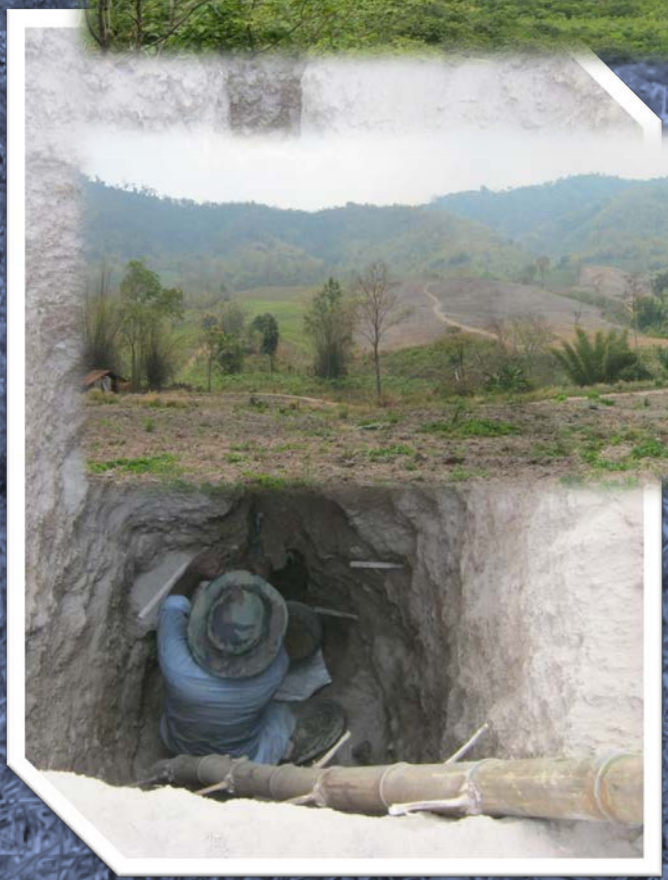
รายงานฉบับสมบูรณ์

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี

พื้นที่ “ห้วยแห้ง”

พื้นที่ “บ้านพุม่วง”



สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๕ กลุ่มสนับสนุนการบริหารงานและพัฒนาบุคลากรทรัพยากรธรณี

รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียดแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี

ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช
ธนัช วัชรมัย
วรรณพร ปัญญาไว
ฐิติวรดา อินศรี

สำนักทรัพยากรแร่
กรมทรัพยากรธรณี
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

นายนิทัศน์ ภู่วัฒนกุล

ผู้อำนวยการสำนักทรัพยากรแร่

นายอดิชาติ สุรินทร์คำ

ผู้อำนวยการส่วนแร่โลหะ นายรชต วรรณพีระ

จัดพิมพ์โดย สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี
ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0-2621-9782

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2555
จำนวน 100 เล่ม

ข้อมูลการลงรายงานการบรรณานุกรม

ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช, ธนัช วัชรมัย, วรรณพร ปัญญาไว และ ฐิติวรดา อินศรี
รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์ งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียดแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี กรุงเทพฯ : สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี. 2555.
80 หน้า : ภาพประกอบ : แผนที่ : ตาราง ; 30 ซม.
รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี

บทคัดย่อ

การสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี เป็นงานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในโครงการการสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ของสำนักทรัพยากรแร่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลทรัพยากรแร่ดีบุกในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อใช้ในการบริหารและจัดการทรัพยากรแร่ อย่างมีประสิทธิภาพ และสำรวจหาพื้นที่แหล่งแร่หรือพื้นที่ศักยภาพทางแร่สูงที่มีโอกาสในการลงทุนพัฒนาเป็นเหมืองแร่ในอนาคต

