานีเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ลุ่มน้ำป่าอำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ปี พ.ศ. 2529-2540	45
ตารางที่ 3.2	ผลการสำรวจอุณหภูมิของแหล่งน้ำจากถ้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และออกซิเจน ละลายในน้ำของถ้ำลอด ถ้ำปางคาม ถ้ำผาเผือก ถ้ำผามอน ถ้ำผาแดง ปี พ.ศ. 2541-2542	50
ตารางที่ 3.3	ผลการสำรวจอุณหภูมิของแหล่งน้ำจากถ้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และออกซิเจน ละลายในน้ำของบ้านน้ำจาง และบ้านเมืองแพม	51
ตารางที่ 3.4	สารปราบศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่พบในน้ำและดินตะกอน บริเวณ ถ้ำผามอน ผาแดง และผาเผือก ปี พ.ศ. 2541	55

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1.1	แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำกลาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	4
แผนภูมิที่ 1.2	แผนที่ธรณีวิทยาแสดงตำแหน่งปากถ้ำในลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำกลาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	7
แผนภูมิที่ 1.3	แสดงลักษณะรูปแบบทางน้ำในลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำกลาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	14
แผนภูมิที่ 1.4	แสดงตัวอย่างการสำรวจฝั้งถ้ำ	19
แผนภูมิที่ 2.1	แสดงพื้นที่หินปูนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำกลาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	30
แผนภูมิที่ 2.2	แสดงแบบรูปทางน้ำในพื้นที่ศึกษา	31
แผนภูมิที่ 2.3	แสดงตำแหน่งจุดวัดอัตราการไหลของน้ำ	33
แผนภูมิที่ 2.4	แสดงตำแหน่งน้ำพุในเขตพื้นที่ศึกษา	38

การสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยา

บทนำ

ชัยพร ศิริพรไพบูลย์ และสิทธิพงษ์ ดิลกวัฒน์

จุดมุ่งหมายของการศึกษาด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยา ในโครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอนนี้ คณะวิจัยมีความต้องการองค์ความรู้ในระดับภาพรวม (Holistic view) และในระดับลึกของลักษณะทางกายภาพที่โดดเด่นของพื้นที่ลุ่มน้ำล่างและลุ่มน้ำของ นั่นก็คือ ภูมิประเทศหินปูนหรือภูมิประเทศแบบคาสต์ (Karst topography) ที่มีถ้ำปรากฏอยู่เป็นจำนวนมาก ตลอดจนลักษณะการไหลของน้ำ ซึ่งมีลักษณะเด่นอีกประการหนึ่ง โดยพบการไหลของน้ำที่มุดหายลงสู่ใต้ดิน และการผุดของน้ำขึ้นมาจากดินในลักษณะของน้ำพุ หรือ “น้ำฮู” ที่คนท้องถิ่นนิยมเรียกขาน ลักษณะเด่นเช่นนี้เป็นตัวบ่งชี้ชัดว่า การที่น้ำไหลในเขตภูมิประเทศหินปูนสามารถให้กำเนิดโพรงถ้ำจำนวนมากได้ นอกจากนี้การที่สภาพภูมิประเทศนี้มีอายุเก่าแก่หลายร้อยล้านปี ย่อมบ่งชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางปรากฏการณ์ด้านธรณีวิทยาของพื้นที่นี้ได้เกิดขึ้นมาหลายยุคหลายสมัย จากหลักฐานที่สามารถพบเห็นได้ในพื้นที่ เช่น ร่องรอยของการยกและยุบตัวของเปลือกโลก การเกิดรอยเลื่อนของชั้นหิน ซากดึกดำบรรพ์ (Fossils) ของสัตว์ทะเล และอื่นๆ สิ่งเหล่านี้ได้สะท้อนให้เกิดถ้ำในลักษณะต่างๆ กันด้วย อาทิ การเกิดถ้ำแขวนในบริเวณที่สูงซึ่งสามารถสังเกตเห็นโพรงขนาดใหญ่เล็กตามหน้าผาสูง หรือการเกิดถ้ำใต้ดินที่มีธารน้ำไหลผ่านซึ่งอาจมีความยาวรวมกันหลายกิโลเมตร เป็นต้น

จากการทบทวนเอกสารในการวิจัยและเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำล่างและลุ่มน้ำของ จังหวัดแม่ฮ่องสอนนี้ ทำให้คณะวิจัยได้ทราบว่า นักวิชาการต่างประเทศส่วนใหญ่โดยเฉพาะชาวฝรั่งเศสและออสเตรเลียได้ทำการศึกษาทางด้านนี้มานานแล้ว โดยมีการตีพิมพ์ผลงานในรูปแบบของรายงานการสำรวจบทความทางวิชาการ บทความเชิงสารคดี และระบบฐานข้อมูลเบื้องต้น ในขณะที่นักวิชาการไทยจำนวนหนึ่งเพิ่งให้ความสนใจในงานด้านนี้เพียงไม่กี่ปีมานี้เอง นอกจากนี้ความลุ่มลึกของการศึกษายังไม่ปรากฏชัดเจนนักเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิชาการต่างประเทศ และยังไม่มีนักวิชาการชาวไทยคนใดพยายามตรวจสอบความถูกต้องหรือความน่าเชื่อถือของข้อมูลต่างๆ ที่นักวิชาการชาวต่างประเทศได้สำรวจไว้ อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่างานวิจัยที่อยู่ในรูปแบบของรายงานและบทความทางวิชาการได้หยุดลงในช่วงต้นพุทธทศวรรษ 2530 และในช่วงเวลาหลังจากนั้นเป็นผลงานในรูปแบบบทความเชิงสารคดีที่ทั้งนักวิชาการชาวไทยและชาวต่างประเทศพยายามนำเสนอถึงความลึกลับและการผจญภัยเกี่ยวกับถ้ำ

ด้วยประเด็นที่น่าสนใจดังกล่าว ทำให้นักวิจัย คือ นายชัยพร ศิริพรไพบูลย์ และคณะ ได้พยายามอธิบายลักษณะธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่การศึกษานี้ โดยทำการแจกแจงรายละเอียดของประเภทหินต่างๆ ที่พบ และการลำดับอายุของชั้นหิน รวมทั้งการเล่าถึงประวัติทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของลำน้ำผาผืน และน้ำใต้ดินที่เป็นสาเหตุหลักในการเกิดถ้ำที่มีรูปลักษณ์แตกต่างกันไป ทั้งนี้ คณะวิจัยได้สำรวจถ้ำอย่างละเอียด โดยมีการสำรวจทำผังถ้ำจำนวน

9 ถ้ำ (บทที่ 1) ขณะเดียวกันทางคณะวิจัยกลุ่มนี้ยังสำรวจลักษณะทางอุทกวิทยา คือ การไหลของน้ำ โดยเฉพาะทิศทางการไหล และคุณภาพของน้ำบางประการที่มีผลต่อการเกิดตะกอนถ้ำ (Speleothems) ได้แก่ หินงอก หินย้อย ม่านหิน และอื่นๆ (บทที่ 2) นอกจากนี้ นายสิทธิพงษ์ คิลกวนิช ได้ทำการสำรวจคุณภาพน้ำเพิ่มเติมที่เป็นตัวชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย เพื่อต้องการทราบถึงอิทธิพลของน้ำทั้งจากชุมชน และการปนเปื้อนของสารพิษทางการเกษตรที่อยู่อย่างกระจัดกระจายในพื้นที่นี้ โดยมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ณ บริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำหลายแห่ง เพื่อให้ได้ทราบว่า คุณภาพน้ำอยู่ในขั้นที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ภายในถ้ำ หรือต่อการอุปโภคและบริโภคน้ำ และการจับสัตว์น้ำของชุมชนตามบริเวณใกล้เคียงกับถ้ำด้วย (บทที่ 3)

อย่างไรก็ตาม การสำรวจข้อมูลทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยาที่เกี่ยวข้องกับถ้ำในครั้งนี้ ถือว่า ยังอยู่ในขั้นเบื้องต้นเท่านั้น เนื่องจากการสำรวจข้อมูลจากภาคสนามยังนับว่ามีปริมาณน้อย และการนำเสนอข้อมูลต่างๆ ยังไม่ได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลอย่างลึกซึ้ง จึงอาจยังมีความไม่ชัดเจนขององค์ความรู้ทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยาในหลายๆ ด้าน กระนั้นก็ตาม การศึกษาวิจัยของคณะสำรวจในด้านนี้ ก็นับได้ว่า มีการทำงานเกินเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ตั้งแต่แรก นอกจากนี้ข้อมูลบางส่วนที่เป็นการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของการเกิดถ้ำ และรูปแบบของตะกอนถ้ำต่างๆ ไม่ได้นำมาเสนอในรายงานฉบับนี้ แต่ผู้ที่สนใจสามารถอ่านเพิ่มเติมได้จากเอกสารประกอบการประชุมวิชาการเรื่อง “ทรัพยากรถ้ำ” ที่ได้จัดขึ้นระหว่างวันที่ 4-5 สิงหาคม 2542 ที่ผ่านมา

คำนิยาม

เนื่องจากการศึกษาเรื่องถ้ำ หรือ “ถ้ำวิทยา (Speleology)” นั้นเป็นสิ่งที่ค่อนข้างใหม่สำหรับนักวิชาการชาวไทย อีกทั้งจะเกี่ยวข้องกับศาสตร์ต่างๆ หลายสาขา จึงมีคำศัพท์ที่ใช้เรียกสิ่งต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นด้าน ธรณีวิทยา อุทกวิทยา แร่ภายในถ้ำ ฯลฯ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะมีนักวิชาการและประชาชนอีกเป็นจำนวนไม่น้อยที่ยังไม่เข้าใจคำศัพท์ในสาขานี้ ประกอบกับผู้วิจัย คือ นายชัยพร ศิริพรไพบุลย์ ได้มีความสนใจและมีความต้องการที่จะเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับ “ถ้ำวิทยา” ให้กับนักวิชาการสาขาอื่นๆ รวมทั้งประชาชนอื่นที่สนใจ จึงได้ดำเนินการรวบรวมคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องมาทำการแปลและเรียบเรียงเป็นการส่วนตัวตั้งแต่ปี 2540 ซึ่งในขณะนี้ยังดำเนินการไปได้แล้วประมาณร้อยละ 80 ของคำศัพท์พื้นฐานทั้งหมด ดังนั้น ผู้เขียนจึงได้คัดเลือกคำศัพท์บางคำที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยและบทความบางส่วนมาบรรจุไว้ในรายงานฉบับสุดท้ายของโครงการฯ ด้วย (ดูภาคผนวก ก)

บทที่ 1

ลักษณะทางธรณีวิทยา*

ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์

ในแง่การศึกษาทางธรณีวิทยาแล้ว พบว่าในทุกๆ ภาคของประเทศไทยนั้น จะมีพื้นที่ที่มีลักษณะทางธรณีวิทยาที่เป็นหินปูนครอบคลุมอยู่เป็นจำนวนมาก หินปูนที่ปรากฏอยู่นั้นจะเป็นหินปูนที่เกิดในยุคต่างๆ เช่น ยุคออร์โดวิเซียน (Ordovician) ยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) ยุคเพอร์เมียน (Permian) ยุคเพอร์โมไทรแอสซิก (Permo-Triassic) และยุคไทรแอสซิก (Triassic) พื้นที่ดังกล่าวจะเป็นภูมิประเทศแบบสาคสต์ (karst topography) และในบริเวณนั้นมักปรากฏว่ามีถ้ำอยู่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำตมซึ่งเป็นพื้นที่ในโครงการวิจัยนี้ (แผนภูมิที่ 1.1)

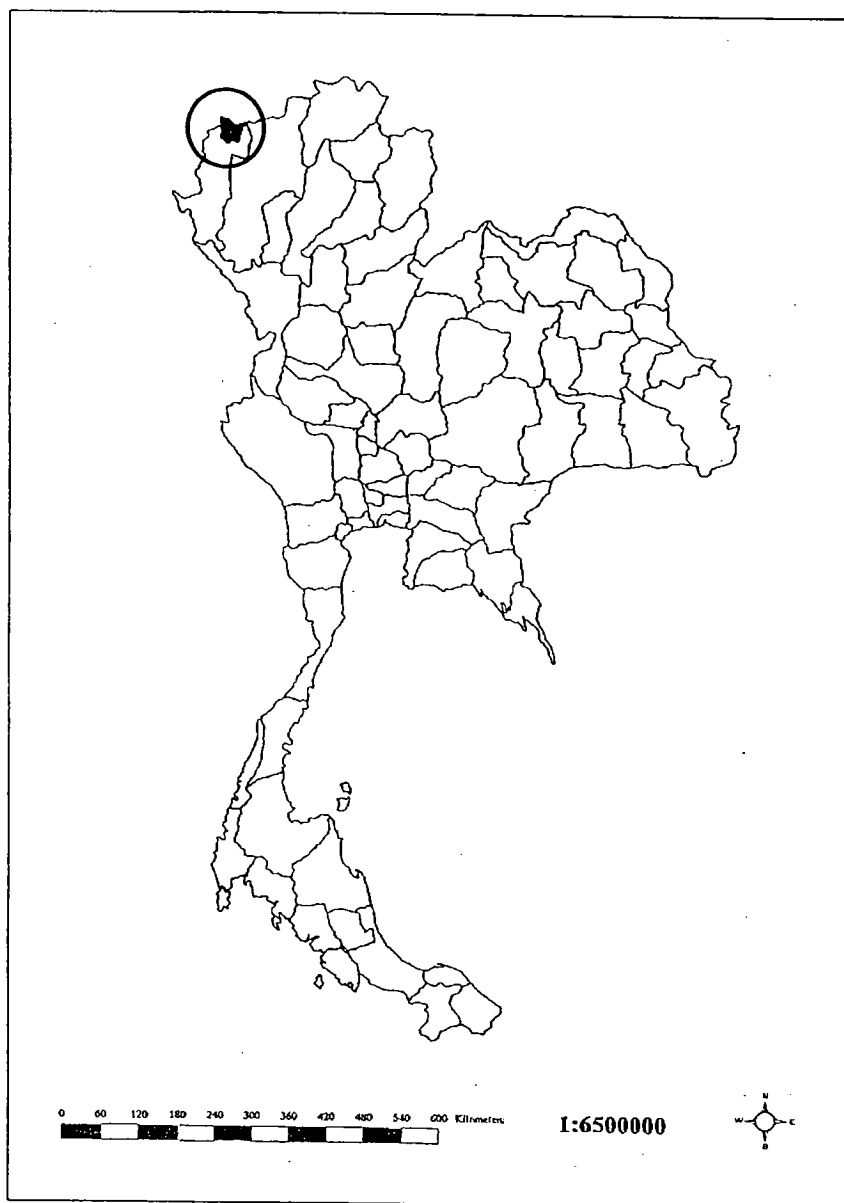
ในอดีตที่ผ่านมา การสำรวจถ้ำในเชิงวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย มักจะดำเนินการโดยชาวต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะชาวฝรั่งเศส ชาวออสเตรเลีย และชาวอเมริกัน ซึ่งการสำรวจนั้น จะมีทั้งในแง่การสำรวจทางถ้ำวิทยา (Speleology) ทางด้านธรณีวิทยา โบราณคดี อุทกวิทยา และชีววิทยา สำหรับการสำรวจถ้ำในเชิงวิทยาศาสตร์โดยคนไทยอย่างเป็นทางการนั้น เพิ่งเริ่มต้นในช่วง 1-2 ปีที่ผ่านมาเท่านั้นเอง เช่น กรมป่าไม้ ได้ดำเนินการสำรวจถ้ำในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี และคณะวิจัยของโครงการนี้ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งทั้ง 2 โครงการดังกล่าวได้รับการสนับสนุนเงินทุนในการวิจัยโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สำหรับกลุ่มธรณีวิทยา จะมีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินการสำรวจด้านธรณีวิทยา อุทกวิทยา และการจัดทำผังถ้ำ ซึ่งการสำรวจข้อมูลด้านธรณีวิทยาจะดำเนินการสำรวจเพื่อทำแผนที่ธรณีวิทยา โดยทำการตรวจสอบพื้นที่ในโครงการวิจัยนั้นว่าประกอบไปด้วยหินชนิดใดและยุคใดบ้าง มีลักษณะและโครงสร้างทางธรณีวิทยาเป็นอย่างไร และทำการแยกพื้นที่หินปูนออกจากพื้นที่ที่ประกอบไปด้วยหินชนิดอื่นๆ ทั้งนี้ เพราะถ้ำและภูมิประเทศแบบสาคสต์ในบริเวณนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะในพื้นที่ส่วนที่เป็นหินปูนเท่านั้น ส่วนโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น การวางตัวของชั้นหิน รอยเลื่อน รอยแตก จะเป็นปัจจัยสำคัญที่จะเป็นตัวกำหนดทิศทาง รูปร่าง และขนาดของถ้ำต่างๆ ส่วนการสำรวจด้านอุทกวิทยานั้นจะทำการสำรวจข้อมูลน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำพุ รวมทั้งข้อมูลแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีบทบาทและความสัมพันธ์อย่างยิ่งในการเกิดถ้ำในพื้นที่โครงการ (ดูภาคผนวก ข)

อย่างไรก็ตาม ในการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำนั้น เป็นงานที่ค่อนข้างใหม่สำหรับนักสำรวจชาวไทยและเป็นงานที่ต้องใช้ความอดทนและความละเอียดอ่อนในการทำงานเป็นอย่างมาก ดังนั้นเพื่อให้ผลการสำรวจทำผังถ้ำเป็นไปอย่างมีมาตรฐาน คณะวิจัยจึงได้ใช้มาตรฐานของเกรดและชั้นการสำรวจ (grade and class of cave survey) ของสมาคมวิจัยถ้ำ

*บุคลากรในกลุ่มธรณีวิทยาประกอบด้วย นายชัยพร ศิริพร ไพบูลย์ (หัวหน้ากลุ่ม) และผู้ช่วยนักวิจัยอีก 3 คน ได้แก่ นายพัฒนธร โตไวยยะ (ม.ย 2541-ปัจจุบัน) นายกัทธล ถ่านศิริ (ม.ย-ม.ย 2541) และนายไพศาล ศรีพิเศษ (พ.ย 2541-ปัจจุบัน) โดยได้ร่วมกันรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเดือน ก.พ.-พ.ย 2541 และเดือน มิ.ย.-พ.ย. 2542 และได้ทำการสำรวจภาคสนาม ระหว่างเดือน เม.ย.-พ.ค 2541 และ พ.ย 2541 และเดือน ม.ค.-พ.ค.2542

แห่งอังกฤษ (The British Cave Research Association) เป็นเกณฑ์ และได้เลือกมาตรฐานในระดับ 5C เป็นอย่างน้อย สำหรับถ้ำขนาดใหญ่ ส่วนถ้ำที่มีขนาดเล็กและมักเป็นถ้ำที่มีการวิจัยด้านโบราณคดี จะใช้มาตรฐานในระดับ 5D ซึ่งมีความละเอียดสูง (ดูตารางที่ ผ.ค.1 และ ผ.ค.2 ในภาคผนวก ค)



แผนภูมิที่ 1.1 แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำของ และลุ่มน้ำกลาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

1.1 วิธีการดำเนินการ

1.1.1 การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น

คณะวิจัยได้ดำเนินการโดยการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ

- แผนที่ธรณีวิทยาภาคเหนือ (Geological Map of Northern Thailand) มาตรฐาน 1:250,000 สํารวจโดยคณะผู้เชี่ยวชาญชาวเยอรมัน (Hess and Koch, 1979)
- แผนที่ธรณีวิทยาระวางอำเภอป่า มาตรฐาน 1:50,000 สํารวจโดยกรมทรัพยากรธรณี (แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ และคณะ 2528)
- ภาพถ่ายทางอากาศมาตรฐาน 1:50,000 ของพื้นที่โครงการฯ ซึ่งถ่ายในปี พ.ศ.2539
- แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม (satellite images) Landsat-5TM, 1997A และ 1997B (Band 2, 3 และ 4) มาตรฐาน 1:50,000 ซึ่งตรงกับแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ในระวางบ้านแม่ละนา (4648 II) และระวางบ้านห้วยผา (4647 III)
- แผนที่ภูมิประเทศ (topographic map) มาตรฐาน 1:50,000 ในระวางบ้านแม่ละนา (4648 III) ระวางคอกผักกูด (4648 II) ระวางบ้านห้วยผา (4647 III) และระวางอำเภอป่า (4647 I)
- เอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น รายงานการสำรวจถ้ำ และรายงานธรณีวิทยาต่างๆ

1.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

เมื่อได้ข้อมูลต่างๆ ดังได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วจึงดำเนินการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ คือ

- 1) แปลภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อแบ่งแยกขอบเขตของหินปูนออกจากหินชนิดอื่น รวมทั้งแยกลักษณะของธรณีโครงสร้าง (geological structures) เช่น รอยเลื่อน (faults) และชั้นหินคดโค้ง (folds) เป็นต้น
- 2) ทำการแปลภาพถ่ายทางอากาศด้วยกล้องมิลเลอร์สเตอริโอโคปเพื่อศึกษาประเภทของคาสต์ และลักษณะพิเศษต่างๆ ของคาสต์ (karst features) ที่ปรากฏ เช่น หน้าต่างคาสต์ (karst window) หลุมยุบ (sinkhole หรือ doline) เพื่อที่จะหาตำแหน่งถ้ำในพื้นที่ศึกษาอย่างคร่าวๆ รวมทั้งแบ่งแยกโครงสร้างธรณีวิทยาเพิ่มเติม
- 3) จัดทำแผนที่พื้นฐานสำหรับการสำรวจภาคสนาม (base map) ซึ่งจะต้องขยายแผนที่ภูมิประเทศให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจาก 1:50,000 เป็น 1:25,000 แล้วถ่ายทอดข้อมูลที่ได้จาก 2 ข้อแรก รวมทั้งข้อมูลอื่นๆ ที่มีอยู่แล้ว

1.1.3 การสำรวจภาคสนาม

ในการปฏิบัติงานภาคสนามนั้น ประกอบด้วย

- การสำรวจทางธรณีวิทยา (geological survey) :
 - ศึกษาลักษณะธรณีวิทยาพื้นฐาน (geomorphology) ของพื้นที่ศึกษา และลักษณะของคาสต์
 - ศึกษาชนิดและลักษณะหินธรณีวิทยาโครงสร้าง
- การแบ่งแยกขอบเขตระหว่างพื้นที่ที่เป็นหินปูนกับหินชนิดอื่นโดยใช้เครื่องมือ GPS เป็นตัวกำหนดตำแหน่งที่สำรวจ
- การสำรวจตำแหน่งปากถ้ำโดยใช้เครื่องมือ GPS (ดูแผนภูมิที่ 1.2)

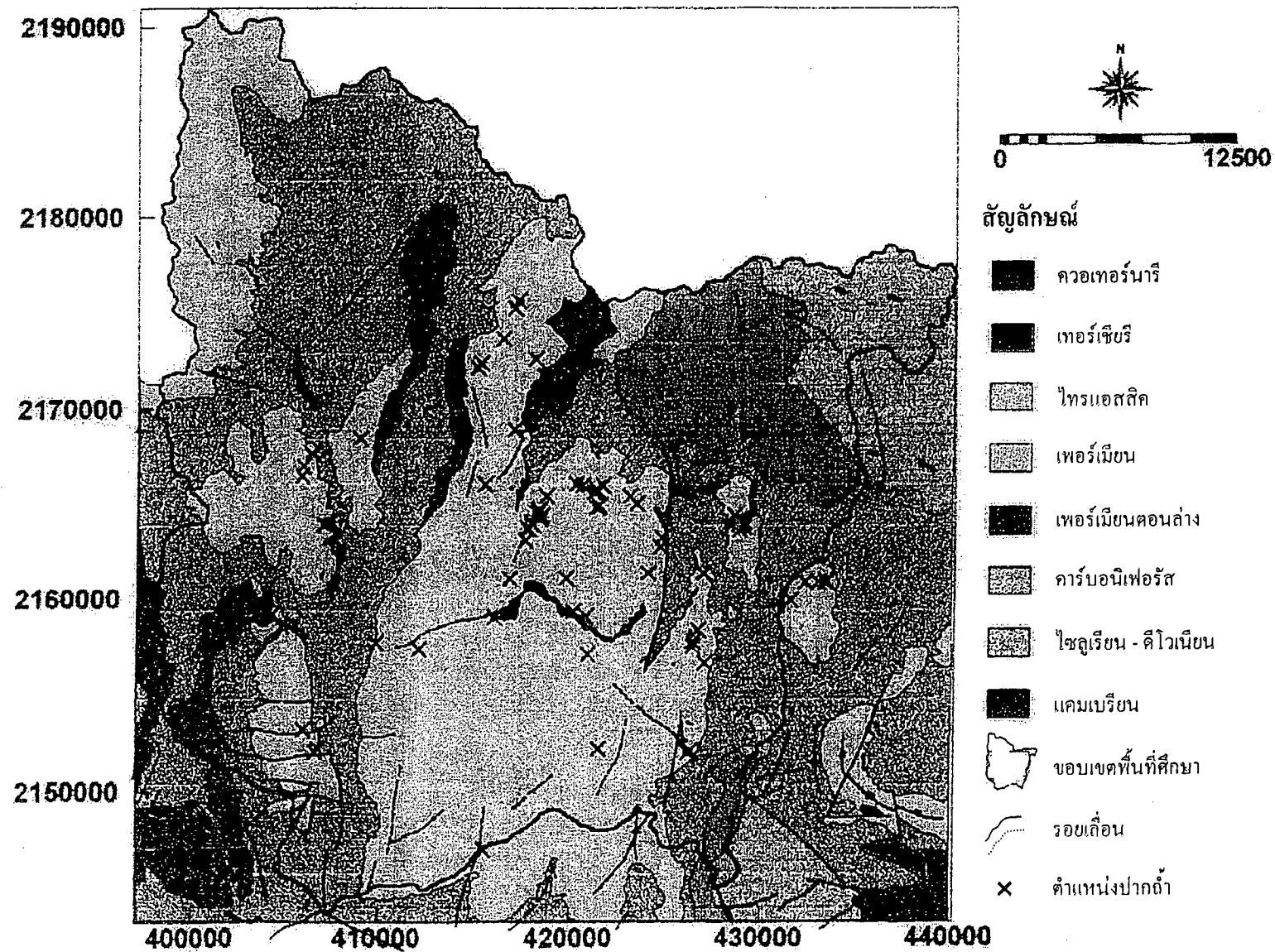
1.2 ผลการสำรวจและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนของการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลนี้ สามารถแบ่งเป็น 3 หัวข้อหลัก คือ ลักษณะธรณีวิทยาทั่วไป การสำรวจและทำผังถ้ำ และผลการสำรวจผังถ้ำ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.1 ผลการสำรวจลักษณะธรณีวิทยา

ลักษณะธรณีวิทยาทั่วไป

จากการสำรวจในภาคสนามและการศึกษาแผนที่ธรณีวิทยา ในพื้นที่วิจัยซึ่งสำรวจโดยคณะผู้เชี่ยวชาญชาวเยอรมัน (Hess and Koch, 1979) และกรมทรัพยากรธรณี (แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ และคณะ, 2528) พร้อมทั้งศึกษาภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งถ่ายในปี พ.ศ. 2539 ได้แสดงให้เห็นว่า สภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำล่างประกอบไปด้วยประเภทหินทางธรณีวิทยา 3 ประเภทหลัก คือ หินชั้นหรือหินตะกอน หินอัคนี และหินแปร (ดูแผนภูมิที่ 1.2) ซึ่งจะเป็นหินในมหายุค (Era) ต่างๆ ตั้งแต่มหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic era) จนถึงยุคควอเทอร์นารี (Quaternary period) ซึ่งการให้ช่วงเวลาของยุคต่างๆ ในรายงานนี้ได้ใช้อ้างอิงจากตารางธรณีกาลในพจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ซึ่งจัดทำในปี พ.ศ. 2530 เป็นเกณฑ์ (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530)



แผนที่ธรณีวิทยาแสดงตำแหน่งปากถ้ำในกลุ่มน้ำของและกลุ่มน้ำลาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน
(ที่มา: จากการสำรวจภาคสนาม พ.ศ. 2541)

สำหรับรายละเอียดของหินต่างๆ ที่พบในพื้นที่โครงการวิจัย มีดังนี้

1) หินชั้นหรือหินตะกอน (sedimentary rocks)

หินชั้นหรือหินตะกอนที่พบนั้น ประกอบไปด้วย หินปูน (limestone) หินดินดาน (shale) หินทราย (sandstone) หินเชิร์ต (chert) หินกรวดมน (conglomerate) ซึ่งเป็นหินที่เกิดในมหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic era) คือ ตั้งแต่ 570 ถึง 230 ล้านปี ซึ่งหินที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดในบริเวณนี้ ได้แก่ หินในยุคแคมเบรียน (Cambrian) มีอายุ 570 ถึง 500 ล้านปี ที่ประกอบไปด้วยหินทราย และหินควอร์ตไซต์ (quartzite) ซึ่งจะโผล่ขึ้นมาบนผิวดินในบริเวณขอบทางด้านตะวันตกและด้านใต้ของพื้นที่โครงการ ส่วนหินที่เป็นหินดาน (bed rock) ที่มีอายุน้อยที่สุดในพื้นที่ศึกษา คือ หินปูน ซึ่งเป็นหินที่มีบทบาทสำคัญ ในการกำเนิดระบบภูมิประเทศแบบคาสต์และระบบถ้ำต่างๆ (karst-cave system) สำหรับยุคของหินปูนชุดนี้ได้มีผู้กำหนดไว้แตกต่างกันหลายยุค เช่น

พิลลิทรี ชีรคิลิก (2538) กล่าวว่าหินปูนชุดนี้อยู่ในยุคออร์โดวิเซียน (Ordovician) ซึ่งมีอายุระหว่าง 500-435 ล้านปีมาแล้ว แต่ส่วนใหญ่จะกำหนดให้อยู่ในยุคที่อ่อนกว่า เช่น Kiemann (1986) ให้หินชุดนี้อยู่ในยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส (Permo-Carboniferous) คือ อยู่ประมาณระหว่างยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) และยุคเพอร์เมียน (Permian) ซึ่งมีอายุระหว่าง 345 ถึง 230 ล้านปี ส่วน Hess และ Koch (1979) และ Hotzl, Czurda และ Eiswrt (1997) จะให้อายุของหินปูนชุดนี้อยู่ในยุคเพอร์เมียน ซึ่งมีอายุระหว่าง 280 ถึง 230 ล้านปี ส่วนแผนที่ที่แสดงไว้ใน *Thailand Cave Catalogue* ซึ่งรวบรวมโดย Dunkley (1994) บ่งบอกว่าหินปูนในบริเวณลุ่มน้ำของส่วนใหญ่เป็นหินที่เกิดในยุคเพอร์โม-ไทรแอสสิก (Permo-Triassic) ซึ่งจะอยู่ระหว่างยุคเพอร์เมียนกับยุคไทรแอสสิก มีอายุประมาณ 280-195 ล้านปี

สำหรับความเห็นของนักวิจัยของโครงการนี้ คาดว่าอย่างน้อยหินปูนในพื้นที่สำรวจนี้จะมีบางส่วนที่อยู่ในระหว่างยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนล่าง (Lower Carboniferous) ถึง ยุคเพอร์เมียนตอนบน (Upper Permian) หรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า ยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส เพราะได้พบหลักฐานซากดึกดำบรรพ์ (fossils) เป็น ฟอแรมมินิเฟอร่า (foraminifera) หรือฟิวซูลินิด (fusulinids) เพราะซากดึกดำบรรพ์ชนิดนี้จะเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่มีลักษณะเด่นในยุคดังกล่าว (พวงเพชร ธนสิน, มปป) จุดที่คณะวิจัยพบ คือ บริเวณหมู่บ้านจะโป๋ ส่วนในพื้นที่อื่นๆ จะพบซากดึกดำบรรพ์เป็นไครนอยด์ (crinoid) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่พบได้ในหินปูนในหลายยุค (ดูตารางที่ ผ.ง.2 ในภาคผนวก ง) ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาใช้กำหนดอายุในช่วงแคบๆ ให้อยู่ในยุคใดยุคหนึ่งได้

อย่างไรก็ตาม คณะวิจัยมีความเห็นว่า การพิสูจน์ทราบอายุของหินปูนชุดนี้ยังต้องการหลักฐานจากภาคสนาม และการวิเคราะห์ในห้องทดลองมาสนับสนุนอีกมาก เช่น ลักษณะการวางตัวของหินปูนที่สัมพันธ์กับหินยุคอื่นๆ และซากดึกดำบรรพ์ที่ชัดเจน จากการสำรวจในภาคสนามยังพบว่า ลักษณะของหินปูนชุดนี้จะปรากฏเป็นชั้นหนา และมีการวางตัวในเป็นแนวยาวประมาณ 40 กิโลเมตรในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งอยู่ระหว่างลำน้ำของและน้ำลาง โดยหินปูนชุดนี้จะครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 560 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 47 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งมีประมาณ 1,200 ตารางกิโลเมตร โดยแบ่งเป็นเทือกเขาใหญ่ตอนกลางของพื้นที่โครงการ ประมาณ 410 ตารางกิโลเมตร รองลงไปเป็น

กลุ่มภูเขาทางตะวันตกมีพื้นที่ประมาณ 100 ตารางกิโลเมตร และกลุ่มภูเขาทางตะวันออกอีกประมาณ 50 ตารางกิโลเมตร

นอกจากนี้หินปูนชนิดนี้มีลักษณะของเนื้อหินแบบละเอียด (micritic limestone) จนถึงเนื้อหินปูนปนหินเชิร์ต (cherty limestone) และคณะวิจัยยังพบอีกว่า ลักษณะปรากฏ (facies) และซากดึกดำบรรพ์ ได้แก่ ถ้ำผีแมน (ฝ่ามือแดง) บริเวณบ้านจะโป๊ะ จะปรากฏหินปูนที่มีเนื้อเป็นเม็ดแบบไข่ปลา (oolitic limestone) หรือเป็นหินปูนที่มีซากปะการังโบราณ ที่พบในถ้ำผามอน และที่อื่นๆ อีกหลายแห่ง ซึ่งแสดงถึงสภาพสิ่งแวดล้อมในการกำเนิดหินปูนชนิดนี้ว่าอยู่ในบริเวณน้ำทะเลตื้น และ Kiernan (1986) กล่าวว่า น่าจะเป็นหินชุดเดียวกันที่พบในรัฐฉานของประเทศเมียนมาร์ ซึ่งจะมีความหนาถึง 1,100 เมตร

2) หินอัคนี (igneous rocks)

ในพื้นที่ที่สำรวจนั้น พบหินอัคนี 2 ชนิด คือ หินแกรนิต (granite) และหินภูเขาไฟ (volcanic rocks) โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ

- หินแกรนิต

หินแกรนิตจะเป็นหินอัคนีจำพวกที่เกิดจากหินเหลวที่เย็นตัวใต้ผิวโลก (intrusive igneous rock) ปรากฏเป็นหย่อมๆ ขนาดเล็กทางด้านตะวันตกของพื้นที่ และจะปรากฏเป็นอยู่ในระดับลึก (plutonic rock) ซึ่งมีขนาดใหญ่บริเวณขอบทางด้านตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา และต่อเนื่องเข้าไปในเขตอำเภอยาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ลักษณะหินที่พบ คือ เป็นหิน biotite granite มีสีเทาอ่อน ถึง เทาเข้ม เนื้อหยาบ (coarse grain) ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบเนื้อดอก (porphyritic texture) ซึ่งจะมีผลึกของแร่ขนาดใหญ่ปะปนกับผลึกแร่เล็กๆ ที่เป็นเนื้อพื้น (ground mass) ส่วนแร่ประกอบหินที่พบ คือ แร่ควอตซ์ (quartz) เฟลด์สปาร์ (feldspar) และไบโอไทต์ (biotite) จากการคำนวณหาอายุโดยวิธี radiometric dating โดยวิธีหาไอโซโทปของธาตุ Rb/Sr ของหินแกรนิตที่พบทางตอนเหนือและทางตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอยาย ทำให้ทราบว่ามีความอายุประมาณ 240 ล้านปี ซึ่งจะตรงกับยุคไทรแอสสิก (Triassic) ตอนต้น หรือปลายยุคเพอร์เมียน (แสงอาทิตย์ เชื้อไวรัส และคณะ, 2528)

- หินภูเขาไฟ

หินภูเขาไฟที่พบจะเป็นประเภทหินลาวา (lava type) มี 2 ชนิด คือ หินแอนดิไซด์ (andesite) และหินบะซอลต์ (basalt) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ก) หินแอนดิไซด์ เป็นหินอัคนีพุ (extrusive igneous rock) มีสีเข้ม เช่น สีเขียวเข้ม หรือสีดำ โดยมีแร่ประกอบหินที่สำคัญ คือ แร่เพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ (plagioclase feldspar) ชนิดแอนดิซีน (andesine) และ

แร่สีดำนิกไปโอไทต์ (biotite) ฮอร์นเบลนด์ (hornblende) ไพรอกซีน (pyroxene) ซึ่งจุดที่พบ คือ บริเวณหน้าผาด้านทิศใต้ของถ้ำปางคาม จะเป็นหินสีเขียวเข้ม-ดำ และมีการแตกเป็นกาบ (exfoliation) คล้ายดอกกระหล่ำปลี ซึ่งจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และ/หรือทางฟิสิกส์ในบางส่วนของเนื้อหิน ส่วนหินที่พบในถ้ำและปากทางด้านน้ำไหลออก (ทิศใต้) ของถ้ำปางคามนั้น จะมีสีดำนิก มีเนื้อละเอียด ซึ่งทำให้ดูคล้ายหินบะซอลต์มาก แต่ภายหลังได้เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปทำหินแผ่นบาง (thin section) และทำการวิเคราะห์หาแร่ประกอบหิน (วิธีการตรวจสอบข้อมูลในห้องปฏิบัติการ ในภาคผนวก ข) จึงสามารถระบุได้ว่าหินชนิดนี้คือ หินแอนดีไซต์ นอกจากนี้ลักษณะการวางตัวเทียบกับหินชนิดอื่น จะพบว่าอยู่ใต้หินปูนยุคเพอร์เมียน และมีลักษณะรอยต่อระหว่างหินปูนและหินแอนดีไซต์นี้มีลักษณะที่คล้ายรอยต่อเป็นแบบ “รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง (unconformity)” และยังไม่พบว่าเป็นการแทรกตัวของหินแอนดีไซต์เข้าไปในรอยแตกของหินปูน ดังนั้นจึงคาดว่า หินแอนดีไซต์ชุดนี้จะเกิดในช่วงยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส ซึ่งมีอายุระหว่าง 345 ถึง 230 ล้านปี

ข) หินบะซอลต์ เป็นหินอัคนีพุ (extrusive igneous rock) ที่มีเนื้อละเอียด มีสีเข้ม โดยมากจะพบเป็นสีดำนิก และมีแร่ประกอบหินที่สำคัญ คือ แร่เพลจิโอเคลส (Plagioclase) ชนิดแลบราดอไรต์ (labradorite) และไพรอกซีน (pyroxene) ทั้งนี้ จุดที่พบ คือ ในถ้ำผามอน ส่วนพื้นที่นอกถ้ำในขณะนี้ (พฤศจิกายน 2541) ยังสำรวจไม่พบ ส่วนลักษณะการวางตัวเทียบกับหินชนิดอื่น พบว่าอยู่ใต้หินปูนยุคเพอร์เมียน ซึ่งหินชนิดนี้คาดว่าเกิดในช่วงยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส เช่นเดียวกับหินแอนดีไซต์

3) หินแปร (metamorphic rocks)

หินแปรที่พบมี 2 ชนิด คือ หินควอร์ตไซต์ (quartzite) และหินอ่อน (marble) มีรายละเอียดดังนี้

ก) หินควอร์ตไซต์ มีสีน้ำตาล ถึง เทาอ่อน มีแร่ประกอบหินส่วนใหญ่เป็นแร่ ควอร์ต เนื้อหินมีการตกผลึกใหม่ (recrystallized) จึงมีเนื้อหินแบบ suture texture จุดที่พบ คือ บริเวณลำห้วยหน้าวัดห้วยผา ต.ห้วยผา อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน โดยมีลักษณะการวางตัวเทียบกับหินชนิดอื่น จะพบว่าวางตัวต่อเนื่องกับหินยุคโอโดวิเซียน และหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian) โดยมีแนวชั้นหิน (bedding plane) ประมาณ 195/67 ตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) และ 204/85 ตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ซึ่งหินชนิดนี้คาดว่า เกิดในช่วงยุคแคมเบรียน ซึ่งมีอายุระหว่าง 570 - 500 ล้านปี

ข) หินอ่อน ผู้วิจัยคาดว่าจะจะเป็นหินปูนในยุคเพอร์เมียน ที่ถูกแปรสภาพ (metamorphosed) โดยการแทรกตัวของหินแกรนิต ซึ่งทำให้เนื้อหินเป็นแบบ Mozaic texture และมีการเรียงตัวของแร่เป็นแถบสีเข้ม จุดที่พบ คือ บริเวณข้างทางหลวงหมายเลข 1095 (พิกัด 261535) โดยมีแนวชั้นหิน ประมาณ 305/20 ตะวันตกเฉียงใต้ (SW) และ 320/42 ตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ซึ่งหินชนิดนี้คาดว่า เกิดในช่วงยุคเพอร์เมียน

การเรียงลำดับชั้นหิน

ในพื้นที่สำรวจนอกจากจะมีหินอัคนีมวลไพศาล (batholith) ขนาดใหญ่ที่เป็นหินแกรนิตในยุคไทรแอสสิก โดยอยู่ทางด้านตะวันออกของพื้นที่และมีการวางตัวอยู่ในแนวประมาณ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) และหินอัคนีพุ ที่พบแทรกอยู่ในหินชั้นบางแห่งนั้น จะเป็นหินแอนดีไซต์ ในยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส นอกจากนี้พื้นที่ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหินชั้น และหินแปรเกรดต่ำ (low-grade metamorphic rocks) โดยมีอายุตั้งแต่ยุคแคมเบรียน ซึ่งแก่ที่สุด จนถึงยุคที่อ่อนที่สุด คือ ยุคควอเตอร์นารี ซึ่งเป็นตะกอนที่สะสมตัวตามที่ราบลุ่มของลำน้ำต่างๆ และตะกอนในลานตะพักลำน้ำ (river terraces)

ในการเรียงลำดับชั้นหินที่ปรากฏในพื้นที่สำรวจนั้น ได้ทำการเรียงลำดับชั้นหินตั้งแต่ยุคที่แก่ที่สุดไปหายุคที่อ่อนกว่า สรุปได้ดังนี้

1) หินชั้น และหินแปร ได้แก่

- หินยุคแคมเบรียน (Cambrian) ประกอบด้วย
 - หินควอร์ตไซต์
 - หินทราย
- หินยุคโอโดวิเซียน (Ordovician) ประกอบด้วย
 - หินปูน
 - หินดินดาน
- หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian) ประกอบด้วย
 - หินทราย สีเทาอ่อน เนื้อหยาบ
 - หินชนวน (slate) สีเทา ดำ ถึง ดำ
- หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) ประกอบด้วย
 - หินทราย สีเทาอ่อน ถึงเทาเข้ม เนื้อปานกลาง ถึง หยาบ
 - หินดินดาน สีเทา ถึง เทาเข้ม มีรอยแตกขนาน (fissiled)
 - บางส่วนถูกแปรสภาพเป็นหินชนวน
 - หินเชิร์ต สีเทาอ่อน
- หินยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส (Permo-Carboniferous) ประกอบด้วย
 - หินดินดาน สีแดง มีรอยแตกขนาน
 - หินทราย สีเทาอ่อน เนื้อปานกลาง ถึง หยาบ
- หินยุคเพอร์เมียน (Permian) ประกอบด้วย
 - หินปูน ซึ่งมีบางส่วนแปรสภาพไปเป็นหินอ่อน มีสีเทาอ่อน ถึง เทา เนื้อละเอียด ถึง ปานกลาง บางส่วนมีทรายปน พบซากดึกดำบรรพ์ จำพวกไครนอยด์ ฟอแรมินิเฟอร่า หรือฟิวซิลินิด และปะการัง บางส่วนมีเนื้อแบบเม็ดไข่ปลา (oolithic) มักเป็นชั้นที่หนามาก

- หินยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) ประกอบด้วย
 - ตะกอนร่วนกึ่งแข็งตัว (semi-consolidated sediments) ถึงตะกอนแข็งตัว (consolidated sediments) ประกอบไปด้วย กรวด ทราย บริเวณลานตะพักลำน้ำ
- หินยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ประกอบด้วย
 - ตะกอนร่วน (un-consolidated sediments) ที่ปะปนไปด้วย กรวด ทราย และดินเหนียว บริเวณน้ำท่วมถึงของลำน้ำในปัจจุบัน

2) หินอัคนี (igneous rocks) ได้แก่

- หินอัคนีในยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนล่าง (Lower Carboniferous) เป็นหินแกรนิตที่ถูกแรงกระทำจนมีการเรียงตัวของแร่เป็นแนวๆ (stressed granite)
- หินอัคนีในยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนบน (Upper Carboniferous) ประกอบด้วยหินบะซอลต์ สีดำ เนื้อละเอียด และหินแอนดีไซต์ สีเทาเขียว ถึงเขียวเข้ม ที่มีการแตกเป็นกาบๆ (spheroidal weathering)
- หินอัคนีในยุคไทรแอสสิก เป็นหินแกรนิต ซึ่งพบอยู่ 2 ชนิด คือ ไบโอไทต์แกรนิต (biotite granite) สีเทาขาว ถึง เทา เนื้อหยาบ และมีขนาดเม็ดแร่สองขนาด (porphyritic) และฮอร์นเบรนแกรนิต (hornblende granite) ซึ่งมีเนื้อละเอียด

ธรณีโครงสร้าง และประวัติทางธรณีวิทยา

ลักษณะธรณีโครงสร้างในพื้นที่ศึกษานั้น จะปรากฏเป็นชั้นหินคดโค้ง (folds) ที่มีความกว้างมาก โดยมีแกนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ หรือเป็นลักษณะโครงสร้างที่เกิดจากรอยเลื่อนแบบ antithetic และ synthetic faults ที่มีการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้เช่นกัน การเกิดชั้นหินคดโค้งนั้นจะเกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง ในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic era) (แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ และคณะ, 2528) และการเกิดชั้นหินคดโค้งและการเกิดรอยเลื่อนนั้น จะทำให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนในยุคครีเทเชียส (Cretaceous period ประมาณ 141-65 ล้านปี) ในรัฐฉาน ประเทศเมียนมาร์ หลังจากนั้นก็จะเกิดการยกตัวของพื้นดินเป็นบริเวณกว้าง ทำให้เกิดการกร่อน (erosion) และการสะสมตัวของตะกอนบนพื้นทวีปในช่วงยุคครีเทเชียส ต่อเนื่องไปจนถึงยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) และควอเทอร์นารี (Quaternary) (Kiernan, 1986) เช่นเดียวกับการยกตัวอย่างรวดเร็วของเทือกเขาต่างๆ ในภาคเหนือของประเทศไทย จะเกิดขึ้นระหว่างยุคเทอร์เชียรี ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดรอยเลื่อนปกติ (normal faulting) และทำให้พื้นที่บางส่วนยุบกลายเป็นแอ่งหลายแห่ง (basins) ในระหว่างช่วงกลางถึงช่วงปลายของสมัยไมโอซีน (Miocene epoch) คือ ประมาณ 15-5 ล้านปี

ส่วนโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สำรวจพบในภาคสนามนั้น พบว่า จะมีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกับลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางน้ำ ลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ รวมทั้งลักษณะและทิศทางการวางตัวของถ้ำต่างๆ สำหรับการสำรวจโครงสร้างทางธรณีวิทยานั้น ได้มีการวัดแนวระดับ (strike) ของชั้นหินมุมเอียง (dip angle) ของชั้นหินจากชั้นหินต่างๆ ประมาณ 40 แห่ง และวัดแนวรอยแตก (fractures) และรอยแยก (joints) ของหินประมาณ 20 แห่ง ซึ่งมีการวางตัว

ในสองทิศหลัก คือ ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) และตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) อย่างละเท่าๆ กัน (ดูตารางที่ ผ.ง.2 ในภาคผนวก ง)

ธรณีสัณฐานวิทยา

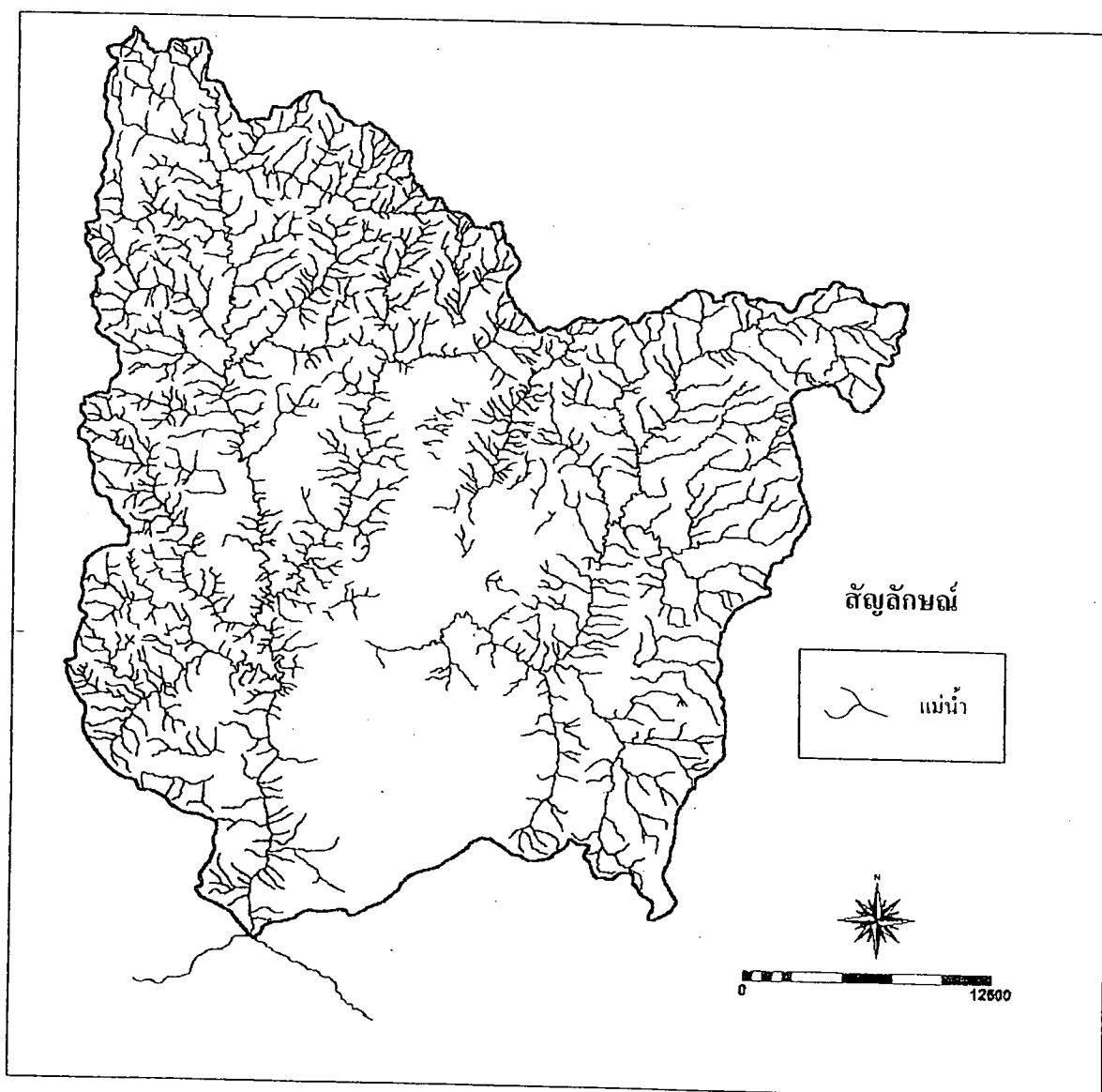
จากสภาพธรณีวิทยาและโครงสร้างทางธรณี ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศและลักษณะทางน้ำแบบต่างๆ ในแง่ของการสำรวจเรื่องลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำของนั้น คณะวิจัยได้แบ่งพื้นที่ออกได้เป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่เป็นเทือกเขาหินปูน ซึ่งจะอยู่ในบริเวณตอนกลางและส่วนเหนือของพื้นที่โครงการ ซึ่งจะมีลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ (karst topography) และพื้นที่รอบๆ เขาหินปูนซึ่งจะเป็นหินชนิดอื่น เช่น หินทรายและหินดินดาน เป็นต้น ซึ่งจะเป็นภูมิประเทศแบบไม่ใช่คาสต์ (non-karst topography) โดยที่พื้นที่ทั้งสองส่วนนี้จะมีความแตกต่างกันในแง่ของวิทยาแร่ (mineralogy) และธรณีวิทยาโครงสร้าง (structural geology) ดังนั้นจึงมีความคงทนต่อการผุพังอยู่กับที่ (weathering) และการกร่อน (erosion) ที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีความแตกต่างกันในทางธรณีสัณฐานวิทยาและมีแบบรูปทางน้ำ (drainage pattern) ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) พื้นที่ภูมิประเทศแบบไม่ใช่คาสต์ ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษาประมาณ 640 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 53 ของพื้นที่ทั้งหมด (ยกเว้นส่วนที่เป็นเทือกเขาหินปูนของพื้นที่โครงการ) ดังนั้นพื้นที่ส่วนนี้จะมีแบบรูปทางน้ำ (drainage pattern) ที่ปรากฏเป็นแบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ (dendritic) แบบรูปทางน้ำคล้ายกิ่งไม้ (sub-dendritic) และแบบรูปทางน้ำกึ่งขนาน (sub-parallel) โดยมีแม่น้ำ หรือลำห้วยสายหลักอยู่ 4 สาย ซึ่งจะมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือบริเวณชายแดนไทย-เมียนมาร์ ลงสู่แม่น้ำปาย ในทางทิศใต้ของลุ่มน้ำ (ดูแผนภูมิที่ 1.3) ทิศทางการไหลของแม่น้ำดังกล่าวนี้จะขนานไปกับแกนของชั้นคดโค้ง (fold axis) ของหิน ซึ่งแม่น้ำดังกล่าวนี้จะประกอบไปด้วย

- ลำน้ำของ จะเป็นแม่น้ำที่ยาวที่สุดในลุ่มน้ำของ มีความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร ตั้งอยู่ทางตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำ ทิศทางของลำน้ำจะวางตัวเป็นเส้นตรงในแนวเกือบ เหนือ-ใต้ โดยมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือ บริเวณเทือกเขาใกล้ชายแดนประเทศเมียนมาร์ ลำน้ำของนี้จะไหลผ่านบ้านจะหอ บ้านไธ บ้านนาปูป้อม บ้านสาแล บ้านกองไม้สูง บ้านแม่สุยะ จนกระทั่งไปบรรจบกับแม่น้ำปายที่บริเวณห้วยน้ำฮูทางตอนใต้ของพื้นที่ ณ ตำแหน่ง UTM grid ประมาณ 073438 ตามแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระหว่างบ้านห้วยผา (หมายเลขระหว่าง 4647 IV)
- ห้วยโป่งแสนปึก มีความยาวประมาณ 25 กิโลเมตร อยู่ห่างจากลำน้ำของไปทาง ตะวันออก ประมาณ 10 กิโลเมตรเศษ ในบริเวณด้านทิศเหนือ โดยมีต้นน้ำอยู่บริเวณตอนเหนือของบ้านปางคามใกล้ชายแดนประเทศเมียนมาร์ มีทิศทางของลำน้ำวางตัวในแนวเกือบเหนือ-ใต้ ห้วยโป่งแสนปึกนี้จะไหลจากทิศตะวันตกของบ้านปางคาม ผ่านบ้านหนองหอย บ้านน้ำฮูผาเสือ แล้วไปบรรจบกับลำน้ำของบริเวณตอนเหนือของบ้านแม่สุยะ
- ห้วยแม่ละนา มีความยาวประมาณ 10 กิโลเมตรเศษ โดยอยู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีต้นน้ำอยู่บริเวณคดอยหลักแดงและคดอยตอก ห้วยแม่ละนาคือจะไหลจากบ้านป่าแยกลงไปในทิศทางตะวันตกเฉียงใต้ ผ่านบ้านห้วยเอี้ยะ และบ้านแม่ละนา แล้วไหลเข้าไปในลำแม่ละนา ซึ่งมีความยาวของลำตามโกง

หลักประมาณ 8 กิโลเมตร และไหลออกมาสู่ผิวดินอีกครั้งบริเวณทิศเหนือของบ้านลูกข้าวหลาม จากนั้นก็จะไหลลงสู่ผิวดินอีกครั้งหนึ่งในถ้ำไต้ดิน

- ห้วยน้ำลาด มีความยาวประมาณ 30 กิโลเมตร โดยอยู่บริเวณด้านตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีต้นน้ำอยู่บริเวณคอยสันขวางและคอยมุเซอร์ ใกล้ชายแดนประเทศเมียนมาร์ แล้วไหลลงไปในทิศทางตะวันตกเฉียงใต้ ผ่านบ้านแอโก้และบ้านแสนคำลือ แล้วไหลเข้าไปในถ้ำลอด บ้านถ้ำลอด และบ้านสบป่อง จากนั้นจะเปลี่ยนทิศทางการไหลไปทางตะวันตกขนานไปกับทางหลวงหมายเลข 1095 ผ่านบ้านไร่ แล้วไหลหายเข้าไปในถ้ำบริเวณกีดน้ำลาด บริเวณบ้านไร่ ซึ่งมีลักษณะศาสตร์ ที่เรียกว่า โพลเย (polje) ซึ่งเป็นร่องหลุมขนาดใหญ่และมีพื้นที่ท้องน้ำเป็นที่ราบ และคาดว่าจะไหลออกจากระบบช่องทางของถ้ำสู่ลำน้ำของบริเวณน้ำตกชุ่มซาในทางทิศใต้ ซึ่งมีระดับความสูงของพื้นที่ต่ำกว่า



แผนภูมิที่ 1.3 แสดงลักษณะรูปแบบทางน้ำ ในลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำลาด จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ลักษณะระบบทางระบายน้ำ ในลุ่มน้ำย่อยของลำห้วยทั้ง 4 แห่ง ดังกล่าวนั้น จะมีลักษณะที่คล้ายกันดังที่กล่าวไปแล้ว ส่วนลำน้ำอื่นๆ นั้น ส่วนใหญ่จะเป็นลำน้ำสาขาของลำห้วยหลักข้างต้นที่มีขนาดเล็ก ซึ่งคณะวิจัยไม่ได้ทำการศึกษา

2) พื้นที่ภูมิประเทศแบบคาสต์ ลักษณะพื้นที่ประเภทนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 560 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีแบบรูปทางน้ำที่ซับซ้อนและพิเศษแตกต่างจากพื้นที่ส่วนอื่นๆ เพราะมีหลุมยุบมากมาย (sink hole หรือ doline) ซึ่งเกิดจากการยุบตัวของเพดานถ้ำ โดยมากมีลักษณะเป็นแอ่งรูปทรงกระบอก กรวย ขาม หรือจาน ที่มีขนาดตั้งแต่ 2-3 เมตรจนถึงหลายร้อยเมตร ปรากฏสลับกับภูเขาที่สูงชันและมีลักษณะตะปุ่มตะป่ำ ทำให้ลักษณะของทางน้ำผิดแปลกไปจากส่วนอื่นๆ ของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบลักษณะพิเศษอื่นๆ ในพื้นที่นี้ ได้แก่

- หลุมยุบซับซ้อน^{NT} (uvala) เป็นหลุมยุบที่มีความซับซ้อน ซึ่งมักจะมีหลุมยุบขนาดเล็กอยู่ตามขอบของหลุมใหญ่ เช่น บริเวณบ้านปางคาม และบ้านห้วยป่าดิง เป็นต้น
- โพลเย (polje) เป็นร่องหลุมยุบซึ่งมีพื้นที่ท้องน้ำเป็นที่ราบ และมีขนาดพื้นที่มากกว่า 1 ตารางกิโลเมตร โดยอาจจะมีลำธารแบบเป็นธารน้ำที่ไหลเป็นพักๆ (intermittent stream) หรือเป็นธารน้ำไหลตลอดปี (perennial stream) ซึ่งโพลเยนี้มักจะถูกน้ำท่วมได้ในฤดูน้ำหลาก แต่พื้นที่ดังกล่าวสามารถใช้ทำการเกษตรกรรมได้ดี เพราะเป็นที่ราบและมีน้ำบริบูรณ์กว่าส่วนอื่น จากการสำรวจในภาคสนามมักพบว่าโพลเยถูกใช้เป็นนาข้าว หรือที่ปลูกพืชสวนครัว เช่น บ้านแม่ละนาและบ้านไร่ เป็นต้น
- กีด (streamsink) ซึ่งจะเป็ลลำห้วยที่มีน้ำไหลหายเข้าไปใต้ดิน เช่น ที่บ้านกีดน้ำกลาง บ้านกีดสามสิบ บ้านลูกข้าวหลาม และบ้านลูกคอง เป็นต้น
- น้ำพุ (spring) หรือที่ชาวบ้านในพื้นที่จะเรียกว่าเป็น “น้ำฮู” ซึ่งเป็นลำห้วยที่ไหลออกมาจากถ้ำ เช่น ที่บ้านแม่ น้ำฮูสองแคว น้ำฮูผาเสือ และบริเวณใกล้ลำน้ำของ ใกล้ น้ำตกชูซ่า รวมทั้งน้ำที่ไหลออกมาจากถ้ำน้ำกลางด้วย บางแห่งจะเป็น น้ำซึม (seeps) เพราะมีอัตราการไหลของน้ำออกมาสู่ผิวดินตามเชิงเขา ในปริมาณน้อยในลักษณะซึมออกมา เช่น ที่บ้านแม่สุขะ
- หน้าต่างคาสต์ (karst window) เป็นแอ่งหรือหลุมที่เกิดจากการพังทลายของเพดานถ้ำ และมีลำธารไหลอยู่ด้านล่าง เช่น ที่ปากทางเข้าถ้ำผามอน
- หุบเขาแห้ง^{NT} (dry valley) เป็นหุบเขาเล็กๆ ที่ไม่มีร่องของน้ำผิวดิน ซึ่งมักจะพบอยู่ตามร่องเขาที่มีความลาดชัน
- หุบเขาบอด^{NT} (blind valley) จะเป็นหุบเขาที่มีปลายด้านล่างปิดโดยมีหน้าผา หรือมีความลาดชันหันหน้าเข้าหาหุบเขา เช่น ที่บ้านปางคาม ซึ่งหุบเขานี้นี้อาจมีธารน้ำไหลตลอดปี (perennial stream) หรือธารน้ำไหลเป็นพักๆ (intermittent stream) ก็ได้

^{NT} เป็นคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจถ้ำ ซึ่งยังไม่มีมีการกำหนดอย่างเป็นทางการในภาษาไทย แต่เป็นการเรียกของผู้วิจัยเพื่อใช้ในการชั่วคราวไปก่อน โดยใช้คำจำกัดความตามที่ Jennings (1985) เป็นผู้เรียบเรียงไว้

1.2.2 การสำรวจเพื่อการทำผังถ้ำ

ในการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำนี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

ประเภทข้อมูลที่สำรวจ

ก่อนทำการสำรวจถ้ำนั้น คณะผู้วิจัยได้กำหนดความต้องการของข้อมูลหลักในการทำผังถ้ำ ดังนี้คือ

- 1) การสำรวจทิศทางของโถงถ้ำหลัก (main cave passage) และ โถงแยกของถ้ำแต่ละถ้ำ
- 2) ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยา ทำการบันทึกลักษณะทางธรณีวิทยาที่ปรากฏ ได้แก่ ประเภท และชนิดของหินในพื้นที่โครงการ รวมทั้งลักษณะของหินที่ปรากฏ เช่น สี เนื้อหิน (texture) ลักษณะการผุพัง รวมทั้งข้อมูลซากดึกดำบรรพ์ที่พบในถ้ำ
- 3) ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง (structural geology) ได้แก่ รอยต่อของชั้นหิน รอยแตก (joints & fractures) ลักษณะการคดโค้งของชั้นหิน (folding) รอยเลื่อน (faults) และการเรียงลำดับของชั้นหินต่างๆ
- 4) ตะกอนภายในถ้ำ เป็นการศึกษาตะกอนที่เกิดจากการพัดพาของน้ำ และตะกอนที่เกิดจากสารประเภทคาร์บอนेट speleothems ต่างๆ เช่น หินงอก หินย้อยเสาหิน ไข่มุกถ้ำ ฯลฯ
- 5) ศึกษาหลักฐานที่แสดงถึงวิวัฒนาการของถ้ำ เช่น ระดับพื้นถ้ำเก่า (fossil floor levels) ระดับน้ำภายในถ้ำในอดีต รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น การเกิดหลุมยุบในถ้ำ การทรุดตัวของพื้นถ้ำ ฯลฯ

มาตรฐานการสำรวจ

ในการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำนั้น วิธีการและเครื่องมือที่ใช้สำรวจจะมีผลต่อความแม่นยำในการสำรวจ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง แต่ในการสำรวจโดยทั่วไปแล้ว จะมีการสำรวจอยู่ 3 แบบ (Ford and Cullingford, 1976) คือ

- 1) การวาดโครงร่างของถ้ำเป็นการสำรวจแบบหยาบๆ ไม่มีความถูกต้อง
- 2) การสำรวจแบบคร่าวๆ ซึ่งจะใช้ในกรณีที่มีเวลาจำกัด หรือในสถานที่ที่มีความอันตราย และจะขึ้นอยู่กับการใช้เครื่องมือแบบหยาบๆ
- 3) การสำรวจแบบละเอียด ซึ่งการสำรวจแบบนี้ยังสามารถแบ่งย่อยออกเป็นหลายระดับ แต่จะไม่ค่อยได้รับการสนใจจากนักสำรวจถ้ำเท่าไร

สำหรับการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำในโครงการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยจะใช้วิธีที่เรียกว่า Tape and Compass Method คือ จะมีการวัด ระยะและทิศทาง ซึ่งจะต้องมีการวัดระยะทางระหว่างจุดสำรวจต่างๆ ซึ่งเป็นแนวเส้นกลางของโถงถ้ำ จากนั้นทำการวัดด้วยเทปวัดระยะที่ให้ความละเอียดถึง 10 เซนติเมตร และจะมีการวัดทิศทางระหว่างจุดสำรวจด้วย

เข็มทิศแม่เหล็กที่ให้ความละเอียดถึง 1 องศา พร้อมทั้งทำการวัดค่าความลาดชันหรือมุมเอียงของแนวต่างๆ ด้วยเครื่องวัดมุมเอียง (inclinometer) ที่ความละเอียดถึง 1 องศา ซึ่งจะเทียบได้กับระดับ (grade) 5 ตามมาตรฐานการสำรวจของสมาคมวิจัยถ้ำของอังกฤษ (British Cave Research Association: BCRA) สำหรับความละเอียดในการจดบันทึกการสำรวจนั้น คณะวิจัยได้กำหนดให้อยู่ระหว่าง ชั้น (class) C ถึง D เป็นส่วนใหญ่ (ดูภาคผนวก ค)

ในทางปฏิบัตินั้นจะต้องมีการระบุถึงความถูกต้อง หรือประเภทของการสำรวจในแง่ของการให้เกรด ซึ่งเป็นระบบที่ได้รับยอมรับอย่างกว้างขวางในหลายๆ ประเทศ ในที่นี้คณะวิจัยได้ใช้มาตรฐานการกำหนดเกรดและชั้นของการสำรวจถ้ำของสมาคมวิจัยถ้ำแห่งอังกฤษ ดังแสดงในภาคผนวก ค สำหรับรายละเอียดการสำรวจนั้น คณะวิจัยจะทำการบันทึกรายละเอียดทุกจุดหรือทุกสถานที่ที่สำรวจ และในบางกรณีจะบันทึกรายละเอียดระหว่างจุดสำรวจด้วยถ้าพบสิ่งที่มีลักษณะเด่นหรือน่าสนใจ ซึ่งการบันทึกจะประกอบไปด้วย

- 1) ภาพตัดขวาง (cross section) ของโถงถ้ำ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ความกว้าง และความสูงของโถง ที่จุดสำรวจนั้น ซึ่งจะมีการวัดระยะห่างจากจุดสำรวจซึ่งจะอยู่ในเส้นแนวกกลาง (center line) ของผังไปทางด้านซ้ายและขวา พร้อมทั้งวาดรูปตัดขวางของโถง
- 2) บันทึกลักษณะทางธรณีวิทยาที่ปรากฏ เช่น หิน โครงสร้างธรณี ซากดึกดำบรรพ์
- 3) บันทึกลักษณะ Speleothems ที่มีอยู่ เช่น หินงอก หินย้อย เส้าหิน ไช่มุกถ้ำ ฯลฯ
- 4) ลักษณะพิเศษอื่นๆ ที่พบ เช่น แนวพื้นถ้ำในอดีต (fossil floors) รอยแยกของเส้าหิน (column) ที่เกิดจากการแรงดึงที่เกิด เนื่องจากการหดตัวของพื้นถ้ำ ซึ่งสามารถใช้เป็นหลักฐานของวิวัฒนาการของถ้ำได้
- 5) บันทึกลักษณะสิ่งมีชีวิตที่พบ เช่น ค้างคาว ปลาไม่มีตา แมลง เช่น Centipede เป็นต้น

ดังนั้นมาตรฐานการสำรวจของคณะวิจัยจึงอยู่ในระดับ 5C เป็นอย่างน้อยสำหรับถ้ำขนาดใหญ่ ส่วนถ้ำที่มีขนาดเล็กและมักเป็นถ้ำที่มีการวิจัยด้านโบราณคดี จะใช้มาตรฐานในระดับ 5D ซึ่งมีความละเอียดสูงมากขึ้นสำหรับการสำรวจโดยใช้ Plane Table หรือกล้อง Theodolite นั้น แม้ว่าจะมีความละเอียดและความแม่นยำสูง แต่ก็ไม่เหมาะสมสำหรับงานในการสำรวจในครั้งนี้ ทั้งนี้เนื่องจากถ้ำหลายแห่งที่ทำการสำรวจนั้น มีความซับซ้อนมาก บางแห่งมีน้ำท่วมสูง บางแห่งต้องคลานเข้าไปในช่องแคบๆ จึงไม่สะดวกในการสำรวจ

เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบในการสำรวจ

เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการสำรวจถ้ำ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- 1) เครื่องมือและอุปกรณ์พื้นฐานที่นักสำรวจจะต้องใช้ ได้แก่ ไฟฉาย หมวกนิรภัย รองเท้า สนับเข่า สนับแข้ง ถุงมือ แบตเตอรี่ และหลอดไฟสำรอง น้ำดื่ม อาหาร กล้องถ่ายรูป ฯลฯ

2) เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทำผังถ้ำ ประกอบด้วย

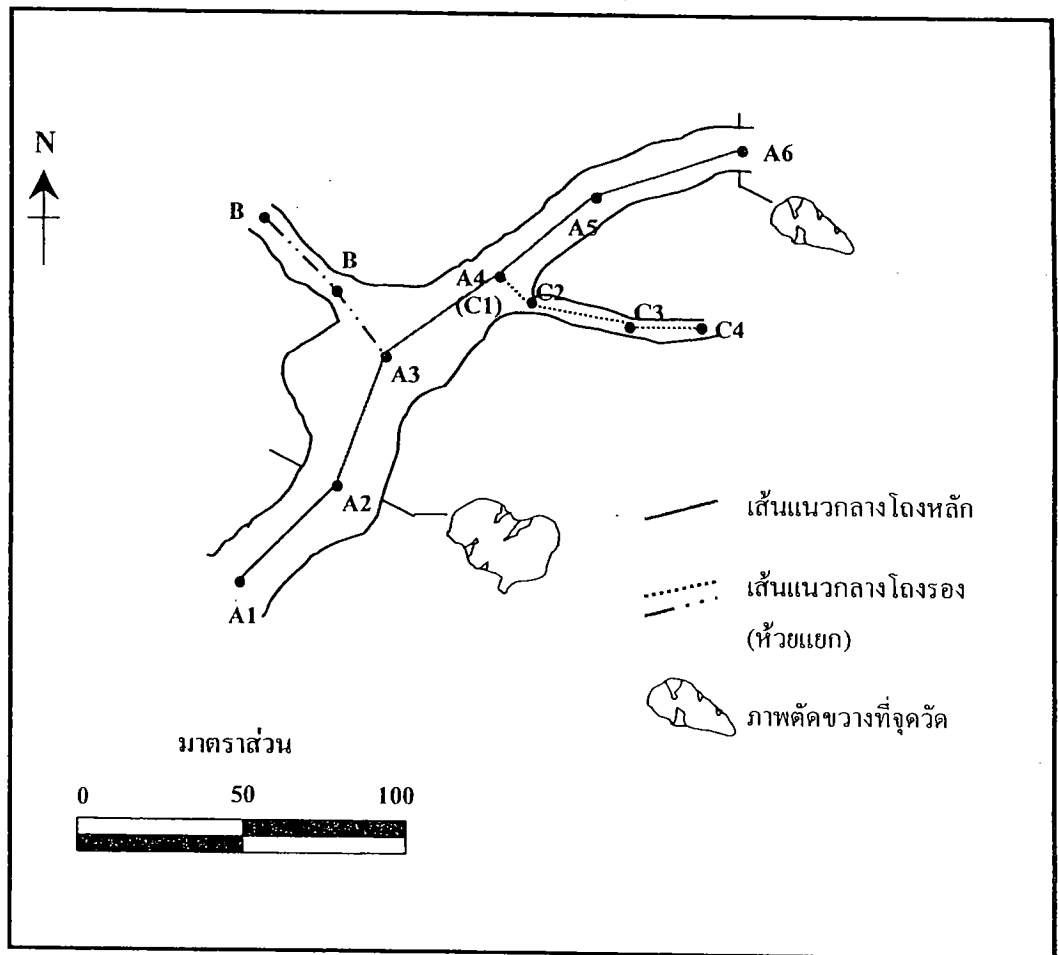
- เทปวัดระยะ (measuring tape) ทำด้วยพลาสติก ความยาว 50 เมตร ที่สามารถวัดได้ละเอียดถึง 1/100 เมตร หรือ 1 เซนติเมตร
- เข็มทิศ เป็นเข็มทิศที่สามารถวัดทิศทาง (azimuth หรือ bearing) ได้ละเอียดถึง 1 องศา
- เครื่องวัดมุมเอียง (inclinometer) ยี่ห้อซุนโต (Suunto) ที่สามารถวัดได้ละเอียดถึง 1% ($100\% = 45$ องศา) แต่ในการสำรวจนั้นจะให้ความละเอียดถึง 1 องศา เพราะง่ายต่อการปฏิบัติ
- สมุดบันทึก และเครื่องเขียน

วิธีการสำรวจ

วิธีการทำงานในการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำนั้น จะเริ่มสำรวจจุดแรก ณ ปากทางเข้าถ้ำ โดยให้มีการกำหนดจุดสำรวจในการทำผังถ้ำให้เป็นอักษรโรมัน และตามด้วยตัวเลขลำดับของจุดสำรวจ ในที่นี้จะใช้อักษร เอ (A) กำกับไปตามโครงหลักของถ้ำ ซึ่งจะเป็นเส้นแนวกลางของผังสำรวจ ส่วนที่เป็นโครงหรือห้วยแยก (tributaries) หรือโครงชั้นบนนั้น จะกำหนดอักษรอื่นๆ เรียงตามลำดับ เช่น ห้วยแยกแรกจะใช้อักษร B ห้วยแยกที่สองจะใช้อักษร C เป็นต้นจนกระทั่งหมดสิ้นเส้นทางภายในถ้ำ ส่วนลำดับก่อนหลังของแต่ละจุดหรือสถานีสำรวจนั้นจะใช้ตัวเลขกำกับ ตัวอย่างเช่น จุดแรกที่สำรวจซึ่งอยู่บริเวณปากถ้ำ จะใช้เป็น A1 ดังนั้นจุดถัดไปจะกำหนดให้เป็น A2, A3, ... เช่นนี้เรื่อยไป จนถึงจุดสุดท้ายบริเวณปากถ้ำอีกด้านหนึ่ง หรือจุดสุดท้ายของโครงหลัก ในกรณีที่เป็นทางตัน สำหรับกรณีที่เป็นห้วยแยก เช่น ที่จุด A15 มีห้วยแยก ที่สามารถเข้าไปสำรวจได้ ก็จะถือว่า จุด A15 เป็นจุดแรกของห้วยแยก ซึ่งจะกำหนดให้เป็น จุด B1 และในกรณีนี้ จุด A15 คือ จุดเดียวกับจุด B1 จากนั้นจุดหรือสถานีสำรวจต่อไปในห้วยแยกเดียวกันก็จะเป็นจุด B2, B3, ... เป็นต้น (ดูแผนภูมิที่ 1.4)

1.2.3 ผลการสำรวจผังถ้ำ

ผลการดำเนินงานของกลุ่มธรณีวิทยาในปีแรก (2541) นั้น ทางกลุ่มได้ดำเนินการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลในด้านธรณีวิทยา อุทกวิทยาซึ่งจะอยู่ในตอนเหนือและตอนกลางของพื้นที่โครงการวิจัยฯ และทำการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำขนาดใหญ่ 4 ถ้ำ คือ ถ้ำปางคาม ถ้ำผาเผือก ถ้ำผาแดง และถ้ำผามอน ได้ระยะทางของโครงถ้ำทั้งหมดรวมกันประมาณ 6,385 เมตร และในช่วงปีที่สอง ระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2542 ได้ทำการสำรวจถ้ำใหม่ซึ่งจะอยู่ในตอนกลางและตอนใต้ของพื้นที่โครงการวิจัยฯ จำนวน 5 ถ้ำ ได้แก่ ถ้ำคริสตัล ถ้ำแม่อุ้มอง ถ้ำน้ำริน ถ้ำน้ำฮู (สบป่อง) และถ้ำปล่องบ้านถ้ำ (Big Knob) โดยระยะทางของโครงถ้ำทั้งหมดรวมกันประมาณ 2,279 เมตร (ดูตารางที่ 1.1) สำหรับระยะเวลาที่เหลือระหว่าง เดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน 2542 ทางคณะวิจัยฯ ได้ทำการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจเพิ่มเติมในช่วงต้นปี 2542 และการจัดระบบฐานข้อมูล ซึ่งผลการสำรวจผังถ้ำมีรายละเอียด ดังนี้



แผนภูมิที่ 1.4 แสดงตัวอย่างการสำรวจผังน้ำ

ตารางที่ 1.1 สรุปข้อมูลผลการสำรวจถ้ำขนาดใหญ่

ลำดับที่	ชื่อถ้ำ	ความยาวรวม (ม.)	ทิศทางการวางตัว ของโถงถ้ำหลัก	ความสูงปากถ้ำ (ม., รทก.)	สถานภาพ
1	ปางคาม	733.0	N20E	900 (ทางน้ำเข้า)	Active
2	ผาเผือก	314.1	N30W	985 (ทางน้ำเข้า)	Active
3	ผาแดง	1,294.0	N35E	895 (ทางน้ำออก)	Active
4	ผามอน	4,043.4	N40E	967 (ทางน้ำเข้า)	Active
5	ถ้ำน้ำริน	324.0	N50W	840	Active
6	ถ้ำแม่อุ้มอง	77.2	N30W	1,020	Non-Active
7	ถ้ำคริสต์	585.5	N60E และ N25E	740	Active
8	ถ้ำน้ำตู (สบป่อง)	1,201.0	N25E	600 (ทางน้ำออก)	Active
9	ถ้ำปล่องบ้านถ้ำ	91.0	N70W	880	Non-Active
	รวม	8,663.0			

หมายเหตุ Active หมายถึง มีน้ำไหลผ่าน และยังคงการเกิดหินงอก หินย้อยอยู่
Non-active หมายถึง ถ้ำที่ไม่มีน้ำไหลผ่าน และไม่มีการเกิดหินงอก หินย้อย หรือเป็นถ้ำแห้ง

ถ้ำปางคาม

ตำแหน่งที่ตั้ง อยู่ในเขตบ้านปางคาม ต.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน ซึ่งอยู่ห่างจากชายแดนประเทศเมียนมาร์ลงมาทางทิศใต้ประมาณ 6 กิโลเมตร ส่วนปากถ้ำทางน้ำไหลเข้าอยู่ในพิกัดที่ 0417500 2176400 ตามแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระบุว่าบ้านแม่ละนา ระบุว่าที่ 4648 III และปากถ้ำที่เป็นทางน้ำไหลออกอยู่ในพิกัดที่ 0417100 2175700 ในแผนที่ระยะเดียวกัน

ความสูงของปากทางเข้าถ้ำ (จากระดับน้ำทะเลปานกลาง-รทก.) โดยเฉพาะที่ปากถ้ำทางน้ำเข้ามีความสูงประมาณ 900 เมตร และที่ปากถ้ำทางน้ำออกมีความสูงประมาณ 840 เมตร

ทิศทางของโถงถ้ำหลัก (main passage) จะอยู่ในแนวทิศทางประมาณ N20E

ความยาวของถ้ำ ความยาวโถงถ้ำหลัก ประมาณ 550.8 เมตร และความยาวโถงถ้ำสาขาประมาณ 182.2 เมตร รวมความยาวทั้งสิ้น 733 เมตร

ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำน้ำหรือถ้ำธารลอด (stream cave) ที่ยังคงมีการเกิดหินงอกหินย้อยอยู่ หรือเรียกได้ว่าเป็น active cave แต่จะมีบางส่วนเช่นบริเวณโถงหินถล่มที่อยู่ในระดับสูงกว่าโถงหลัก จะเป็นถ้ำที่เริ่มแห้ง

ลักษณะทางธรณีวิทยา หินส่วนใหญ่เป็นหินปูนคาดว่าจะอยู่ในยุคเพอร์เมียน มีสีเทาอ่อน-เทาดำ บางส่วนมีแนวสายแร่แคลไซต์สีขาวในลักษณะที่ตัดกันไปมาในหินเดิม (criss-cross calcite veins) และพบหินแอนดีไซต์ สีดำ เนื้อละเอียด ณ ตำแหน่งที่พบ คือ ที่ระยะประมาณ 55 เมตร จากปากถ้ำด้านทิศใต้ และจะมีความต่อ

เนื่องออกไปที่บริเวณปากถ้ำและบริเวณน้ำตกนอกถ้ำ ลักษณะที่พบนั้น หินแอนดิไซต์จะวางตัวอยู่ใต้หินปูนซึ่งมีหินน้ำไหล (flowstone) ที่เกิดขึ้นภายหลังปิดทับอยู่ (ดูภาคผนวก ง)

โครงสร้างธรณีวิทยา ลักษณะหินเป็นชั้นหนา มีการวางตัวในทิศทางประมาณประมาณเหนือ-ใต้ จึงเป็นตัวกำหนดทิศทางการวางตัวของโด่งถ้ำหลัก บางส่วนโดยเฉพาะปากถ้ำด้านทิศเหนือ จะมีการถล่มของหินอันเนื่องมาจากรอยแตกและรอยต่อของชั้นหิน จึงทำให้เกิดเป็นโด่งถ้ำที่มีความสูงมาก (ดูภาคผนวก ง)

ซากดึกดำบรรพ์ พบไครนอยด์ (Crinoid) ในหินปูนสีเทาเข้ม ผังตรงข้ามจุดที่พบรอยต่อระหว่างหินปูนกับหินแอนดิไซต์ ไครนอยด์เป็นสัตว์ชั้นต่ำที่อาศัยเกาะอยู่ตามพื้นทะเลที่ดูคล้ายต้นไม้ คล้ายพลับพลึงทะเล (sea lily) แต่ส่วนที่พบจะส่วนที่เป็นก้าน (Crinoid stems) เท่านั้น สัตว์ประเภทนี้จะอยู่ในไฟลัมเอคไคโนเดิร์ม (Phylum Echinoderms) (สุรพงษ์ เลิศทัศนีย์, 2536) ซึ่งจะพบได้ในหลายๆ ยุค (ดูภาคผนวก ง)

ตะกอนถ้ำ (speleothems) ที่มีลักษณะเด่น เช่น ลูกคัมยักซ์ ซึ่งจะเป็หินน้ำไหล ที่มีรูปร่างคล้ายลูกคัมยักซ์ หินงอกที่ดูคล้ายลำเทียนขนาดใหญ่ มีความสูงประมาณ 5-6 เมตร บางส่วนจะเป็นไข่มุกถ้ำ (oolites หรือ cave pearl) เป็นต้น

ผังถ้ำ ดูภาคผนวก จ และ ฉ

ถ้ำผาเผือก

ตำแหน่งที่ตั้ง อยู่ในเขตบ้านห้วยสะ (ตามแผนที่ 1:50,000) อยู่ในเขต ต.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า จ. แม่ฮ่องสอน อยู่ห่างจากชายแดนประเทศเมียนมาร์ลงไปทางทิศใต้ประมาณ 10 กิโลเมตร โดยปากถ้ำทางน้ำเข้าอยู่ในพิกัดที่ 0418000 2172400 ตามแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระบายบ้านแม่ละนา ระบายที่ 4648 III

ความสูงของปากทางเข้าถ้ำ มีความสูงประมาณ 985 เมตร (รทก.) แต่ไม่มีค่าความสูงของท้ายถ้ำที่น้ำไหลออก เพราะเป็นถ้ำตัน

ทิศทางของโด่งถ้ำหลัก อยู่ในแนวทิศทางประมาณ N30W

ความยาวของถ้ำ โดยเฉพาะความยาวโด่งถ้ำหลัก ประมาณ 314.1 เมตร

ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำน้ำหรือถ้ำธารลอดที่ยังคงมีการเกิดหินงอก หินย้อยอยู่ หรือเรียกได้ว่าเป็น active cave

ลักษณะทางธรณีวิทยา หินส่วนใหญ่เป็นหินปูนซึ่งคาดว่าจะอยู่ในยุคเพอร์เมียน มีสีเทาอ่อน-เทาดำ บางส่วนจะเป็นสีน้ำตาล (ดูภาคผนวก ง)

ซากดึกดำบรรพ์ พบ 2 ชนิด คือ

- 1) ไครนอยด์ (Crinoid) พบที่เพดานถ้ำในหินปูนที่มีทรายปน (sandy limestone) มีสีเทา-น้ำตาล มีขนาดค่อนข้างเล็ก คือ ประมาณเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-6 มม. และพบจำนวนมาก
- 2) ซากหอยโบราณ ประเภท brachiopod ขนาดยาวประมาณ 2-3 ซม. พบอยู่บริเวณเดียวกับที่พบ ไครนอยด์ และอยู่ในหินชั้นเดียวกัน (ดูภาคผนวก ง)

โครงสร้างธรณีวิทยา ลักษณะหินปูนส่วนใหญ่จะเป็นชั้นหนา แต่จะมีชั้นหินปูนที่มีทรายปนซึ่งเป็นชั้นบางๆ สลับอยู่บางส่วน การวางตัวของชั้นหินอยู่ในทิศทางประมาณ N20E และมีมุมเอียง (dip angle) ประมาณ 40-50 องศาไปทางทิศเหนือ ซึ่งการวางตัวของชั้นหินในลักษณะนี้ประกอบกับเนื้อหินมีความแตกต่างกัน บางส่วนจะเป็นสาเหตุให้เพดานถ้ำส่วนใหญ่ถล่มลงมา และจะเป็นตัวกำหนดให้รูปร่างและทิศทางของ

โด่งถ้าเป็นแบบ Bedding plane passage ที่มีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับถ้ำอื่นๆในบริเวณเดียวกัน และด้วยเหตุที่ชั้นหินมีการเอียงตัวมาก จึงทำให้โด่งถ้ำขนานไปกับแนวรอยต่อของชั้นหินอย่างต่อเนื่องตลอดความยาวประมาณ 300 เมตรเศษ (ในส่วนของถ้ำจะสามารถจะสำรวจได้ในขณะนี้) ทำให้ถ้ำมีความลึกในแนวตั้งมาก ประมาณ 140 เมตรจากปากถ้ำ (ดูภาคผนวก ง)

ตะกอนถ้ำที่มีลักษณะเด่น เนื่องจากถ้ำผาเผือกเป็นถ้ำที่มีปริมาณน้ำของลำห้วยที่ไหลเข้าถ้ำน้อย และมีส่วนที่ไหลซึมมาจากเพดานถ้ำน้อยมาก ทำให้น้ำจะไหลไปตามผนังถ้ำที่มีความเอียงมากประมาณ 30-50 องศา ดังนั้นในตอนบนของถ้ำจะมีลักษณะค่อนข้างแห้งตะกอนถ้ำที่เป็นสารคาร์บอเนตแบบทุติยภูมิ (secondary carbonate deposits) มาก จึงไม่ค่อยพบการเกิด หินงอก หินย้อย แต่จะพบเป็น เสาหิน หินงอก หินย้อย และหินน้ำไหล ในโด่งล่างสุดบริเวณกันถ้ำเท่านั้น และที่บริเวณใกล้กันถ้ำ ตามช่องว่างระหว่างชั้นหินบางส่วน จะพบตะกอนที่ถูกพัดมาจากแหล่งนอกถ้ำ (allogenic sources) มาสะสมตัวกันเป็นชั้นๆ ประกอบไปด้วยดินเหนียว ปนทราย และเศษหิน จะเห็นเป็นชั้นสีน้ำตาลขนานกันไปในแนวระดับ

ฝั่งถ้ำ ดูภาคผนวก จ และ ฉ

ถ้ำผาแดง

ตำแหน่งที่ตั้ง อยู่ในเขตบ้านมูเซอทองไม้ซุง ต.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน โดยอยู่ห่างจากชายแดนประเทศเมียนมาร์ไปทางตะวันตกเฉียงเหนือเหนือประมาณ 7 กิโลเมตร ปากถ้ำทางเข้า (น้ำไหลออก) อยู่ในพิกัดที่ 0406600 2167700 ตามแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระบายบ้านแม่ละนา ระบายที่ 4648 III ส่วนปากถ้ำทางออก (น้ำไหลเข้า) อยู่ในพิกัดที่ 0405800 2167000 แผนที่ระบายเดียวกัน

ความสูงของปากทางเข้าถ้ำ มีความสูงประมาณ 895 เมตร (รทก.)