การดำเนินงานในช่วงครึ่งปีงบประมาณแรก ได้ทำการสำรวจศึกษาธรณีวิทยาแหล่งแร่เบื้องต้นในพื้นที่เป้าหมาย “บ้านเก่า” พร้อมกำหนดขอบเขตพื้นที่คัดสรรสำหรับการสำรวจในขั้นรายละเอียด ได้ 4 พื้นที่ย่อย ประกอบด้วย 1) พื้นที่ “บ้านพุอีเรือง” 2) พื้นที่ “เขาพุอีกัง” และ 3) พื้นที่ “ห้วยแห้ง” ในเขตตำบลบ้านเก่า อำเภอเมืองกาญจนบุรี และ 4) พื้นที่ “บ้านพุม่วง” ในเขตตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง คาบเกี่ยวกับตำบลจรเข้เผือก อำเภอด่านมะขามเตี้ย โดยทั้งนี้ได้เลือกพื้นที่คัดสรรย่อย “บ้านพุม่วง” สำหรับทำการสำรวจในขั้นรายละเอียดในช่วงครึ่งปีงบประมาณแรก และพื้นที่คัดสรรย่อย “ห้วยแห้ง” สำหรับทำการสำรวจในขั้นรายละเอียดในช่วงครึ่งปีงบประมาณหลัง ซึ่งทั้งสองพื้นที่ย่อยนี้ เป็นพื้นที่ราชพัสดุภายใต้การกำกับดูแลของหน่วยงานทหาร

ผลการสำรวจ พบว่ามีกลุ่มธาตุหายาก (16 ธาตุ) สะสมอยู่ในพื้นที่คัดสรรทั้งสองนี้ เกิดจากกระบวนการดูดซับไอออน (ion adsorption) ที่เป็นการผุพังแบบตกค้างสะสมของหินฐานแกรนิตเป็นหลัก มีช่วงค่าธาตุหายากรวม (∑REEs) 17.3 -1,063.7 ppm ซึ่งประกอบด้วย 4 ธาตุหลัก ได้แก่ La, Ce, Nd และ Y (ที่มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ยสูงกว่า 20 ppm ส่วนธาตุที่เหลือมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 10 ppm) และสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่แบบทุติยภูมินี้ ในพื้นที่ “บ้านพุม่วง” ได้ประมาณ 3 ตร.กม. และ ในพื้นที่ “ห้วยแห้ง” ได้ประมาณ 14 ตร.กม.

พื้นที่ “บ้านพุม่วง” มีปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวมเบื้องต้นประมาณ 6,200 เมตริกตันโลหะ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สะสมตัวในชั้นดินเหนือหินผุประมาณ 2,300 เมตริกตันโลหะ ที่ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย 193.4 ppm และในชั้นหินผุ มีปริมาณทรัพยากรแร่ประมาณ 3,900 เมตริกตัน ที่ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย 194.5 ppm ประเมินเป็นมูลค่าทรัพยากรเบื้องต้นประมาณ 40,000 ล้านบาท

พื้นที่ “ห้วยแห้ง” มีปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวมเบื้องต้นประมาณ 18,400 เมตริกตันโลหะ ซึ่งประกอบด้วยส่วนสะสมตัวในชั้นดินเหนือหินผุประมาณ 6,700 เมตริกตันโลหะ ที่ค่า

ความสมบูรณ์เฉลี่ย 219.7 ppm และในชั้นหินผุ มีปริมาณทรัพยากรแร่ประมาณ 11,700 เมตริกตัน ที่ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย 316.2 ppm ประเมินเป็นมูลค่าทรัพยากรเบื้องต้นประมาณ 128,000 ล้านบาท

ทั้งนี้แร่หนักที่พบสะสมในชั้นตะกอนทางน้ำในพื้นที่ทั้งสองนั้น มีความสมบูรณ์เฉลี่ยของหัวแร่หนักรวมประมาณ 2,800 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ประกอบด้วย แร่อิลเมไนต์ โกเมน ดีบุก ทัวร์มาลีน เป็นหลัก ส่วนแร่กลุ่มโคลัมไบต์-แทนทาไลต์ โมนาไซต์ เซอร์คอน รูไทล์ ซีโนไทม์ และอะนาเทส พบได้เพียงบางจุด จึงส่งผลให้แหล่งแร่แบบตะกอนพัดพาที่มีในพื้นที่ไม่น่าจะมีนัยเชิงเศรษฐกิจ

ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางบริหารจัดการพื้นที่ มี 4 ประเด็น คือ (1) ควรอนุรักษ์พื้นที่แหล่งแร่นี้ไว้เพื่อการการพัฒนาในอนาคต เนื่องจากยังไม่น่าจะคุ้มทุนในปัจจุบัน เพราะความสมบูรณ์เฉลี่ยของธาตุหายากยังอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับพื้นที่แหล่งแร่ต้นแบบที่ดำเนินการอยู่ในประเทศจีน (2) ในกรณีที่จะส่งเสริมให้มีการพัฒนาแหล่งในอนาคต ควรพิจารณาให้ผู้ประกอบการรายใหญ่เป็นผู้ดำเนินการเพราะมีระดับการลงทุนที่สูงมาก เนื่องจากต้องอาศัยกระบวนการสกัดที่ซับซ้อนและเทคโนโลยีการควบคุมผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระดับสูง (3) ควรส่งเสริมให้เกิดข้อตกลงความร่วมมือแบบทวิภาคีระหว่างรัฐบาลไทยและพม่า เพื่อร่วมกันทำการสำรวจศึกษาเทือกหินแกรนิตตามแนวตะเข็บชายแดนในฝั่งพม่าเพิ่มเติม เพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาเป็นแหล่งธาตุหายาก เนื่องจากพื้นที่ศักยภาพสูงทางฝั่งประเทศไทยส่วนใหญ่ได้รับการประกาศเป็นพื้นที่หวงห้ามทางกฎหมายไปแล้ว (4) ควรส่งเสริมให้เป็นพื้นที่ศึกษาต้นแบบสำหรับศึกษาวิจัยต่อยอดในเชิงลึกถึงรูปแบบรายละเอียดของการเกิดแหล่งธาตุหายากแบบตกค้างสะสม เพื่อเปรียบเทียบกับแหล่งที่พัฒนาเป็นเหมืองแล้วในประเทศจีน และแหล่งที่กำลังจะพัฒนาเป็นเหมืองในประเทศเพื่อนบ้าน

คำสำคัญ: ธาตุหายาก REE แร่หนัก แหล่งแร่แบบตะกอนตกค้าง ion adsorption บ้านเก่า กาญจนบุรี

สารบัญ

บทคัดย่อ I
สารบัญ III
สารบัญรูป IV
สารบัญตาราง V
คำขอบคุณ VI
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 กิจกรรมการดำเนินงาน 2
1.4 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ 2
1.5 พื้นที่ดำเนินการและการเข้าถึง 5
บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป 11
2.1 ลำดับชั้นหิน 11
2.2 หินอัคนี 14
2.3 ธรณีวิทยาโครงสร้าง 15
บทที่ 3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแร่หนัก-ธาตุหายาก 16
3.1 แร่หนัก 16
3.2 ธาตุหายาก 21
3.3 การใช้ประโยชน์ของธาตุหายาก 22
3.4 รูปแบบแหล่งธาตุหายากที่สำคัญ 22
บทที่ 4 ธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่ 25
4.1 ธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย “บ้านเก่า” 25
4.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่เป้าหมาย “บ้านเก่า” 26
บทที่ 5 การสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นรายละเอียด 33
5.1 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่คัดสรรย่อย “บ้านพุม่วง” 33
5.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่คัดสรรย่อย “ห้วยแห้ง” 35
บทที่ 6 การประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก 43
6.1 ปริมาณทรัพยากรพื้นที่ “บ้านพุม่วง” 43
6.2 ปริมาณทรัพยากรพื้นที่ “ห้วยแห้ง” 43
บทที่ 7 บทสรุป 46
7.1 สรุปผลการดำเนินการ 46

7.2 แนวทางบริหารจัดการ 46
7.3 พื้นที่แหล่งแร่สำหรับการลงทุนพัฒนาเหมืองแร่ของภาคเอกชน 47
8.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 47
บรรณานุกรม 48
ภาคผนวก 49