ทิศทางของโด่งถ้ำหลัก อยู่ในแนวทิศทางประมาณ N35E

ความยาวของถ้ำ มีความยาวประมาณ 1,294 เมตร

ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำน้ำ หรือถ้ำธารลอด ที่ยังคงมีการเกิดหินงอก หินย้อยอยู่ หรือเรียกได้ว่าเป็น active cave และมีระดับน้ำค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในฤดูฝน ทำให้โด่งถ้ำบางช่วงจะน้ำเต็ม ไม่สามารถเข้าไปสำรวจได้

ลักษณะทางธรณีวิทยา หินส่วนใหญ่เป็นหินปูน ซึ่งคาดว่าจะอยู่ในยุคเพอร์เมียน มีสีเทาอ่อน-เทาดำ ยกเว้นในบริเวณปากถ้ำทางเข้า (ทางทิศเหนือ) จะมีหินปูนที่มีทรายและตะกอนสีแดงปน ซึ่งทำให้น้ำผาบริเวณนั้นมีสีแดงไปด้วย ภายในถ้ำห่างจากปากถ้ำประมาณ 100 เมตร จะพบเป็นชั้นๆ สีแดงสลับกับสีน้ำตาล และมีเศษหินเค็มปนอยู่ด้วย (ดูภาคผนวก ง)

ซากดึกดำบรรพ์ ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็น ฟิวซิลินิด (fusulinid) หรือที่เรียกว่า “คชข้าวสาร” โดยพบเป็นแถบหนาประมาณ 0.2-0.5 เมตร เป็นแนวยาวรวมกันไม่น้อยกว่า 50 เมตร (ดูภาคผนวก ง)

โครงสร้างธรณีวิทยา เป็นชั้นหินปูนที่มีความหนา (massive limestone) โดยไม่พบโครงสร้างอื่นๆ ที่ชัดเจน

ตะกอนถ้ำที่มีลักษณะเด่น นอกเหนือไปจาก หินงอก หินย้อย ม่านหินย้อย และเสาหิน ที่ปรากฏในถ้ำอื่นๆ แล้ว ในบางส่วนของถ้ำจะมีหินน้ำไหล ที่มีผลึกแร่แคลไซต์สีขาวบริสุทธิ์เคลือบอยู่ดูสวยงามมาก และในบางจุดจะพบสิ่งที่มีลักษณะคล้ายอ่างล้างหน้าติดอยู่กับเสาหิน ซึ่งในคำภาษาอังกฤษจะเรียกว่า Birthbath ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของระดับน้ำในถ้ำในอดีต

ฝั่งถ้ำ ดูภาคผนวก จ และ ฉ

ถ้ำผามอน

ตำแหน่งที่ตั้ง อยู่ในเขตบ้านผามอน ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน อยู่ติดกับทางหลวงหมายเลข 1095 ที่หลักกิโลเมตร ที่อยู่ห่างจากตลาดตำบลสบป่องไปทางตะวันออกประมาณ 3 กิโลเมตร โดยปากถ้ำทางเข้ามีอย่างน้อย 3 ทาง คือ

จุดที่ 1 เป็นทางเข้าทางหน้าถ้ำอยู่ที่พิกัดประมาณ 0425000 2156800 ตามแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระวังบ้านคอยผักกูด ระวังที่ 4648 II

จุดที่ 2 เป็นทางเข้าทางห้วยแยกจุดที่น้ำไหลออก ใกล้สะพานที่ กม. 138 อยู่พิกัดประมาณ 0424100 2156600 ระวังบ้านคอยผักกูด ระวังที่ 4648 II

จุดที่ 3 เป็นทางน้ำไหลเข้าอยู่ที่พิกัดประมาณ 0426500 2157800 ระวังบ้านคอยผักกูด ระวังที่ 4648 II

ความสูงของปากทางเข้าถ้ำ มีค่าที่ต่างกันตามตำแหน่งปากถ้ำโดยลำดับจากสูงไปต่ำ คือ

ที่ปากถ้ำทางน้ำเข้า (จุดที่3) มีความสูงประมาณ 940 เมตร (รทก.)

ที่ปากถ้ำทางน้ำออก (จุดที่1) มีความสูงประมาณ 720 เมตร (รทก.) และ

ที่ปากถ้ำทางน้ำออก (จุดที่2) มีความสูงประมาณ 650 เมตร (รทก.)

ทิศทางของโถงถ้ำหลัก อยู่ในแนวทิศทางประมาณ N40E

ความยาวของถ้ำ แบ่งตามลักษณะที่ปรากฏ ดังนี้

ความยาวโถงถ้ำหลักและโถงรอง ประมาณ 3,733 เมตร

ความยาวโถงบน ประมาณ 310 เมตร

รวมความยาวทั้งสิ้น ประมาณ 4,043 เมตร

ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำน้ำ หรือถ้ำธารลอด (stream cave) ที่ยังคงมีการเกิดหินงอก หินย้อยอยู่ หรือเรียกได้ว่าเป็น active cave และมีระดับน้ำค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในฤดูฝน ทำให้ตะกอนถ้ำบางส่วนจมอยู่ใต้น้ำในฤดูฝน ด้วยลักษณะทางธรณีวิทยา หินส่วนใหญ่เป็นหินปูนคาดว่าจะอยู่ในยุคเพอร์เมียน มีสีเทาอ่อน-เทาดำ บางส่วนมีแนวสายแร่แคลไซต์สีขาวในลักษณะที่ตัดกันไปมาในหินเดิม (criss-cross calcite veins) บางส่วนโดยเฉพาะ โถงชั้นบนจะพบหินดินดานด้วย แต่เป็นชั้นบางๆ แทรกในหินปูนเท่านั้น นอกจากนั้นยังพบหินที่คาดว่าจะเป็หินบะซอลต์ ซึ่งมีสีดำ เนื้อละเอียด อยู่ใต้หินน้ำไหลใกล้ปากถ้ำทางน้ำเข้า

ซากดึกดำบรรพ์ ที่สามารถพบซากดึกดำบรรพ์ได้มากหลายจุด และมีความหลากหลายมากกว่า เช่น ไครนอยด์ เป็นซากดึกดำบรรพ์ที่พบมากที่สุด รองลงไปคือ ซากหอยจำพวก Brachiopod และ Pelecypod นอกจากนั้นบางจุดจะพบเป็นซากปะการัง (ดูภาคผนวก ง)

โครงสร้างธรณีวิทยา การวางตัวของชั้นรอยต่อหินปูน ในบริเวณนี้จะอยู่ในแนวประมาณ N20E-N40E และมีมุมเอียงของชั้นหินระหว่าง 30-55 องศา ดังนั้นจึงเป็นส่วนที่ควบคุมทิศทางของโถงถ้ำหลักให้อยู่ในแนวนนี้ด้วย นอกจากนั้นยังมีส่วนที่ทำให้โถงถ้ำบางส่วน มีแนวเป็นเส้นตรงและมีเพดานถ้ำสูง บางจุดสูงเกิน 30 เมตร (ดูภาคผนวก ง)

ตะกอนถ้ำที่มีลักษณะเด่น ถ้ำผามอนเป็นถ้ำที่มีตะกอนถ้ำที่เกิดจากน้ำหยด (dripstone) มาก ทั้งชนิด ปริมาณ และมีความงดงามมากกว่าถ้ำอื่นๆ ข้างต้น เช่น หลอดหินย้อย (soda straw) หินงอก หินย้อย เสาหิน หินน้ำไหล

ม่านหินย้อย (drapery) ทำนบหินปูน (rimstone dam) แอ่งน้ำ (rimstone pool) ในบางส่วนจะพบเป็นหินรูปภูเขาไฟ (volcanite) หินปูนเกลียว (helictite) ไข่มุกถ้ำรูปน้อยหน้า ผลึกแร่แคลไซต์ (calcite crystal spar) ซึ่งหาได้ยากในถ้ำทั่วไป ยิ่งไปกว่านั้นยังพบหินย้อยสีฟ้า เมื่อตรวจสอบดูอย่างใกล้ชิดทำให้ทราบว่า มีแร่มาลาไคต์ (malachite) ซึ่งเป็นแร่ทองแดงคาร์บอนเนตชนิดหนึ่งมีสีเขียวเข้ม มีสูตรทางเคมี คือ $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ มักมีรูปผลึกแบบ botryoidal form จุดที่พบนั้นจะอยู่บนเพดานถ้ำเหนือหินย้อยสีฟ้า แร่ชนิดนี้สามารถละลายน้ำได้ จึงไปรวมกับน้ำที่ค่อยๆ ซึมผ่านจากเพดานถ้ำ แล้วเปลี่ยนสภาพไปเป็นแร่อะซุไรต์ (azurite) ซึ่งมีสีฟ้า แร่นี้มีสูตรทางเคมีเหมือนกับแร่มาลาไคต์ แต่มีรูปผลึกแบบ monoclinic (American Geological Institute, 1962) จึงทำให้หินย้อยดังกล่าวบางส่วนมีสีฟ้าไปด้วย ซึ่งเป็นสิ่งที่หาได้ยากในโลกนี้

ผังถ้ำ คูภาคผนวก จ และ ฉ

ถ้ำน้ำริน

ตำแหน่งที่ตั้ง อยู่ในเขตบ้านน้ำริน ต. สบป่อง อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน โดยมีปากถ้ำทางน้ำไหลเข้าอยู่ในพิกัดที่ 0426271 2152109 ตามแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระวังอำเภอปาย ระวังที่ 4647 I ปากถ้ำมีลักษณะเป็นรอยแยกของชั้นหินวางตัวเกือบอยู่ในแนวตั้ง และไม่พบปากถ้ำ ทางน้ำไหลออก

ความสูงของปากทางเข้าถ้ำ มีความสูงประมาณ 840 ม. (รทก)

ทิศทางของถ้ำหลัก อยู่ในแนวทิศทางประมาณ N50W

ความยาวของถ้ำ มีความยาวรวม ประมาณ 324 เมตร

ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำที่แห้ง ไม่มีการเกิดหินงอกหินย้อย ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็น non-active cave โถงถ้ำส่วนใหญ่จะแห้ง และมีฝุ่นมาก แต่จะมีบางส่วนที่อยู่ด้านใน พบว่ามีแอ่งน้ำขังอยู่ในช่วงฤดูฝน

ลักษณะทางธรณีวิทยา หินส่วนใหญ่เป็นหินปูนคาดว่าอยู่ในยุคเพอร์เมียน มีสีเทาอ่อน ผิวมีลักษณะที่ขรุขระ ผังถ้ำบางส่วนจะมีร่องรอยการไหลซึมของน้ำในอดีตที่มีสารประกอบเหล็กออกไซด์ จะเห็นเป็นคราบสีแดง - น้ำตาลแดง ตามพื้นถ้ำบางส่วนจะมีแอ่งที่เป็น ทำนบหินปูนเก่า ที่ขอบทำนบมีคราบสีดำ ดูคล้ายแมงกานีสออกไซด์ (MnO_2)

โครงสร้างธรณีวิทยา ลักษณะหินเป็นชั้นหนา ไม่พบการวางตัวของชั้นหิน (คูภาคผนวก ง)

ซากดึกดำบรรพ์ ยังไม่พบ

ตะกอนถ้ำที่มีลักษณะเด่น ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนถ้ำที่แห้งแล้ว ไม่มีการเติบโตของหินงอก หินย้อย และ พบว่าในหลายโถงมีระดับพื้นถ้ำดึกดำบรรพ์ (fossil floor level) อยู่ บางส่วนจะอยู่สูงกว่า พื้นถ้ำในปัจจุบันไม่น้อยกว่า 5 เมตร พื้นถ้ำดังกล่าวจะพบทั้งในรูปของแผ่นหินปูนที่มีรูปร่างคล้ายชั้นวางของและ เป็นชั้นกรวดที่ติดอยู่กับผนัง

สิ่งอื่นๆ ที่พบ

พบงูสีขาวไม่ทราบชนิดยาวประมาณ 1 เมตร

พบแมลงขนาดเล็กคล้ายตัวหนอนมีสีขาวมีความยาวประมาณ 1.5 ซม. อาศัยอยู่ในน้ำบริเวณก้นสระ ของโถงด้านในสุด

ผังถ้ำ คูภาคผนวก จ และ ฉ

ถ้ำแม่อุ้มอง

ตำแหน่งที่ตั้ง อยู่ในเขตบ้านแม่อุ้มอง ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน ปากถ้ำอยู่ในพิกัดที่ 0425114 2148086 ตามแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระบายบ้านปาย ระบายที่ 4647 I

ความสูงของปากทางเข้าถ้ำ ที่ปากถ้ำมีความสูงประมาณ 1,020 ม. รทก. (รทก.)

ทิศทางของโถงถ้ำหลัก อยู่ในแนวทิศทางประมาณ N30W

ความยาวของถ้ำ มีความยาวรวม ประมาณ 77.2 เมตร

ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำที่แห้ง (non-active) ไม่มีการเกิดหินงอกหินย้อย โถงถ้ำส่วนใหญ่จะแห้ง และมีฝุ่นมาก

ลักษณะทางธรณีวิทยา หินส่วนใหญ่เป็นหินปูนคาดว่าจะอยู่ในยุคเพอร์เมียน มีสีเทาอ่อน - เทาดำ ลักษณะหินมีความนุ่ม (ดูภาคผนวก ง)

โครงสร้างธรณีวิทยา ลักษณะหินเป็นชั้นหนา แต่ส่วนที่เป็นหลังคาถ้ำนั้นจะบางมาก เพราะมีรากไม้ของต้นไม้ที่ยังลงมาถึง คาดว่าบริเวณปากทางออกจะเป็นโถงซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการแยกตัวของแนวรอยต่อของชั้นหิน มีการวางตัวในแนวประมาณ N40W และมีมุมเอียงประมาณ 40 องศา และเป็นบริเวณที่มีหินถล่มมาก (ดูภาคผนวก ง)

ซากดึกดำบรรพ์ พบซากดึกดำบรรพ์ประเภท ไครนอยด์ และฟิวซิลินิด โดยเฉพาะฟิวซิลินิดนี้ มักจะเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่พบมากในหินปูนยุคเพอร์เมียน (ดูภาคผนวก ง)

ตะกอนถ้ำที่มีลักษณะเด่น ลักษณะตะกอนถ้ำ ในถ้ำแม่อุ้มองนี้ไม่มีลักษณะเด่น เพราะมีจำนวนน้อย และอยู่ในสภาพที่แห้ง มีฝุ่นมาก

ผังถ้ำ ดูภาคผนวก จ และ ฉ

ถ้ำคริสตัล

ตำแหน่งที่ตั้ง ถ้ำคริสตัล ตั้งอยู่ในเขตบ้านแม่ละนา ต.ปางมะผ้า อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน ปากถ้ำทางน้ำไหลเข้าอยู่ในพิกัดที่ 0418188 2164610 ตามแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระบายบ้านแม่ละนา ระบายที่ 4648 III ไม่พบปากถ้ำที่เป็นทางน้ำไหลออก

ความสูงของปากทางเข้าถ้ำ ที่ปากถ้ำทางน้ำเข้ามีความสูงประมาณ 740 ม. (รทก.)

ทิศทางของโถงถ้ำหลัก มีอยู่ 2 แนว คือ ประมาณ N60E และ N25E

ความยาวของถ้ำ มีความยาวรวม ประมาณ 585.5 เมตร

ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำน้ำ หรือถ้ำธารลอด ที่ยังคงมีการเกิดหินงอกหินย้อยอยู่ หรือเรียกได้ว่าเป็น active cave

ลักษณะทางธรณีวิทยา เป็นหินปูน สีเทาอ่อน มีสายแร่แคลไซต์แทรกอยู่ทั่วไป มีการถูกบดอัดจนกลายเป็นหินกรวดเหลี่ยม บางส่วนพบว่ามีการตกผลึกใหม่ของแร่แคลไซต์ (ดูภาคผนวก ง)

โครงสร้างธรณีวิทยา ลักษณะหินเป็นชั้นหนา ไม่ทราบการวางตัวที่แน่นอน มีบางส่วนแสดง minor fold เอียงไปทางทิศใต้ มีทิศทางของ fold axis ไม่ชัดเจน มีค้ำมุมระหว่างส่วนข้างของชั้นหินคดโค้ง มากกว่า 120 องศา (gentle fold) (ดูภาคผนวก ง)

ซากดึกดำบรรพ์ ซากดึกดำบรรพ์ที่พบ คือ หอยเจดีย์ (Gastropod) ขนาดประมาณ 1-2 ซม. ลักษณะที่พบจะอยู่ใน หินปูนที่ผิวน้ำ และจะปรากฏให้เห็นด้านหน้าตัดตามขวาง มองดูคล้ายเลข ๑ ไทย (ดูภาคผนวก ง) ตะกอนถ้ำที่มีลักษณะเด่น ที่พบ เช่น หินงอก หินย้อย เสาหินขนาดใหญ่ ผลึกเคลือบผนัง (crystal lining) Helictite ผังถ้ำ ดูภาคผนวก จ และ ฉ

ถ้ำน้ำตู (สบป่อง)

ตำแหน่งที่ตั้ง อยู่ในเขตตำบลสบป่อง อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน อยู่ติดกับทางหลวงหมายเลข 1095 (เส้นทางปาย - แม่ฮ่องสอน) ใกล้ทางเข้าบ้านไร่ ปากถ้ำทางน้ำไหลออกอยู่ในพิกัดที่ 0420850 2158750 ตามแผนที่ ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระหว่างบ้านแม่ละนา ระหว่างที่ 4648 III ไม่พบปากถ้ำ ทางน้ำไหลเข้า เนื่องจาก โถงถ้ำบางโถงมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงมาก ไม่สามารถเข้าไปสำรวจได้ ความสูงของปากทางเข้าถ้ำ ที่ปากถ้ำทางน้ำออกมีความสูงประมาณ 600 ม. (รทก.) ทิศทางของโถงถ้ำหลัก จะอยู่ในแนวทิศทางประมาณ N25E ความยาวของถ้ำ มีความยาวไม่น้อยกว่า 1,201 เมตร ทั้งนี้เนื่องจากยังไม่สามารถเข้าไปสำรวจต่อได้ เพราะมีก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์สูงมาก และบางส่วนมีน้ำขังเต็ม ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำน้ำ หรือถ้ำธารลอด ที่ยังคงมีการเกิดหินงอกหินย้อยอยู่ หรือเรียกได้ว่าเป็น active cave ลักษณะทางธรณีวิทยา เป็นหินปูน มีเนื้อแบบ crystalline (ดูภาคผนวก ง) โครงสร้างธรณีวิทยา ลักษณะหินเป็นชั้นหนา ไม่ทราบการวางตัวที่แน่นอน (ดูภาคผนวก ง) ซากดึกดำบรรพ์ ไม่พบ (ดูภาคผนวก ง) ตะกอนถ้ำที่มีลักษณะเด่น ไม่พบ ผังถ้ำ ดูภาคผนวก จ และ ฉ

ถ้ำปล่องบ้านถ้ำ (Big Knob)

ตำแหน่งที่ตั้ง อยู่ในเขตบ้านถ้ำลวด ต.ถ้ำลวด อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน ปากถ้ำอยู่บนยอดเขาในพิกัดที่ 0424565 2165167 ตามแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระหว่างบ้านแม่ละนา ระหว่างที่ 4648 III ความสูงของปากทางเข้าถ้ำ ที่ปากถ้ำทางเข้ามีความสูงประมาณ 880 ม. (รทก.) เป็นปากทางเข้าที่อยู่บนยอดเขาใน แนวตั้ง ทิศทางของโถงถ้ำหลัก อยู่ในแนวทิศทางประมาณ N70W ความยาวของถ้ำ มีความยาวรวมประมาณ 25 เมตร ประเภทของถ้ำ เป็นถ้ำแห้ง (non-active cave) ลักษณะทางธรณีวิทยา หินส่วนใหญ่เป็นหินปูนคาดว่าจะอยู่ในยุคเพอร์เมียน มีสีเทาอ่อน - เทาดำ (ดูภาคผนวก ง)

โครงสร้างธรณีวิทยา ลักษณะหินเป็นชั้นหนา ไม่ทราบการวางตัวที่แน่นอน แต่รอยแตกซึ่งอยู่ในแนว N70W และ รอยแตกในแนวตั้งจะเป็นตัวกำหนดรูปร่างของโถงถ้ำที่มีลักษณะเป็นปล่องสูง (ดูภาคผนวก ง) ซากดึกดำบรรพ์ ไม่พบ (ดูภาคผนวก ง) ตะกอนถ้ำที่มีลักษณะเด่น ที่พบ เช่น หินน้ำไหล และเสาหิน ขนาดใหญ่ และพบว่ามียุคพื้นถ้ำเก่า (Fossil floor level) อย่างน้อย 2 ระดับ แต่ละระดับอยู่ห่างกันประมาณ 10 เมตร ในแนวตั้ง ผังถ้ำ ดูภาคผนวก จ และ ฉ

นอกเหนือจากการสำรวจถ้ำที่มีความสำคัญทางธรณีวิทยา ตามที่เสนอมาแล้วข้างต้น จำนวน 9 ถ้ำแล้ว ทางคณะวิจัยยังได้ช่วยสำรวจข้อมูลในถ้ำขนาดเล็กให้กับกลุ่มโบราณคดี จำนวนประมาณ 10 ถ้ำ อีกด้วย

1.3 สรุปและข้อเสนอแนะ

ในงานด้านธรณีวิทยานั้น เป็นการสำรวจเพิ่มเติมจากการดำเนินงานในปีแรก โดยเน้นในบริเวณตอนกลาง และตอนใต้ของพื้นที่โครงการ ได้สำรวจพบหินชนิดต่างๆ รวมทั้งลักษณะ โครงสร้างธรณีวิทยา นอกจากนั้น ยังพบซากดึกดำบรรพ์ในหินปูน เช่น ไครนอยด์ ปะการัง ฟิวซิลินิด หอยจำพวก brachiopod และหอยเจดีย์ ซึ่งสามารถนำไปเทียบหาอายุของหินปูนที่ทำการสำรวจได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหินยุคเพอร์เมียน

สำหรับงานด้านการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำนั้น คณะวิจัยได้ทำการสำรวจถ้ำขนาดใหญ่ 5 ถ้ำ คือ ถ้ำน้ำริน ถ้ำคริสตอล ถ้ำแม่มอง ถ้ำปล่องบ้านถ้ำ (Big Knob) และ ถ้ำน้ำฮู (สบป่อง) ได้ความยาวรวมกันทั้งสิ้น 2,278.7 เมตร ซึ่งเมื่อรวมกับความยาวของถ้ำขนาดใหญ่ที่สำรวจไปในปีแรก (2541) จำนวน 4 ถ้ำ คือ ถ้ำปางคาม ถ้ำผาเหือก ถ้ำผาแดง และถ้ำผามอนซึ่งมีความยาวรวมกัน 6,385 เมตร ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดโครงการจึงมีการสำรวจถ้ำขนาดใหญ่ ได้จำนวนทั้งสิ้น 9 ถ้ำ ได้ความยาวรวมทั้งสิ้น 8,663 เมตร และในการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำนั้น ได้ทำการศึกษา ลักษณะธรณีวิทยา ตะกอนถ้ำ และ ลักษณะพิเศษต่างๆ ที่พบในถ้ำแต่ละแห่งด้วย

เนื่องจากระยะเวลาของการทำงานภาคสนามของโครงการวิจัยนี้ มีน้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ของโครงการ ดังนั้น งานต่างๆ ที่ได้ดำเนินการไปจึงครอบคลุมพื้นที่เพียงประมาณร้อยละ 30 ของพื้นที่ทั้งหมดเท่านั้น จึงทำให้การศึกษาด้านธรณีวิทยา และอุทกวิทยาได้ข้อมูลมาเป็นบางส่วนเท่านั้น ซึ่งจะมีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามสำหรับการสำรวจเพื่อทำผังถ้ำนั้น ได้ทำการสำรวจเกินเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ นอกจากนี้คณะวิจัยกลุ่มนี้ ยังได้ทำการสำรวจถ้ำขนาดเล็กเพื่อสนับสนุนการทำผังถ้ำและลักษณะทางธรณีวิทยาให้กับกลุ่มโบราณคดี ด้วยจำนวน 10 ถ้ำ

สำหรับในอนาคตแล้ว ผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรจะดำเนินการตามโครงการเช่นนี้ต่อไปเพื่อให้ได้ข้อมูลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องครอบคลุมพื้นที่ของโครงการให้มากที่สุด โดยเฉพาะการสำรวจสภาพธรณีวิทยาในบริเวณตอนเหนือสุดที่ติดกับชายแดนประเทศเมียนมาร์ (ในกรณีที่ดินดังกล่าวมีความปลอดภัยแล้ว) และพื้นที่ตอนใต้ของโครงการฯ ซึ่งยังไม่ได้ทำการสำรวจ รวมทั้งเพิ่มเทคนิคการสำรวจด้านอื่นๆ ด้วย เช่น การสำรวจด้านธรณีสัณฐานเพื่อหาโพรง หรือถ้ำในบริเวณชุมชนต่างๆ ที่ไม่สามารถสำรวจได้โดยวิธีปกติ การสำรวจโครงข่ายของถ้ำด้วยวิธี Dye tracing technique การสำรวจแหล่งน้ำบาดาล และการสำรวจแหล่งน้ำพุ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์และมีผลกระทบโดย

ตรงต่อทรัพยากรอื่นๆ รวมทั้งแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคของชุมชนในท้องถิ่น และในที่สุดข้อมูลด้านต่างๆ ที่ได้นั้นก็สามารถนำไปใช้ในการจัดการทรัพยากรน้ำและทรัพยากรอื่นๆ ในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

อนึ่ง โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับน้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดย สกว. ได้จัดการประชุมวิชาการเรื่อง “ทรัพยากรน้ำ” ระหว่างวันที่ 4-5 สิงหาคม 2542 ณ โรงแรมรอยัลซิติ้ กรุงเทพฯ คณะวิจัยกลุ่มธรณีวิทยาได้เข้าร่วมเสนอผลงานการสำรวจด้วยการเสนอบทความทางวิชาการจำนวน 4 เรื่อง ซึ่งมีรายละเอียดเพิ่มเติมขึ้นแตกต่างจากรายงานฉบับนี้ คือ

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1) ธรณีทัศน์และระบบน้ำในอำเภอปางมะผ้า | โดยนายชัยพร ศิริพรไพบุลย์ |
| 2) วิวัฒนาการของน้ำ | โดยนายพัฒนธร โตไวยะ |
| 3) ประติมากรรมธรรมชาติได้พิภพ | โดยนายไพศาล ศรีพิเศษ |
| 4) สายธาร ภูเขาและอาณาจักรใต้พิภพ | โดยนายชัยพร ศิริพรไพบุลย์ |

บทที่ 2

ลักษณะทางอุทกวิทยา *

ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์ **

ในการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำลาง ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเฉพาะบริเวณที่มีภูมิประเทศแบบคาสต์ หรือบริเวณที่มีหินปูนนั้น จะกระทำได้อย่าง เพราะระบบโครงข่ายของโครงข่ายก็มีความซับซ้อนและยากต่อการสำรวจให้ได้ทุกส่วน อย่างไรก็ตามเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของงานนี้ ผู้เขียนได้พยายามทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะคุณสมบัติของหินปูน โครงสร้างธรณีวิทยา เช่น รอยแตก รอยเลื่อน ที่ปรากฏในพื้นที่นั้น จะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดขนาดและทิศทางของโครงข่ายโครงข่ายที่เชื่อมโยงกันระหว่างโครงข่ายต่างๆ ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อการเกิดและกำหนดคุณสมบัติแหล่งน้ำบาดาลโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นขนาด ความลึก ทิศทางการกระจายตัวชั้นน้ำบาดาล ตลอดจนปริมาณ และคุณภาพน้ำ

ในบทความนี้จะเน้นในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางของสายน้ำ โดยจะเริ่มจากน้ำฝนที่ตกลงลงมาสู่พื้นโลก กลายมาเป็นน้ำผิวดินที่ไหลไปตามลำห้วยต่างๆ แล้วไหลหายลงไปในโพรงหินในจุดที่เรียกว่า กีด เข้าสู่ระบบถ้ำต่อไป ก่อให้เกิดเป็นโครงข่าย รวมทั้งตะกอนในถ้ำและแร่ธาตุภูมิประเภทต่างๆ แล้วไหลออกมาเป็นน้ำซับ น้ำพุธรรมชาติ หรือที่ชาวบ้านในท้องถิ่นเรียกว่า น้ำฮู ซึ่งจะกลับมาเป็นน้ำผิวดินอีกครั้งหนึ่ง

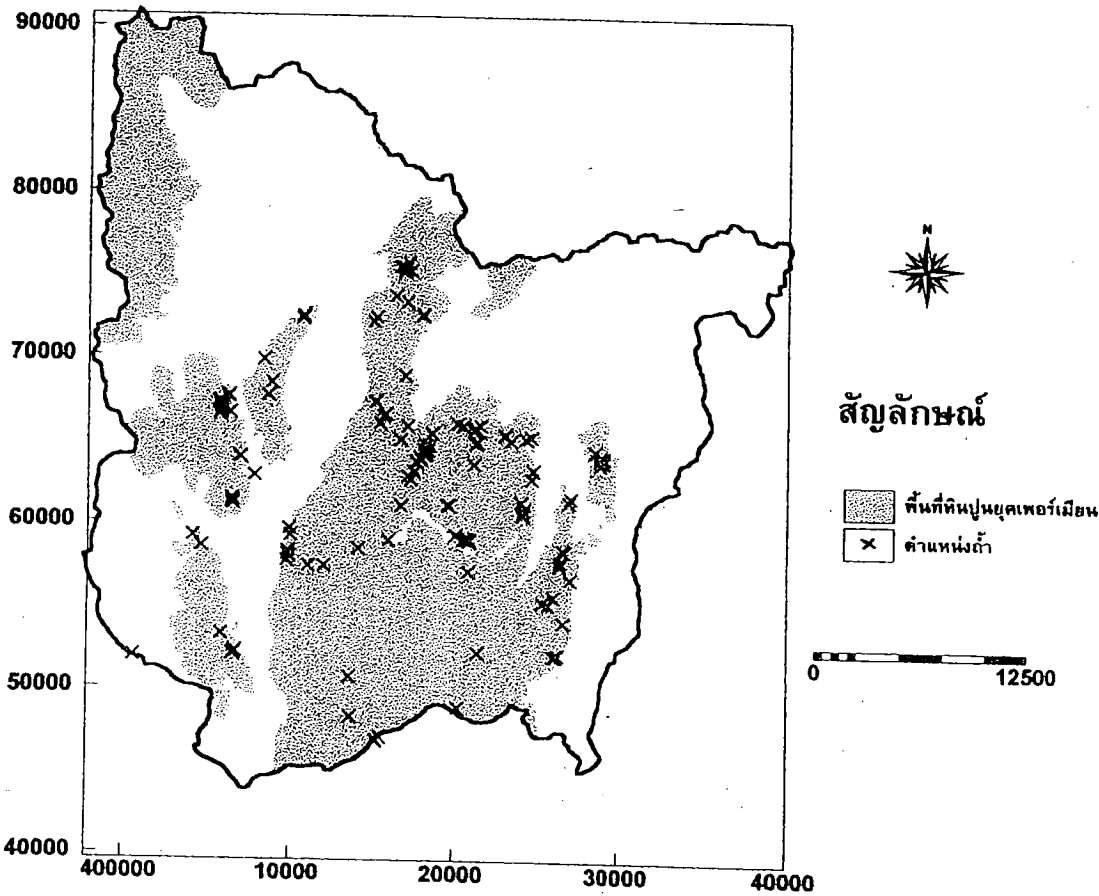
2.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

นอกเหนือไปจากปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และปัจจัยทางชีวภาพแล้ว ในการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน จะต้องคำนึงถึงสภาพทางธรณีวิทยา และโครงสร้างทางธรณี ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะของทางน้ำ ในที่นี้คณะวิจัยได้แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำลางออกได้เป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ที่เป็นเทือกเขาหินปูน ซึ่งจะอยู่ในบริเวณตอนกลางรวมทั้งพื้นที่ที่ต่อเนื่องไปทางเหนือของพื้นที่ศึกษา จะมีลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ (Karst topography) และพื้นที่รอบๆ เขาหินปูนซึ่งจะเป็นหินชนิดอื่น เช่น หินทราย หินดินดาน เป็นต้น ซึ่งจะเป็นภูมิประเทศแบบไม่ใช่คาสต์ (Non-karst topography) (ดูแผนภูมิที่ 2.1)

* รายงานอุทกวิทยานี้ ได้นำบทความจากการประชุมวิชาการ “ทรัพยากรถ้ำ” ซึ่งนำเสนอในการประชุมวิชาการ ระหว่างวันที่ 4-5 สิงหาคม 2542 เรื่อง “สาขาร...ภูผา...และอาณาจักรใต้พิภพ” มาปรับปรุงเพิ่มเติม

** บุคลากรในกลุ่มอุทกวิทยา ประกอบไปด้วย นายชัยพร ศิริพร ไพบูลย์ (หัวหน้ากลุ่ม) และผู้ช่วยนักวิจัยอีก 3 คน ได้แก่ นายพัฒน์ธร โตไวยะ (ม.บ.2541-ธ.บ.2542), นายกำพล กำเนิดศิริ (ม.บ.-ม.บ.2541) และนายไพศาล ศรีพิเศษ (พ.บ.2541-ธ.บ.2542) ซึ่งทำการสำรวจวิเคราะห์ในช่วงเวลาเดียวกันกับการดำเนินงานสำรวจธรณีวิทยาถ้ำ

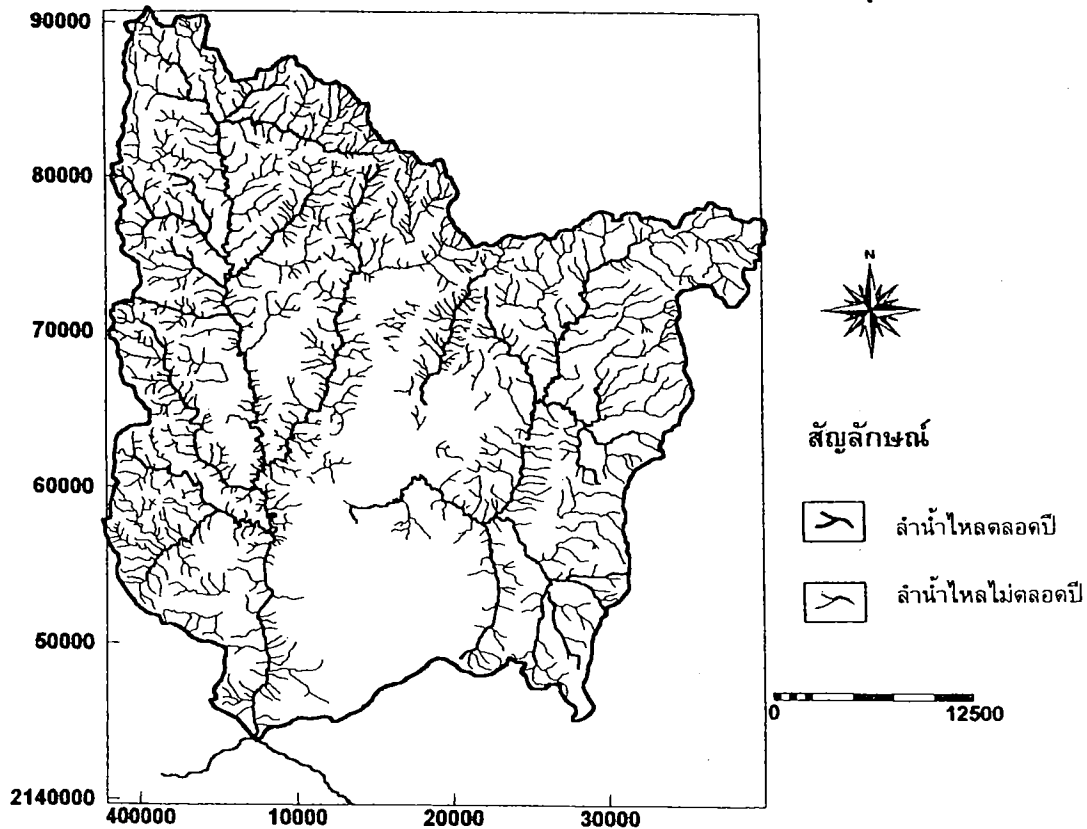
ด้วยเหตุที่พื้นที่ทั้งสองส่วนนี้มีความแตกต่างกันในแง่ของแร่วิทยา (mineralogy) และธรณีวิทยาโครงสร้าง (structural geology) ดังนั้นจึงมีความคงทนต่อการผุพังอยู่กับที่ (weathering) และการกร่อน (erosion) ที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีความแตกต่างกันในทางธรณีสัณฐานวิทยา (geomorphology) และมีแบบรูปทางน้ำ (drainage pattern) ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังรายละเอียดต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 2.1 แสดงพื้นที่หินปูนภายในเขตพื้นที่ศึกษา

1) พื้นที่ภูมิประเทศแบบไม่ใช่คาร์สต์ (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 (ดูแผนภูมิที่ 2.2) ทิศทางการไหลของแม่น้ำดังกล่าวนี้จะขนานไปกับแกนของชั้นหินคดโค้ง (fold axis) แม่น้ำดังกล่าวนี้ประกอบไปด้วย



แผนภูมิที่ 2.2 แสดงแบบรูปทางน้ำในพื้นที่ศึกษา

- ลำน้ำของ จะเป็นแม่น้ำที่ยาวที่สุดในลุ่มน้ำของ มีความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร ตั้งอยู่ทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ทิศทางของลำน้ำจะวางตัวเป็นเส้นตรงในแนวเกือบ เหนือ - ใต้ โดยมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือ บริเวณเทือกเขาใกล้ชายแดนประเทศเมียนมาร์ ลำน้ำของนี้จะไหลผ่านบ้านจะทอ บ้านไฮ บ้านนาปูป้อม บ้านสเล่ บ้านกองไม้สูง บ้านแม่สุยะ จนกระทั่งไปบรรจบกับแม่น้ำปายบริเวณห้วยน้ำสูทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา
- ห้วยโป่งแสนปึก มีความยาวประมาณ 25 กิโลเมตร อยู่ห่างจากลำน้ำของไปทางตะวันออกประมาณ 10 กิโลเมตรเศษ มีต้นน้ำอยู่บริเวณตอนเหนือของบ้านปางคามใกล้ชายแดนประเทศเมียนมาร์ ทิศทางของลำน้ำวางตัวในแนวประมาณ เกือบเหนือ-ใต้ ห้วยโป่งแสนปึกนี้จะไหลจากทิศตะวันตกของบ้านปางคามผ่านบ้านหนองหอย บ้านน้ำตูผาเสือ แล้วไปบรรจบกับลำน้ำของบริเวณตอนเหนือของบ้านแม่สุยะ
- ห้วยแม่ละนา มีความยาวประมาณ 10 กิโลเมตรเศษ จะอยู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีต้นน้ำอยู่บริเวณคอยหลักแดง คอยตอก ห้วยแม่ละนาจะไหลจากบ้านป่าแยกลงไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ผ่านบ้านห้วยเฮี้ยะ บ้านแม่ละนา แล้วไหลเข้าไปในลำแม่ละนา ซึ่งมีความยาวของลำตามโครงหลักประมาณ 8 กิโลเมตร และไหลออกมาสู่ผืนดินอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นก็จะไหลลงสู่ใต้ดินเข้าสู่ระบบลำน้ำอีกครั้ง และคาดว่าจะไหลกลับออกมาสู่ผืนดินรวมกับลำน้ำของแล้วไหลต่อไปทางใต้สู่แม่น้ำปาย

- ห้วยน้ำลาง มีความยาวประมาณ 30 กิโลเมตร จะอยู่บริเวณด้านตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีต้นน้ำอยู่บริเวณคอยตันขวาง คอยมุเซอ ใกล้ชายแดนประเทศเมียนมาร์ แล้วไหลลงไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ ผ่านบ้านแอโก๋ บ้านแสนคำลือ แล้วไหลเข้าไปในถ้ำลอด บ้านถ้ำลอด บ้านสบป่อง จากนั้นจะเปลี่ยนทิศทางการไหลไปทางตะวันตกขนานไปกับทางหลวงหมายเลข 1095 ผ่านบ้านไร่ แล้วไหลหายเข้าไปในถ้ำบริเวณกึ่งน้ำลาง บริเวณบ้านไร่ ซึ่งมีลักษณะคาสต์ (karst feature) แบบ “หุบเขาหลุมยุบขนาดใหญ่” (Polje) มีพื้นที่ท้องน้ำเป็นที่ราบ และคาดว่าจะไหลออกจากระบบช่องทางของถ้ำลงสู่ลำน้ำของบริเวณน้ำตกชู้ชาหรือพื้นที่ใกล้เคียง ในทางทิศใต้ซึ่งมีระดับความสูงของพื้นที่ต่ำกว่า แล้วจะไหลไปรวมกับแม่น้ำปาย

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

2) พื้นที่ภูมิประเทศแบบคาสต์ (Karst topography)

พื้นที่ส่วนนี้จะเป็นภูมิประเทศแบบคาสต์ จะมีแบบรูปทางน้ำที่ซับซ้อน มีลักษณะที่พิเศษและแตกต่างจากพื้นที่ส่วนอื่นๆ เพราะมีหลุมยุบมากมาย (sink hole หรือ doline) สลับกับภูเขาที่สูงชันและมีลักษณะตะปุ่มตะป่ำ ทำให้ลักษณะของทางน้ำแปลกไปจากส่วนอื่นๆ ของพื้นที่ศึกษา ลำน้ำหลายสายได้ไหลลงไปในโพรงหินซึ่งประชาชนในท้องถิ่นเรียกว่า ถ้ำ แล้วไหลผ่านเข้าไปในระบบถ้ำ น้ำบางส่วนจะถูกกักเก็บไว้ในถ้ำถ้ำต่างๆ โดยเฉพาะถ้ำหรือรอยแตกที่อยู่ใต้ระดับน้ำ และบางส่วนจะไหลออกทางปากถ้ำเป็นน้ำพุ หรือที่เรียกกันว่า น้ำฮู ทำให้ลำน้ำบางสายในพื้นที่นี้ขาดหายไปเป็นช่วงๆ ไม่ต่อเนื่องเหมือนลำน้ำในบริเวณที่เป็นหินชนิดอื่น และจะเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลอย่างใกล้ชิด ซึ่งถือได้ว่าแหล่งน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่ที่เป็นหินปูนนั้น จะมีบทบาทและเกื้อกูลต่อความเป็นอยู่ของประชาชน โดยเฉพาะ น้ำฮู หรือน้ำพุที่ไหลออกจากระบบถ้ำจะเป็นน้ำดื่ม น้ำใช้ของคนในท้องถิ่น นอกจากนั้นน้ำจากถ้ำต่างๆ จะเป็นแหล่งต้นน้ำของน้ำผิวดินหลายแห่งในบางพื้นที่ด้วย

2.2 การเดินทางของสายน้ำ

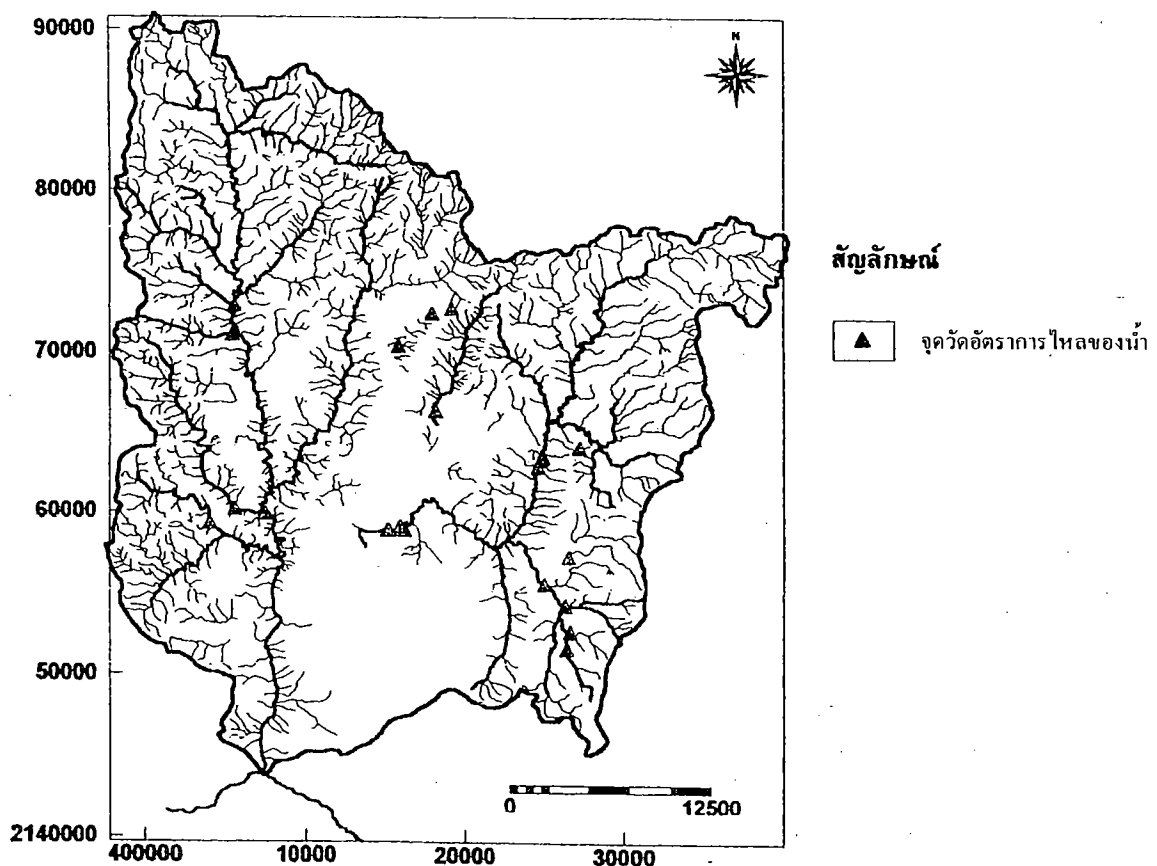
เนื่องจากคำว่า “ถ้ำ” ในเชิงวิทยาศาสตร์นั้น (White, 1984 อ้างถึงใน Gillieson, 1996) ได้ให้คำจำกัดไว้ว่า ถ้ำ คือ ช่องว่างหรือโพรงในหินซึ่งทำหน้าที่เป็นช่องทางเดินของน้ำ ระหว่างทางน้ำเข้า เช่น ถ้ำ (stream sink) และทางน้ำออก เช่น น้ำพุ หรือ น้ำฮู (springs) และน้ำซับ (seeps) ซึ่งท่อเหล่านี้จะมีตั้งแต่ขนาดเล็ก คือ 5 - 15 มิลลิเมตร จนกระทั่งมีขนาดใหญ่โตมาก เช่น ที่ถ้ำลอด ถ้ำน้ำลาง ซึ่งมีขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 40 เมตร เป็นต้น ในกรณีที่ถ้ำมีขนาดใหญ่จะทำให้เกิดกระแสน้ำไหลเป็นแบบ turbulent flow ซึ่งจะมีผลในการละลายของเนื้อหิน การกัดเซาะ และการพัดพาตะกอนในถ้ำได้

จะเห็นได้ว่าถ้ำที่เกิดในหินปูนนั้น จะเกิดขึ้นจากการที่น้ำไปละลายเนื้อหินปูน ซึ่งประกอบไปด้วยสารแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) หรือแร่แคลไซต์ (Calcite) เป็นหลัก ดังนั้นในการสำรวจทางด้านอุทกวิทยาของระบบถ้ำจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไปทำการตรวจสอบ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำบาดาล และ น้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีลักษณะแบบคาสต์ได้

ในการสำรวจข้อมูลปริมาณน้ำไหลในพื้นที่วิจัยนั้น ได้ทำการสำรวจโดยมีการกำหนดตำแหน่งจุดที่ทำการวัดด้วย GPS และเนื่องจากลำห้วยที่ทำการวัดอัตราการไหลนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นลำห้วยหรือทางน้ำขนาดเล็กและมีความลึกของน้ำน้อยมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่างระหว่าง 10-20 เซนติเมตร จะมีเพียงบางแห่งเท่านั้นที่มีความลึกระหว่าง 20-100 เซนติเมตร เช่น แม่น้ำลำ และแม่น้ำของ ดังนั้นคณะสำรวจจึงทำการวัดอัตราการไหลของลำห้วย โดยใช้การวัดพื้นที่หน้าตัดของลำห้วย แล้ววัดความเร็วของกระแสด้วยวัดดูลอยน้ำ ซึ่งในที่นี้ใช้กล้องใส่ฟิล์มถ่ายรูปที่บรรจุน้ำ 1/3 ส่วน

ปกติ การวัดอัตราการไหลของแม่น้ำสายใหญ่จะใช้หน่วยการวัดเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ลบ.ม/วินาที) แต่เนื่องจากปริมาณหรืออัตราการไหลของน้ำ ในจุดที่ทำการวัดในครั้งนี้มีปริมาณค่อนข้างน้อย จึงใช้หน่วยแสดงอัตราการไหลของกระแสน้ำเป็นลูกบาศก์เมตรต่อนาที (ลบ.ม/นาที) แทน ซึ่งคณะวิจัยได้ทำการวัดอัตราการไหลของลำน้ำทั้งสิ้น จำนวน 23 จุด ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2.3 และตารางที่ 2.1 ซึ่งจะมีตำแหน่งกระจายตัวอยู่ประมาณตอนกลางของพื้นที่โครงการ

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



ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลการสำรวจอัตราการไหลของลำน้ำ (Stream discharge)

no.	สถานที่	วันที่ สำรวจ	UTM grid	แผนที่ระหว่าง	ชื่อลำน้ำ	อัตราการไหล (ลบ.ม./นาท.)	หมายเหตุ
1	บ้านเมืองแพม ต.ถ้ำลอด อ.ปางมะผ้า มส.	14/11/41	272645	คอยผักกูด	น้ำแพม	0.32	เหนือฝายน้ำล้น 10 ม.
2	ในถ้ำผาเสือ	17/11/41	180724	แม่ละนา	-	0.33	วัดที่จุด A8 ของฝั้งถ้ำ
3	บ้านห้วยแฮะ (บ้านห้วยเฮี้ยะ) ต.ปางมะผ้า	26/11/41	192727	แม่ละนา	ห้วยแฮะ	0.50	ต้นน้ำห้วยแฮะ ห่างหมู่บ้าน 1 กม.
4	บ้านไร่ ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า มส.	20/11/41	160591	แม่ละนา	น้ำลาง	0.62	กลางน้ำลาง
5	ปากถ้ำ Long Snake Cave บ้านไม้สูง	19/11/41	159704	แม่ละนา	-	0.74	
6	บ้านไร่ ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า มส.	20/11/41	163589	แม่ละนา	น้ำลาง	0.74	กีดน้ำลางจุดที่1(163589)
7	วัดสุญดาราม บ้านแม่สุยะ ต.ห้วยผา อ.ปางมะผ้า	25/11/41	[040593]	แม่ละนา	น้ำแม่สุยะ	1.20	ภายในสุญดารามติดกับคอยก๊วถ้ำวัว
8	เส้นทางไปบ้านผามอน ต.ถ้ำลอด อ.ปางมะผ้า	11/11/41	265572	คอยผักกูด	ห้วยป่าไม้แดง	2.60	จุดที่น้ำไหลเข้าถ้ำผามอน
9	บ้านป่าไม้แดง ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า	26/11/41	263542	อำเภอปาย	ห้วยไฮ	3.00	บริเวณสะพานข้ามห้วยบนทางหลวง 1095
10	บ้านน้ำริน ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า	26/11/41	264516	อำเภอปาย	ห้วยน้ำริน	4.00	ห่างสะพานข้ามห้วยในหมู่บ้านไปทางต้นน้ำ 15 ม.
11	บ้านนาปู่ป้อม ต. นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า	27/11/41	[055729]	แม่ละนา	ห้วยป่ามุง	4.50	ห่างวัดนาปู่ป้อมไปทางเหนือ 400 ม.
12	บ้านสเล่ (ทุ่งสาแล) ต.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า	27/11/41	464811	แม่ละนา	ห้วยผา	5.00	ริมทางเกวียนที่ห้วยตัดผ่าน
13	บ้านแม่ละนา ต. ปางมะผ้า อ.ปางมะผ้า	26/11/41	182663	แม่ละนา	แม่ละนา	9.00	หลังโรงเรียนเด็กเล็กบ้านแม่ละนา ใกล้สะพาน
14	บ้านป่าไม้แดง ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า	26/11/41	266526	อำเภอปาย	ห้วยป่าแดง	10.00	ห่างสะพานข้ามห้วยถนน1095ไปทางต้นน้ำ 80 ม.
15	บ้านเด่นผา ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า	26/11/41	250555	อำเภอปาย	แม่อุ่มองหลวง	12.00	บริเวณสะพานข้ามห้วยบนทางหลวง 1095

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลการสำรวจอัตราการไหลของลำน้ำ (Stream discharge) (ต่อ)

No.	สถานที่	วันที่ สำรวจ	UTM grid	แผนที่ระวาง	ชื่อลำน้ำ	อัตราการไหล (ลบ.ม./นาที่)	หมายเหตุ
16	บ้านแม่สุยะ ต.ห้วยผา อ.ปางมะผ้า	25/11/41	[055602]	แม่ละนา	ห้วยसान	16.00	ห่างสะพานไปทางต้นน้ำ 15 ม.
17	บ้านไร่ ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า มส.	20/11/41	153589	แม่ละนา	น้ำลาง	46.30	จุด C กลางน้ำลางห่างจุด B ไปทาง W 20ม.
18	บ้านไร่ ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า มส.	20/11/41	153589	แม่ละนา	น้ำลาง	64.30	จุด B เป็นลำห้วยแยกที่ไหลเข้ากีดน้ำลางจุดที่2
19	สถานีถ้ำลอดฯ	10/11/41	249634	คอยผักกูด	น้ำลาง	97.90	หน้าบ้านพักจุดตั้งแคมป์
20	บ้านไร่ ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า มส.	20/11/41	152589	แม่ละนา	น้ำลาง	116.60	จุด A เป็นจุดน้ำไหลก่อนเข้ากีดน้ำลางจุดที่2
21	สถานีถ้ำลอดฯ	10/11/41	246628	คอยผักกูด	น้ำลาง	124.20	ห่างปากถ้ำน้ำลอด (ไหลออก) 50ม.
22	สถานีถ้ำลอดฯ	10/11/41	248633	คอยผักกูด	น้ำลาง	129.50	ห่างปากถ้ำน้ำลอด (ไหลเข้า) 50ม.
23	หน่วยป้องกันรักษาป่า มส.15 ต.นาปู่ป้อม	27/11/41	[074599]	แม่ละนา	น้ำของ	145.00	ห่างสะพานข้ามแม่น้ำไปทางท้ายห้วย 100 ม.

ที่มา : โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จ.แม่ฮ่องสอน, 2541

น้ำส่วนที่ 1 : น้ำผิวดินก่อนไหลเข้าระบบถ้ำ

หมายถึงน้ำผิวดินในส่วนที่เป็นน้ำในลำห้วยก่อนที่จะไหลเข้าถ้ำ คณะวิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลอัตราการไหลของลำน้ำในพื้นที่ศึกษา 23 จุด และเนื่องจากอัตราการไหลของลำน้ำที่ทำการวัดในครั้งนี้ มีปริมาณค่อนข้างน้อย เพราะเป็นช่วงฤดูแล้ง จึงใช้หน่วยแสดงอัตราการไหลของกระแสน้ำเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ลบ.ม./นาท.) (ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2.3 และตารางที่ 2.1) ซึ่งจะมีตำแหน่งกระจายตัวอยู่ประมาณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา และมีหลายจุดโดยเฉพาะจุดที่เป็นกีด (stream sink) นั้น มักจะอยู่ในตอนเหนือของโถงถ้ำหลัก ซึ่งจะวางตัวในแนวเหนือ-ใต้

จากตารางที่ 2.1 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 และเป็น ธารน้ำไหลตลอดปี (perennial stream) เช่น น้ำลำ และน้ำของ

น้ำส่วนที่ 2 : น้ำในระบบของโถงถ้ำ

ในส่วนนี้จะหมายถึงน้ำใต้ดิน หรือน้ำบาดาลในโถงถ้ำต่างๆ รวมทั้งน้ำในชั้นตะกอนร่วนที่อยู่ด้านบนของหินปูน จากการสำรวจสภาพทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งข้อมูลผลการเจาะบ่อน้ำบาดาลที่ดำเนินการโดยกรมโยธาธิการ พบว่าพื้นที่นี้จะประกอบไปด้วยหน่วยทางธรณีวิทยา 2 ชนิดหลัก 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 และมีหินแข็งรองรับอยู่ส่วนล่างเป็นหินดาน (bed rock) ดังนั้นลักษณะของชั้นน้ำบาดาลส่วนใหญ่จึงเป็นแบบ “ชั้นหินอุ้มน้ำอิสระ (unconfined aquifers)” ซึ่งส่วนใหญ่ประชาชนในท้องถิ่นสามารถนำมาใช้ได้โดยตรง และง่ายต่อการขุด เพราะอยู่ในระดับตื้น บ่อน้ำที่พบส่วนใหญ่จะเป็นบ่อขุด (dug well) ที่ใกล้กับลำน้ำในปัจจุบัน เช่น น้ำลำ น้ำแม่ละนา เป็นต้น บ่อประเภทนี้จะมีควมลึกประมาณ 2 - 3 เมตร มีปริมาณน้ำไม่มากนัก และจากประสบการณ์ของผู้เขียน บ่อน้ำเหล่านี้จะให้ปริมาณน้ำได้ประมาณ 1-2 ลบ.ม./ชม. ส่วนคุณภาพน้ำเป็นน้ำจืด

2) หินแข็ง (consolidated rocks หรือ hard rocks) ประกอบไปด้วยหินปูน หินทรายและหินดินดาน จากลักษณะทางธรณีวิทยาดังกล่าว ทำให้สามารถประเมินสภาพอุทกธรณีวิทยา (น้ำบาดาล) ได้ว่าชั้นน้ำบาดาลในบริเวณนี้จะอยู่ในหินที่มีรอยแตก หรือ ถ้ำใต้ดินซึ่งเกิดจากการละลายของเนื้อหินปูน (solution channels) เป็นส่วนใหญ่ และลักษณะของชั้นน้ำบาดาลจึงเป็นแบบ “ชั้นน้ำกักขัง (confined aquifers)” ซึ่งจะมีแรงดันสูงกว่าแรงดันของบรรยากาศ เช่นเดียวกับแหล่งน้ำบาดาลในหินปูนจังหวัดสระบุรี นครราชสีมา และกระบี่ (ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, 2540)

ลักษณะของน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลในระบบถ้ำ นั้นจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ โถงถ้ำที่มีน้ำปนกับอากาศ (vadose zones) ซึ่งได้แก่บริเวณส่วนที่อยู่เหนือระดับน้ำในถ้ำ กับส่วนที่เป็นโพรง หรือโถงถ้ำที่มีน้ำอยู่เต็ม (phreatic zones) ซึ่งน้ำทั้งสองส่วนนี้จะทำหน้าที่และบทบาทที่แตกต่างกัน กล่าวคือ

โด่งน้ำที่มีน้ำปนกับอากาศ (vadose zones)

น้ำในส่วนนี้จะเป็น้ำที่อยู่เหนือระดับน้ำบาดาล (water table) และจะเป็นน้ำที่อยู่ปนกับอากาศในช่องว่างต่างๆ ในหิน เช่น ในรอยแตก โพรง หรือโด่งน้ำขนาดต่างๆ ซึ่งจะมีสัดส่วนของอากาศมากกว่าน้ำ และจะมีบทบาทมากในการก่อให้เกิดแร่ทุติยภูมิ (speleothem) ต่างๆ โดยเฉพาะแร่ที่เกิดจากน้ำที่มีสารคาร์บอเนต เช่น หินย้อย หินงอก เสาหิน ม่านหินปูน เป็นต้น หรือแร่ชนิดอื่นๆ เช่น แร่ยิปซัม แร่เหล็ก-แมงกานีส หรือแร่ชนิดอื่น เช่น แร่ยิปซัม แร่มาลาไคท์ (malachite) เป็นต้น และด้วยเหตุที่เป็นน้ำที่ค่อนข้าง ใสซึมออกมาตามเพดาน หรือผนังถ้ำ จึงมักจะมีอัตราการไหลที่ค่อนข้างน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำในส่วนที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำบาดาล (water table)

ในบางถ้ำนั้นจะพบว่าโด่งน้ำบางส่วนจะแสดงถึงการกัดเซาะหรือละลายเนื้อหินปูน โดยน้ำที่ไหลจากด้านบนเพดานถ้ำมาตามรอยแตกในแนวตั้ง ทำให้เพดานถ้ำเกิดเป็นรูปทรงของหินที่คล้ายกับหินย้อย เช่น ที่ถ้ำผาแดง ถ้ำปางคาม เป็นต้น โด่งน้ำประเภทนี้หลายแห่งจะมีลำธารไหลที่พื้นถ้ำ ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการกัดเซาะหินที่พื้นถ้ำให้ลึกลงไปใในแนวตั้ง (Meredith. and Wooldridge, 1992) และโด่งน้ำประเภทนี้มักไม่มีหินย้อย หรือหินงอก

โด่งน้ำที่มีน้ำอยู่เต็ม (phreatic zones)

น้ำในส่วนนี้มักจะมีบทบาทต่อการละลายเนื้อหินปูนตามรอยแตกหรือโพรงต่างๆ ให้ขยายใหญ่ขึ้น และโพรงหรือช่องว่างทั้งหมดจะมีน้ำอยู่เต็ม และในกรณีที่เป็นโพรงนั้นจะมีลักษณะการไหลของน้ำแบบเดียวกับน้ำในท่อ ซึ่งจะสามารถสังเกตได้จากร่องรอยที่พบ คือ ผนังถ้ำมักจะเป็นท่อกลมๆ หรือรูปรี มีผนังของโด่งน้ำค่อนข้างเรียบหลายแห่งจะพบหลักฐานที่ใช้บ่งบอกถึงลักษณะการไหลของน้ำได้ คือ scallop (Moore. and Sullivan, 1978) ผู้เขียนขอเรียกว่า “รอยริ้วน้ำไหล” ซึ่งคล้ายๆ กับ “รอยริ้วคลื่น (ripple mark)” (คณะอนุกรรมการจัดทำงานอนุกรมธรณีวิทยา, 2530) สิ่งนี้สามารถใช้บอกความเร็วของน้ำในเชิงเปรียบเทียบได้ รวมทั้งบอกทิศทางการไหลของน้ำว่าไหลจากทิศไหนไปทิศไหน ตัวอย่างเช่นถ้ำรอยริ้วน้ำไหลนี้มีขนาดเล็กแสดงว่าน้ำไหลเร็ว แต่ถ้ำมีขนาดใหญ่จะไหลช้า

ในแง่ของการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลแล้ว น้ำในส่วนนี้จะเป็ชั้นน้ำที่มีศักยภาพสูงกว่าน้ำในส่วนบนที่เป็น vadose zones เพราะจะมีปริมาณน้ำที่มากกว่า ความลึกของบ่อน้ำบาดาลในกรณีที่เป็นหินปูนนั้นจะอยู่ในรอยแตก ถ้ำ หรือโพรงน้ำใต้ดิน ซึ่งจะพบตั้งแต่ในระดับใกล้ผิวดิน จนถึงความลึกไม่น้อยกว่า 100 เมตร ตัวอย่างบ่อน้ำบาดาลที่มีในปัจจุบัน เช่น ที่โรงเรียนศูนย์ปางมะผ้า และบ้านแม่สุยะ ซึ่งเป็นบ่อที่เจาะโดยกรมโยธาธิการ เมื่อปี 2539 นั้น เป็นบ่อน้ำบาดาลที่ได้น้ำจากชั้นหินปูน 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 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์อนุโลมให้เป็นน้ำสำหรับบริโภค และสามารถนำมาใช้ทำเป็นระบบประปาหมู่บ้านได้

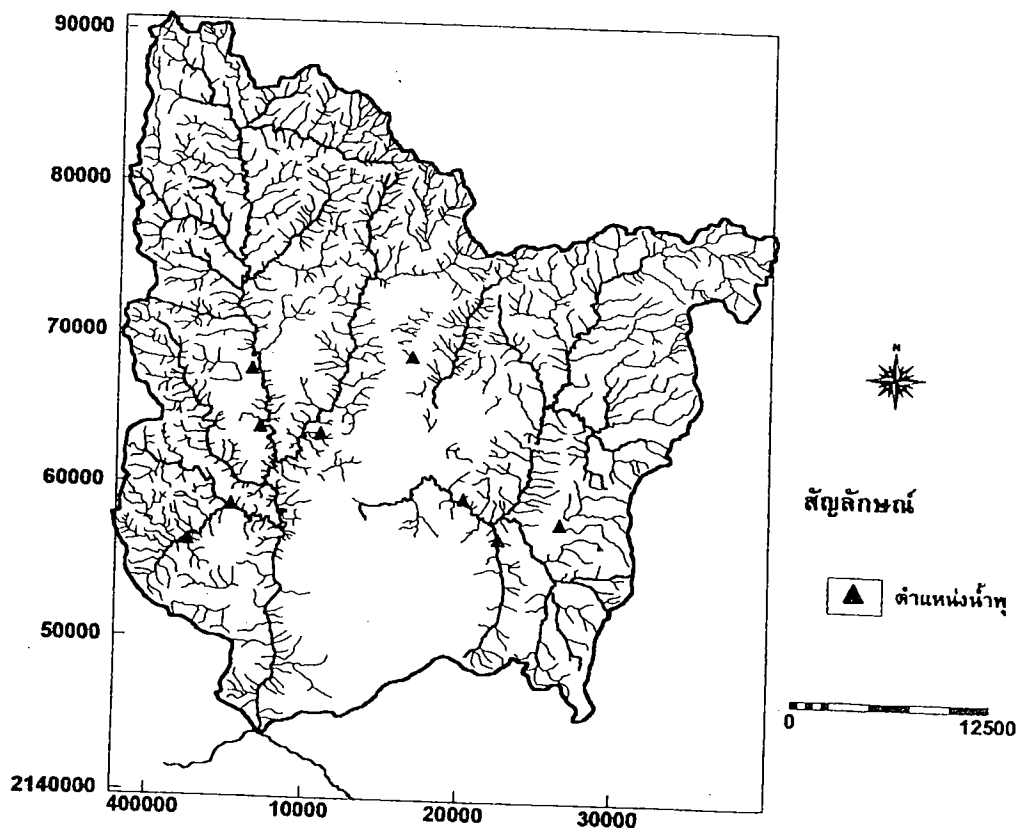
ในอนาคตถ้าหากมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น หรือในกรณีที่จะมีกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องการใช้น้ำในปริมาณที่มากกว่าเดิม เช่น การเกษตร หรือการอุตสาหกรรม ที่ต้องการใช้น้ำในปริมาณที่มาก ก็สามารถพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่นั้นๆ มาใช้ได้ โดยการเจาะบ่อน้ำบาดาลจากรอยแตกของหิน หรือโพรงในหินปูนที่มีน้ำ เพราะแหล่งน้ำบาดาลในบริเวณนี้ถือได้ว่าเป็นแหล่งน้ำสำรองที่สำคัญมากแห่งหนึ่ง ซึ่งถ้าสามารถควบคุม และมีการจัดการที่ดีแล้ว ก็สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากขึ้น

น้ำส่วนที่ 3 : น้ำพุธรรมชาติ หรือ น้ำอู

น้ำพุ หรือน้ำอู (spring) เป็นน้ำบาดาลที่ไหลออกมาจากใต้ดินขึ้นมาสู่ผิวดิน ซึ่งเราจะสังเกตบริเวณที่มีน้ำพุได้จากพื้นที่ที่มีน้ำไหลออกมาและมักเป็นที่ที่ชั้นแฉะหรือมีน้ำขัง (Todd, 1985) ดังนั้น น้ำพุจึงเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลที่มีลักษณะ ชั้นดิน ชั้นหิน และโครงสร้างทางธรณีวิทยาบางอย่างที่เหมาะสมมาเป็นตัวควบคุมให้น้ำบาดาลไหลมาสู่ผิวดิน เช่น รอยแตกของหิน รอยต่อของชั้นหิน โพรงหรือถ้ำในหินปูน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นน้ำพุประเภทต่างๆ แต่ในพื้นที่ศึกษาจะพบ 2 ประเภท คือ

- น้ำพุที่เกิดจากระดับน้ำใต้ดินตัดกับผิวดิน (water table spring) เช่น ที่บ้านแม่สุยะ
- น้ำพุที่ไหลออกจากโพรงหรือถ้ำที่เกิดจากการละลายของเนื้อหิน (solution channels) แล้วไหลออกที่ผิวดิน (Linsley and Franzini, 1985) ซึ่งน้ำพุส่วนใหญ่ที่คณะวิจัยสำรวจพบในพื้นที่โครงการจะเป็นน้ำพุประเภทนี้ และเรียกเป็นศัพท์พื้นเมืองว่า “น้ำอู” ซึ่งหลายๆ แห่งถูกนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำในการอุปโภคและบริโภคของชุมชนมานาน

ในการสำรวจข้อมูลน้ำพุ นั้น คณะวิจัยได้ทำการสำรวจจุดที่มีน้ำพุต่างๆ โดยมีการกำหนดตำแหน่งจุดสำรวจด้วย GPS แล้วจึงทำการวัดอัตราการไหลด้วยวิธีเดียวกันกับการวัดอัตราไหลของลำน้ำผิวดิน โดยสำรวจทั้งสิ้น จำนวน 9 จุด (ดูแผนภูมิที่ 2.4 และตารางที่ 2.2) ซึ่งจะมีตำแหน่งกระจายตัวอยู่ประมาณตอนกลางของพื้นที่โครงการ และพบว่าจุดที่เป็นน้ำพุ นั้นจะอยู่ในช่วงความสูงระหว่าง 352 - 800 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, 2542)



แผนภูมิที่ 2.4 แสดงตำแหน่งน้ำพุในเขตพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลน้ำพุ (Spring discharge)

No.	สถานที่	วันที่ สำรวจ	UTM grid	แผนที่ระวาง	ความสูง (รทก, ม.)	อัตราการไหล (ลบ.ม/นาที่)	หมายเหตุ
1	บ้านน้ำกัศ	16/11/41	[024563]	แม่ละนา	490	0.15	
2	บ้านไม้สูง	19/11/41	167687	แม่ละนา	667	0.46	
3	ห้วยป่าไม้แดง	11/11/41	264578	คอยผักกูด	800	0.70	น้ำไหลออกจากรอยแตกของหินปูน
4	ต.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า	27/11/41	[069639]	แม่ละนา	360	1.00	outlet อยู่ในถ้ำ
5	ถ้ำผาแดง ต.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า	27/11/41	[063677]	แม่ละนา	?	1.30	ห่างปากถ้ำ 50 ม.
6	น้ำฮู บ้านแม่หม่ม ม.1 ต.สบป่อง อ.ปางมะผ้า	20/11/41	224567	แม่ละนา	720	1.32	ไหลไปทางทิศ 330
7	บ้านน้ำฮูผาเสือ ม.4 ต.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า	15/11/41	108635	แม่ละนา	510	1.33	ก่อนไหลเข้าถ้ำผามอน
8	วัดถ้ำสามตา บ้านแม่สุยะ	16/11/41	[051587]	แม่ละนา	352	3.30	
9	สวนสาธารณะบ้านน้ำฮู ต.ถ้ำลอด อ.ปางมะผ้า	11/11/41	201593	แม่ละนา	600	6.80	
					รวม	16.36	
					เฉลี่ย	1.82	

ที่มา : โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จ.แม่ฮ่องสอน, พ.ศ. 2541

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลของน้ำพุ มีค่าระหว่าง 0.15 - 6.8 ลบ.ม/นาที่ โดยมีค่าต่ำสุด 0.17 ลบ.ม/นาที่ ที่บริเวณบ้านน้ำกัก ค.ห้วยผา อ.เมือง และสูงสุด 6.8 ลบ.ม/นาที่ บริเวณสวนสาธารณะบ้านน้ำสุ ค.สบป่อง อ.ปางมะผ้า และมีค่าเฉลี่ย 1.82 ลบ.ม/นาที่ (ดูภาคผนวก ข)

สำหรับคุณภาพของน้ำนั้น ถึงแม้ว่าน้ำทั้งหมดจะเป็นน้ำจืด แต่ก็คือน้ำที่ประชาชนในท้องถิ่นนำมาใช้ในการบริโภค ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้เริ่มทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์คุณภาพ เพื่อให้ทราบว่าน้ำจากน้ำพุ นั้น สามารถใช้บริโภคได้หรือไม่ เพราะน้ำในหินปูนในบางจุดอาจจะมีปริมาณความกระด้างสูงเกินมาตรฐานน้ำดื่ม

2.3 ผลการวิเคราะห์สารคาร์บอเนตที่ละลายในน้ำในส่วนต่างๆ

ส่วนหนึ่งของการศึกษาด้านอุทกวิทยาในโครงการวิจัยนี้ คือ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านต่างๆ ของน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และชีวภาพเป็นหลัก แต่ในบทความนี้จะนำเสนอเฉพาะข้อมูลทางเคมีที่จะสามารถแสดงผลให้เห็นน้ำในส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำในลำห้วยก่อนที่จะไหลเข้าระบบถ้ำ น้ำในระบบถ้ำ และน้ำในส่วนที่ไหลออกมาจากระบบถ้ำ โดยเฉพาะน้ำพุธรรมชาติ และปัจจัย (parameter) ที่จะนำมาเสนอ คือ ค่าความกระด้างของน้ำซึ่งเกิดจากการละลายของแร่แคลไซต์ที่เป็นแร่ส่วนใหญ่ในเนื้อหินปูน จนกลายเป็นโพรงหรือโถงถ้ำ (Solution channels) ขนาดต่างๆ และขอนำเสนอเฉพาะสารแคลเซียมไบคาร์บอเนต (calcium bicarbonate) ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายในน้ำเท่านั้น (ตารางที่ 2.3 และ 2.4)

ตารางที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสารไบคาร์บอเนตจากตัวอย่างน้ำในลำห้วยนอกถ้ำ

เลขที่	สถานที่	Bicarbonate alkalinity (mg/l)
1	ห้วยसान	104.40
2	ห้วยสลอบ	69.64
3	ห้วยแม่อุ่มหลง	196.50
4	ห้วยแม่หมู	109.93
5	ห้วยม่วง	19.22
6	ห้วยผาย	134.30
7	ห้วยป่ามุง	67.10
8	ห้วยปางสูง	47.25
9	ห้วยนาซอ	52.23
10	น้ำแม่สุยะ	34.80
11	น้ำแม่ละนา	99.50
12	น้ำของ	146.50
13	บ้านแม่อุ่มอง (น้ำใช้)	10.94
	เฉลี่ย	84.02

ที่มา : จากการสำรวจ, 2541

ตารางที่ 2.4 ผลการวิเคราะห์ค่าสารไบคาร์บอเนตจากตัวอย่างน้ำจากระบบถ้ำ

เลขที่	สถานที่	Bicarbonate alkalinity (mg/l)	หมายเหตุ
1	ปางคาม	193.99	ในถ้ำ
2	ปางคาม	193.99	นอกถ้ำ
3	บ้านลูกปากก้อ(ห้วยเตือ)	414.35	นอกถ้ำ
4	บ้านลูกตอง	271.09	นอกถ้ำ
5	บ้านลูกข้าวหลาม	353.10	บ่อน้ำดินใกล้เขาหินปูน
6	บ้านน้ำริน	132.00	ในถ้ำ
7	บ้านน้ำริน	261.00	นอกถ้ำ
8	น้ำแม่สุยะ	381.52	น้ำพุ
9	น้ำฮู 5 (ห้วยน้ำริน)	19.90	น้ำพุ
10	น้ำพุ 3 (บ้านน้ำกัค)	430.30	น้ำพุ
11	น้ำพุ 2 (ถ้ำวัว)	144.20	น้ำพุ
12	น้ำพุ 1 (น้ำของ)	286.00	น้ำพุ
13	ถ้ำผามอน (น้ำออก)	271.10	น้ำจากถ้ำ
14	ถ้ำผาแดง (น้ำออก)	236.30	น้ำจากถ้ำ
15	ถ้ำปุงสูง (IS)	458.00	จากผนังและเพดานถ้ำ
16	ถ้ำปุงสูง (IR)	409.00	จากผนังและเพดานถ้ำ
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด		278.49	
ค่าเฉลี่ยของเลขที่ 1-14		256.34	
ค่าเฉลี่ยของเลขที่ 15-16		433.50	

ที่มา : จากการสำรวจ, 2541.

จากตารางที่ 2.3 และ ตารางที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าน้ำผิวดินในส่วนใหญ่ก่อนเข้าสู่ระบบถ้ำนั้น จะมีปริมาณสารแคลเซียมไบคาร์บอเนตต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส่วนอื่นๆ คือประมาณ 10.94 – 196.50 มก/ล มีค่าเฉลี่ย 84.02 มก/ล รองลงมาคือน้ำในส่วนใหญ่ออกมาจากระบบถ้ำ คือ ประมาณ 19.90 - 430.30 มก/ล มีค่าเฉลี่ย 256.34 มก/ล และมากที่สุดคือน้ำที่ไหลซึมออกมาจากเพดานหรือผนังถ้ำแล้วทำให้เกิดเป็นแร่ทุติยภูมิในถ้ำ (speleothem) เช่น หินงอก และหินย้อย เป็นต้น กับน้ำที่ขังอยู่ตามท่อนหินปูน (Rimstone pools) ในบางแห่งที่มีสภาพน้ำขังนานๆ และมักจะไม่ค่อยมีน้ำไหลผ่าน (over flow) ผ่านออกไปในอัตราที่มาก จะมีปริมาณแคลเซียมไบคาร์บอเนตประมาณ 409.00 – 458.00 มก/ล มีค่าเฉลี่ย 433.50 มก/ล ซึ่งมีความเข้มข้นมากพอที่จะตกตะกอนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃)

จากข้อมูลในตารางที่ 2.3 และ 2.4 นั้น จะเห็นได้ว่าปริมาณสารแคลเซียมไบคาร์บอเนตของน้ำในแต่ละกลุ่ม จะมีค่าที่แตกต่างกันมากในบางตัวอย่าง แต่จากการสังเกตในภาคสนามของผู้เขียนพบว่าในบางกรณี เช่น น้ำในถ้ำปางคาม บางส่วนมีสารดังกล่าวต่ำ เพราะเป็นจุดที่น้ำเพิ่งไหลจากภายนอกเข้าสู่ถ้ำ ยังไม่มีเวลานานเพียงพอที่จะละลายหินปูนได้มาก ส่วนน้ำผิวดินบางจุดกลับมีปริมาณสารดังกล่าวสูง ผู้เขียนคาดว่าจะมีน้ำไหลออกจากถ้ำตามรอยแตกหรือโพรงขนาดเล็กที่ไม่อาจสังเกตเห็นได้

2.4 สรุป

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (น้ำบาดาล) ในพื้นที่บริเวณอำเภอปางมะผ้า นั้น จะแสดงให้เห็นถึงส่วนหนึ่งของวัฏจักรของน้ำที่แตกต่างไปจากพื้นที่ทั่วไป เพราะด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวของหินปูนที่มีความแข็งปานกลาง แต่สามารถละลายน้ำได้ จึงทำให้เกิดเป็นโพรงถ้ำในแนวต่างๆ เชื่อมโยงกันไปมา และถ้ำต่างๆ ที่ปรากฏในพื้นที่ศึกษานั้น ก็เปรียบเสมือนท่อน้ำขนาดต่างๆ กันที่ฝังอยู่ใต้ดิน ซึ่งจะทำหน้าที่ในการส่งผ่านน้ำจากบริเวณพื้นที่รับน้ำแล้วส่งผ่านไปสู่อำเภอของโพรงถ้ำอันซับซ้อน แล้วปล่อยน้ำส่วนหนึ่งออกมาสู่ผิวดินกลายเป็นน้ำผิวดินอีกครั้งหนึ่งในรูปของน้ำพุธรรมชาติ ซึ่งจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของแม่น้ำ ลำธารต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นขบวนการทางธรรมชาติ เช่น ปริมาณน้ำฝนที่ผิดปกติ การทำลายหน้าดินในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะจากการตัดไม้ทำลายป่า และกิจกรรมอื่นๆ ของมนุษย์ที่มีผลต่อการทำลายหน้าดิน จะก่อให้เกิดอัตราการทับถมของตะกอนที่น้ำได้พัดพาเข้าไปภายในถ้ำที่ผุดผ่องไปจากสภาวะปกติ รวมทั้งการใช้สารเคมีต่างๆ ในการเกษตรจะมีผลทำให้ทั้งปริมาณและคุณภาพน้ำในถ้ำเปลี่ยนแปลง และจะก่อให้เกิดผลกระทบต่ออัตราการเติบโตของหินงอกหินย้อย สิ่งมีชีวิตภายในถ้ำ และท้ายที่สุดก็จะกระทบมายังความเป็นอยู่ของมนุษย์เอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำพุที่ไหลออกจากถ้ำ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภคของชุมชน

การศึกษาเรื่องถ้ำในโครงการวิจัยนี้ ถือได้ว่าเป็นงานใหม่สำหรับกลุ่มนักวิชาการชาวไทย คณะวิจัยยังคงต้องการการสนับสนุนทั้งด้านความรู้ การฝึกฝน และ เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น ดังนั้น หากคณะวิจัยชาวไทยได้มีโอกาสทำงานต่อเนื่องกันไป ผู้เขียนเชื่อว่าผลงานที่เกิดขึ้นในอนาคตคงจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ การค้นพบสิ่งใหม่ๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความรู้ในสาขาที่เกี่ยวข้อง และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับด้านอื่นๆ เช่น ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม การควบคุมการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรถ้ำและทรัพยากรอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำบาดาล ป่าไม้ เป็นต้น

บทที่ 3

คุณภาพน้ำในด้านสิ่งแวดล้อม*

สิทธิพงษ์ ดิลกวนิช

การดำเนินงานของการสำรวจคุณภาพน้ำนั้น ได้เริ่มขั้นตอนของการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษางานด้านนี้เช่นเดียวกับกลุ่มงานอื่นๆ เพื่อจะได้ทราบว่า งานการสำรวจหรือการวิจัยที่ผ่านมาได้เลือกกลุ่มตัวอย่างได้อย่างไรในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ อย่างไรก็ตามทางกลุ่มงานคุณภาพน้ำได้พบว่า ในปี พ.ศ. 2528 มีเพียงทีมงานสำรวจของชาวฝรั่งเศสทีมเดียวเท่านั้นที่ได้ทำการสำรวจคุณภาพน้ำเพียงบางถ้ำในเขตอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเฉพาะถ้ำผามอน ที่ได้มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างละเอียด ซึ่งเป้าหมายหลักของการสำรวจครั้งนั้นเพียงต้องการค่าคุณภาพน้ำบางประเภทที่ช่วยบ่งชี้การละลายของแร่ธาตุจากหินปูนและแร่ประกอบอื่นๆ ในหินปูน ที่ทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำด้วย นอกจากนี้ยังมีการตรวจคุณภาพน้ำของถ้ำอีกหลาย ถ้ำนักสำรวจชาวฝรั่งเศสชุดนี้ก็ไม่ได้แสดงชื่อถ้ำหรือตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างน้ำที่แน่ชัด จึงทำให้ไม่สามารถคาดเดาเองได้ว่า ถ้ำอื่นที่มีการสำรวจนอกเหนือจากถ้ำผามอนคือถ้ำไคบัง (Brouquisse et Bakalowiez, 1986; Brouquisse et Dalger, 1987)

ในการสำรวจคุณภาพน้ำของโครงการฯ นี้ ทางกลุ่มวิจัยคุณภาพน้ำจึงต้องการการหลีกเลี่ยงการได้ถ้ำตัวอย่างที่แตกต่างจากกลุ่มงานอื่น โดยเฉพาะกลุ่มธรณีวิทยาและอุทกวิทยา และกลุ่มการใช้ประโยชน์พื้นที่และชุมชน ดังนั้นทางกลุ่มคุณภาพน้ำจึงเลือกถ้ำตัวอย่างที่เป็นถ้ำตัวอย่างเดียวกันกับของกลุ่มธรณีวิทยาและอุทกวิทยา ในการหาถ้ำนี้ทั่วทั้งไปและดัชนีน้ำเฉพาะ¹ รวมทั้งทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทั่วไปของแหล่งน้ำบริเวณของชุมชนบางแห่งด้วย ซึ่งการหาถ้ำนี้เหล่านี้จะช่วยบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามจุดต่างๆ ในลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำล่าง เช่น การปนเปื้อนของปุ๋ยและสารปราบศัตรูพืชในแหล่งน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และแม้กระทั่งในตะกอนดินตามธารน้ำ ที่ได้รับจากพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงกับถ้ำว่าจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ภายในถ้ำ ตลอดจนผู้ใช้น้ำที่มาจากถ้ำในการบริโภคหรือไม่

ระยะเวลาของการสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านมานั้นได้ทำใน 5 ช่วงเวลา คือ ระหว่าง 6-9 เมษายน 2541 ระหว่าง 5-7 พฤษภาคม 2541 ระหว่าง 12-14 พฤศจิกายน 2541 ระหว่าง 8, 29-31 มีนาคม 2542 และ 26 พฤศจิกายน 2542 รวมระยะเวลาในภาคสนามทั้งสิ้น 15 วัน ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นทางกลุ่มคุณภาพน้ำได้ทำการสำรวจน้ำของถ้ำปางคาม ถ้ำผาเผือก ถ้ำลอด ถ้ำผาแดง ถ้ำผามอน และถ้ำน้ำล่าง ตลอดจนการตรวจวัดดัชนีน้ำของแหล่งน้ำธรรมชาติที่เป็นน้ำบริโภคอุปโภคของชุมชน ได้แก่ หมู่บ้านน้ำจาง และหมู่บ้านเมืองแพม โดยมีการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายใน

¹ ในระยะแรกของการศึกษาคุณภาพน้ำโดยเฉพาะบริเวณปากถ้ำต่างๆ นั้น นายสิทธิพงษ์ ดิลกวนิช ได้ดำเนินการตรวจวัดดัชนีน้ำบางค่า ณ ตำแหน่งที่เก็บน้ำตัวอย่าง คือ ปากถ้ำและท้ายถ้ำ เพื่อส่งตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์สารปราบศัตรูพืช ต่อมาในช่วงปลายของปีแรกของโครงการฯ นี้ นายชัยพร ศิริพรไพบูลย์ ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากภายในถ้ำบางแห่งและจากชุมชนอื่นอีกหลายแห่ง เพื่อตรวจวัดค่าความกระด้าง ค่าสารละลายของหินปูน และค่าอื่นๆ เพิ่มเติมด้วย อย่างไรก็ตาม ในการรายงานความก้าวหน้าครั้งนี้ ได้นำเสนอข้อมูลเพียงบางส่วนเท่านั้น

² ดัชนีน้ำทั่วไปในที่นี้ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง และออกซิเจนละลายในน้ำ ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ในภาคสนาม ส่วนดัชนีเฉพาะเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่จะต้องได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำ แล้วนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เช่น ความกระด้าง เหล็ก ไนเตรท แอมโมเนีย และสารปราบศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นต้น

น้ำ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าเหนียวนำไฟฟ้า และค่าความขุ่นของน้ำ ซึ่งค่าคุณภาพน้ำเหล่านี้ได้จากการตรวจวัดบริเวณปากทางน้ำเข้าถ้ำและบริเวณทางน้ำออกจากถ้ำ โดยใช้เครื่องตรวจวัดแบบพกพาซึ่งสามารถตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำดังกล่าวได้ทันที อย่างไรก็ดี ในช่วงเวลาแรกนี้ทางกลุ่มวิจัยคุณภาพน้ำได้ทำการวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารปราบศัตรูพืชในรูปของกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเท่านั้น และในช่วงของการสำรวจครั้งที่ 2 และ 3 จึงได้เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ค่าปุ๋ยในรูปของไนเตรทและแอมโมเนีย ค่าความกระด้างในรูป CaCO_3 และเหล็ก เพิ่มขึ้นจากเดิม โดยเฉพาะที่ถ้ำผาแดง และถ้ำผามอน

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 12 ปีที่ผ่านมาในพื้นที่ลุ่มน้ำที่กำลังศึกษานี้ มีค่าประมาณ 1,310.05 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งถือว่าพื้นที่นี้มีฝนตกหนักปานกลาง หากทำการพิจารณาปริมาณน้ำฝนเป็นรายเดือน พบว่า เดือนกุมภาพันธ์ มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด คือ 6.7 มิลลิเมตร ขณะที่เดือนสิงหาคมมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดถึง 269.1 มิลลิเมตร ถ้าพิจารณาถึงแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนหรือวัฏจักรฝนจากข้อมูลช่วงสั้นๆ ของปี พ.ศ. 2529-2540 แล้ว จะพบว่า ปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2529 เคยลดลงต่ำมากถึง 1,044.2 มิลลิเมตรต่อปี แล้วในปีต่อไปกลับเพิ่มสูงถึง 1,741.2 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งหลังจากนั้นปริมาณน้ำฝนก็ลดลงเรื่อยๆ ประมาณ 6-7 ปี จนกระทั่งปี พ.ศ. 2537 ก็กลับสูงขึ้นอีกครั้งในปริมาณ 1,622.2 มิลลิเมตรต่อปี และหลังจากนั้นก็กลับลดลงอีก (ดูตารางที่ 3.1)

จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่การศึกษานี้ได้ชี้ให้เห็นว่า น้ำต้นทุนของแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำล่างมีปริมาณค่อนข้างสูง ประกอบกับความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงและอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีค่อนข้างอุ่นนี้ จะทำให้การระเหยของน้ำไม่สูงนัก นอกจากนี้ธารน้ำไหลต่างๆ ที่ปรากฏในภูมิประเทศหินปูนนี้มักจะพบทั้งน้ำผิวดิน น้ำที่ซึมหายไปใต้ดินกลายเป็นน้ำใต้ดิน และน้ำพุหรือน้ำผุดที่น้ำใต้ดินไหลออกมาสู่ผิวดินอีกครั้งหนึ่ง ทั้งนี้ ผู้วิจัยยังได้คำนึงถึงการใช้อยู่อาศัยที่ดินในรูปแบบต่างๆ ของชุมชนที่มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบต่อลักษณะคุณสมบัติของน้ำบริเวณถ้ำ และจากแหล่งน้ำของชุมชนที่ใช้ในการบริโภคและอุปโภคด้วย

3.1 ปัจจัยที่กำหนดคุณภาพน้ำบริเวณถ้ำ

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

ตารางที่ 3.1 แสดงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ณ สถานีเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ปี พ.ศ. 2529-2540

ปี พ.ศ.	มกราคม			กุมภาพันธ์			มีนาคม			เมษายน			พฤษภาคม			มิถุนายน			กรกฎาคม			สิงหาคม		
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)
2529	84.1	19.3	0.0	93.9	18.9	0.0	89.2	24.7	0.0	86.3	29.4	16.8	92.8	29.0	120.1	87.7	26.3	182.8	92.6	25.7	172.8	94.2	25.2	196.1
2530	93.8	20.1	85.0	85.9	19.9	0.0	91.6	22.5	5.9	94.3	26.5	89.7	95.1	27.9	89.3	95.4	26.3	119.3	97.2	25.6	159.2	97.2	26.0	574.1
2531	96.0	19.2	0.0	95.0	21.1	11.2	96.9	23.5	0.0	94.3	27.2	83.5	96.2	27.2	200.6	96.2	26.1	149.1	95.7	26.1	297.5	95.0	26.1	139.3
2532	91.1	20.6	12.3	91.5	21.4	0.0	90.2	25.6	25.1	88.6	27.1	4.2	93.6	28.0	187.9	95.5	26.4	179.1	95.0	25.4	241.0	94.2	26.1	215.9
2533	89.7	20.0	0.0	89.8	20.9	16.2	90.2	23.0	3.3	84.1	26.5	36.1	91.7	27.6	257.7	94.2	26.3	125.5	94.2	25.0	286.7	94.2	26.1	217.7
2534	89.9	18.1	0.0	89.9	19.6	0.0	91.3	24.3	0.0	90.8	27.9	96.7	92.5	27.6	228.5	95.2	26.6	149.2	95.4	25.5	128.1	95.8	26.1	216.1
2535	92.7	18.8	0.0	92.5	18.9	17.6	92.9	22.9	0.0	85.4	26.8	36.1	87.3	28.1	39.4	80.8	26.8	164.9	76.9	25.9	290.5	78.6	26.4	302.7
2536	92.3	19.1	0.0	94.4	20.4	0.0	93.3	24.0	30.4	89.4	27.3	95.1	94.2	27.4	317.0	95.0	26.8	277.4	95.4	27.2	145.9	95.6	*	149.0
2537	93.7	19.2	0.0	93.8	20.7	0.0	93.2	24.3	216.4	88.3	26.4	40.9	93.5	26.9	222.9	95.1	26.0	136.0	95.5	25.4	321.3	94.4	25.2	317.8
2538	95.0	19.4	0.0	93.5	18.9	0.0	89.7	22.1	1.6	88.8	27.0	10.9	92.6	26.8	253.8	90.4	25.7	81.1	92.3	24.6	430.2	94.4	24.9	281.3
2539	93.2	18.9	0.0	93.4	20.6	35.9	94.4	24.5	0.0	91.0	26.5	172.1	92.2	27.5	164.2	95.8	25.8	250.8	95.1	26.4	212.3	95.2	25.9	363.4
2540	92.0	17.8	0.0	89.0	18.2	0.0	87.0	23.1	29.0	85.0	24.2	15.6	86.0	27.3	186.8	88.0	26.5	106.1	90.0	25.3	291.7	92.0	25.4	255.2
ค่าเฉลี่ย	92.0	19.2	8.1	91.9	20.0	6.7	91.7	23.7	26.0	88.9	26.9	58.1	92.3	27.6	189.0	92.4	26.3	160.1	92.9	25.7	248.1	93.4	23.6	269.1

ตารางที่ 3.1 แสดงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ณ สถานีเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ปี พ.ศ. 2529-2540 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	กันยายน			ตุลาคม			พฤศจิกายน			ธันวาคม			หมายเหตุ		
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	รวมปริมาณน้ำฝนทั้งปี	รวมอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี	รวมความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งปี
2529	95.0	26.1	219.5	95.3	25.0	50.6	96.1	23.1	33.4	93.5	21.0	52.1	1,044.2	24.5	91.7
2530	97.4	25.9	229.1	97.1	26.0	303.7	93.5	24.9	85.9	96.7	18.9	0.0	1,741.2	24.2	94.6
2531	93.9	26.1	86.0	94.3	24.7	117.2	93.8	21.5	78.3	92.6	20.5	7.2	1,169.9	24.1	95.0
2532	93.8	26.5	156.6	94.5	25.9	99.1	93.8	24.1	7.2	91.6	19.5	0.0	1,128.4	24.7	92.8
2533	94.4	26.7	165.5	93.5	25.6	49.6	93.7	23.8	61.2	91.4	21.6	0.0	1,219.5	24.4	91.8
2534	94.2	25.6	273.8	92.2	25.7	92.9	88.7	22.8	107.0	93.4	19.9	14.1	1,306.4	24.1	92.4
2535	78.2	26.4	196.2	87.9	24.8	83.8	89.8	22.5	18.2	88.8	19.1	56.3	1,205.7	24.0	86.0
2536	95.8	27.0	156.1	95.4	25.5	96.2	95.6	24.9	0.0	94.1	19.8	0.0	1,267.1	22.5	94.2
2537	94.3	26.8	234.1	93.4	24.7	39.9	94.5	21.5	60.3	95.2	20.3	32.6	1,622.2	24.0	93.7
2538	94.4	24.5	258.3	94.5	24.1	74.8	93.1	21.6	56.4	93.4	18.2	0.0	1,448.4	23.2	92.7
2539	93.9	27.6	118.4	92.6	25.6	26.1	93.9	22.9	58.5	93.6	21.6	0.0	1,401.7	24.5	93.7
2540	90.0	24.6	230.6	93.0	25.3	100.0	95.0	46.1	22.9	94.0	21.8	0.0	1,237.9	25.5	90.1
ค่าเฉลี่ย	92.9	26.2	193.7	93.6	25.2	94.5	93.5	25.0	49.1	93.2	20.2	13.5	1,316.1	24.1	92.4

ภูมิอากาศ

ปัจจัยภูมิอากาศนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการก่อกำเนิดน้ำหรือหยาดน้ำฟ้า (precipitation) โดยเฉพาะในรูปของน้ำฝน ซึ่งเมื่อความชื้นในบรรยากาศมีการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำแล้วตกลงสู่พื้นดินแล้ว น้ำฝนได้ทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วอยู่ในรูปของกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งทำให้น้ำฝนมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน (Sawyer and McCarty, 1978; Manahan, 1984: 22-25) ดังนั้นหากปริมาณน้ำฝนในพื้นที่หนึ่งมีจำนวนมากเท่าใด ก็ย่อมส่งผลให้น้ำฝนมีพลังในการการเซาะพื้นผิวดินและหินมากเท่านั้น (O'Hare and Sweeney, 1986: 141) หลังจากทีน้ำฝนปะทะพื้นผิวดินและหินแล้ว น้ำฝนส่วนหนึ่งจะระเหยกลับไปยังบรรยากาศโลก และอีกส่วนหนึ่งจะไหลไปรวมตัวกันตามที่แตกต่างกันภายในวัฏจักรน้ำ 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 ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อคุณภาพน้ำบริเวณดังกล่าวทั้งสิ้น

ดังนั้น เมื่อพิจารณาข้อมูลด้านภูมิอากาศในช่วงปี พ.ศ. 2529-2540 หรือในระยะ 12 ปีที่ผ่านมาของกรมอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย อำเภอปายแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นสถานที่ที่สามารถใช้เป็นตัวแทนในการชี้สภาพอากาศของกลุ่มน้ำของและลุ่มน้ำลางด้วยนั้น โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยและค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน (ดูตารางที่ 3.1) พบว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 12 ปี อยู่ที่ระดับ 24.1°C โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 19.2°C ในเดือนมกราคม และมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 27.6°C ในเดือนพฤษภาคม เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดที่เคยปรากฏระหว่างปี พ.ศ. 2529-2540 พบว่า เดือนมกราคม 2540 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 17.8°C และเดือนเมษายน 2529 มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 29.4°C

ส่วนค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ตลอดระยะเวลา 12 ปี มีค่าร้อยละ 92.4 ซึ่งนับว่าสูงมาก และยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงสาเหตุของการเกิดหมอกได้ง่ายตลอดปีของพื้นที่นี้² เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์เป็นรายเดือน พบว่า เดือนเมษายน เป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุด คือ ร้อยละ 88.9 ซึ่งถือว่ามีค่าสูงมาก ขณะที่เดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงมรสุมจะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดถึงร้อยละ 93.6 เมื่อพิจารณาค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดเท่าที่เคยปรากฏระหว่างปี พ.ศ. 2529-2540 พบว่า เดือนกันยายน 2535 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุดร้อยละ 78.2 และเดือนกันยายน 2530 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 97.4 (ดูตารางที่ 3.1)

² จังหวัดแม่ฮ่องสอนได้ชื่อว่า เป็นเมืองสามหมอก หรือเมืองแห่งหมอก 3 ฤดู คือ หมอกในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

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

น้ำนิ่งและน้ำไหล

ลักษณะน้ำนิ่งและน้ำไหลบริเวณถ้ำมีความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลและปริมาณน้ำที่ไหลผ่านถ้ำ เนื่องจากในฤดูฝนถ้ำบางแห่งซึ่งอยู่ในระดับใต้พื้นผิวดินนั้น อาจมีน้ำท่วมขังได้เป็นช่วงๆ หรืออาจมีน้ำท่วมตลอดทั้งโพรงถ้ำ การเกิดน้ำท่วมนี้มักเกิดในช่วงเวลาฉับพลันและระดับน้ำอาจลดลงบ้างเมื่อฝนหยุดตก ดังนั้นการที่ปริมาณน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ย่อมส่งผลให้ความรุนแรงของกระแสที่ไหลภายในถ้ำสามารถพัดพาตะกอนขนาดใหญ่เคลื่อนที่ได้ในระยะไกล รวมทั้งยังทำการชะล้างหรือกัดเซาะผิวหน้าของหินและดินตามผนัง เพดาน และพื้นถ้ำได้อย่างรุนแรงด้วย ซึ่งเท่ากับเป็นการชะล้างแร่ธาตุต่างๆ จากหินและดินออกมา ขณะเดียวกันปริมาณน้ำที่มีมากและมีการไหลตลอดเวลามีส่วนช่วยกระจายสิ่งเจือปนต่างๆ หรือเท่ากับเป็นการเจือจางความเข้มข้นของสารละลายในสายน้ำ ส่วนในฤดูแล้งถ้ำที่เคยมีน้ำท่วมอาจแห้งเกือบตลอดโพรงถ้ำ ซึ่งอาจมีน้ำขังนิ่งตามพื้นถ้ำเป็นบางจุด คุณภาพของน้ำบริเวณถ้ำอาจด้อยลงไปหรือพบความเข้มข้นของสารตกค้างต่างๆ ทั้งในน้ำและตะกอนที่ถ้ำน้ำได้ อาทิ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำลดลง หรือมีการปนเปื้อนของสารปราบศัตรูพืชที่มาจากพื้นที่เกษตรกรรมภายนอกถ้ำในปริมาณสูง เป็นต้น (Gillieson, 1996: 14-58) อย่างไรก็ตาม การแทรกซึมของน้ำใต้ดินเกิดขึ้นได้หลายจุดตลอดโพรงถ้ำ ซึ่งอาจพบได้ว่า มีทั้งน้ำใต้ดินที่ไหลเข้ามาภายในถ้ำ และมีน้ำจากภายในถ้ำที่ไหลซึมผ่านชั้นหินออกไปจากถ้ำ ดังนั้นในสภาพความเป็นจริงของถ้ำบางแห่งอาจพบทั้งธารน้ำไหลและแอ่งน้ำนิ่งภายในถ้ำเดียวกันได้เสมอ และอาจพบว่าคุณภาพน้ำทั้ง 2 แหล่งนั้นแตกต่างกัน ทั้งๆ ที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำไปทำการวิเคราะห์ในช่วงเวลาเดียวกัน

การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบถ้ำ

บริเวณรอบนอกของถ้ำโดยทั่วไปในพื้นที่ลุ่มน้ำลาดและลุ่มน้ำของนี้ จะเป็นป่าธรรมชาติดั้งเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งป่าดิบ ป่าดิบเขา ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นหรือความอุดมสมบูรณ์ของ

ป่าที่ช่วยดูดซับน้ำฝนไว้ จะมีความแตกต่างกันโดยขึ้นกับระบบเรือนยอดและระบบรากของป่าไม้แต่ละชนิดที่สามารถอุ้มน้ำได้ ตลอดจนขึ้นกับอัตราการแผ่กระจายทำลายพื้นที่ป่าของชนกลุ่มน้อยเผ่าต่างๆ เพื่อบุกเบิกพื้นที่ในการทำเกษตรจากการศึกษาของวุฒิ หวังวัชรกุล และคณะ (2541) พบว่า พื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดแม่ฮ่องสอนลดลงประมาณร้อยละ 30 หรือประมาณ 2,387,400 ไร่ ภายใน 25 ปี (พ.ศ.2516-2541) ซึ่งรวมหมายถึงพื้นที่ป่าในเขตลุ่มน้ำกลางและลุ่มน้ำของนี้ก็มีเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้ความสามารถของป่าต้นน้ำในพื้นที่ที่จะดูดซับน้ำฝนได้จึงอาจลดน้อยลง นอกจากนี้การปราบปรามยุงพาหะที่นำโรคไข้จับสั่นหรือมาลาเรียด้วยสารเคมีที่ยังปรากฏอยู่ รวมทั้งการส่งเสริมการเกษตรจากภาครัฐและองค์กรพัฒนาเอกชนมีส่วนเร่งให้ตะกอนดินที่มาจากการไถพรวนที่ดิน ตลอดจนสารตกค้างต่างๆ จากการใช้สารเคมีในรูปของปุ๋ยเคมี และสารปราบศัตรูพืชในการเกษตรไหลปะปนรวมกับแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (สิทธิพงษ์ ศิลกวนิช, 2542: 77-80) ซึ่งสิ่งเหล่านี้น่อมมีผลโดยตรงต่อการวิวัฒนาการของถ้ำและสิ่งมีชีวิตต่างๆ ภายในถ้ำ รวมทั้งความสามารถในการอำพรางตัวของถ้ำที่ถ่ายทอดให้แก่ถ้ำน้ำผิวดินต่างๆ และความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยในการบริโภคน้ำของชุมชนด้วย

3.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ณ จุดสำรวจ

ในการตรวจวัดคุณสมบัติหรือดัชนีน้ำ ณ จุดสำรวจในภาคสนาม เพื่อทราบค่าดัชนีน้ำที่สำคัญบางค่านั้น ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบพกพา หรือ Water Quality Checker (TOA: model WQC-20A) ซึ่งสามารถทำการบอกค่าอุณหภูมิ ออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเหนียวไฟฟ้า (conductivity) และความขุ่น (turbidity) ได้ทันทีเมื่อปฏิบัติการ³ อย่างไรก็ตาม ขณะที่ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องจริงในการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำจากบริเวณถ้ำหลายแห่ง กลับพบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้มีความน่าเชื่อถือเพียง 3 ดัชนีเท่านั้น ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง และออกซิเจนละลายในน้ำ ต่อมาภายหลังทางคณะวิจัยได้เปลี่ยนการใช้เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบพกพา (Horiba: pH Meter D-25) ซึ่งสามารถตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ และออกซิเจนละลายในน้ำ⁴ ดังนั้นในการนำเสนอผลการศึกษาของสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำบริเวณถ้ำและชุมชน จึงทำการเสนอข้อมูลเชิงวิเคราะห์ของถ้ำลอด ถ้ำปางคาม ถ้ำผาเผือก ถ้ำผาแดง ถ้ำผามอน และถ้ำน้ำกลาง ตลอดจนชุมชนบ้านน้ำจางและบ้านเมืองแพม ดังต่อไปนี้

³ ค่าความถูกต้องของเครื่อง Water Quality Checker (TOA: model WQC-20A) นี้ ในการตรวจวัด :

หากอุณหภูมิอยู่ในช่วง 0-50 °ซ มีความถูกต้อง +/- 0.5 °ซ +/- 1 digit

หากออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 0-20 มก/ล มีความถูกต้อง +/- 0.1 มก/ล +/- 1 digit

หากวัดความเป็นกรดเป็นด่าง มีความถูกต้อง +/- 0.02 pH +/- 1 digit

⁴ ค่าความถูกต้องของเครื่อง Horiba: pH Meter D-25 นี้ สามารถตรวจวัด :

ค่าอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง -10.0-100.0 °ซ มีความแม่นยำ 0.1 °ซ

ค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่อยู่ในช่วง 0.00 จนถึงประมาณ 19.99 มก/ล มีความแม่นยำ 0.01 มก/ล

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่อยู่ในช่วง 2.00-16.00 มีความแม่นยำ 0.01 pH

อุณหภูมิ

จากการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำของถ้ำลอด ถ้ำปางคาม ถ้ำผาเผือก ถ้ำผาแดง ถ้ำผามอน และถ้ำน้ำลาง ปรากฏว่า อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 18.2-24.1°ซ ซึ่งจะเห็นว่า ในช่วงเวลาเดียวกันนั้น อุณหภูมิของน้ำอยู่ในระดับปกติตามสภาพธรรมชาติและมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมาก กระนั้นก็ตาม ค่าอุณหภูมิในน้ำที่มีช่วงความแตกต่างกันมากนี้ขึ้นกับบริเวณที่ตรวจวัดด้วยว่า อยู่ในที่ร่มหรือที่กลางแจ้ง เวลาเช้าหรือบ่าย และเป็นบริเวณน้ำตื้นหรือเป็นเขตน้ำลึก อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิของน้ำบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำของแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันค่อนข้างน้อย คือ ประมาณ 0.5 จนถึง 2.5°ซ นอกจากนี้ถ้ำส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิน้ำ ณ บริเวณปากถ้ำสูงกว่าบริเวณท้ายถ้ำเสมอ เนื่องจากน้ำจะมีการคายความร้อนระหว่างทางที่น้ำไหลผ่านโพรงถ้ำที่มีความมืดและเย็น (ตารางที่ 3.2)

ส่วนบริเวณแหล่งน้ำที่บ้านน้ำจางและบ้านเมืองแพม พบว่า มีอุณหภูมิของน้ำที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตรวจพบตามบริเวณถ้ำ คือ อยู่ที่ 24.9 และ 19.5°ซ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นค่าปกติและใกล้เคียงกับแหล่งน้ำบริเวณถ้ำต่างๆ (ดูตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.2 ผลการสำรวจอุณหภูมิของแหล่งน้ำจากถ้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และออกซิเจนละลายในน้ำของถ้ำลอด ถ้ำปางคาม ถ้ำผาเผือก ถ้ำผามอน และถ้ำผาแดง ปี พ.ศ. 2541-2542

ดัชนีน้ำ	ถ้ำลอด		ถ้ำปางคาม		ถ้ำผาเผือก	ถ้ำผามอน		ถ้ำผาแดง		ถ้ำน้ำลาง
	ปากถ้ำ (ค่าเฉลี่ย)	ท้ายถ้ำ (ค่าเฉลี่ย)	ปากถ้ำ	ท้ายถ้ำ	ปากถ้ำ	ปากถ้ำ	ท้ายถ้ำ	ปากถ้ำ	ท้ายถ้ำ	ท้ายถ้ำ
อุณหภูมิ (°ซ)	23.70	21.60	19.70	19.20	18.20	22.90	22.00	21.00	21.70	22.10
pH	8.20	7.84	7.82	7.68	7.75	7.60	7.27	6.87	7.65	8.54
DO (mg/l)	8.09	7.35	7.60	8.00	8.20	6.30	7.50	3.40	6.00	8.52

- หมายเหตุ
- ทำการสำรวจคุณภาพน้ำถ้ำลอด 5 ครั้ง คือ 9 เมษายน 2541, 6 พฤษภาคม 2541, 12 พฤศจิกายน 2541, 8, 29 มีนาคม 2542 และ 26 พฤศจิกายน 2542
 - ทำการสำรวจคุณภาพน้ำถ้ำปางคาม วันที่ 7 เมษายน 2541
 - ทำการสำรวจคุณภาพน้ำถ้ำผาเผือก วันที่ 8 เมษายน 2541
 - ทำการสำรวจคุณภาพน้ำถ้ำผามอน วันที่ 5 พฤษภาคม 2541
 - ทำการสำรวจคุณภาพน้ำถ้ำผาแดง วันที่ 7 พฤษภาคม 2541
 - ทำการสำรวจคุณภาพน้ำถ้ำน้ำลาง วันที่ 31 มีนาคม 2542

⁵ ในการสำรวจจริง พบว่า เขตน้ำตื้นมีความลึกระหว่าง 10-30 เซนติเมตร ส่วนเขตน้ำลึกอยู่ในช่วง 30-90 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.3 ผลการสำรวจอุณหภูมิของแหล่งน้ำจากถ้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และออกซิเจนละลายในน้ำของบ้านน้ำจาง และบ้านเมืองแพม

ดัชนีน้ำ	บ้านน้ำจาง	บ้านเมืองแพม
อุณหภูมิ (°ซ)	24.90	19.50
pH	7.48	7.34
DO (mg/l)	4.20	6.50

- หมายเหตุ
- ทำการสำรวจคุณภาพน้ำบ้านน้ำจาง วันที่ 8 เมษายน 2541
 - ทำการสำรวจคุณภาพน้ำบ้านเมืองแมน วันที่ 14 พฤศจิกายน 2541

ความเป็นกรดเป็นด่าง

เนื่องจากพื้นที่ถ้ำโดยรวมเป็นเขตภูเขาหินปูน น้ำที่ไหลผ่านหินปูนย่อมละลายแคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบอื่นที่ทำให้น้ำมีความเป็นด่างมากกว่าปกติ เมื่อผู้วิจัยทำการตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่างจากแหล่งน้ำบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำของถ้ำลอด ถ้ำปางคาม ถ้ำผาเผือก ถ้ำผาแดง ถ้ำผามอน และถ้ำน้ำลาง พบว่า ค่าของน้ำส่วนใหญ่เป็นด่างอ่อน หรืออยู่ในช่วง pH 7.27-8.30 แต่จะพบว่าถ้ำบางแห่ง เช่น ทางน้ำเข้าปากถ้ำผาแดงมีความเป็นกรดอ่อนเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะช่วงเดือนพฤษภาคม 2541 เป็นช่วงเวลาที่ถ้ำจำนวนมากในพื้นที่มีระดับน้ำต่ำมาก และลักษณะแหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่างน้ำมีสภาพน้ำค่อนข้างนิ่งและมีขนาดเล็ก คือ มีน้ำจากใต้ดินไหลผุดขึ้นมาอย่างช้าๆ และอยู่ในแอ่งทรายที่มีองค์ประกอบของแร่ซิลิกาปะปนอยู่ด้วย ซึ่งซิลิกาโดยตัวของมันเองจะมีฤทธิ์เป็นกรดเมื่อปะปนในน้ำ นอกจากนี้ถ้ำบางแห่ง เช่น น้ำบริเวณท้ายถ้ำลอดจะมีฤทธิ์เป็นด่างน้อยกว่าบริเวณปากถ้ำเสมอ เนื่องจากมูลนกนางแอ่นจากเพดานถ้ำของบริเวณท้ายถ้ำลอด จะตกหล่นลงสู่ถ้ำและไหลลอยปะปนไปกับน้ำที่ออกมาจากถ้ำ (ดูตารางที่ 3.2)

ส่วนความเป็นกรดเป็นด่างของแหล่งน้ำที่บ้านน้ำจางและบ้านเมืองแพม พบว่า มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อน หรือมีค่าอยู่ที่ 7.48 และ 7.34 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศหินปูนโดยรอบ ที่ส่งผลให้แหล่งน้ำต่างๆ ในบริเวณนี้มีค่าความเป็นด่างมากกว่า (ดูตารางที่ 3.3)

ออกซิเจนละลายในน้ำ

ตามปกติจะ ไม่มีการรายงานดัชนีของออกซิเจนละลายในน้ำที่มาจากน้ำชั้นใต้ดินหรือน้ำบาดาล เพราะน้ำที่อยู่ใต้ดินจะไม่สัมผัสกับอากาศภายนอก แต่แหล่งน้ำใต้ดินในกลุ่มน้ำของและกลุ่มน้ำลางนี้มีการสัมผัสกับอากาศภายนอกเป็นระยะๆ เนื่องจากสายน้ำใต้ดินบางแห่งจะกลายเป็นน้ำพุหรือน้ำซึมผิวดินออกมาสู่ภายนอก แล้วอาจไหลกลับเข้าสู่โพรงถ้ำเพื่อบรรจบกับสายน้ำใต้ดินอื่นๆ ต่อไป ดังนั้นการสำรวจตรวจวัดดัชนีน้ำนี้จึงต้องการทราบระดับออกซิเจนละลายในน้ำว่าเป็นอย่างไร

ในการตรวจวัดระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำจากแหล่งน้ำบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำของถ้ำลอด ถ้ำปางคาม ถ้ำผาเผือก ถ้ำผาแดง ถ้ำผามอน และถ้ำน้ำตาง พบว่า มีปริมาณค่อนข้างสูงมาก คือ อยู่ในช่วงประมาณ 6.0-8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (มก/ล) เนื่องจากแหล่งน้ำเกือบทุกแห่งเป็นน้ำไหล นอกจากนี้ยังสังเกตได้อีกว่า ระดับออกซิเจนละลายในน้ำบริเวณท้ายถ้ำมักสูงกว่าบริเวณปากถ้ำ เพราะน้ำในบริเวณท้ายถ้ำจะได้รับน้ำจากสายน้ำใต้ดินอื่นตามจุดต่างๆ ตลอดความยาวของถ้ำ อีกทั้งภายในถ้ำหลายแห่งจะเป็นโพรงอากาศใหญ่ โดยถ้ำบางแห่ง เช่น ถ้ำปางคาม จะมีอากาศถ่ายเทดีมาก ซึ่งขณะน้ำไหลนี้ยังสามารถที่จะมีออกซิเจนปะปนเพิ่มเติมในน้ำได้อีก อย่างไรก็ตามอาจมีกรณียกเว้น เช่น ที่ถ้ำลอดซึ่งระดับออกซิเจนละลายในน้ำของท้ายถ้ำมักน้อยกว่าทางปากถ้ำ เพราะบริเวณท้ายถ้ำจะเป็นแหล่งที่อยู่ของนกนางแอ่นที่หนาแน่น ซึ่งมีกพบมูลนกและซากลูกนกที่พลัดตกจากรังตามเพดานถ้ำ ได้หล่นลงมาตายอยู่ในบริเวณดินดอนและในธารน้ำภายในถ้ำเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำบริเวณท้ายถ้ำลดลง (ตารางที่ 3.2)

ในการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำของแหล่งน้ำที่บ้านน้ำจางและบ้านเมืองแพม ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งน้ำไหลผิวดินนี้ พบว่า แหล่งน้ำที่บ้านเมืองแพม ซึ่งเป็นธารน้ำขนาดใหญ่มีระดับออกซิเจนละลายในน้ำที่ค่อนข้างสูงหรือใกล้เคียงกับบริเวณแหล่งน้ำที่พบตามถ้ำต่างๆ ส่วนที่บ้านน้ำจางซึ่งเป็นแหล่งน้ำขนาดเล็กและเป็นน้ำผุดจากเชิงเขานั้น กลับพบว่า มีระดับออกซิเจนละลายในน้ำปานกลาง คือ 4.2 มก/ล เนื่องจากระหว่างการตรวจวัดนั้น ปรากฏว่ามีเศษใบทับถมในแหล่งน้ำจำนวนมากจนทำให้น้ำไหลได้ช้า ซึ่งเป็นเหตุให้การเพิ่มออกซิเจนในธรรมชาติเป็นไปได้ไม่เท่ากับแหล่งน้ำอื่น (ดูตารางที่ 3.3)

3.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น ทางกลุ่มผู้วิจัยด้านคุณภาพน้ำได้เลือกเก็บตัวอย่างน้ำจากบริเวณถ้ำบางแห่ง เพื่อทำการตรวจวัดค่าสารปรอทที่ซับซ้อนในรูปของกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ค่าปุ๋ยในรูปของไนเตรตและแอมโมเนีย ค่าความกระด้างในรูป CaCO_3 และเหล็ก เท่านี้ เนื่องจากข้อจำกัดของงบประมาณที่ได้รับ และความยากลำบากในการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่ต้องเก็บในปริมาณมาก แต่ทางกลุ่มสำรวจไม่สามารถหอบหิ้วน้ำตัวอย่างในเส้นทางถ้ำบางแห่ง ซึ่งต้องมีการมุดหรือลอดตัวตามหลืบถ้ำที่คับแคบ หรือในบางเส้นทางที่ต้องไต่ตามหน้าผาสูงชัน นอกจากนี้การเก็บตัวอย่างน้ำในบางแห่งก็ไม่สามารถที่จะกระทำได้ โดยเฉพาะบริเวณที่น้ำไหลออกจากถ้ำซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน เนื่องจากน้ำจะท่วมพื้นที่จนไม่สามารถเข้าถึงได้ ด้วยเหตุนี้ดัชนีน้ำเฉพาะเหล่านี้จึงนำเสนอได้โดยใช้เป็นตัวแทนเพียงบางถ้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ความกระด้าง

ความกระด้างของน้ำในที่นี้จะอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งจากการเก็บตัวอย่างน้ำจากถ้ำผาแดง และถ้ำผามอน เมื่อเดือนพฤษภาคม 2541 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูแล้งต่อเนื่องต้นฤดูฝนนี้ ปรากฏว่าน้ำที่ไหลผ่านถ้ำทั้งสองยังมีปริมาณน้อยอยู่มาก โดยเฉพาะถ้ำผาแดง อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่า น้ำ

ตัวอย่างจากบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำทั้งสองแห่งนั้น มีค่าความกระด้างสูง คือ อยู่ในช่วง 150-290 มก/ล⁶ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศหินปูนที่น้ำฝนและธารน้ำไหลต่างๆ ที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนโดยธรรมชาติสามารถละลายหินปูนได้

แอมโมเนียและไนเตรท

เนื่องจากพื้นที่ใกล้เคียงถ้ำหลายแห่งมีการทำเกษตรกรรม ดังนั้นทางกลุ่มคุณภาพน้ำจึงต้องการทราบว่า การใช้ปุ๋ยของเกษตรกรได้สร้างผลกระทบในการปนเปื้อนแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียและไนเตรทหรือไม่ และอย่างไร ผลจากการตรวจวัดค่าดังกล่าวจากบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำผาแดงและถ้ำผามอน พบว่า มีค่าค่อนข้างต่ำถึงต่ำมาก⁷ ทั้งนี้ค่าแอมโมเนียที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.07 จนถึง < 0.01 มก/ล หรือแทบไม่สามารถตรวจวัดได้ ส่วนค่าไนเตรท พบในช่วง 3.21-1.22 มก/ล ซึ่งถือว่ามีความต่ำ ดังนั้นจากดัชนีของน้ำทั้งสองนี้ แสดงว่า เกษตรกรที่อยู่ใกล้เคียงยังมีการใช้ปุ๋ยเคมีน้อยมาก ถึงแม้ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างน้ำจะเป็นช่วงที่ชาวเขาที่อยู่ใกล้เคียง ทำการปลูกข้าวไร่เป็นส่วนใหญ่ก็ตาม อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ดี จะต้องมีการยืนยันคำตอบเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์หรือสารเร่งอื่นๆ ที่ชาวเขาอาจมีการใช้ในเกษตรกรรมด้วย

เหล็ก

สาเหตุของการตรวจค่าเหล็กที่เป็นโลหะหนักปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น เนื่องจากในช่วงต้นของโครงการ นี้ที่ได้ดำเนินไปไม่นานนัก ชาวบ้านบางแห่งที่กลุ่มนักวิจัยเคยสอบถามถึงการใช้น้ำบริโภคและอุปโภค ได้แจ้งว่า บางครั้งได้กลิ่นสนิมเหล็กจากการบริโภค เช่น บริเวณบ้านแม่ละนา ซึ่งมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำใกล้เคียงถ้ำแม่ละนา ด้วยเหตุนี้ทางกลุ่มวิจัยคุณภาพน้ำจึงคาดว่าอาจจะพบธาตุเหล็กปนเปื้อนในแหล่งน้ำอื่นของบางท้องที่บ้าง แต่จากการตรวจวัดค่าเหล็กในขณะนี้ โดยเฉพาะจากบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำของถ้ำผาแดงและถ้ำผามอน พบว่า มีการปนเปื้อนอยู่ในระดับต่ำ คือ 0.06-0.20 มก/ล ซึ่งถือว่าไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภค⁸

⁶ 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

⁷ ตามเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน ที่กำหนดไว้ในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) ตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ได้ชี้ว่า ค่าแอมโมเนียและไนเตรทในแหล่งน้ำผิวดิน หากน้อยกว่า 0.5 และ 5.0 มก/ล ตามลำดับ ถือว่าแหล่งน้ำนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ดี

⁸ ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มทั่วไป มักกำหนดให้ค่าเหล็กในแหล่งน้ำมีค่าไม่เกิน 0.3 มก/ล (Sawyer and McCarty, 1978: 466)

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 เช่น ถ้ำน้ำลอด ถ้ำผาแดง ถ้ำผามอน ถ้ำผาเผือก และถ้ำน้ำนาง (ดูตารางที่ 3.4 ประกอบ)

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวอย่างน้ำส่วนใหญ่จะพบสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนค่อนข้างน้อยหรือน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบได้ อย่างไรก็ดี ในน้ำตัวอย่างของถ้ำผาแดงและถ้ำผามอน ณ บริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำ มีการปนเปื้อนของเฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ ที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก นอกจากนี้ที่ท้ายถ้ำผาแดงยังพบการปนเปื้อนของ ดีดีที และอัลดริน ในปริมาณที่สูงการเกณฑ์มาตรฐานมากเช่นกัน¹⁰ เมื่อพิจารณาถึงผลรวมของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนทั้งหมดที่เป็นของถ้ำผาแดงและถ้ำผามอน พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่เกินมาตรฐานมาก ส่วนในตะกอนดินบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำทั้งสองนี้ พบว่า มีการปนเปื้อนของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่สูงมากเช่นกัน และเป็นที่น่าสังเกตว่าทางห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตรวจพบอัลดรินในบริเวณปากถ้ำและท้ายถ้ำผาแดงและผามอน และไม่พบดิลดรินในบริเวณท้ายถ้ำผาแดง ซึ่งช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนนี้ เป็นช่วงที่ชาวเขามีกการปลูกข้าวไร่ จึงมีความเป็นไปได้ถึงการใส่สารเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม จากการสอบถามชาวบ้าน โดยเฉพาะที่บ้านผามอนถึงการใส่สารปราบศัตรูพืช ซึ่งได้รับคำตอบว่า มีการใช้ร่มมือโกน หรือพาราควอต ในการฆ่าหญ้าด้วย ซึ่งสารนี้อยู่ในกลุ่มของไดพิริดิลียม (Dipyridilium) ที่มีการสลายตัวเร็ว (สุกชัย รัตนมณีฉัตร, 2529; สุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539) ส่วนที่ถ้ำผาเผือกและถ้ำน้ำนางไม่สามารถตรวจพบสารใดในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเลย ทั้งนี้ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่ชาวเขาได้เก็บเกี่ยวข้าวเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรืออาจไม่มีการใช้สารกลุ่มนี้ในการเกษตรก็เป็นได้ ซึ่งต้องมีการสอบถามเกษตรกรอีกครั้งเพื่อยืนยันคำตอบ

⁹ การตรวจวัดสารปราบศัตรูพืชในดินตะกอน ได้ทำเฉพาะถ้ำผาแดงและถ้ำผามอนเท่านั้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูงมาก ทางกลุ่มวิจัยคุณภาพน้ำจึงลองเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์เบื้องต้น

¹⁰ ค่ามาตรฐานของสารปราบศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ตามเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน ตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 มีดังนี้

ดีดีที	มีค่าไม่เกินกว่า	1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)
บีเอชซีชนิดแอลฟา	มีค่าไม่เกินกว่า	0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)
ดิลดริน	มีค่าไม่เกินกว่า	0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)
อัลดริน	มีค่าไม่เกินกว่า	0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)
เฮปตาคลอร์ และเฮปตาคลอร์อีพอกไซด์	มีค่าไม่เกินกว่า	0.2 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)
เอนดริน	มีค่าที่ไม่สามารถตรวจพบได้	
รวมสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนทั้งหมด	มีค่าไม่เกินกว่า	0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ พีพีบี (ppb)

ตารางที่ 3.4 สารปราบศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่พบในน้ำและดินตะกอนบริเวณถ้ำผาแดง ถ้ำผามอน ถ้ำผาเผือก ถ้ำลอด และถ้ำน้ำกลาง ปี พ.ศ.2541

สารปราบศัตรูพืช ที่พบในน้ำ	ถ้ำผาแดง		ถ้ำผามอน		ถ้ำผาเผือก	ถ้ำลอด		ถ้ำน้ำกลาง
	ปากถ้ำ	ท้ายถ้ำ	ปากถ้ำ	ท้ายถ้ำ	ปากถ้ำ	ปากถ้ำ	ท้ายถ้ำ	ท้ายถ้ำ
ดีดีที (พีพีบี)	N.D.	5.36	N.D.	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.	N.D.
ดิลดริน (พีพีบี)	N.D.	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.	N.D.
เฮปตาคลอร์ และเฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์ (พีพีบี)	108.75	293.58	323.88	50.63	N.D.	0.05	0.01	N.D.
เอนดริน (พีพีบี)	-	-	-	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
สารปราบศัตรูพืชรวม (พีพีบี)	108.75	302.45	323.88	50.63	N.D.	0.05	0.01	N.D.
สารปราบศัตรูพืช 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 อีพอกไซด์ (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 ของถ้ำผาแดง คือ วันที่ 7 พ.ค. 41 (เวลา 14.50 น. และ 17.00 น.) ส่วนของถ้ำผามอน คือ วันที่ 5 พ.ค. 41 (เวลา 13.48 น. และ 16.00 น.) สำหรับถ้ำผาเผือก ได้ทำการเก็บเฉพาะตัวอย่างน้ำบริเวณปากถ้ำเท่านั้น คือ ในวันที่ 17 พ.ย. 41 (เวลา 11.30 น.) เพราะถ้ำผาเผือกเป็นถ้ำที่มีท้ายถ้ำเป็นทางตัน โดยน้ำจะซึมลงสู่ลำน้ำได้ดิน ดังนั้นทางกลุ่มคุณภาพน้ำจึงไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำหรือดินตะกอน ณ ที่จุดนี้ สำหรับถ้ำน้ำลอดเป็นค่าเฉลี่ยของวันที่ 8 มี.ค. 42 (เวลา 10.30 น. และ 10.58 น.) และวันที่ 26 พ.ย. 42 เวลา 13.20 น. และ 14.00 น. และถ้ำน้ำกลาง คือ วันที่ 31 มี.ค. 42 (เวลา 12.10 น.)

3.4 สรุปและวิจารณ์ผลการวิเคราะห์

หากพิจารณาลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำที่ทำการตรวจวัดเฉพาะค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง และระดับออกซิเจนละลายในน้ำ ตามที่เสนอข้างต้นแล้ว จะเห็นว่า คุณภาพของแหล่งน้ำเหล่านี้ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 แล้ว อยู่ในสภาพค่อนข้างดี และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีน้ำเฉพาะ พบว่า ความกระด้างของน้ำเป็นไปตามธรรมชาติที่แวดล้อมไปด้วยภูมิประเทศภูเขาหินปูน ส่วนการปนเปื้อนของธาตุและสารอันตรายอื่นๆ อยู่ในระดับต่ำ ยกเว้น สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่มีการตรวจพบจากบริเวณถ้ำผาแดงและผามอน ซึ่งถึงแม้สารกลุ่มนี้จะมีการห้ามใช้ในประเทศไทยในปัจจุบันแล้วก็ตาม แต่จากการสอบถามคนท้องถิ่นได้ชี้แจงว่า ปัจจุบันทางหน่วยงานสาธารณสุขจังหวัดยังมีการใช้ดีดีทีในการปราบมาลาเรียอยู่ ดังนั้นการตกค้างของสารนี้ในสถานที่บางแห่งจึงมีความเป็นไปได้สูง อย่างไรก็ตาม การพบสารอื่นนอกเหนือจากนี้ ควรมีการหาข้อมูลจากการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์ในการใช้สารปราบศัตรูพืชจากเกษตรกร เพื่อยืนยันว่าการตรวจพบสารเฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ หรือคลิดรินในแหล่งน้ำและดินตะกอนนั้น เกิดจากการใช้ในเกษตรกรรมจริง หรือทางกลุ่มวิจัยคุณภาพน้ำอาจต้องทำการเก็บตัวอย่างซ้ำ แต่เปลี่ยนห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อยืนยันว่าการวิเคราะห์ที่ผ่านมามีความถูกต้อง

อย่างไรก็ตาม อุปสรรคของการสำรวจค่าคุณภาพน้ำจากภาคสนามที่สำคัญนั้น คือ การติดตามประเมินผลคุณภาพน้ำของถ้ำหลายแห่ง ไม่สามารถที่จะเก็บตัวอย่างหรือตรวจวัดค่าต่างๆ ได้ตามที่ตั้งใจไว้ โดยเฉพาะถ้ำที่อยู่ในระดับสูงยากต่อการเข้าถึง และถ้ำที่มีเส้นทางภายในซึ่งยากต่อการเก็บและเคลื่อนย้ายตัวอย่างน้ำ นอกจากนี้ในช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำผิวดินและใต้ดินจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะท่วมพื้นที่ถ้ำหลายแห่งจนไม่สามารถเข้าถึงได้ ส่วนปัญหาทางการเงินสำหรับเป็นค่าวิเคราะห์หาสารปราบศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในน้ำและดินตะกอนนั้น นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่ง เนื่องจากต้องมีค่าใช้จ่ายสูงมาก ด้วยเหตุนี้ อุปสรรคต่างๆ ดังกล่าวอาจทำให้การหาค่าตอบเรื่องคุณภาพน้ำไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่โครงการฯ ได้ การหาค่าดัชนีน้ำบางค่าที่มีค่าต้นทุนสูงอาจต้องระงับเพื่อสนับสนุนการหาค่าดัชนีน้ำที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าแทน เช่น ค่าความกระด้าง ค่าคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต แอมโมเนีย ไนเตรท และค่าเหล็ก เป็นต้น ซึ่งดัชนีเหล่านี้สามารถให้คำตอบที่เป็นประโยชน์ และยังให้ภาพความเชื่อมโยงเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอื่นของชุมชนว่า จะมีผลกระทบอย่างไรต่อถ้ำที่อยู่ใกล้เคียง หรือธารน้ำที่ไหลผ่านถ้ำมาแล้ว จะมีความเหมาะสมต่อชาวบ้านในการอุปโภคและบริโภคหรือไม่

ในกรณีที่ผลกระทบต่อถ้ำนั้นหากคุณภาพน้ำของถ้ำมีค่าความกระด้างสูงหรือสูงมาก ย่อมมีอิทธิพลต่อการเกิดหินงอกและหินย้อยภายในถ้ำได้ดีกว่าน้ำอ่อน ทั้งนี้ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นแร่ธาตุหลักในหินปูนหรือหินโดโลไมท์ (dolomite) และสารประกอบของทั้งสองธาตุนี้ในรูปของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต จะทำให้เกิดเกิดหินงอกและหินย้อยในลักษณะต่างๆ ได้ง่าย อย่างไรก็ตาม หากในน้ำมีแร่ชนิดอื่นปะปนเพิ่มขึ้นอีก เช่น ธาตุทองแดงหรือเหล็ก การเกิดหินงอกและหินย้อยอาจมีสีสรรของสนิมทองแดงและเหล็กเกิดแทรกเจือปนในเนื้อหินด้วย นอกจากนี้ธาตุแคลเซียมยังมีประโยชน์ต่อสัตว์น้ำ เช่น ปลา กุ้ง และหอย ในการสร้างกระดูกหรือเปลือกห่อหุ้มตัว ดังนั้นหากปริมาณแคลเซียมลดลง ย่อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำต่างๆ ภายในถ้ำด้วย และหากมีสารพิษอื่นเจือปน อาทิ น้ำทิ้ง

จากชุมชน หรือสารปราสศัตรูพืชที่มาจากพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงกับถ้ำ ก็ย่อมมีอันตรายต่อชีวิตต่างๆ ทั้งที่อาศัยอยู่ภายในและภายนอกถ้ำ (Home and Goldman, 1994: 176-177; Gillieson, 1996: 220-223) ขณะเดียวกัน หากน้ำจากถ้ำที่มีค่าความกระด้างสูงมาก และมีโลหะหนักเจือปน ย่อมไม่เหมาะต่อการใช้ภายในครัวเรือน เช่น การซักล้างต่างๆ และต่อการบริโภคในการดื่มหรือหุงต้มของมนุษย์ เพราะจะทำให้เกิดโรคนิ่ว หรือเกิดพิษจากโลหะหนักได้ เป็นต้น

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า คุณภาพน้ำจากถ้ำบางแห่งในเขตลุ่มน้ำกลางและลุ่มน้ำของ อยู่ในสภาพค่อนข้างดี กระนั้นก็ตาม กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการขยายตัวด้านการเกษตรในเชิงพาณิชย์ การส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยพยายามดึงดูดเส้นทางเข้าไปในแหล่งธรรมชาติให้ได้มากที่สุด หรือการสร้างระบบ โครงสร้างพื้นฐานไม่ว่าจะเป็นอ่างเก็บน้ำ ฝายทดน้ำ ถนน หรือการหาหลุมกลบขยะใหม่ๆ เพื่อรองรับการขยายตัวของชุมชนต่างๆ และการท่องเที่ยว สิ่งเหล่านี้ย่อมเกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทั้งระบบของลุ่มน้ำกลางและลุ่มน้ำของ ซึ่งเกี่ยวข้องไปถึงน้ำที่ไหลผ่านถ้ำแทบทุกแห่งด้วย ผลร้ายที่จะเกิดขึ้นไม่เพียงสร้างความเสียหายต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมภายในเขตต้นน้ำเท่านั้น แต่ยังลามไปถึงพื้นที่ปลายน้ำอื่นๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เอกสารอ้างอิง

- คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, กรุงเทพมหานคร, คณะกรรมการประสานงานด้านธรณีวิทยา คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ.
- ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, 2540. รายงานการสำรวจสภาพแหล่งน้ำบาดาล โดยวิธีธรณีฟิสิกส์ อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ (มีนาคม 2540), กรุงเทพฯ, กองพัฒนาบ่อบาดาล กรมโยธาธิการ.
- ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, 2542. "ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยา", รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 : โครงการการสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน, นครปฐม, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 29 - 67.
- พวงเพชร ธนสิน, มปป. บรรพชีวินสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง, ขอนแก่น, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิสิทธิ์ ชีรดิถ, 2538. "ทรัพยากรหินปูนของประเทศ", ใน การประชุมวิชาการ ททท ปี 2538 เรื่อง "ความก้าวหน้าและวิสัยทัศน์ของการพัฒนาทรัพยากรธรณี", กรุงเทพฯ, กรมทรัพยากรธรณี, 63-86.
- ศุภชัย รัตนมณีจักร, 2529. "พาราควอท" ใน วิทูร อัครนโธ และไพโรจน์ อุ่นสมบัติ (บรรณาธิการ), พืชวิทยา คลินิก: ยาปราบศัตรูพืช, กรุงเทพมหานคร, โครงการตำรา-ศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 79-85.
- ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี, กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิทธิพงษ์ ดิลกวัฒน, 2542. "คุณภาพน้ำ", รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2: โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน, นครปฐม, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 68-81.
- สุรพงษ์ เลิศทัศนีย์, 2536. บรรพชีวินทั่วไป, เชียงใหม่, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ และคณะ, 2528. ธรณีวิทยาระวางอำเภอป่า รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ฉบับที่ 0045, กรุงเทพฯ, กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.

- Allan, J.D., 1995. *Stream Ecology: Structure and Function of Running Water*, London, Chapman & Hall.
- American Geological Institute, 1962. *Dictionary of Geological Terms*, New York, Dolphin Books.
- Bailey, R.A., Clarke, H.M., Ferris, J.P., Krause, S. and Strong, R.L., 1978. *Chemistry of the Environment*, New York, Academic Press.
- Brouquisse, F. et Bakalowicz, M., 1986. "Hydrogeochimie", *Expedition Thai-Maros 85: Rapport Speleologique et Scientifique*, Toulouse, Association Pyreneenne de Speleologie, 136-143.
- Brouquisse, F. et Dalger, D., 1987. "Hydrogeochimie", *Expedition Thai-Maros 86: Rapport Speleologique et Scientifique*, Toulouse, Association Pyreneenne de Speleologie, 85-96.
- Dunkley, J. R., 1994. *Thailand Caves Catalogue*, Sydney, Speleological Research Council.
- Ehrlich, P.R. and Roughgarden, J., 1987. *The Science of Ecology*, New York, Macmillan Publishing Co.
- Ford, T.D. and Cullingford, C.H.D., 1976. *The Science of Speleology*, San Francisco, Academic Press.
- Gillieson, D., 1996. *Caves: Processes, Development and Management*, Oxford, Blackwell Publishers.
- Hess, A. and Koch, K.E., 1979. *Geological Map of Northern Thailand 1:250,000*, Hannover, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources.
- Horne, A.J. and Goldman, C.R., 1994. *Limnology*, New York, McGraw-Hill, Inc.
- Hotzl, H, Czurda, K. and Eiswrth, M., 1997, *Hydrogeology and Engineering Geology of tropical karst areas, Thailand-Laos Trip 28 February-16 March 1997*, Bangkok, Dept. of Applied Geology, University of Karlsruhe.
- Jennings, J. N ,1985. "Cave and Karst Terminology", in P. G. Matthews (ed), *Australian Karst Index 1985*, ASF Broadway.

- Kiernan, K., 1986. "Karst development in the Pang Kham - Pha Daeng area", in John R. Dunkley and John B. Brush (eds), *Caves of North-West Thailand (Report of the Australian Speleological Expeditions, 1983-1986)*, Sydney, Speleological Research Council Ltd, 33-39.
- Kiernan, K., 1991a. "Geomorphological evidence for quaternary climatic change in the low Sino-Burman ranges", *Singapore Journal of Tropical Geography*, 12: 2, 112-123.
- Kiernan, K., 1991b. "Tropical mountain geomorphology and landscape evolution in north-west Thailand", *Z. Geomorph. N.F.*, 35 (2), 187-206.
- Linsley, R.K. and Franzini, J.B., 1985. *Water-Resources Engineering*, Singapore, McGraw-Hill International Book Co.
- Mallory, B.F. and Cargo, D.N., 1979. *Physical Geology*, New York, McGraw-Hill Book Co.
- Manahan, S.E., 1984. *Environmental Chemistry*, Monterey, Brooks/Cole Publishing Co.
- Meredith, M. and Wooldridge, J., 1992. *Giant Caves of Borneo*, Kuala Lumpur: Tropical Press Sdn Bhd.
- Moore, G.W. and Sullivan, N., 1978. *The Study of Caves*, St. Louis.
- Odum, E.P., 1971. *Fundamentals of Ecology*, Philadelphia, W.B. Saunders Co.
- Sawyer, C. N. and McCarty, P. L., 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*, Tokyo, McGraw Hill Book.
- Strahler, A.N., 1977. *Principles of Physical Geology*, New York, Harper & Row, Publishers.
- Todd, D.K., 1985. *Groundwater Hydrology*, London, Wiley International.
- Trewatha, G.T. and Horn, L.H., 1980. *An Introduction to Climate*, Auckland, McGraw-Hill International Book Co.

ภาคผนวก ก

รวมคำศัพท์เรื่องถ้ำ และคำศัพท์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ภาคผนวก ก

รวมคำศัพท์เรื่องถ้ำ และคำศัพท์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

แปลและเรียบเรียงโดย ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์

คำนำ

เนื่องจากการศึกษาเรื่องถ้ำ หรือ “ถ้ำวิทยา (Speleology)” นั้นจะเกี่ยวข้องกับศาสตร์หลายสาขา จึงมีคำศัพท์ที่ใช้เรียกสิ่งต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นด้าน ธรณีวิทยา อุทกวิทยา แร่ภายในถ้ำ ฯลฯ และคำศัพท์หลายคำเป็นคำที่ค่อนข้างเป็นของใหม่สำหรับนักวิชาการชาวไทย หรือบางส่วนจะเป็นคำศัพท์เฉพาะด้าน ซึ่งบุคคลที่อยู่ในวงการอื่นๆ อาจไม่เข้าใจในความหมายของคำศัพท์เหล่านั้น ประกอบกับผู้เขียนได้มีความสนใจและมีความต้องการที่จะเผยแพร่ความรู้ที่เกี่ยวกับ “ถ้ำวิทยา” ให้กับนักวิชาการสาขาอื่นๆ รวมทั้งประชาชนอื่นที่สนใจ จึงได้ดำเนินการรวบรวมคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องมาทำการแปลและเรียบเรียงเป็นการส่วนตัวตั้งแต่ปี 2540 ซึ่งในขณะนี้ยังดำเนินการไปได้แล้วประมาณร้อยละ 80 ของคำศัพท์พื้นฐานทั้งหมด

ดังนั้น ผู้เขียนจึงได้คัดเลือกคำศัพท์บางคำที่เกี่ยวข้องกับบทความบางส่วน มาบรรจุไว้ในรายงานฉบับสุดท้ายของโครงการฯ ด้วย และผู้เขียนยินดีรับฟังข้อเสนอแนะ ตลอดจนข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่างๆ จากท่านผู้อ่านทุกท่าน เพื่อที่จะได้นำไปปรับปรุงและนำเสนอต่อผู้ชำนาญการต่างๆ ตลอดจนคณะกรรมการบัญญัติศัพท์ในสาขาต่างๆ หากมีความสมบูรณ์มากขึ้นก็อาจจะนำเสนอเพื่อจัดทำเป็นพจนานุกรมคำศัพท์ถ้ำวิทยาในโอกาสต่อไป

แหล่งข้อมูล

สำหรับแหล่งข้อมูลหลักที่เป็นภาษาอังกฤษ คือ คำศัพท์ที่จัดทำโดย J. N. Jennings ซึ่งได้รวบรวมไว้ให้กับสหพันธ์การสำรวจถ้ำประเทศออสเตรเลียเป็นหลัก ซึ่งใช้เป็นคำศัพท์หลักสำหรับการอ้างอิงในระดับนานาชาติ (Gillieson, 1996)

นอกจากนั้นผู้เขียนได้ใช้แหล่งข้อมูลอื่นประกอบ ดังนี้

- (1) คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, คณะกรรมการประสานงานด้านธรณีวิทยา ภายใต้คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ.
- (2) ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์, 2541. เอกสารประกอบการบรรยาย “ธรณีวิทยาเกี่ยวกับถ้ำของจังหวัดแม่ฮ่องสอน”, โครงการประชุมเชิงปฏิบัติการหัวหน้าสถานีพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่า.
- (3) ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์, 2542. “ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยา”, รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 : โครงการการสำรวจและจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จังหวัดแม่ฮ่องสอน, นครปฐม, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 29 - 67.
- (4) สุรพงษ์ เลิศทัศนีย์, 2539. รายงานการสำรวจเบื้องต้น ถ้ำบ้านปางคาม อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน

- (5) บริษัทจิออกราฟฟิคส์ไชนั, 2538, รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาเพื่อพัฒนาและอนุรักษ์ถ้ำ
กิ่งอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

หมายเหตุ

อักษรย่อหลังคำศัพท์ภาษาไทย

- (ข) หมายถึง คำศัพท์ที่เรียกโดยผู้เขียน (ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์)
(ส) หมายถึง คำศัพท์ที่เรียกโดย รศ.สุรพงษ์ เลิศทัศนีย์ (2539)
(จ) หมายถึง คำศัพท์ที่เรียกโดย บริษัทจิออกราฟฟิค (2538)
(อ) หมายถึง คำศัพท์ที่บัญญัติโดยคณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530,
(ท) หมายถึง คำศัพท์ที่ใช้เรียกโดยทั่วไปมานานแล้ว ไม่สามารถระบุผู้บัญญัติครั้งแรกได้

อักษรย่อหลังคำศัพท์ภาษาอังกฤษ

- (J) หมายถึง คำศัพท์ที่เรียกโดย J. N. Jennings
(ช) หมายถึง คำศัพท์ที่เรียกโดยผู้เขียน (ชัยพร ศิริพร ไพบูลย์)

คำศัพท์ถ้ำและความหมาย

ACTIVE CAVE (J) : ถ้ำเป็น (ข) หมายถึง ถ้ำที่ยังคงมีน้ำไหลผ่าน (และรวมหมายถึงถ้ำที่ยังคงมีการเกิดหินย้อย หินงอกอยู่ : ผู้แปล)

AGGRESSIVE water (J) : หมายถึง น้ำซึ่งสามารถที่จะละลายหินปูน หินชนิดอื่นๆ หรือ แร่ที่เกิดในถ้ำ

ARAGONITE (J) : อะราโกไนต์ (ท) เป็นแร่ที่เกิดจากสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่พบได้น้อยกว่า แร่แคลไซต์ ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าแร่แคลไซต์ และมีผลึกเป็นรูป orthorhombic

BONE BRECCIA (J) : หินเศษกระดูก (ข) หมายถึง หินกรวดเหลี่ยมที่ประกอบไปด้วยเศษกระดูก (ซึ่งมักเป็นกระดูกของสัตว์ : ผู้แปล)

BRECCIA (J) : หินกรวดเหลี่ยม (อ) หมายถึง หินชั้นที่ประกอบไปด้วยเศษหินหรือซากบรรพชีวินที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมๆ ที่ถูกเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า เช่น หินเศษกระดูก (Bone breccia)

CALCITE (J) : แคลไซต์ (อ) เป็นแร่ที่ประกอบไปด้วยสารเคมีหลักคือ สารแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของหินปูน ซึ่งจะมีรูปร่างของผลึกที่แตกต่างกันในรูปแบบของ rhombohedral subsystem.

CAVE (J) : ถ้ำ (ท) เป็นช่องว่างที่เกิดในหินตามธรรมชาติที่มีความกว้างพอที่จะให้คนเข้าไปได้ ซึ่งอาจจะมีน้ำอยู่หรือไม่ก็ได้

CAVE ECOLOGY (J) : นิเวศวิทยาในถ้ำ (ท) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตภายในถ้ำ เช่น พลังงานที่เกี่ยวข้อง อิทธิพลของสภาพอากาศ

CAVE FILL (J) : ตะกอนอุดตันในถ้ำ (ข) เป็นตะกอนที่ถูกพัดพามาด้วยน้ำ แล้วตกทับถมบนพื้นถ้ำทั้งหมด หรือบางส่วน หรือ ปิดกั้นช่องทางของถ้ำบางส่วน ประกอบด้วย ดินเหนียว ทรายแป้ง ทราย และกรวด

CAVE FLOWER (J) หรือ Gypsum flower (J) : ดอกไม้ถ้ำ (จ) เป็นแร่ยิปซัมที่เกิดเป็นรูปคล้ายดอกไม้

CAVE PEARL (J) : ไข่มุกถ้ำ (ส) ส่วนมีลักษณะเป็นเม็ดกลมผิวเรียบเป็นมัน มักพบในแอ่งเล็กๆ ที่เกิดจากหยดน้ำเกิดจากการพอกเป็นชั้นๆของสารแคลเซียมคาร์บอเนตรอบๆ เม็ดทรายหรือเศษหิน

CAVE SPRING (J) : น้ำพุถ้ำ (ข) เป็นน้ำที่ไหลออกมาจากหินหรือตะกอนในถ้ำ

CAVE SYSTEM (J) : ระบบถ้ำ (ข) เป็นกลุ่มของถ้ำที่มีการเชื่อมโยงกันโดยช่องทางที่สามารถเข้าไปได้ หรือเชื่อมต่อกันในด้านอุทกวิทยาหรือ เป็นถ้ำที่มีช่องทางหรือ โถงถ้ำหลายๆ โถงที่มีโครงข่ายต่อเนื่องกัน

CAVING (J) : การสำรวจถ้ำ (ท) เป็นการเข้าไปสำรวจในถ้ำต่างๆ

CHAMBER (J) : โถงใหญ่ (ช) เป็นลำดับที่ใหญ่ที่สุดของช่องว่างในถ้ำ ซึ่งมักจะมีความกว้างและความยาวมาก แต่ไม่จำเป็นต้องมีส่วนสูงมาก

CHERT (J) : เชิร์ต (อ) เป็นหินสีเทาอ่อน หรือแดง ประกอบไปด้วยผลึกซิลิกาขนาดเล็ก และมักพบเป็นก้อนกลมๆ หรือเป็นชั้นๆ ในหินปูน

COLUMN (J) : เสาหิน (ท) เป็นตะกอนคาร์บอเนตที่เชื่อมโยงระหว่างพื้นถ้ำถึงเพดานถ้ำ โดยการเติบโตเชื่อมกันระหว่างหินงอกและหินย้อย หรือเกิดจากการเติบโตของ หินงอกหรือหินย้อยอย่างใดอย่างหนึ่งจนจรดหินดาน

CROSS-SECTION (J) : ภาพตัดขวาง (อ) เป็นลักษณะของถ้ำหรือโถงถ้ำตามความกว้าง

CRYSTAL POOL (J) : สระแก้วผลึก (ช) เป็นสระในถ้ำซึ่งโดยทั่วไปมักจะมีการไหลเล็กน้อย หรือไม่มีเลย และจะมีผลึกที่สวยงามในสระดังกล่าว

CURTAIN (J) : ม่านหินย้อย (จ) เป็นตะกอนคาร์บอเนตที่เกิดเป็นแผ่นโค้งหรือเป็นรูปคลื่น มักจะโปร่งแสง จะพบว่ามีลักษณะที่ห้อยมาจากเพดานหรือผนังถ้ำ

DEAD CAVE (J) : ถ้ำที่ตายแล้ว (ช) หรือถ้ำแห้ง (DRY CAVE) เป็นถ้ำที่ไม่มีลำธารผ่าน หรือ ไม่มีหยดน้ำ

DEHYDRATION PITS (ช) : รูพรุนน้ำระเหย (ช) เป็นผนังถ้ำที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีขนาดประมาณ 0.5 - 2 เซนติเมตร เกิดจากผนังหรือเพดานถ้ำสูญเสียความชื้นเนื่องจากกระบวนการระเหยของน้ำ ทั้งนี้จะพบได้ในโถงถ้ำที่อยู่ระดับสูงที่เป็นโถงหรือถ้ำแห้ง และมักพบว่าจะเกิดกับหินปูนที่เนื้อแบบไข่ปลา (Oolitic limestone) เช่น บริเวณบ้านจะโป๊ะ

DIP (J) : มุมเอียง (อ) เป็นมุมที่ชั้นหินมีลักษณะที่เอียงไปจากแนวระดับ

DOG-TOOTH SPAR (J) : แร่ฟันหมา (อ) เป็นแร่แคลไซต์ชนิดหนึ่งที่มีปลายผลึกแหลม

DOLINE (J) : หลุมยุบ (อ) เป็นหลุมหรือแอ่งในพื้นที่ภูมิประเทศแบบคาสต์ จะมีรูปร่างหลายๆ แบบ เช่น ทรงกระบอก กรวย ขาม หรือจาน มีขนาดตั้งแต่ 2-3 เมตรจนถึงหลายร้อยเมตร

DOLOMITE (J) : โดโลไมต์ (อ)

(1) เป็นแร่ที่ประกอบไปด้วยสารคาร์บอเนตของแมกนีเซียม (Mg) และแคลเซียม (Ca) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

(2) หินที่ประกอบไปด้วยแร่ โดโลไมต์เป็นส่วนใหญ่

DRIPHOLE (J) : รุณ้ำหยด (ข) เป็นรูที่พื้นถ้ำเกิดจากการกระแทกของหยดน้ำ

DRIPLINE (J) : แนวรอยน้ำหยด (ข) เป็นแนวบนพื้นบริเวณปากถ้ำ เกิดจากหยดน้ำจากหินด้านบน ใช้ประโยชน์ในการหาจุดเริ่มต้นของถ้ำเวลาทำการสำรวจทำผังถ้ำ

DRIPSTONE (J) : หินน้ำหยด (ข) เป็นตะกอนที่เกิดจากหยดน้ำที่มีสารคาร์บอเนตจากเพดานถ้ำ หรือผนังถ้ำ ปกติจะเป็นแร่แคลไซต์

DRY CAVE (J) : ถ้ำแห้ง (ท) เป็นถ้ำที่ไม่มีทางน้ำไหลผ่าน มีความหมายเหมือนกับ ถ้ำที่ตายแล้ว (DEAD CAVE)

DRY VALLEY (J) : หุบเขาแห้ง (ข) เป็นหุบเขาที่ไม่มีร่องน้ำผิวดิน

EROSION (J) : การกร่อน (อ) การที่เนื้อหินผาน หรือตะกอนในบริเวณทั่วไป หรือเนื้อหินในถ้ำหลุดไปบริเวณผิว โดยกระบวนการทางกล หรือปฏิกิริยาทางเคมีจากตัวการต่างๆ ที่เคลื่อนไหว เช่น ลม ธารน้ำ และธารน้ำแข็ง

FAULT (J) : รอยเลื่อน (อ) หรือรอยเหลื่อม (อ) รอยแตก หรือแนวรอยแยกของหินสองฟาก ซึ่งเคลื่อนที่สัมพันธ์กันและขนานกันไปกับรอยแตกนั้น

FAULT CAVE (J) : ถ้ำรอยเลื่อน (ข) เป็นถ้ำที่มีพัฒนาการเกิดขึ้นตามรอยเลื่อน หรือ แนวรอยเลื่อน ซึ่งอาจจะเกิดเป็นถ้ำโดยการเคลื่อนที่แยกห่างกันของรอยเลื่อน หรือเกิดจากการละลายของเนื้อหินปูนก็ได้

FISSURE (J) : แนวแยก (อ) เป็นรอยแตกที่มีช่องว่างที่เกิดในหินหรือดิน

FISSURE CAVE (J) : ถ้ำแนวแยก (ข) เป็นถ้ำที่มีลักษณะแคบและสูง ซึ่งมักจะมีพัฒนาการตามรอยแยก (joint) แต่บางครั้งก็ไม่จำเป็น ปกติจะเป็นผลเนื่องมาจากการละลาย แต่บางครั้งก็จะเกิดจากแรงดึง

FLOWSTONE (J) หินปูนฉาบ (ส) หรือ หินน้ำไหล (จ) เป็นตะกอนถ้ำที่เกิดจากการที่น้ำไหลผ่านพื้นหรือผนังถ้ำในลักษณะเป็นแผ่นบางๆ แล้วจะมีแร่แคลไซต์เกิดขึ้น เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แร่ทราเวอร์ทีน

FOSSIL (J) ซากดึกดำบรรพ์ (อ) หรือ ซากบรรพชีวิน (อ) เป็นซากพืชหรือสัตว์ที่ถูกประทับไว้ในหิน หรือตะกอนต่างๆ

GROTTO (J) กร็อตโต หรือ โถงประดับขนาดกลาง (ข) เป็นโถงถ้ำห้องขนาดปานกลาง แต่มีตะกอนถ้ำประดับมาก

GROUNDWATER (J) หรือ Phreatic water หมายถึง น้ำบาดาล

GUANO (J) : ปุ๋ยขี้นก (อ) เป็นมูลสัตว์ในถ้ำซึ่งส่วนใหญ่ได้จากค้างคาวและมีเป็นส่วนน้อยที่ได้จากมูลนก มักพบสะสมตัวกันเป็นจำนวนมาก มักมีบางส่วนที่กลายเป็นแร่ และมักจะมีเศษหิน กระดูกสัตว์ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างมูลสัตว์กับหิน

GYPSUM (J) ยิปซัม หรือ แร่เกลือจืด (อ) เป็นแร่ซัลเฟตชนิดหนึ่งมีสูตรทางเคมีคือ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

GYPSUM FLOWER (J) : ดอกยิปซัม (ข) เป็นแร่ยิปซัมที่มีผลึกยาวและมีความโค้งพบตามพื้นผิวหินในถ้ำ

HELICITE (J) : หินปูนเกลียว (ส) เป็นตะกอนถ้ำประเภทคาร์บอเนต ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแนวแกนของผลึกที่เติบโตจากแนวตั้งทำให้มีลักษณะโค้งหรือเป็นมุมแหลม

HYDROLOGY (J) : อุทกวิทยา (ท) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับ ธรรมชาติ การกระจายตัวและพฤติกรรมของน้ำ

JOINT (J) รอยแยก (อ) รอยแยกของเนื้อหินเปลือกโลกที่เกิดจากความเค้นและความเครียด ฯ

KARST TERRAIN (J) : ภูมิประเทศแบบคาสต์ (อ) พื้นที่หินปูนที่น้ำฝนน้ำท่าจะละลายหินออกไปมากจนเป็นตะปุ่มตะป่ำ เต็มไปด้วยหลุมบ่อ ถ้ำ และ ทางน้ำใต้ดินที่ละลายเอาเนื้อหินปูนแทรกซึมหายไป

KARST WINDOW (J) : หน้าต่างคาสต์ (ส) เป็นแอ่งหรือหลุมที่เกิดจากการพังทะลายของเพดานถ้ำ และมีลำธารไหลอยู่ด้านล่าง เช่นที่ปากทางเข้าถ้ำผามอน

LIMESTONE (J) : หินปูน (อ) เป็นหินชั้นที่มีส่วนประกอบหลักเป็นสารแคลเซียมคาร์บอเนต

LIVE CAVE (J) หรือ Active cave (J) : ถ้ำที่มีชีวิต (ข) เป็นถ้ำที่มีลำธารไหลผ่าน หรือ ยังคงมีการก่อตัวของแร่ทุติยภูมิในถ้ำ (speleothem) อยู่

MARBLE (J) : หินอ่อน (อ) เป็นหินปูนที่มีการตกผลึกใหม่ของแร่แคลไซต์ และ ถูกทำให้แข็งตัวด้วยความดันและความร้อน

MEANDER (J): ทางน้ำโค้งตัว (อ) _เป็นลำน้ำที่โค้งไปมาเลคดคล้ายเส้นเชือกที่วางขดไว้เป็นหยักๆ เกิดจากการกัดเซาะของลำน้ำด้านข้าง

MUD PENDULITE (J) : ลูกตุ้มโคลน (ข) เป็นตะกอนถ้ำที่มีรูปร่างคล้ายลูกตุ้ม ซึ่งมีลักษณะเป็นปุ่มๆ มีโคลนเคลือบอยู่

NETWORK (J) : โครงข่าย (ท) เป็นรูปแบบที่ซับซ้อนของโครงข่ายถ้ำ

PALAEOKARST (J) : คาสต์บรรพกาล (ข) หรือ PALAEOKARST (J) เป็นคาสต์ดึกดำบรรพ์ ซึ่งมีลักษณะของถ้ำ หรือลักษณะของคาสต์หลงเหลืออยู่ ซึ่งมักจะมีหลักฐานต่างๆที่เป็นลักษณะสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีตอยู่ เช่น ตะกอนเก่า เช่น สิ่งที่สะสม หรือเศษหินกรวดเหลี่ยมที่แข็งตัวแล้ว

PASSAGE (J) : โถงถ้ำ (ท) ช่องว่างที่มีความยาวมากกว่าความกว้าง หรือความสูง และจะเชื่อมกับโพรงขนาดใหญ่

PENDULITE (J) : ลูกตุ้มหิน (จ) เป็นหินย่อยประเภทหนึ่ง ที่มีส่วนหนึ่งเคยจมอยู่ในน้ำ ซึ่งจะทำให้ส่วนที่จมน้ำนั้นเกิดผลึกแร่ฟีนมาเคลือบอยู่ คล้ายไม้คอกอง

PHREATIC ZONE (J) : โถงน้ำ (ข) เป็นส่วนที่ช่องว่างต่างๆในหินมีน้ำอยู่เต็ม

POLJE (J) : หุบเขาหลุมยุบ (ข) เป็นร่องหลุมยุบซึ่งจะมีพื้นที่ท้องน้ำเป็นที่ราบ มีขนาดพื้นที่มากกว่า 1 ตร.กม. และอาจจะมีลำธารเป็นแบบเป็น ธารน้ำไหลเป็นพักๆ (intermittent stream) หรือเป็นธารน้ำไหลตลอดปี (perennial stream) และมักจะถูกน้ำท่วมได้ง่ายในฤดูน้ำหลาก เป็นพื้นที่ที่สามารถใช้ทำการเกษตรกรรมได้ดี เพราะเป็นที่ราบและมีน้ำบริบูรณ์กว่าส่วนอื่น ที่พบมักใช้เป็นนาข้าว หรือปลูกพืชสวนครัว เช่น บานแมละนา บานไร่ เป็นต้น

RIMSTONE POOL (J) : ทานบหินปูน (ส) คือ ตะกอนปูนที่ก่อตัวขึ้นแล้วมีลักษณะคล้ายเขื่อน หรือทานบ หรือชั้นบันไดที่กั้นน้ำไว้ เกิดในบริเวณพื้นถ้ำหรือตามแนวทางน้ำไหล เมื่อน้ำไหลจะทิ้งตะกอนหินปูนเพิ่มพูนขึ้นเรื่อยๆ

SCALLOPS (J) : รอยริ้วน้ำไหล (ข) เป็นร่องรอยการไหลของน้ำบนผนังหรือเพดานถ้ำ สามารถใช้บอกความเร็วและทิศทางการไหลของน้ำในโถงถ้ำได้ ซึ่งคล้ายๆ กับ “รอยริ้วคลื่น (อ) หรือ RIPPLE MARK (ท)

SINK HOLE (J) : หลุมยุบ (อ) หรือ Doline (J) ซึ่งเกิดจากการยุบตัวของเพดานถ้ำ โดยมากมีลักษณะเป็นแอ่งรูปทรงกระบอก กรวย ขาม หรือจาน มีขนาดตั้งแต่ 2-3 เมตรจนถึงหลายร้อยเมตร

SODA STRAW (J): หลอดหินย้อย (ส) คือ สารหินปูนที่จับตัวเป็นหลอดหรือท่อย้อยลงมาจากเพดานถ้ำ แร่แคลไซต์ที่เกิดจะมีการเรียงตัวของผลึกในแนวยาวและย้อยลงมา ทำให้มีความยาวเพิ่มขึ้น ทำให้ดูคล้ายหลอดกลวงที่มีน้ำหยดออกมา

SPELEOLOGY (J) : ถ้ำวิทยา (ส) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสำรวจ การบรรยายเรื่องถ้ำรวมทั้งการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของถ้ำและปรากฏการณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง

SPELEOTHEM (J) : แร่ทุติยภูมิในถ้ำ (ข) เป็นแร่ที่เกิดในถ้ำซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแร่แคลไซต์ (calcite)

SPRING (J) : น้ำพุ (ท) หรือที่ชาวบ้านในพื้นที่จะเรียกว่าเป็น น้ำอู (ท) ซึ่งจะเป็นลำห้วยที่ไหลออกมาจากถ้ำ เช่นที่บ้านแม่น้ำอูสองแคว น้ำอูผาเลื้อ และบริเวณใกล้เคียง ลำน้ำของ ไกล่น้ำตกชุ่มซ่า รวมทั้งน้ำที่ไหลออกมาจากถ้ำน้ำตาดด้วย บางแห่งจะเป็น น้ำซับ (seeps) เพราะมีอัตราการไหลของน้ำออกมาสู่ผิวดินตามเชิงเขาในปริมาณน้อยๆ ในลักษณะซึมออกมา เช่น ที่บ้านแม่สุยะ

STALACTITE (J) : หินย้อย (ท) คือ ตะกอนหินปูนที่จับตัวเป็นแท่งหรือแผ่นย้อยลงมาจากเพดานถ้ำ เกิดจากน้ำใต้ดินที่มีหินปูนละลายอยู่ หยดลงมารอรวมแตกบนเพดานถ้ำ และเมื่อน้ำมีสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปก็จะทำให้เกิดเป็นแร่แคลไซต์เริ่มสะสมตัวทีละน้อยและจะพอกยาวลงมาจากเพดานเรื่อย โดยปกติมักจะมีลักษณะเป็นหลอดกลงอยู่ตรงกลาง

STALAGMITE (J) : หินงอก (ท) คือ ตะกอนหินปูนที่จับตัวเป็นแท่งสูงขึ้นมาจากพื้นถ้ำขึ้นไปหาเพดานถ้ำเกิดเนื่องจาก หยดน้ำที่ไหลออกมาจากหินย้อยหล่นถึงพื้นถ้ำก็จะเกิดการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์จึงทำให้ แคลไซต์ เกิดการสะสมตัวและค่อยๆ สูงขึ้นจากพื้นถ้ำ

STREAM SINK (J) : กีด หรือน้ำมุด (ท) ซึ่งจะเป็นลำห้วยที่มีน้ำไหลหายเข้าไปใต้ดิน เช่น ที่บ้านกีดน้ำลาง บ้านกีดสามสิบ บ้านหลุกข้าวหลาม บ้านหลุกดอง เป็นต้น

UVALA (J) : หลุมยุบซับซ้อน (ช) เป็นหลุมยุบที่มีความซับซ้อน ซึ่งมักจะมีหลุมยุบขนาดเล็กอยู่ตามขอบของหลุมใหญ่ เช่น บริเวณบ้านปางคาม บ้านห้วยป่าตึง เป็นต้น

VADOSE ZONE (J) : โลงอากาศปนน้ำ (ช) เป็นช่องว่างในหินหรือโพรงถ้ำที่มีบางส่วนเป็นอากาศ หรือน้ำปนอากาศ และจะเป็นส่วนที่มีน้ำไหลลงด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงของโลก

WATER TABLE (J) : ระดับน้ำบาดาล (ท) เป็นระดับผิวน้ำซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างน้ำในส่วนที่อยู่ในช่องว่างของหินจนเต็ม (น้ำบาดาล) และส่วนบนที่เป็นช่องว่างหรือโพรงถ้ำที่มีอากาศปนกับน้ำบางส่วน

ภาคผนวก ข

วิธีการตรวจสอบข้อมูลทางธรณีวิทยา

ภาคผนวก ข

วิธีการตรวจสอบข้อมูลทางธรณีวิทยา

สำหรับการตรวจสอบข้อมูลทางธรณีวิทยานั้น จะมีวิธีการตรวจสอบ 3 วิธีหลัก คือ

(1) การตรวจสอบข้อมูลในภาคสนาม

จะทำการตรวจสอบข้อมูลโดยอาศัยความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ของคณะวิจัยทางด้านธรณีวิทยากายภาพเป็นหลัก ซึ่งจะใช้วิธีตรวจดูประเภท - ชนิดของหิน แร่ประกอบหิน โครงสร้างธรณี ซากดึกดำบรรพ์ (fossils)

(2) การตรวจสอบข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

ในบางกรณีเช่นเมื่อสำรวจพบหินที่มีลักษณะทางกายภาพที่ไม่ชัดเจน จนไม่สามารถระบุถึงแร่ประกอบหิน หรือ กรณีที่มีซากดึกดำบรรพ์ขนาดเล็กมากจนไม่สามารถแยกแยะได้ด้วยตาเปล่า นั้น คณะผู้วิจัยจะนำตัวอย่างหินดังกล่าวไปทำการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ โดยการนำหินตัวอย่างมาทำการตัดจนเป็นแผ่นบาง (thin section) แล้วนำไปติดกับแผ่นกระจก แล้วฝนให้บางจนแสงสามารถผ่านได้ จากนั้นก็จะนำไปศึกษาลักษณะแร่ประกอบหินด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้หลักการทางด้านวิชาแร่ทางแสง (optical mineralogy) ซึ่งแร่แต่ละชนิดนั้นจะมีคุณสมบัติทางแสงเฉพาะตัว ทำให้สามารถบอกชนิดของแร่ และหินได้ถูกต้อง

(3) การตรวจสอบข้อมูลโดยผู้ชำนาญการเฉพาะด้าน

ในกรณีที่ตัวอย่างหิน แร่ หรือซากดึกดำบรรพ์ (fossils) มีลักษณะที่ยากต่อการตรวจสอบและวิเคราะห์โดยคณะผู้วิจัยๆ จะนำสิ่งดังกล่าวไปให้ผู้ชำนาญการเฉพาะด้านจากมหาวิทยาลัย หรือกรมทรัพยากรธรณีเป็นผู้ตรวจสอบอีกทีหนึ่ง

ภาคผนวก ค

เกณฑ์การสำรวจถ้ำ

ภาคผนวก ก

เกณฑ์การสำรวจถ้ำ

ตารางที่ ผ.ค.1 การให้เกรดของการสำรวจเส้นแนวกกลาง (Grading of the Survey Centre Line)

เกรด	คำอธิบาย	หมายเหตุ
เกรด 1	เป็นการวาดภาพร่างซึ่งมีความถูกต้องต่ำ และไม่ได้ทำการวัดใดๆ	
เกรด 2	เป็นวิธีที่อาจนำมาใช้ ถ้าจำเป็น เป็นการอธิบาย รายละเอียดของภาพร่าง ซึ่งมีความถูกต้อง ระหว่างเกรด 1 และ 3	เป็นเกรดที่ไม่แนะนำให้ใช้
เกรด 3	มีการวัดทิศทางด้วยเข็มทิศอย่างหยาบๆ ความละเอียดของการวัดมุมทั้งแนวราบ และแนวตั้ง ประมาณ 2.5 องศา ความละเอียดของระยะทาง ภายใน +/- 50 ซม. ความคลาดเคลื่อนของจุด หรือสถานีวัด น้อยกว่า +/- 50 ซม.	จะใช้ในกรณีที่มีเวลาจำกัด
เกรด 4	อาจจะใช้ถ้าจำเป็น ในการอธิบายการสำรวจมีความละเอียดเกือบถึง ลำดับที่ 5 แต่จะมีความถูกต้องมากกว่า ลำดับที่ 3	เป็นเกรดที่ไม่แนะนำให้ใช้
เกรด 5	มีการวัดทิศทางด้วยเข็มทิศที่มีความละเอียดของการวัดมุมทั้งแนวราบ และแนวตั้งประมาณ 1 องศา ความละเอียดของระยะทาง ภายใน +/- 10 ซม. ความคลาดเคลื่อนของจุด หรือสถานีวัดน้อยกว่า +/- 10 ซม.	เป็นเกรดที่ควรใช้ และเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องมีการปรับแต่งค่าเครื่องมือให้ถูกต้อง
เกรด 6	มีการวัดทิศทางด้วยเข็มทิศ ความละเอียดมากกว่าเกรด 5	การวัดมุมทั้งแนวราบและแนวตั้งต้องมีความแม่นยำถึง 1/2 องศา และระยะทางที่วัดต้องความละเอียดถึง 5 ซม.
เกรด X	ต้องเป็นการสำรวจด้วยกล้อง Theodolite	การสำรวจทุกอย่างในเกรด X นั้น ต้องมีการประเมินค่าความถูกต้อง (โดยการเปรียบเทียบกับ เกรด 3 และ เกรด 6) และบอกรายละเอียดของวิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ด้วย

ที่มา : Ellis. อ้างใน Ford and Cullingford (1976)

ตารางที่ ผ.ค.2 แสดงการจำแนกชั้นของความละเอียดในการสำรวจ (Classification of Survey Detail)

ชั้น	รายละเอียด
ชั้น A	ละเอียดทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับความทรงจำ
ชั้น B	รายละเอียดของโรงถ้ำได้จากการประมาณและบันทึกภายในถ้ำ
ชั้น C	มีการวัดรายละเอียดที่จุดหรือสถานที่วัดเท่านั้น
ชั้น D	มีการวัดรายละเอียดที่จุดหรือสถานที่วัด และระหว่างจุดสำรวจถ้าจำเป็น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง รูปร่าง ขนาด ทิศทาง ฯลฯ

ที่มา : Ellis. อ้างใน Ford and Cullingford (1976)

ภาคผนวก ง

ข้อมูลทางอุทกวิทยาและธรณีวิทยาที่สำคัญ

ภาคผนวก ง

ข้อมูลทางอุทกวิทยาและธรณีวิทยาที่สำคัญ

ตารางที่ ผ.ง.1 แสดงข้อมูลซากดึกดำบรรพ์ (Fossils) ที่พบ

ชนิดซากดึกดำบรรพ์	ตำแหน่ง (UTM Grid)	หมู่บ้าน หรือตำแหน่งที่พบ	หมายเหตุ
Crinoid	166650	บ้านจะโป๊ะ	หินปูนยุคเพอร์เมียน
Crinoid	253565	ถ้ำผามอน	หินปูนยุคเพอร์เมียน
Crinoid, coral, pelecypod	264585	บ้านผามอนใน	หินปูนยุคเพอร์เมียน
Crinoid	077616	ปากทาง รีสอร์ท Wilderness	หินปูนยุคเพอร์เมียน
Fusulinid	166650	บ้านจะโป๊ะ	หินปูนยุคเพอร์เมียน
Crinoid, Brachiopod	180724	ถ้ำผาเผือก	หินปูนยุคเพอร์เมียน
Brachiopod	?	ถ้ำฟอสซิล	หินปูนยุคเพอร์เมียน
brachiopod	167687	บ้านไม้สูง	หินปูนยุคเพอร์เมียน

ที่มา : โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จ.แม่ฮ่องสอน, พ.ศ. 2541

ตารางที่ ผ.ง.2 แสดงข้อมูลโครงสร้างธรณีวิทยา (Structural Geological Data)

1. แนวระนาบชั้นหิน (Bedding planes)

ชนิดหิน	ตำแหน่ง (UTM Grid)	ทิศทางการวางตัว (Attitude)	หมายเหตุ
หินทราย และหินดินดาน	074675	N15W/61S	
หินทราย และหินดินดาน	073648	S68W/38N	
หินทราย	075645	S83W/37N	
หินเชิร์ต (chert)	075605	N30W/41N	
หินดินดาน	073607	S25E/12S	
หินทราย หินดินดานและหินเชิร์ต	072608	N21W/65N	
หินทราย หินดินดานและหินเชิร์ต	071609	S45E/21N	
หินปูน	071610	S20W/24N	
หินทราย หินดินดาน	074611	N83W/55S	

1. แนวระนาบชั้นหิน (Bedding planes) (ต่อ)

ชนิดหิน	ตำแหน่ง (UTM Grid)	ทิศทางการวางตัว (Attitude)	หมายเหตุ
หินทราย หินดินดาน	076611	N2E/57S	
หินทราย หินดินดาน	092599	N16E/50N	
หินทราย	055595	N34W/46N	
หินทราย	083604	N3E/48N	
หินปูน	176679	N85W/72S และ N85W/40S	
หินทราย หินดินดาน	175689	N20W/10S	
หินทราย	185699	N62W/10S	
หินดินดาน	174660	N2W/44S	
หินทราย	249637	N40W/20N	
หินดินดาน	252644	N10E/34S	
หินดินดาน	252650	N20E/7N และ N16W/72S	
หินทราย	253654	N15W/72S	
หินชนวน (slate)	257656	N55E/30S	
หินเชิร์ต	266672	S50W/30S และ S3E/41N	
หินเชิร์ต	269639	N15E/20S	
หินทราย	274638	N20W/40S	
หินปูน	279639	N70E/38N	
หินทราย หินดินดาน	273657	N20E/25S	
หินทราย หินดินดาน	279663	N59E/50S	
หินทราย	251595	N65W/55S	
หินทราย หินดินดาน	255594	N20E/55N	
หินทราย	259593	S30W/31N	
หินปูน	264596	N30E/35S	
หินทราย	239565	N45E/46N	
หินดินดาน	243568	N7E/30S, N60W/32N และ N28W/50S	
หินปูนและหินอ่อน	261534	N55W/20S	
หินชนวน	263530	EW/55S และ N45E/73S	
ตะกอนร่วน	381469	S65W/24S	
หินดินดาน	299493	S65E/26N	

1. แนวระนาบชั้นหิน (Bedding planes) (ต่อ)

ชนิดหิน	ตำแหน่ง (UTM Grid)	ทิศทางการวางตัว (Attitude)	หมายเหตุ
หินทราย	015559	N14W/52S และ N13W/56S	
หินทราย	952481	S15W/67N และ S24W/85N	
หินทราย หินดินดาน	952485	N50W/40N	
หินฟิลไลต์ (phyllite)	960499	S20W/60S	
หินทราย หินดินดาน	194597	N70W/34N	

ที่มา : โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จ.แม่ฮ่องสอน, พ.ศ. 2541

2. รอยแตก (Fractures) ของหินชนิดต่างๆ

หน่วยและชนิดหิน	ตำแหน่ง (UTM Grid)	ทิศทางการวางตัว (Attitude)	หมายเหตุ
หินทราย หินดินดาน	074675	N77E/24S	
หินทราย หินดินดาน	073648	N10E/90	
หินเชิร์ต	075605	S70E/55S	
หินทราย หินดินดาน	092599	S15E/40N และ S85E/90	
หินทราย	083604	N20W/85N, S10E/55S และ N40W/50N	
หินทราย	185699	N25W/90 และ N55E/60N	
หินทราย หินดินดาน	185721	N75E/60S, S10E/50N และ S25E/58S	
หินทราย	193723	S5W/60N, S65E/70S และ EW/90	
หินดินดาน	174660	N80E/90	
หินทราย หินดินดาน	248632	N10E/30S	
หินทราย	249637	N12W/76S, N55E/90 และ N40W/28N	
หินดินดาน	252650	S45E/40S	
หินเชิร์ต	269639	N77E/84N	
หินทราย	274638	N50W/60N, N46W/80S และ S40W/63N	

2. รอยแตก (Fractures) ของหินชนิดต่างๆ (ต่อ)

หน่วยและชนิดหิน	ตำแหน่ง (UTM Grid)	ทิศทางการวางตัว (Attitude)	หมายเหตุ
หินทราย	278644	S65W/45S, S35E/ 90 และ N87E/50S	
หินทราย หินดินดาน	279663	N85E/35N, N60E/79S และ S66W/54N	
หินทราย	251595	N75W/55S, N5E/90 และ S50W/10S	
หินทราย	259593	S3W/80N และ S35W/76S	
หินทราย	239565	N25W/80S และ S45E/36N	
หินดินดาน	309492	S30W/81N และ N81W/60N	
หินดินดาน	293498	S75W/80S, S35E/55N และ S12E/37S	
หินกรวดเหลี่ยม (breccia)	002546	N80E/55N	
หินทราย หินดินดาน	952485	N15W/55S และ S3E/85N	

ที่มา : โครงการการสำรวจและการจัดทำระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำ จ.แม่ฮ่องสอน, พ.ศ. 2541

ภาคผนวก จ

แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ
และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ ปางคาม ตำแหน่ง GPS (UTM) ปากถ้ำ 171 E, 75 7N (ระหว่างแม่น้ำนา 4648 III)
สำรวจโดย : ชัยพร ศิริพรไพบุลย์ พัฒนธร โตไวยะ กำพล กำเนิดศิริ จารุงศ์ เรืองสุวรรณ
วันที่สำรวจ 7 เมษายน 2541 เวลา 13.30 - 18.22 น.

#	From	To	Len (m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	A1	A1	0	0	-	2.06	0	2.5	0	-	0	0	Looking N30E, outflow
2	A1	A2	8	40	10	1	1.5	0.5	3.5	130	7.878	0.698	Honfel ?, greenish gray
3	A2	A3	6.5	40	10	4.75	0	1.3	0	130	6.401	3.312	bedding S61W / 42NW
4	A3	A4	16	60	10	6.25	1.5	8	2	170	15.76	6.532	Fe-oxide at the ceiling
5	A4	A5	9	15	-8.5	4	0	4	3.3	250	8.901	1.046	
6	A5	A6	8	300	1.5	4.4	0	6	3.5	63	7.997	23.02	A6 to A5 = rockfalls
7	A6	A7	25.2	350	1.8	4.4	0	5.2	10.1	240	25.19	26.85	
9	A7	A8	23	324	1.5	3.4	0	14.7	4	295	22.99	19.22	Bats
10	A8	A9	8.2	42	1.5	15	0	10.3	14.45	300	8.197	10.87	15+
11	A9	A10	11	40	1.5	1.8	0	3.2	9.5	295	11	1.256	Big rockfalls
12	A10	A11	11.7	355	1.5	3	0	6.8	3	87	11.7	18.58	
13	A11	A12	21	330	1	3.4	0	6.9	12.5	258	21	19.57	
14	A12	C1	26	300	2	3	0	4	4	0	25.98	15.7	
15	C1	C2	17.6	185	3.5	15	0	7.3	0	256	17.57	47.88	15+
16	C2	C3	7.2	0	0	2.3	0	7	0	90	7.2	0	
17	A12	A13	27	330	1	15	0	9.1	0	250	27	85.41	15+
18	A13	A14	31.2	15	1	20	0	6.5	0	300	31.2	5.13	20+
19	A14	A15	19	35	1	7	0	4.3	0	290	19	4.265	Drappery
20	A15	A16	13	10	1	3.3	0	19	0	275	13	0.576	
21	A16	A17	46	140	1	3.3	0	18	0	10	45.99	8.059	A16 to A17 : Big Heart
22	A17	A18	18.7	30	1	1.7	0	6.6	8.2	123	18.7	0.89	
23	A18	A19	40	38	1	25	0	16.3	0	296	39.99	16.06	25+
24	A19	A20	12	120	10	15	0	>20	2	210	11.82	31.06	Upper Level, main Chamber 11 15+
25	A20	A21	9.3	230	19.5	10	0	10	>15	320	8.767	39.94	Upper Level 11 10+
26	A21	A22	26.2	236	10	4	6	4.3	7	326	25.8	16.46	water fall, tributary
27	A22	A23	20.6	19	3	10	0	10.6	0	136	20.57	3.299	
28	A23	A24	26.5	50	8.9	20	1	9	0	140	26.18	17.1	Bridge 11 20+
29	A24	A25	12.5	342	4	30	1	16.9	0	83	12.47	171	30+
30	A25	A26	29.6	10	8	20	1	7	0	100	29.31	3.42	20+
31	A26	A27	8	20	50	20	2	10	2	110	5.142	6.84	20+
32	A27	A28	12.8	40	10	20	2	15	3	130	12.61	13.68	20+

#	From	To	Len (m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
33	A28	A29	32	170	4	30	3	10	4	260	31.92	85	30+
34	A29	A30	34	25	53	40	5	9	0	240	20.46	16.07	40+
35	A30	A31	27.5	50	55	25	10	5	7	140	15.77	21.13	Cave entranceH 25+
	SUM		550.8								545.3	617.7	

โคงหลักยาว 550.8 เมตร

โคงรองยาว 182.2 เมตร

รวม 733 เมตร

Len(m)	คือ ระยะที่วัด (เมตร)	Azm	ทิศทางที่วัด (องศา)
Inc	มุมเอียง (องศา)	Up	ความสูงจากจุดที่วัดถึงเพดานถ้ำ (เมตร)
Down	ความสูงจากจุดที่วัดถึงพื้นถ้ำ (เมตร)	left	ระยะจากจุดที่วัดไปทางซ้าย (เมตร)
Right	ระยะจากจุดที่วัดไปทางขวา (เมตร)	Xbear	ทิศทางที่วัดของภาพตัดขวาง (องศา)
Lt	ระยะทางจริงในแนวระดับ (เมตร)	Ht	ระยะทางจริงในแนวตั้ง (เมตร)

ชื่อตำแหน่ง GPS ปากถ้ำ (UTM: 171 E, 757N (ระหว่างแม่ลานา 4648 III))
สำรวจโดย: ชัยพร ศิริพรโพธิ์กุล พัฒนธร โตไวยะ สุธี วัชรปรานี และ บุญปิ่น ระวีการ
วันที่สำรวจ: 15 พฤษภาคม 2541 เวลา: 13.16 - 16.00 น.
หมายเหตุ: โด่งหินถล่ม ห้วยแยกน้ำไหล

[illegible]

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ ผาเผือก ตำแหน่ง GPS (UTM) ปากถ้ำ [180724]
สำรวจโดย ชัยพร ศิริพรไพบุณย์, พัฒน์ธร โตไวยะ, ไพศาล ศรีพิเศษ, David Pierce และ Martin F.
วันที่สำรวจ 17 พฤศจิกายน 2541 เวลา

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	A1	A1	0	14	0	25+	1	28.5	48	50	-	-	ปากถ้ำ วางตัว N65E
2	A1	A2	38	317	-11	20+	1	16.5	16.4	44	37.3	-7.3	bed 210/47N
3	A2	A3	16.8	305	-21.5	12	0	14	11	20	15.6	-6.2	
4	A3	A4	11.2	295	-20	10	0	14	10	25	10.5	-3.8	
5	A4	A5	29.3	320	-29	10+	0	15	10	50	25.6	-14.2	
6	A5	A6	13.4	328	-28	10+	0	20	15	50	11.8	-6.3	
7	A6	A7	11.5	50	-19	10+	0	7	11.5	50	10.9	-3.7	
8	A7	A8	18.8	360	-40	10+	0	15	65	90	14.4	-12.1	
9	A8	A9	16.6	290	-18	7	0	18	10	350	15.8	-5.1	
10	A9	A10	13	253	-22	3	0	1.5	2.6	330	12.1	-4.9	A9, bedding : N60E / 45 NW
11	A10	A11	19.3	246	-31	10+	0	5.5	4	336	16.5	-9.9	A10, bedding : N60E / 45 NW
12	A11	A12	22.8	250	-31	15	0	25	5	340	19.5	-11.7	
13	A12	A13	7.5	220	-13	10+	0	10	2	310	7.3	-1.7	
14	A13	A14	11.9	221	-42	10+	0	1	2.5	311	8.8	-8.0	มุด
15	A14	A15	16.7	307	-25	10+	0	1.5	4	7	15.1	-7.1	
16	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
17	A15	A16	18	280	-34	4.5	0	5	4	10	14.9	-10.1	มีน้ำไหล R & L
18	A16	A17	6.3	251	-40	4	0	2.5	4	341	4.8	-4.0	
19	A17	A18	6.6	286	-21	5.5	0	2.5	4	16	6.2	-2.4	Flowstone
20	A18	A19	6.8	10	-34	3	0	0.5	10	100	5.6	-3.8	Flowstone
21	A19	A20	8.8	324	-45	2.2	0	2	6	46	6.2	-6.2	—
22	A20	A21	9	235	-37	2	0	6	2.2	325	7.2	-5.4	Centipede + Fossils(shells,crinoid)
23	A21	A22	11.8	50	-5	2.3	0	6.2	6.2	75	11.8	-1.0	* : vertical shaft
	SUM		314.1								278.1	-134.9	

Len คือ ระยะที่วัด (เมตร)

Azm ทิศทางที่วัด (องศา)

Inc มุมเอียง (องศา)

Up ความสูงจากจุดที่วัดถึงเพดานถ้ำ (เมตร)

Dov ความสูงจากจุดที่วัดถึงพื้นถ้ำ (เมตร)

left ระยะจากจุดที่วัดไปทางซ้าย (เมตร)

Rigl ระยะจากจุดที่วัดไปทางขวา (เมตร)

Xbear ทิศทางที่วัดของภาพตัดขวาง (องศา)

Lt ระยะทางจริงในแนวระดับ (เมตร)

Ht ระยะทางจริงในแนวตั้ง (เมตร)

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ ผาแดง ตำแหน่ง GPS (UTM) ปากถ้ำ 066 E, 677N (ระหว่างแม่ลานา 4648 III)

สำรวจโดย: ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, พัฒนธร โตไวยะ, กำพล กำเนิดศิริ, ศักดิ์สิทธิ์ อุณหสถิตธรรม

John Spies และ David A. Pierce

วันที่สำรวจ 7 เมษายน 2541 เวลา 12.35 - 18.18 น.

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	A1	A1	0	0	0	4.5	0	14.2	8	0	-	-	
2	A1	A2	15	93	2.8	1.9	0	1.2	2.4	0	15.0	0.7	brecciated limestone
3	A2	A3	42.6	338	1.5	20+	0	2	4.2	50	42.6	1.2	
4	A3	A4	11.3	346	2	20+	0	4	2.3	214	11.3	0.4	Red bedrock, Lst
5	A4	A5	22.7	284	0	~20	0	3.1	1.9	323	22.7	0.0	
6	A5	A6	16	24	1.4	~20	0	3.9	4.3	167	16.0	0.4	
7	A6	A7	22.3	295	1.5	~20	0	3.3	2.7	330	22.3	0.6	Vertical erosion?
8	A7	A8	15.4	195	0.5	15+	0	3.1	2.4	250	15.4	0.1	
9	A8	A9	22.3	171	1.5	~20	0	2.5	2.6	255	22.3	0.6	
10	A9	A10	15	280	1.5	~20	0	3.1	5.6	110	15.0	0.4	
11	A10	A11	15.4	178	0	20+	0	2.7	4.2	300	15.4	0.0	
12	A11	A12	20.7	220	-11.5	~17	0	6.5	4	107	20.3	-4.1	
13	A12	A13	21.7	145	1.5	7	0	7.2	8.5	305	21.7	0.6	cobble of greywacke
14	A13	A14	4.3	215	2.5	6.6	0	4.15	2.9	285	4.3	0.2	
15	A14	A15	17.5	285	0	1.8	0	3	0	150	17.5	0.0	bridge & phreatic surface
16	A15	A16	26.5	28.6	1.2	1.2	0	5	5	118.6	26.5	0.6	
17	A16	A17	44.4	215	1	15	0	7.2	6	310	44.4	0.8	
18	A17	A18	20.6	0	1	10	0	4.9	2.3	110	20.6	0.3	
19	A18	A19	7.8	19.8	1	7.5	0	3.2	4.4	130	19.8	0.3	
20	A19	A20	50	260	1	6	0	4.1	6.1	350	50.0	0.9	Tension cracks, low crawl
21	A20	A21	25.9	305	1	4.5	0	8.2	4.4	325	25.9	0.5	to upper level
22	A21	B1	22	290	7	2.7	0	4.8	2.6	30	21.8	2.7	T=20 C, H = 83%, Bats
23	A21	A22	12	230	0	4.4	0	2	0	254	12.0	0.0	
24	A22	A23	17.2	160	0	5.4	0	5	6.7	250	14.2	0.0	
25	A23	A24	31.3	145	-4	~8	0	5.4	7.35	110	31.2	-2.2	Rimstone pool, flowstone
26	A24	A25	43.8	200	1.5	7	0	2.1	3.2	340	43.8	1.1	Twater= 20C
27	A25	A26	17.9	260	1.5	5	0	3.9	6.1	125	17.9	0.5	
28	A26	A27	21.2	187	-1.5	7.5	0	8.1	5.3	162	21.2	-0.6	Active Stalactite
29	A27	A28	38.5	275	1	3.5	0	5.5	10	212	38.5	0.7	T=10 C, H=73%,
30	A28	A29	19.6	300	1.5	5	0	6.5	3.2	305	19.6	0.5	light gray limestone

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
31	A29	A30	51	245	1	3.5	0	5.3	2.7	130	51.0	0.9	
32	A30	A31	4.05	250	-11	3.5	0	2.3	1.2	340	4.0	-0.8	
33	A31	A32	4.4	185	0	1	0	3	0	240	4.4	0.0	
34	A32	A33	16	135	0	3	0	9.3	3.7	215	16.0	0.0	
35	A33	A34	46.3	255	7	3.5	0	0	10.5	205	46.0	5.6	
36	A34	A35	36	140	-9.5	5	0	3	34	230			
37	A33	A36	19.6	170	0	2.6	0	2.25	5.2	260	19.6	0.0	
37	A36	A35	22	250	1.2	4.9	0	7	2.5	340	22.0	0.5	
38	A35	A37	24.8	216	7	2.7	0	29	9.5	115	24.6	3.0	
39	A37	A38	36.8	175	-1.5	2.5	0	0	38	265	36.8	-1.0	
40	A38	A39	21.9	200	1.2	2.5	0	3	2.5	290	21.9	0.5	
41	A38	C1	17	82	7.5	12+	0	3.5	4.1	38	16.9	2.2	
42	C1	C2	12.7	167	-1.2	3.8	0	2.3	4.9	124	12.7	-0.3	
43	C2	C3	12.5	235	-4	0.8	0	0.6	0.9	338	12.5	-0.9	
44	C3	C4	9.5	270	2	2.9	0	4.6	2.9	0	9.5	0.3	C3 to C4 = sand dune
45	C4	A39	7.8	270	-14	4.6	0	4	6.4	10	7.6	-1.9	
46	A39	A40	26.8	215	1.2	2.5	0	5.5	8.1	112	26.8	0.6	
47	A40	A41	26.5	170	1.2	10+	0	3	5	246	26.5	0.6	
48	A41	A42	16.6	117	-1.5	7	0	4.6	9.3	70	16.6	-0.4	
49	A42	A43	12.7	215	-4	1	0	1.3	-10	305	12.7	-0.9	
50	A43	A44	52	170	-1	6	0	5.4	4.2	120	52.0	-0.9	beautiful flowstone
51	A44	A45	27.8	205	-1	4.5	0	2.8	9.7	255	27.8	-0.5	
52	A45	D1	19.4	195	3	3.2	0	3.1	1.1	130	19.4	19.4	
53	D1	D2	7.4	225	3	2.1	0	2	3.3	280	7.4	0.4	
54	D2	D3	7	140	24	3.5	0	1.9	8.3	235	6.4	2.8	
55	D3	D4	9	136	-14	3	0	10	2.5	226	8.7	-2.2	
56	A45	A46	10.8	160	0	1.3	0	1.2	8.5	240	10.8	0.0	
57	A46	A47	16.7	140	0	15+	0	3.8	4.9	270	16.7	0.0	
58	A47	A48	19.1	225	0	10	0	2.4	5.2	130	19.1	0.0	A48=D4
59	A48	A49	9.4	240	9	20+	0	17.3	3.3	170	9.3	1.5	
60	A49	A50	29.4	240	45	10+	0	13	5	330	20.8	20.8	
	SUM		1293.9								1255.3	56.4	

Len(m) คือ ระยะที่วัด (เมตร)

Azm ทิศทางที่วัด (องศา)

Inc มุมเอียง (องศา)

Up ความสูงจากจุดที่วัดถึงเพดานถ้ำ (เมตร)

Down ความสูงจากจุดที่วัดถึงพื้นถ้ำ (เมตร)

left ระยะจากจุดที่วัดไปทางซ้าย (เมตร)

Right ระยะจากจุดที่วัดไปทางขวา (เมตร)

Xbear ทิศทางที่วัดของภาพตัดขวาง (องศา)

Lt ระยะทางจริงในแนวระดับ (เมตร)

Ht ระยะทางจริงในแนวตั้ง (เมตร)

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ ผามอน ตำแหน่ง GPS ปากถ้ำ (UTM) 47 4 25 064 E, 21 56 845 N

สำรวจโดย: ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, พัฒน์ธร โตไวยะ, กำพล กำเนิดศิริ, รณชัย ทองคารา,
จารุงศ์ เรืองสุวรรณ, ชีระ วัชรปรานี, John Spies และ David A. Pierce

วันที่สำรวจ 10 พฤษภาคม 2541 เวลา 09.45 - 20.16 น.

#	From	To	Len (m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
1		C1	-	-	-	5.6	0	1.2	2.85	-	-	-	
2	C1	C2	22.1	35	6	3	0	2.6	1.42	300	21.979	2.3101	Upper Level
3	C2	C3	10	10	4	~4	0	2.5	1.36	100	9.9756	0.6976	
4	C3	C4	5.3	40	20	~4	0	1.54	1.5	130	4.9804	1.8127	
5	C4	C5	16	165	15	~4	0	1.3	0	255	15.455	4.1411	
6	C5	C6	20	210	-4	3.5	0	4.7	7.11	300	19.951	-1.395	
7	C6	C7	8.5	55	235	3.5	0	3.7	20	210	-4.875	-6.963	
8	C7	C8	2.8	340	28	2.15	0	1.8	1.7	430	2.4723	1.3145	
9	C8	C9	5.4	15	38	2	0	3.4	1	105	4.2553	3.3246	
10	C9	C10	3.1	305	28	1.3	0	0.5	0.5	395	2.7371	1.4554	small hole
11	C10	C11	5.7	10	1.5	8.5	0	3.9	2.3	100	5.698	0.1492	
12	C11	C12	8	15	-5	15	0	3.6	3.05	105	7.9696	-0.697	
13	C12	C13	31	18	1	12	0	3.8	3.9	108	30.995	0.541	
14	C13	C14	7	30	1	12	0	4.5	6	120	6.9989	0.1222	
15	C14	D1	20.3	108	31	10	0	11	1	198	17.4	10.455	11 m. from C13(D1 = C15)
16	D1	D2	11	108	5	7	0	3.6	2	198	10.958	0.9587	upper level, see attached map
17	X0	X1	12.4	10	1	15+	0	1	5.4	100	12.398	0.2164	
18	X1	X2	13	5	1	12+	0	1.5	1.5	95	12.998	0.2269	
19	X2	X3	7	20	1	12+	0	1.5	1.5	110	6.9989	0.1222	water depth = .65 m.
20	X3	X4	8	15	1	12+	0	1	2.2	105	7.9988	0.1396	
21	X4	X5	14	45	4	10+	0	0	3	135	13.966	0.9766	contact Lst/Bs = 310/18 SW
22	X5	X6	16.5	86	4.5	3.7	0	0	9.3	176	16.449	1.2946	
23	X6	X7	22.5	40	8	4.9	0	3.5	1.2	130	22.281	3.1314	
24	X7	X8	25.2	75	0	2.5	0	8	8	165	25.2	0	
25	X8	X9	20.3	105	0	3	0	2.4	4.1	195	20.3	0	
26	X9	X10	21	58	1	12+	0	4	0	148	20.997	0.3665	
27	X10	X11	20.5	0	2	12+	0	3	0	90	20.488	0.7154	Bat Colony, ค้างคาวสามสตร
28	X11	X12	37.5	12	2	15+	0	3.1	0	102	37.477	1.3087	1.5

29	X12	X13	44	10	10	5.5	0	3	0	100	43.332	7.6405	
30	X13	X14	11	57	1	4.5	0	4.6	0	147	10.998	0.192	
31	X14	X15	17.5	22	2	2.6	0	2.5	1.5	112	17.489	0.6107	
32	X15	X16	38	5	2	2.1	0	3.1	5.2	95	37.977	1.3262	R : ทางแยกมีน้ำตก
33	X16	X17	28.3	75	2	2.9	0	1.8	4.9	165	28.283	0.9877	
34	X17	X18	20.6	60	1	2.6	0	2.5	3.7	150	20.597	0.3595	
35	X18	X19	40.5	10	1	2.6	0	6	5.2	100	40.494	0.7068	
36	X19	X20	12.5	70	13	5	0	1.6	2.7	160	12.18	2.8119	
37	X20	X21	9	115	-7	7	0	3	5.1	205	8.9329	-1.097	
38	X21	X22	4.5	155	-25	5.6	-4	0	2.5	245	4.0784	-1.902	
39	X22	X23	10.4	115	2	2	0	1.5	0	205	10.394	0.363	
40	X23	X24	9	104	1	2.4	0	1.5	1.4	194	8.9986	0.1571	Basalt under flowstone
41	X24	X25	65	62	4	1.7	0	1.2	1.3	152	64.842	4.5342	
42	X25	X26	10.5	88	6	1.5	0	2.8	1.7	178	10.442	1.0975	
43	X26	X27	13	140	1	3.8	0	1.4	1.8	230	12.998	0.2269	
44	X27	X28	13	137	6	2.5	0	10+	2.5	227	12.929	1.3589	miliped สีขาว ยาว ~ 5 mm.
45	X28	X29	13	105	2	4.2	0	5	4.5	195	12.992	0.4537	
46	X29	X30	5	70	30	2.5	0	~10	~10	160	4.3301	2.5	limestone, light gray, water fall
47	X30	X31	10.5	97	5	3.2	0	2.7	4.7	187	10.46	0.9151	
48	X31	X32	6	75	18	~7	0	10+	7+	165	5.7063	1.8541	Rock falls
49	X32	X33	130	95	-14	5	-5	7	1.8	185	126.14	-31.45	Solution channels มาก
50	X33	X34	11	45	1	~7	0	0	3.3	135	10.998	0.192	
51	X34	X35	18	85	1	11	0	2	2.3	175	17.997	0.3141	Fossil : shells ?
52	X35	X36	15.5	120	24	8.5	0	2.1	1.3	210	14.16	6.3044	Pneatic surfaces
53	X36	X37	27	160	1	6.8	4.2	3.3	5	250	26.996	0.4712	
54	X37	X38	19	80	1	4	0	3	0	170	18.997	0.3316	
55	X38	X39	13.5	80	25	8	0	4	0	170	12.235	5.7053	Fossil : Crinoid
56	X39	X40	25	155	-10	12+	0	4	5	245	24.62	-4.341	Rock falls
57	X40	X41	15	90	10	4	0	4.2	2.5	180	14.772	2.6047	
58	X41	X42	11	57	20	10	~5	20	7	147	10.337	3.7622	
59	X42	X43	10.5	52	13	8	0	~20	7	142	10.231	2.362	
60	X43	X44	15	53	31	20	0	4.5	~10	143	12.858	7.7256	
61	X44	X45	20.5	135	5	15+	0	~10	~10	225	20.422	1.7867	
62	X45	X46	14	70	5	5	0	2.1	2	160	13.947	1.2202	
	SUM		1120.4								1087.7	48.812	0

Len(m)	คือ ระยะที่วัด (เมตร)	Azm	ทิศทางที่วัด (องศา)
Inc	มุมเอียง (องศา)	Up	ความสูงจากจุดที่วัดถึงเพดานถ้ำ (เมตร)
Down	ความสูงจากจุดที่วัดถึงพื้นถ้ำ (เมตร)	left	ระยะจากจุดที่วัดไปทางซ้าย (เมตร)
Right	ระยะจากจุดที่วัดไปทางขวา (เมตร)	Xbear	ทิศทางที่วัดของภาพตัดขวาง (องศา)
Lt	ระยะทางจริงในแนวระดับ (เมตร)	Ht	ระยะทางจริงในแนวตั้ง (เมตร)

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ ผามอน ตำแหน่ง GPS ปากถ้ำ (UTM) 47 4 24189 E, 21 56 644 N
สำรวจโดย ชัยพร ศิริพรไพบุลย์, พัฒนธร โตไวยะ, กำพล กำเนิดศิริ, สุทธิ, John Spies และ บุญปิ่น ระวังการ
วันที่สำรวจ 12 พฤษภาคม 2541 เวลา 09.57 -17.36 น.

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	A1	A1	-	-	-	-10	0	4	4	35	-	-	ปากถ้ำเข้าทางห้วยแยก
2	A1	A2	14	110	1.5	-10	0	4	6	100	14.0	0.4	
3	A2	A3	22.3	205	1.5	2.5	0	3.2	3.2	115	22.3	0.6	หินปูน recrystallized, สีขาว
4	A3	A4	12	160	2	5.2	0	3.6	2	250	12.0	0.4	Bedding ? : NS / 32 W
5	A4	A5	12.1	115	1.5	7.5	0	3	2	205	12.1	0.3	
6	A5	R	11	215	0	8	0	0	4	305	11.0	0.0	
7	A5	A6	24.2	75	1.5	8	0	10+	7	240	24.2	0.6	A5 to R = 11, Azm =215, Up=8
8	A6	A7	19.2	120	1.5	1.5	0	-15	4.6	210	19.2	0.5	
9	A7	A8	18.1	40	0	1	0	2.8	4.5	130	18.1	0.0	
10	A8	A9	22.9	120	0.5	2	0	3	3.5	210	22.9	0.2	
11	A5	U1	9.6	165	3	8	0	7	5	255	-	-	
12	U1	U2	5	175	14	5.7	0	5	7	265	-	-	Upper level : see Attached Map
13	U1	U3	14.3	103	14	5.7	0	6	6	193	-	-	
14	U2	U3	18	185	14	2.6	0	4.8	35	0	17.5	4.4	
15	U3	A7	27	335	-30	-15	0	5	12	65	23.4	-13.5	
16	U1	U4	13.7	145	-12.5	-15	0	4	7	235	13.4	-3.0	
17	U4	U5	8.6	60	-24.5	3.3	0	3.8	6	150	7.8	-3.6	
18	U5	A8	3	83	0	4.6	0	3	0	173	3.0	0.0	
19	A9	A10	23.2	35	0	8.5	0	3.3	4	125	23.2	0.0	
20	A10	A11	22.5	124	0	2.85	0	5	2	45	22.5	0.0	
21	A11	A12	14.6	137	0.5	3	0	1.2	6	227	14.6	0.1	
22	A12	A13	31.6	170	0	1.2	0	3	2.8	260	31.6	0.0	
23	A13	A14	22	63	1	3	0	2	5	153	22.0	0.4	
24	A14	A15	29.4	127	0	8	0	2.6	6	217	29.4	0.0	
25	A15	A16	8.6	123	-1	3	0	4	7	213	8.6	-0.2	
26	A16	A17	5.4	170	0	2.5	0	5	7	260	5.4	0.0	
27	A17	A18	8.2	98	3	10	0	5.4	8	188	8.2	0.4	
28	A18	A19	4	157	0	3	0	3	0	247	4.0	0.0	
29	A19	A20	6.7	130	8	1.8	0	3	2	220	6.6	0.9	
30	A20	P2	15.8	98	34	-15	0	4	10	188	13.1	8.8	
31	P2	P1	31.5	98	45	15+	0	3	10	188	22.3	22.3	

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
32	A20	A21	50	58	2.5	7	0	3	4	148	50.0	2.2	
33	A21	A22	37.3	65	1	5	0	1.5	1.5	155	37.3	0.7	
34	A22	A23	50	70	1	7	0	1.6	1.6	160	50.0	0.9	
35	A23	A24	21.4	60	1.5	15	0	5	2	150	21.4	0.6	
36	A24	A25	15.8	35	1	20+	0	5.5	4.7	125	15.8	0.3	left : Fossil floor
37	A25	A26	30.7	74	2	4.5	0	2.7	10	164	30.7	1.1	
38	A26	A27	47.2	45	1	7	0	8	3	135	47.2	0.8	fault 030
39	A27	A28	30.2	62	0.5	7	0	5	7.3	152	30.2	0.3	low crawl, A28-A29 = Fossil floor
40	A28	A29	19.9	165	1	1	0	7	8	255	19.9	0.3	
41	A29	A30	21.3	17	5.4	1.5	0	19	4.2	107	21.2	2.0	
42	A30	A31	40.8	100	0.5	10	0	6	5	190	40.8	0.4	
43	A31	B1	14.2	170	12	15	0	2.5	14	260	13.9	3.0	
44	B1	B2	10.2	165	-11	2.5	0	3.4	1.3	255	10.0	-1.9	
45	B2	B3	17.9	160	1	4	0	5	2.8	250	17.9	0.3	shield; h= 1.5 m.
46	B3	B4	20	188	1	2	0	-5.3	4.1	278	20.0	0.3	
47	B4	B5	24.1	145	1	2.7	0	3.5	3.7	235	24.1	0.4	
48	B5	B6	21	225	-0.5	2.2	0	5	5.5	315	21.0	-0.2	
49	B6	B7	35.3	190	1	3.5	0	2.3	1.7	280	35.3	0.6	
50	B7	B8	14.3	185	0	2.2	0	2	2.8	275	14.3	0.0	
51	B8	B9	27.5	122	0.5	2	0	3.7	6	212	27.5	0.2	
52	B9	B10	13.7	60	0.5	2.5	0	3.8	7	150	13.7	0.1	
53	B10	B11	14.3	155	1	2	0	5	4.5	245	14.3	0.2	
54	B11	B12	7	200	-2.5	2	0	3	4	290	7.0	-0.3	
55	B12	B13	25.8	165	0	1.6	0	2.9	3	255	25.8	0.0	
56	B13	B14	15.6	185	0	3.4	0	2	1.5	275	15.6	0.0	
57	B14	B15	10.6	200	0.5	3	0	3	1.5	290	10.6	0.1	
58	B15	B16	17.2	173	0.5	7	0	2.5	0	263	17.2	0.2	flowstone
59	B16	B17	19.7	55	0	7	0	17.2	3	145	19.7	0.0	B16-B17 Low walk, B16 Fault ?
60	B17	B18	10.2	55	0	7	0	0	2.5	145	10.2	0.0	B17 Sandy limestone, medium - grained, brown
61	B18	B19	9.4	75	1	5	0	2	2	165	9.4	0.2	มีห้วยแยกใกล้ B zone ทิศทาง 130
	SUM		1171.1								1124.2	32.815	

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ ผามอน ตำแหน่ง GPS ปากถ้ำ (UTM) 47 4 24189 E, 21 56 644 N
สำรวจโดย : ชัยพร ศิริพรไพบูลย์, พัฒนธร โตไวยยะ, กำพล กำเนิดศิริ และ บุญปิ่น ระวังการ
วันที่สำรวจ 13 พฤษภาคม 2541 เวลา 10.19 - 16.41 น.

#	From	To	Len (m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	A31	A32	18	87	3	10+	0	3	3	177	18.0	0.9	
2	A32	A33	13.3	81	0	5.1	0	4.6	2.6	171	13.3	0.0	
3	A33	A34	35.5	105	0.5	5.8	0	3.2	3	195	35.5	0.3	
4	A34	A35	50	74	1	5.5	0	3	6.7	164	50.0	0.9	
5	A35	A36	18.1	92	1	15	2	3.1	4.8	182	18.1	0.3	
6	A36	A37	22	68	-4.5	-20	3	8	1.5	158	21.9	-1.7	
7	A37	A38	18	63	0	4.5	0	3	0.5	153	18.0	0.0	
8	A38	A39	49.5	57	15	-10	0	5	4	147	47.8	12.8	
9	A39	A40	10	68	1.5	5.3	0	5	7	158	10.0	0.3	
10	A40	A41	32	142	0.5	6.5	0	8.2	-15	232	32.0	0.3	
11	A41	A42	34	55	0	4.2	0	4	-15	145	34.0	0.0	
12	A42	A43	24	35	0	15+	0	9	2.5	125	24.0	0.0	
13	A43	A44	34.7	95	0.5	20	0	0	7.2	185	34.7	0.3	
14	A44	A45	47.2	35	1	15	0	5.3	3	125	47.2	0.8	
15	A45	A46	50.5	78	6	15+	0	13	0	168	50.2	5.3	Flowstone ที่น้ำศาล ขาว 15 ม. สูง 5.6 ม.
16	A46	A47	11.7	65	3	15+	0	5	3	155	11.7	0.6	
17	A47	A48	8	58	0	25+	6	3.5	3.6	148	8.0	0.0	
18	A48	A49	9.4	65	45	25+	6	3	3	155	6.6	6.6	
19	A49	A50	12.4	52	-0.5	-25	0	4	5	142	12.4	-0.1	
20	A50	A51	14.6	110	0.5	25+	0	9	5	200	14.6	0.1	sandy limestone, น้ำศาลเหลือง,
21	A51	A52	28.4	67	0	15+	0	5.5	4.5	157	28.4	0.0	medium - grained
22	A52	A53	25.5	35	0.5	15+	0	4	2	125	25.5	0.2	หินปูน สีเทาขาว recrystallized, sandy,
23	A53	A54	9.3	10	11.5	7.5	0	6	1.75	100	9.1	1.9	ที่บันไดพบ fossil = crinoid stems
24	A54	A55	47.8	23	0	15+	0	8	2.5	113	47.8	0.0	
25	A55	A56	42	40	0	5	0	6	3.7	130	42.0	0.0	Fossils
26	A56	A57	29	10	0	-15	0	4	3.5	100	29.0	0.0	A56 - 10 ม. พบ fossils
27	A57	A58	21.5	35	0	-15	0	3.8	2.2	125	21.5	0.0	น้ำ สูง 7 ม.
28	A58	A59	17.7	3	0	10+	0	4	2	93	17.7	0.0	
29	A59	A60	10	65	0	1.5	0	3.5	2.5	155	10.0	0.0	
30	A60	A61	26	45	0.5	6	0	4.5	7	135	26.0	0.2	
31	A61	A62	22.4	35	0.5	4.3	0	4.5	2	125	22.4	0.2	
32	A62	A63	51	30	0.5	2.2	0	4.5	3.7	120	51.0	0.4	Fossiliferous limestone
33	A63	A64	50	22	0.3	20+	0	2.7	2.3	112	50.0	0.3	มี calcite veins สีขาวแทรก

#	From	To	Len (m)	Azm	Inc	Up	Down	Left	Right	Xbear	Lt	Ht	Remark
34	A64	A65	34	42	0.5	-10	0	3.3	2.6	132	34.0	0.3	
35	A65	A66	24.6	74	0	15+	0	2.8	3	164	24.6	0.0	
36	A66	A67	19.8	20	0	7.5	0	3.6	2.4	110	19.8	0.0	
37	A67	A68	20	73	-0.5	3.25	0	2.2	3.6	163	20.0	-0.2	
38	A68	A69	17.7	110	0.5	2.6	0	2.6	4.1	200	17.7	0.2	
39	A69	A70	42.7	13	0	5.3	0	3.5	4	103	42.7	0.0	
40	A70	A71	18.5	5	0	-25	0	2.8	2.1	95	18.5	0.0	
41	A71	A72	31	42	0	-15	0	2	2.3	132	31.0	0.0	Fossils
42	A72	A73	16.2	27	0	25+	0	2.6	1.8	117	16.2	0.0	
43	A73	A74	35	20	0	-12	0	2	1.5	110	35.0	0.0	
44	A74	A75	9.3	355	0.5	-20	0	1.8	1.5	85	9.3	0.1	A74 - 10 ม. พบแมงมุม
45	A75	A76	26.5	20	0.5	-10	0	2.1	2	110	26.5	0.2	
46	A76	A77	14	310	0	5	0	3.5	3	40	14.0	0.0	
47	A77	A78	13.5	22	0	3	0	2.1	1.2	112	13.5	0.0	
48	A78	A79	12.4	80	-0.5	3.5	0	1.6	3.5	170	12.4	-0.1	
49	A79	A80	34	32	0.5	2.2	0	2.6	1.8	122	34.0	0.3	
50	A80	A81	27.2	30	0.5	-15	0	2.6	2.1	120	27.2	0.2	
51	A81	A82	28.2	8	1	4	0	2.2	1.8	98	28.2	0.5	ค้างคาวตัวเล็ก
52	A82	A83	22	20	0	2.9	0	2.4	2.2	110	22.0	0.0	
53	A83	A84	10	345	1.5	1.4	0	3.5	3	75	10.0	0.3	
54	A84	A85	12	318	1.5	5	1.5	0	2.5	48	12.0	0.3	
55	A85	A86	5.7	21	28.5	10	0	3	15+	111	5.0	2.7	สะพานบนหินดลัม
56	A86	A87	11.5	55	-14	-20	2	2.2	4.5	145	11.2	-2.8	
57	A87	A88	23	26	2.5	-7	0	2	-8	116	23.0	1.0	
58	A88	A89	40	15	2.5	-7	0	3	8	105	40.0	1.7	
	SUM		1442								1436	35.72	

Main passage + tributaries 3,733 m.

Upper Level 310 m.

Total Length 4,043 m.

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ น้ำริน ตำแหน่ง GPS (UTM) ปากถ้ำ { 04 26271 / 21 52109 }
สำรวจโดย ชัยพร ศิริพรไพบุลย์ พัฒนัธร โทไวยะ ไพศาล ศรีพิเศษ และ บุญปิ่น ระวังการ
วันที่สำรวจ 10 มี. ค. 2542 เวลา

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Left	Right	Up	Down	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	A0	A0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	A0	A1	4	207	-58	7.5	5	1	0	297	2.1197	-3.392	
3	A1	A2	16	224	-32	11	5	1	0	162	13.569	-8.479	1.5 m. from A1
4	A2	A3	23	224	-9.5	1	1	3	0	134	22.685	-3.796	7.5 m. from A2
5	A2	A3	23	224	0	2	2	2	0	134	23	0	21 m. from A2
6	A3	A4	27	141	0	2	3	4	0	51	27	0	11 m. from A3
7	A3	A4	27	141	0	3	2.5	6	1.5	51	27	0	17 m. from A3
8	A3	A4	27	141	0	2	2	2	0	51	27	0	Temp. 19.5 C ,Moisture 77%
9	A3	A5	3	237	-13	0.25	0.25	0.5	0	327	2.9231	-0.675	26 m. from A3
10	A5	A6	11	190	-3.5	6	0	3	0	280	10.979	-0.672	Temp. 19 C ,Moisture 80%, Pool
11	A6	A7	18	78	2	3	4	6	0	168	17.989	0.6282	9 m. from A6
12	A6	A7	18	78	2	12.5	*	0	0	168	17.989	0.6282	* เป็นการตรวจสอบทิศทาง
13	A3	A8	22.4	223	-10	2.5	1.5	1.5	0	133	22.06	-3.89	7 m. from A3
14	A3	A8	22.4	223	-10	2	4.5	2	0	133	22.06	-3.89	12 m. from A3
15	A3	A8	22.4	223	-10	0	15	4	0	133	22.06	-3.89	Temp. 19.5 C ,Moisture 79%
16	A8	A9	6.7	13	-1	5	5.5	4	0	103	6.699	-0.117	5 m. from A8
17	A8	A9	6.7	13	-1	6.5	4	4	0	103	6.699	-0.117	
18	A9	A10	6.3	314	-6	2	3	0.5	0	34	6.2655	-0.659	2.5 m. from A9
19	A10	A11	21.3	354	-7	6.5	4.5	8	4	265	21.141	-2.596	16 m. from A10, Sink hole
20	A11	A12	18.8	260	-33	3	2.5	4	0	350	15.767	-10.24	
	SUM		324								315	-41.15	

Len(m)

คือ ระยะที่วัด (เมตร)

Azm

ทิศทางที่วัด (องศา)

Inc

มุมเอียง (องศา)

Up

ความสูงจากจุดที่วัดถึงเพดานถ้ำ (เมตร)

Down

ความสูงจากจุดที่วัดถึงพื้นถ้ำ (เมตร)

left

ระยะจากจุดที่วัดไปทางซ้าย (เมตร)

Right

ระยะจากจุดที่วัดไปทางขวา (เมตร)

Xbear

ทิศทางที่วัดของภาพตัดขวาง (องศา)

Lt

ระยะทางจริงในแนวระดับ (เมตร)

Ht

ระยะทางจริงในแนวตั้ง (เมตร)

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ แม่มออง ตำแหน่ง GPS (UTM) ปากถ้ำ [04 25114 / 21 48086]
สำรวจโดย : ชัยพร ศิริพรไพบุลย์ พัฒนธร โตไวยะ ไพศาล ศรีพิเศษ และ บุญปิ่น ระวังการ
วันที่สำรวจ 8 มีนาคม 2542 เวลา 10.00 - 13.45 น.

#	From	To	Len (m)	Azm	Inc	Left	Right	Up	Down	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	Ao	Ao	0	0	0	4	8.7	6	0	340	4	8.7	
2	Ao	A1	12	70	0	4	6	3.5	0	340	12	0	5 m. from A1
3	A1	A2	5	5	0	1	1.5	7	0	275	5	0	
4	A2	A3	5.3	107	0	0.7	0.8	5	0	17	5.3	0	3 m. from A2
5	A4	A5	9.3	127	0	1	1	4	0	37	9.3	0	9 m. from A4
6	A8	A9	10	186	0	4.5	3	4	1	96	10	0	
7	A9	A10	17.8	107	2	0.3	0.3	6	0	17	17.789	0.6212	3 m. from A9
8	A9	A10	17.8	107	0	1.5	2.5	15	0	17	17.8	0	11 m. from A9
	SUM		77.2								77.189	0.6212	

Len (m)	คือ ระยะที่วัด (เมตร)	Azm	ทิศทางที่วัด (องศา)
Inc	มุมเอียง (องศา)	Up	ความสูงจากจุดที่วัดถึงเพดานถ้ำ (เมตร)
Down	ความสูงจากจุดที่วัดถึงพื้นถ้ำ (เมตร)	left	ระยะจากจุดที่วัดไปทางซ้าย (เมตร)
Right	ระยะจากจุดที่วัดไปทางขวา (เมตร)	Xbear	ทิศทางที่วัดของภาพตัดขวาง (องศา)
Lt	ระยะทางจริงในแนวระดับ (เมตร)	Ht	ระยะทางจริงในแนวตั้ง (เมตร)

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ คริสตัล ตำแหน่ง GPS (UTM) ปากถ้ำ [04 18188/21 64620]

สำรวจโดย พัฒนธร โตไวยะ, ไพศาล ศรีพิเศษ, John Spiews และ Sally Anderson

วันที่สำรวจ 18 ก.พ. 2542 เวลา

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Left	Right	Up	Down	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	A0	A0	0	0	0	32.5	6	10	0	0	32.5	6	
2	A0	A1	16	285	-15	15	4	0	0	90	15.455	-4.141	
3	A1	A2	21	240	-20	32	0.3	3	0	90	19.734	-7.182	
4	A2	A3	15.7	198	-20	2	0.3	3	0	90	14.753	-5.37	
5	A3	A4	15.2	170	-30	18	0.5	3.5	0	90	13.164	-7.6	
6	A4	A5	30.8	200	-30	12	8	5	0	90	26.674	-15.4	
7	A5	A6	10.5	175	-22	15	10	4	0	90	9.7354	-3.933	
8	A5	A7	18	150	-19	25	25	4	12	0	17.019	-5.86	
9	A7	A8	23.5	97	-17	6	20	5	0	180	22.473	-6.871	
10	A7	A9	36.5	97	-17	5	15	5	0	187	34.905	-10.67	
11	A8	A10	22.5	176	-14	3	4	6	0	266	21.832	-5.443	
12	A8	A11	19.7	150	-5	1	3	6	0	45	19.625	-1.717	
13	A11	A12	18.5	132	-7	7	5	5	0	222	18.362	-2.255	
14	A12	A13	13	250	-16	10.5	4	7	0	110	12.496	-3.583	
15	A13	A14	18.7	195	-33	11	9	6	0	90	15.683	-10.18	
16	A14	A15	14.5	167	-2	12	4	6.5	0	257	14.491	-0.506	
17	A14	A16	8.5	167	2	10.5	3.5	6	0	90	8.4948	0.2966	
18	A16	A17	11.5	223	-12	2.5	2	3	0	135	11.249	-2.391	
19	A12	A18	13	10	-7	6	5	15	2	10	12.903	-1.584	
20	A18	A19	35.5	80	2	6	1.5	13	0	120	35.478	1.2389	
21	A19	A20	11.5	15	11	4	3	12	0	130	11.289	2.1943	
22	A20	A21	20	66	15	2.5	4	15	0	325	19.319	5.1764	
23	A21	A22	17	75	-5	3	2	7	0	110	16.935	-1.482	
24	A23	A22	6	38	0	3	5	7	0	300	6	0	6 m. from A22
25	A22	A23	8.5	38	0	5	5	7	0	300	8.5	0	
26	A23	A24	15	75	-18	4	*	5	0	310	14.266	-4.635	
27	A24	A25	10.3	335	0	*	*	4	0	65	10.3	0	* เป็นการตรวจสอบทิศทาง
28	A25	A26	18.5	126	2	0	7.5	1.2	0	140	18.489	0.6456	
29	A26	A27	4.5	149	1	2.5	1.5	1	0	30	4.4993	0.0785	

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Left	Right	Up	Down	Xbear	Lt	Ht	Remark
30	A27	A28	6.5	90	0	2	3	0.6	0	90	6.5	0	
31	A28	A29	7	345	0	2	3.5	0.7	0	90	7	0	
32	A29	A30	2.8	0	0	7	6	1.8	0.6	0	2.8	0	
33	A30	A31	12.3	32	2	2	6	2	0	0	12.293	0.4293	
34	A31	A32	6	85	15	5	1.5	2	0		5.7956	1.5529	
35	A32	A33	10	42	13	1.5	1.5	2	0	340	9.7437	2.2495	
36	A33	A34	8.5	60	0	2	7	2	0	0	8.5	0	
37	A34	A35	15	290	0	4	8.5	2.5	0	30	15	0	
38	A35	A36	27	225	-27	11	7	15	12	315	24.057	-12.26	
39	A36	A37	16.5	225	-50	1	0.8	1.3	0	315	10.606	-12.64	# เป็นหลุมลึก ไปต่อไม่ได้
	SUM		585.5								556.42	-111.8	

- Len(m)

คือ ระยะที่วัด (เมตร)

Azm

ทิศทางที่วัด (องศา)
- Inc

มุมเอียง (องศา)

Up

ความสูงจากจุดที่วัดถึงเพดานถ้ำ (เมตร)
- Down

ความสูงจากจุดที่วัดถึงพื้นถ้ำ (เมตร)

left

ระยะจากจุดที่วัดไปทางซ้าย (เมตร)
- Right

ระยะจากจุดที่วัดไปทางขวา (เมตร)

Xbear

ทิศทางที่วัดของภาพตัดขวาง (องศา)
- Lt

ระยะทางจริงในแนวระดับ (เมตร)

Ht

ระยะทางจริงในแนวตั้ง (เมตร)

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ น้ำยู่

ตำแหน่ง GPS (UTM) ปากถ้ำ

สำรวจโดย John Spies พัฒนัธร โตไวยะ ไพศาล ศรีพิเศษ บุญปิ่น ระวีการ

วันที่สำรวจ 13 มีนาคม 2542

เวลา 10.00 น. - 14.00 น.

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Left	Right	Up	Down	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	Ao	Ao	0	0	-	4	2	3	0	270	-	-	
2	A0	A1	22.5	183	0	2	3	2	0	273	22.5	0	
3	A1	A2	17.8	257	0	3	8	10	0	347	17.8	0	
4	A2	A3	22	323	0	5	3	2.5	0	53	22	0	
5	A3	A4	18	200	0	4	2	4	0	290	18	0	
6	A4	A5	51	173	0	3	8	3	0	263	51	0	
7	A5	A6	39	233	0	10	2	2.5	0	323	39	0	
8	A6	A7	51	214	0	5	5	2.5	0	304	51	0	
9	A7	A8	51	200	0	4	5	4	0	290	51	0	
10	A8	A9	28	190	0	3	3	4	0	280	28	0	
11	A9	A10	33.1	205	0	2	3	3	0	295	33.1	0	
12	A10	A11	15.2	184	0	2	2	4	0	274	15.2	0	
13	A11	A12	24.4	157	0	2	4	3	0	247	24.4	0	
14	A12	A13	26	215	0	3	0.5	5	0	180	26	0	
15	A13	A14	14.8	150	0	4	2	4	0	215	14.8	0	
16	A14	A15	11.2	104	0	2	8	5	0	194	11.2	0	
17	A15	A16	12.5	140	0	6	1.5	4	0	0	12.5	0	
18	A16	A17	45.8	193	0	1.5	3	5	0	283	45.8	0	
19	A17	A18	9.1	228	0	2	5	5	0	318	9.1	0	
20	A18	A19	51	197	0	2	4	6	0	287	51	0	
21	A19	A20	36	210	0	2	3	4	0	0	36	0	
22	A20	A21	12.7	230	0	0.5	0.2	4	0	320	12.7	0	
23	A21	A22	17	189	0	0.5	1.5	5	0	279	17	0	
24	A22	A23	10.4	224	0	1.5	1	6	0	265	10.4	0	
25	A23	A24	11.5	145	0	1.5	0.5	6	0	277	11.5	0	
26	A24	A25	5.8	180	0	3	0.5	2.5	0	212	5.8	0	
27	A25	A26	4.8	105	0	3	2.5	2	0	158	4.8	0	
28	A26	A27	10.5	30	0	1	2	3	0	175	10.5	0	
29	A27	A28	15	125	0	3	1	5	0	273	15	0	Mud Crack floor
30	A28	A29	4	197	0	0	3.5	6	0	287	4	0	Mud Crack floor

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Left	Right	Up	Down	Xbear	Lt	Ht	Remark
31	A29	A30	2.9	60	25	0.5	0.5	0.5	0	150	2.6283	1.2256	Mud Crack floor
32	A30	A31	5.5	107	0	2	3	3	0	197	5.5	0	Mud Crack floor
33	A31	A32	7.3	207	0	0.5	0.5	1.5	0	297	7.3	0	
34	X20	X21	9	115	-7	0	5.1	7	0	205	8.9329	-1.097	
35	X21	X22	4.5	155	-25	0	2.5	5.6	-4	245	4.0784	-1.902	
36	X22	X23	10.4	115	2	1.5	0	2	0	205	10.394	0.363	
37	X23	X24	9	104	1	1.5	1.4	2.4	0	194	8.9986	0.1571	Basalt under flowstone
38	X24	X25	65	62	4	1.2	1.3	1.7	0	152	64.842	4.5342	
39	X25	X26	10.5	88	6	2.8	1.7	1.5	0	178	10.442	1.0975	
40	X26	X27	13	140	1	1.4	1.8	3.8	0	230	12.998	0.2269	
41	X27	X28	13	137	6	10+	2.5	2.5	0	227	12.929	1.3589	multipled สีขาว ยาว ~ 5 mm.
42	X28	X29	13	105	2	5	4.5	4.2	0	195	12.992	0.4537	
43	X29	X30	5	70	30	-10	-10	2.5	0	160	4.3301	2.5	limestone, light gray, water fall
44	X30	X31	10.5	97	5	2.7	4.7	3.2	0	187	10.46	0.9151	
45	X31	X32	6	75	18	10+	7+	-7	0	165	5.7063	1.8541	Rock falls
46	X32	X33	130	95	-14	7	1.8	5	5	185	126.14	-31.45	Solution channels มาก
47	X33	X34	11	45	1	0	3.3	-7	0	135	10.998	0.192	
48	X34	X35	18	85	1	2	2.3	11	0	175	17.997	0.3141	Fossil : shells ?
49	X35	X36	15.5	120	24	2.1	1.3	8.5	0	210	14.16	6.3044	Pneatic surfaces
50	X36	X37	27	160	1	3.3	5	6.8	4.2	250	26.996	0.4712	
51	X37	X38	19	80	1	3	0	4	0	170	18.997	0.3316	
52	X38	X39	13.5	80	25	4	0	8	0	170	12.235	5.7053	Fossil : Crinoid
53	X39	X40	25	155	-10	4	5	12+	0	245	24.62	-4.341	Rock falls
54	X40	X41	15	90	10	4.2	2.5	4	0	180	14.772	2.6047	
55	X41	X42	11	57	20	20	7	10	-5	147	10.337	3.7622	
56	X42	X43	10.5	52	13	-20	7	8	0	142	10.231	2.362	
57	X43	X44	15	53	31	4.5	-10	20	0	143	12.858	7.7256	
58	X44	X45	20.5	135	5	-10	-10	15+	0	225	20.422	1.7867	
59	X45	X46	14	70	5	2.1	2	5	0	160	13.947	1.2202	
	SUM		1200.7								1188.3	8.6764	

Len(m) คือ ระยะที่วัด (เมตร)

Azm ทิศทางที่วัด (องศา)

Inc มุมเอียง (องศา)

Up ความสูงจากจุดที่วัดถึงเพดานถ้ำ (เมตร)

Down ความสูงจากจุดที่วัดถึงพื้นถ้ำ (เมตร)

left ระยะจากจุดที่วัดไปทางซ้าย (เมตร)

Right ระยะจากจุดที่วัดไปทางขวา (เมตร)

Xbear ทิศทางที่วัดของภาพตัดขวาง (องศา)

Lt ระยะทางจริงในแนวระดับ (เมตร)

Ht ระยะทางจริงในแนวตั้ง (เมตร)

โครงการสำรวจถ้ำ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 2541 - 2542
แบบฟอร์มการสำรวจธรณีวิทยาภายในถ้ำ และขนาด-ทิศทางของถ้ำ

ชื่อถ้ำ ปล่องบ้านถ้ำ (Big Knob) ตำแหน่ง GPS (UTM) ปากถ้ำ 0424565 / 2165167
สำรวจโดย ชัยพร ศิริพรไพบุลย์ พัฒนธร โตไวยะ ไพศาล ศรีพิเศษ และ บุญปิ่น ระวังการ
วันที่สำรวจ 11/03/42

#	From	To	Len(m)	Azm	Inc	Left	Right	Up	Down	Xbear	Lt	Ht	Remark
1	A	A'	28	120	30	คูฝังประกอบ		25	0	0	0	0	Lower Floor, หินงอก 2.5x3.0x3.0
													หินปูนจาก 1.5x5.0x10.0
2	B	B'	28	120	-	คูฝังประกอบ		20	0	0	0	0	พื้นที่ 10 x15 ตร.ม.
													หินย่อย 0.2 ถึง 2.0 x 0.2x1.5
3	C	C'	13	60	-	คูฝังประกอบ		6	0	0	0	0	ร่องรอย ที่พื้นมี silt, clay มาก และ
													มีเศษหินงอกๆ ที่หักหล่นลงมา
4	D	D'	12	25	-	คูฝังประกอบ		20	0	0	0	0	ร่องรอย ที่พื้นมี silt, clay มาก
5	E	E'	10	-	-	คูฝังประกอบ		1	0	0	0	0	ร่องรอย ที่พื้นมี silt, clay มาก
	SUM		91										เป็นถ้ำที่มีลักษณะเป็นปล่องสูง

Len(m) คือ ระยะที่วัด (เมตร)

Inc มุมเอียง (องศา)

Down ความสูงจากจุดที่วัดถึงพื้นถ้ำ (เมตร)

Right ระยะจากจุดที่วัดไปทางขวา (เมตร)

Lt ระยะทางจริงในแนวระดับ (เมตร)

Azm ทิศทางที่วัด (องศา)

Up ความสูงจากจุดที่วัดถึงเพดานถ้ำ (เมตร)

left ระยะจากจุดที่วัดไปทางซ้าย (เมตร)

Xbear ทิศทางที่วัดของภาพตัดขวาง (องศา)

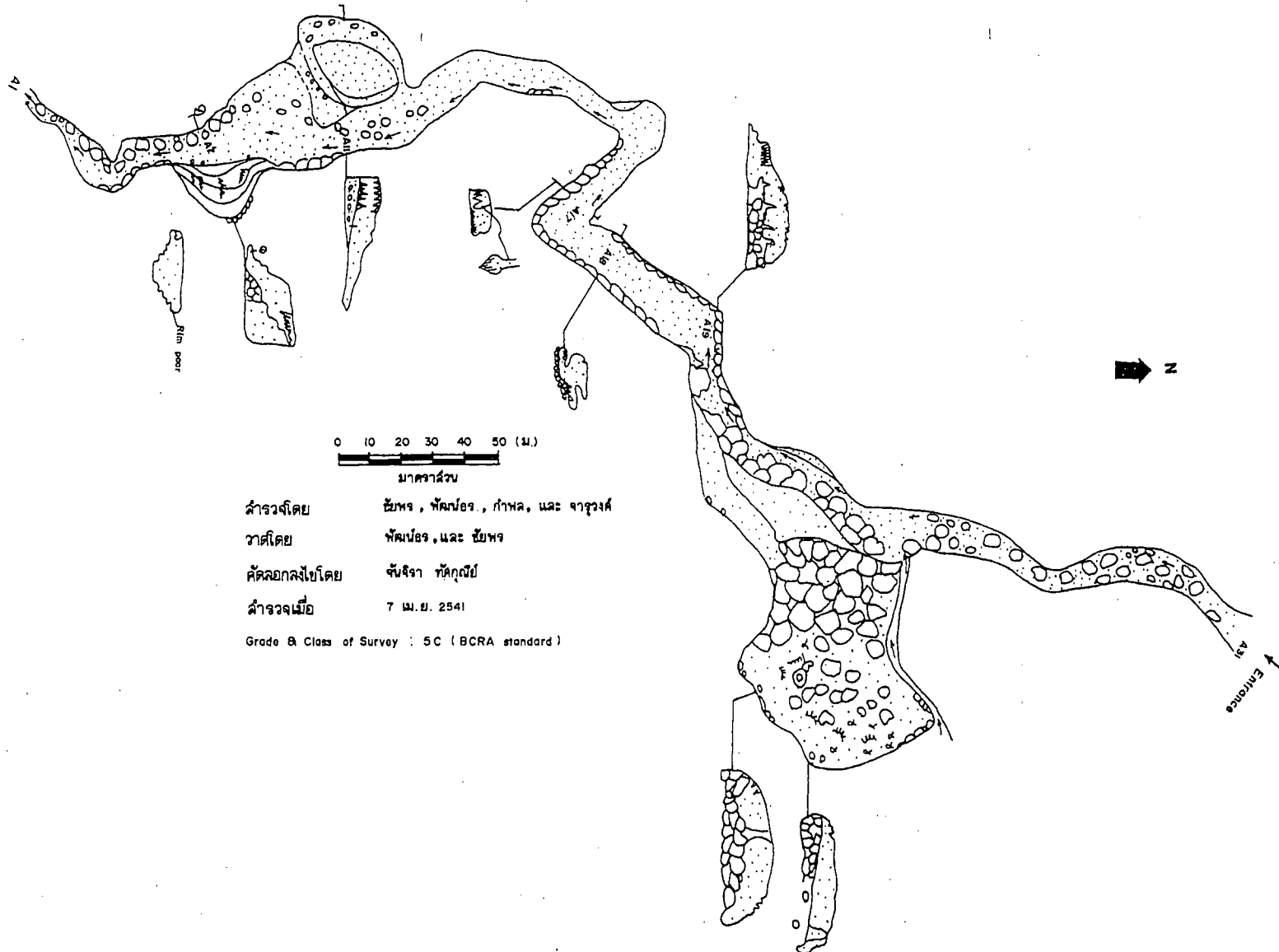
Ht ระยะทางจริงในแนวตั้ง (เมตร)

ภาคผนวก น

แผนผังของคำที่สำรวจ

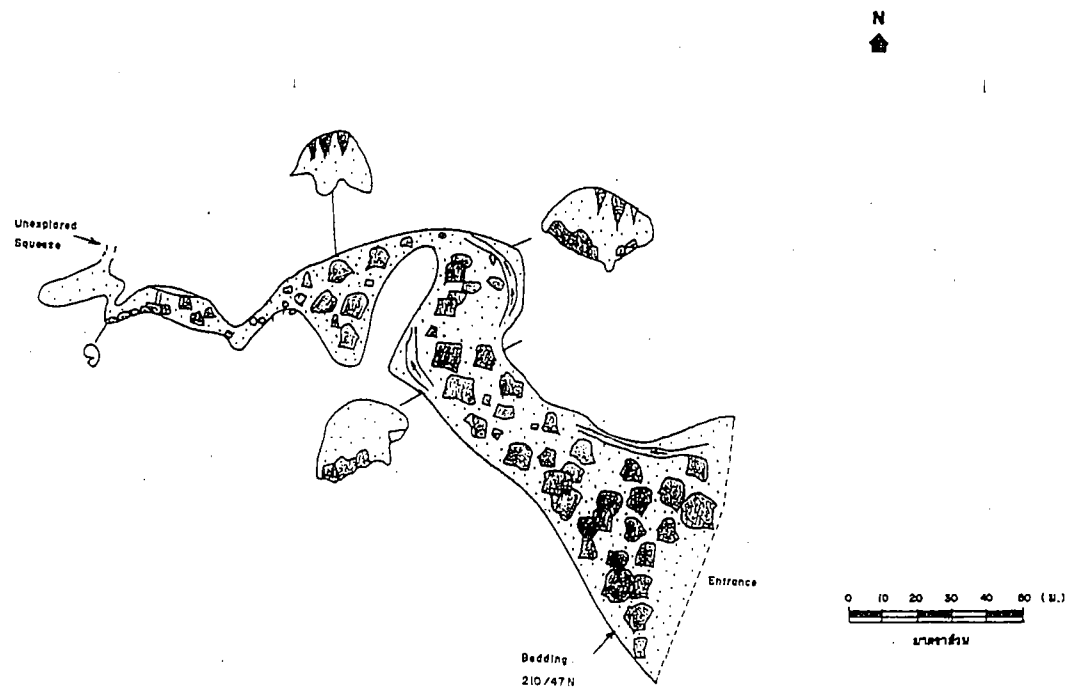
ผ้ำถ้ำปางคาม (Pha Kham Cave)

อ. ปางมะผ้า จ. แม่ฮ่องสอน



ผังถ้ำผาเฝือก (Pha Puek Cave)

อ. ปางมะผ้า จ. แม่ฮ่องสอน



สำรวจโดย ชัยพร, หันปอง, กำพล, ไพศาล D. Pierce

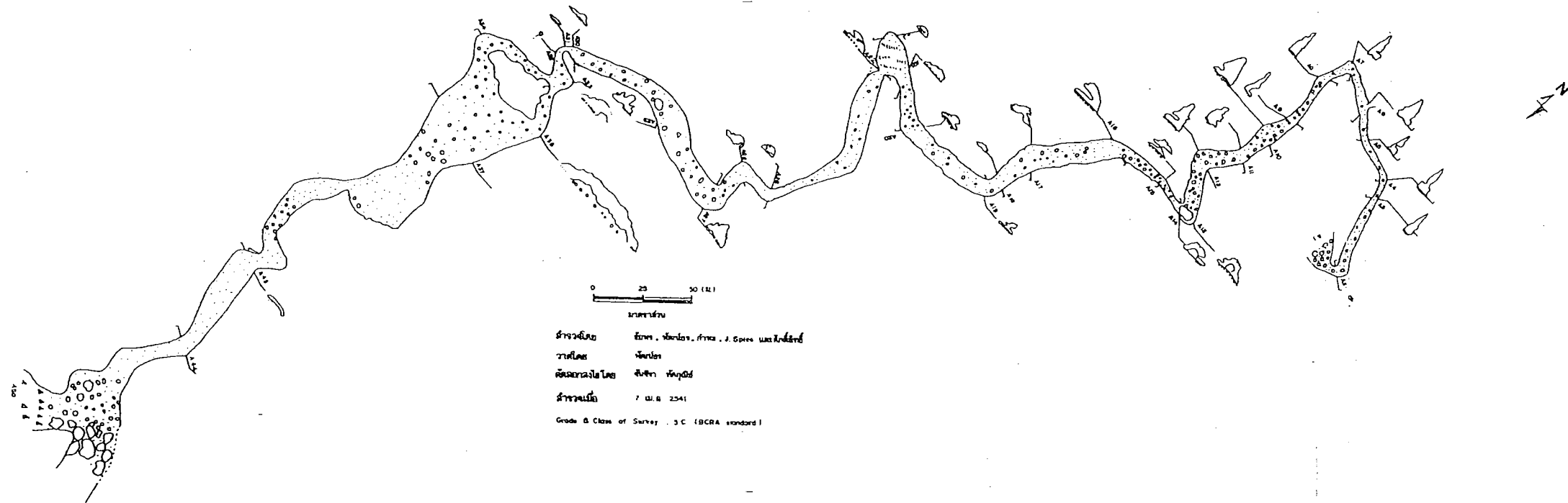
วาดโดย ชัยพร

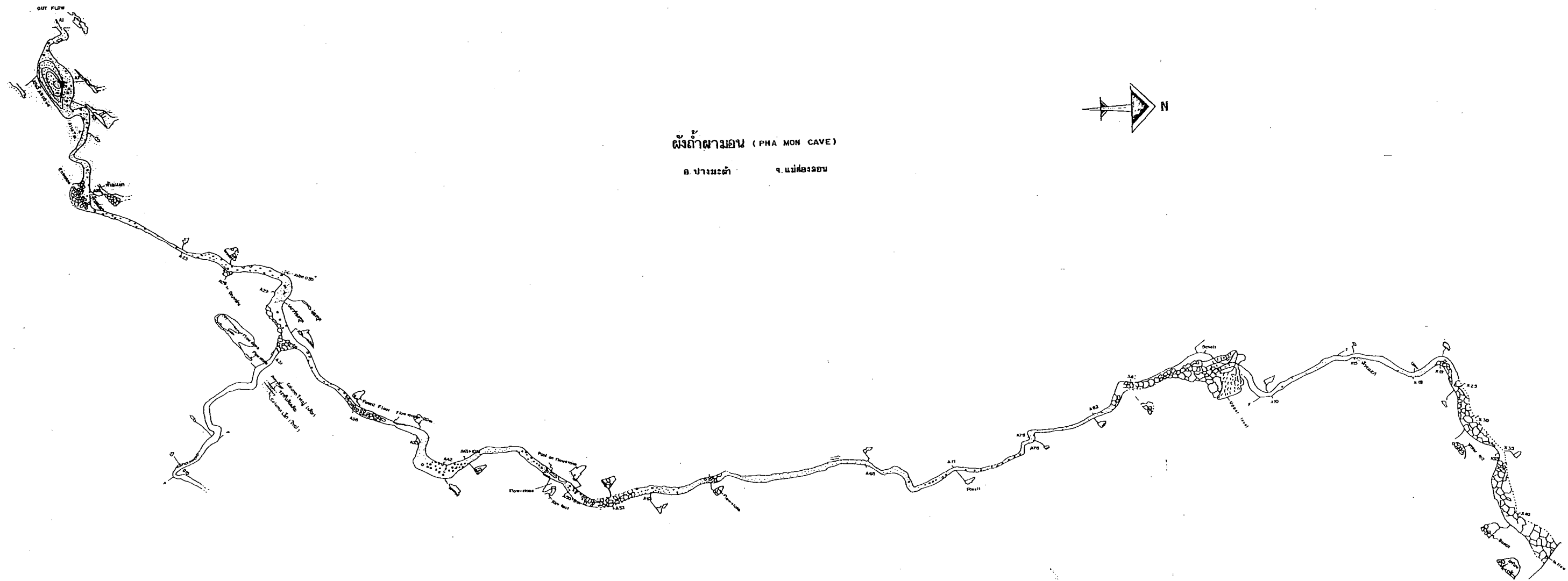
คัดลอกลงไปด้วย จันจิรา หักญะ

สำรวจเมื่อ 5 เม.ย. 41 และ 17 พ.ย. 41

Grade B Class of Survey : 5A (BCRA standard)

ผังถ้ำผาแดง (Pha Deang Cave)
 อ. ปางมะผ้า จ. แม่ฮ่องสอน





ผิงถ้ำผามอน (PHA MON CAVE)

๑. ปางมะตา ๑. แม่ฮ่องสอน

0 50 100 (M.)
มาตราส่วน

สำรวจโดย ชัยพร, พิมพ์ทอง, กำนัน, J. Spiess, ชวนดี, จารุวงศ์, บุญปิ่น
 วาดโดย พิมพ์ทอง
 คัดลอกและแก้ไขโดย จันจิรา ศิริบุญดี
 ดำเนินการ 10-13 M.R. 2541

Pha Mon Cave (Upper Level)

THAM PHA MON

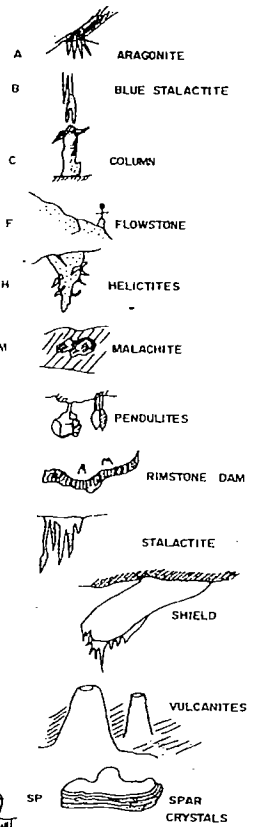
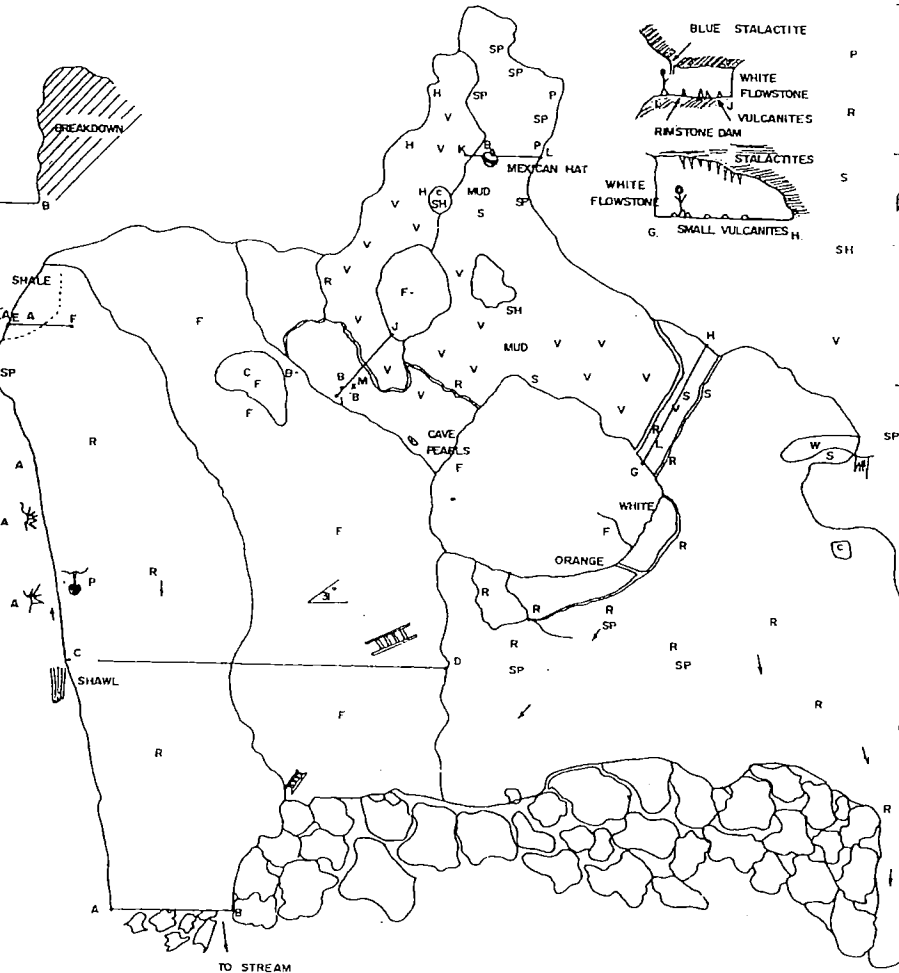
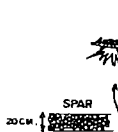
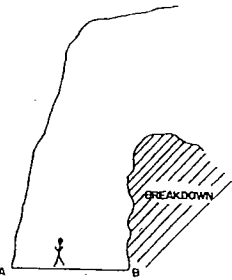
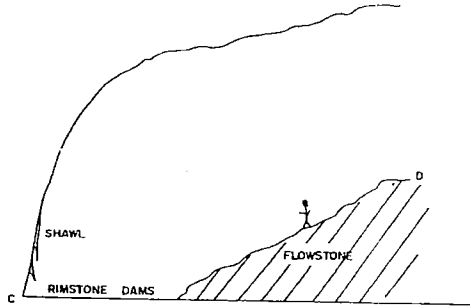
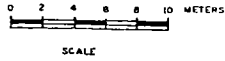
UPPER LEVEL

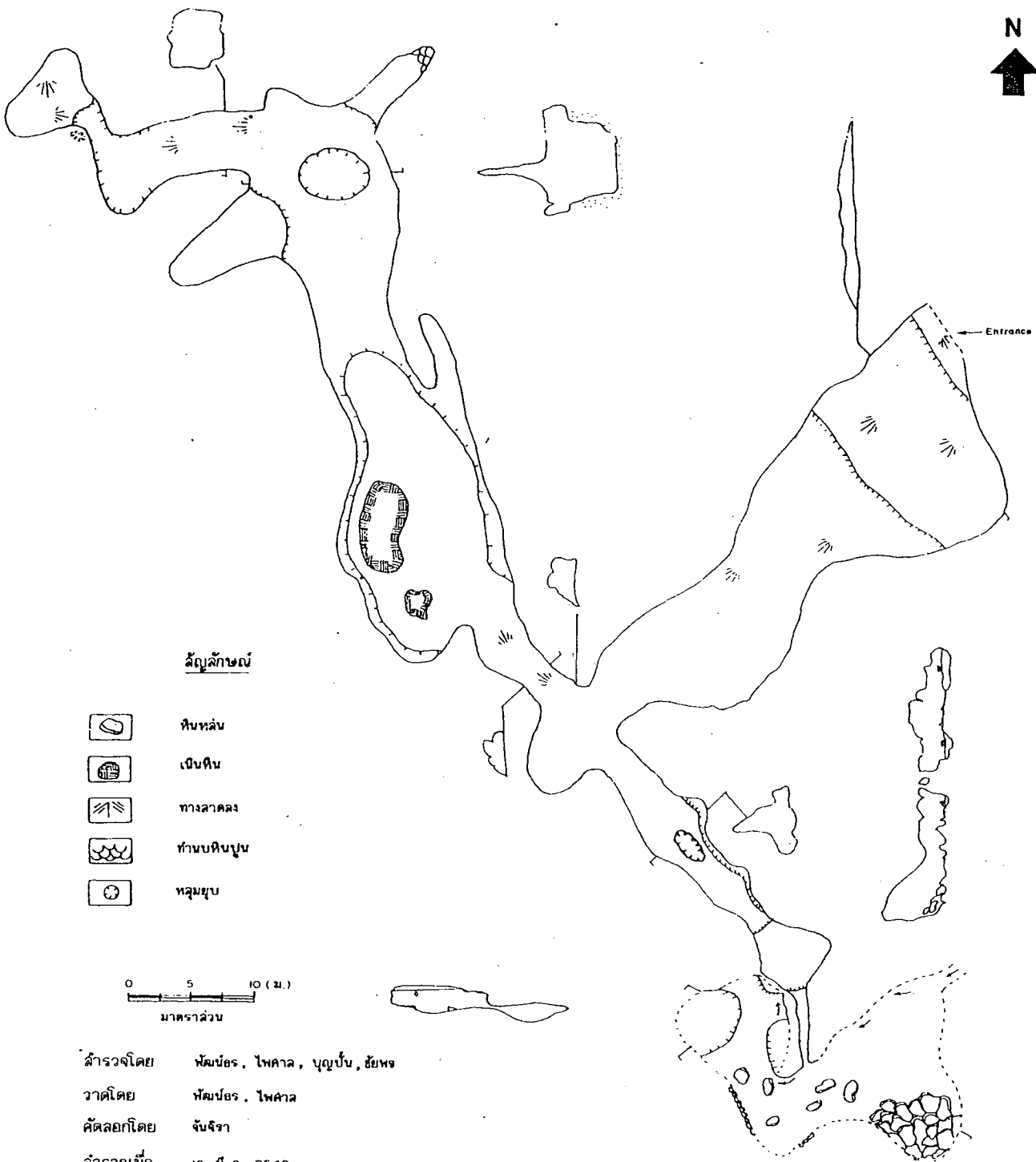
SURVEYED 10 MAY 1998

BY CHAI PORN, JID, POP, JOHN
TON, DTOM

DRAWN BY JOHN SPIES

COPIED BY JANJIRA TUSKUNEE

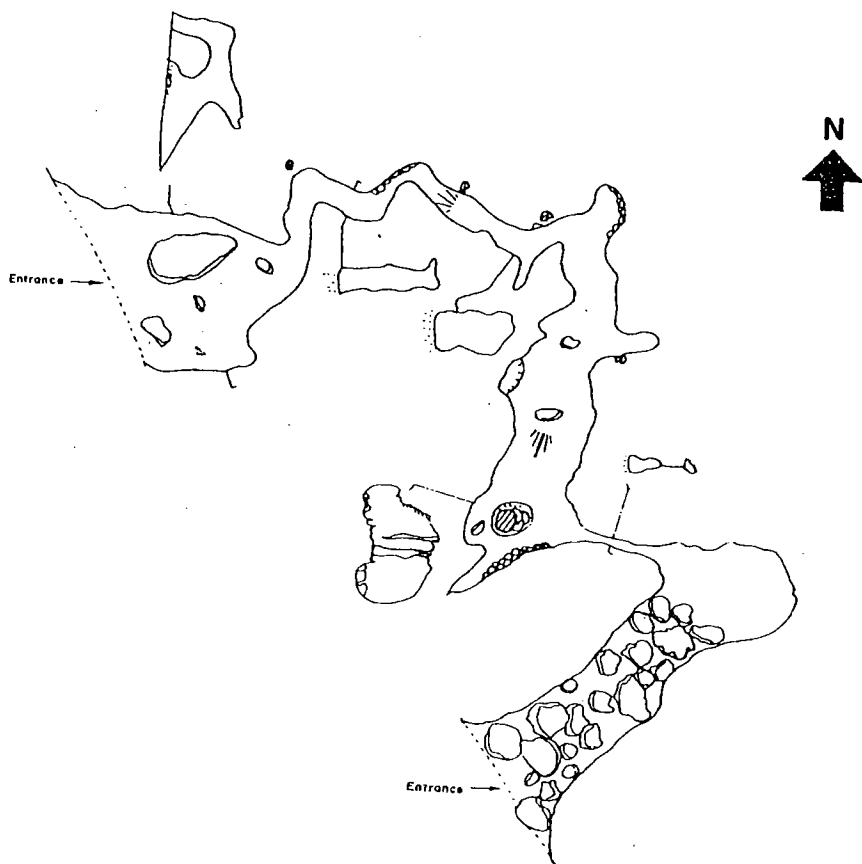




Grade & Class of survey 5 A, SC (BCRA standard)

ผังถ้ำน้ำริน 1 (NAM RIN 1 CAVE)

อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน



0 5 10 (ม.)
มาตราส่วน

สำรวจโดย หัสน์อร, ไพศาล, บุญพันธ์, สัยพร
วาดโดย หัสน์อร, ไพศาล
คัดลอกโดย จันจิรา
สำรวจเมื่อ 8 มี.ค. 2542

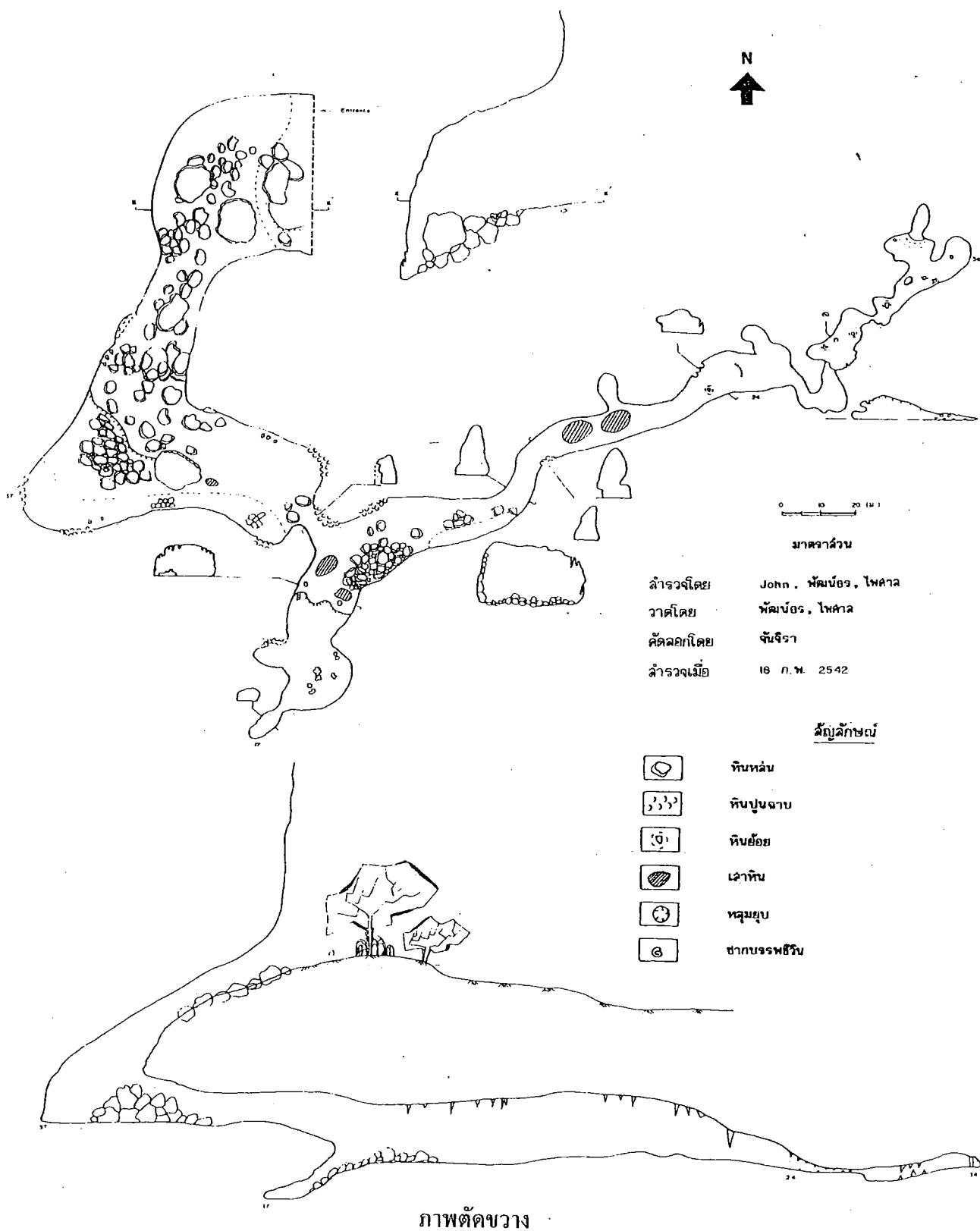
Grade A Class of Survey 5A, 5C (BCRA Standard)

สัญลักษณ์

- | | |
|--|--------------|
| | หินหล่น |
| | หินปูนขาว |
| | ท่อนหินปูน |
| | แท่งหิน |
| | หลุมยุบ |
| | ซากบรรพชีวิน |

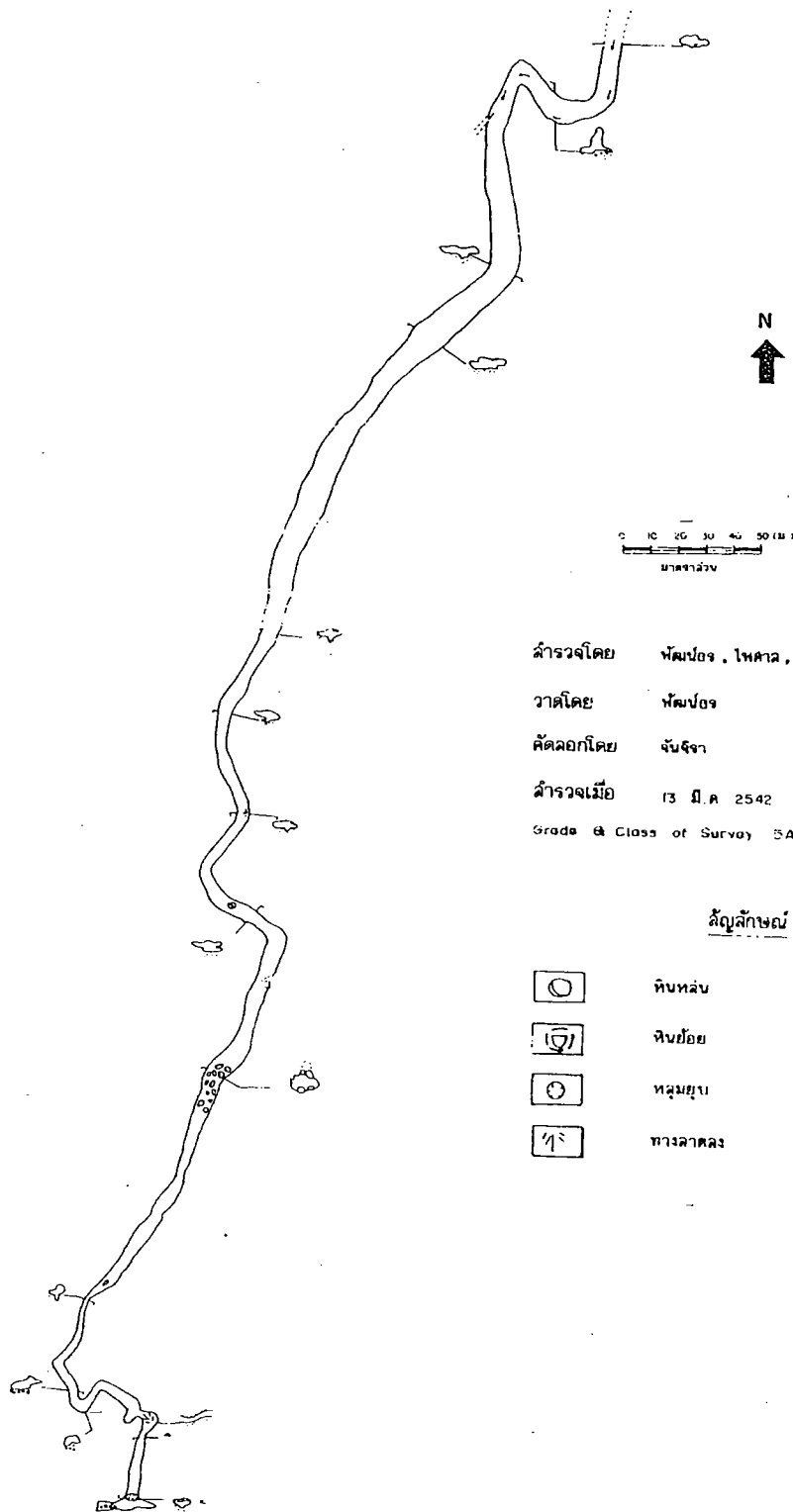
ผังถ้ำแม่อุโมง (MAE U-MORNG CAVE)

อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน



ผังถ้ำคริสตัลแม่อะนา (CRYSTAL MAE LANA CAVE)

อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน



สำรวจโดย พันเอก. ไพศาล, บุญพันธ์. J Spies

วาดโดย พันเอก

คัดลอกโดย จันจิรา

สำรวจเมื่อ 13 มี.ค. 2542

Grade & Class of Survey SA, SC (BCRA Standard)

สัญลักษณ์

- | | |
|--|----------|
| | หินหล่น |
| | หินย้อย |
| | หลุมยุบ |
| | ทางลาดลง |

ผังถ้ำน้ำฮู สบป่อง (NAM HU CAVE, SOPPONG)

อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน



0 2 4 6 8 10 (m)
มาตราส่วน

Lower Floor

Upper Floor

ความสูง (ม.)

ความสูง (ม.)

สัญลักษณ์



หินหล่น



หินปูนขาว



หินย้อย



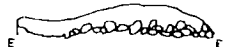
หลุมยุบ



ทางลาดชัน



โลงไม้



สำรวจ John, พัฒน์พร, ไพศาล, บุญบัน, ชัยพร

วาดโดย พัฒน์พร

คัดลอกโดย จันจิรา

สำรวจเมื่อ 11 มี.ค. 2542

Grade & Class of Survey 5A, 5C (BCRA Standard)

ภาพตัดขวาง

ผิงถ้ำปล่องบ้านถ้ำ (BIG KNOB CAVE)

อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ภาคผนวก ข

การแบ่งลำดับชั้นของน้ำพุโดยใช้อัตราการไหล

ภาคผนวก ข

การแบ่งลำดับชั้นของน้ำพุโดยใช้อัตราการไหล

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงการแบ่งลำดับชั้นของน้ำพุโดยใช้อัตราการไหล (Classification of Springs by Discharge)

ลำดับขนาด (Magnitude)	อัตราการไหล (Discharge)
ลำดับที่ 1 (First)	มากกว่า 170 ลบ.ม./ชม. (100 cfs)
ลำดับที่ 2 (Second)	17 - 170 ลบ.ม./ชม. (10 to 100 cfs)
ลำดับที่ 3 (Third)	1.7 - 17 ลบ.ม./ชม. (1 to 10 cfs)
ลำดับที่ 4 (Fourth)	0.378 - 1.8 ลบ.ม./นาที่ (100 gal/min to 1cfs)
ลำดับที่ 5 (Fifth)	37.8 - 378.8 ลิตร/นาที่ (10 to 100 gal/min)
ลำดับที่ 6 (Sixth)	3.78 - 37.8 ลิตร/นาที่ (1 to 10 gal/min)
ลำดับที่ 7 (Seventh)	0.47 - 3.78 ลิตร/นาที่ (1 pt/min to 1 gal/min)
ลำดับที่ 8 (Eight)	น้อยกว่า 0.47 ลิตร/นาที่ (180 gal/day)

หมายเหตุ	cfs	หมายถึง หน่วยลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที
	gal/min	หมายถึง หน่วยแกลลอนต่อนาที
	pt/min	หมายถึง หน่วย ไปไพน์ (pint) ต่อนาที