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1 แผนที่ภูมิประเทศและเขตการปกครองจังหวัดกาญจนบุรี 4
รูปที่ 1-2 แผนที่พื้นที่ที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของกฎหมายมติคณะรัฐมนตรี และกฎระเบียบต่างๆ 6
รูปที่ 1-3 แผนที่แสดงการกระจายตัวของพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกบริเวณ จังหวัดกาญจนบุรีและ
พื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับคัดเลือก เพื่อดำเนินการสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก 7
รูปที่ 1-4 แผนที่การใช้ประโยชน์พื้นที่ในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรีและกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น 7
รูปที่ 1-5 แผนที่ภูมิประเทศแสดงขอบเขตพื้นที่คัดสรรย่อย “บ้านพุม่วง” และ “ห้วยแห้ง”
จังหวัดกาญจนบุรี 8
รูปที่ 2-1 แผนธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี 12
รูปที่ 2-2 แนวรอยเลื่อนต่อเนื่องของรอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ 15
รูปที่ 4-1 แผนที่ธรณีวิทยาระวางบ้านห้วยน้ำขาวในพื้นที่เป้าหมายบ้านเก่า และพื้นที่ย่อยเพื่อการ
คัดสรรสำหรับการสำรวจขั้นรายละเอียดทั้ง 4 พื้นที่ 25
รูปที่ 4-2 ตำแหน่งเก็บตะกอนจากชั้นกระสะพร้อมปริมาณหัวแร่หนักที่ได้จากการร่อนเลียงตัวอย่าง
ปริมาตรตะกอน 10 ลิตร/จุดเก็บตัวอย่าง 27
รูปที่ 4-3ก ตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินส่งวิเคราะห์เคมีหาปริมาณธาตุออกไซด์หลัก 28
รูปที่ 4-3ข ตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินส่งวิเคราะห์หาปริมาณธาตุหายากและธาตุร่องรอย 28
รูปที่ 4-4ก แสดงลักษณะความเป็น peraluminous 29
รูปที่ 4-4ข แสดงลักษณะความเป็น alkali 29
รูปที่ 4-4ค แสดงลักษณะร่วมในเชิงธรณีแปรสัณฐานของหินแกรนิตเนื้อต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา 29
รูปที่ 5-1 แสดงจุดวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก และผลการแปลความหมายเบื้องต้น 34
รูปที่ 5-2 แสดงผลการแปลความหมายลักษณะการวางตัวของชั้นหินฐานระดับลึกที่ได้จากการวัดค่า
ความต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวางตามแนวสำรวจ 34
รูปที่ 5-3 จุดที่ทำการวัดค่ากัมมันตรังสี และค่ากัมมันตรังสีของธาตุ K U Th และค่ารวม 36
รูปที่ 5-4 แสดงลักษณะชนิดตะกอน/หินฐานในแต่ละหลุมทดลองของพื้นที่คัดสรรย่อย “บ้านพุม่วง” 37
รูปที่ 5-5 แสดงตำแหน่งหลุมทดลองที่ขุดทับจุดวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกและขอบเขต
พื้นที่แหล่งแร่บ้านพุม่วงสำหรับประเมินปริมาณธาตุหายาก 38

รูปที่ 5-6ก แสดงจุดสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในพื้นที่ห้วยแห้ง 40
รูปที่ 5-6ข แสดงจุดขุดหลุมทดลองในพื้นที่ห้วยแห้งและขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่ 40
รูปที่ 5-7 แสดงลักษณะชนิดตะกอน/หินฐานในแต่ละหลุมทดลองของพื้นที่คัดสรรย่อย “ห้วยแห้ง” 41
รูปที่ 5-8 แสดงลักษณะเนื้อหินชนิดหลักๆ ที่ปรากฏในบริเวณสำรวจ 42

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3-1 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของสารเหลวหนักชนิดต่างๆ **15**
ตารางที่ 3-2 ข้อมูลพื้นฐาน และความสมบูรณ์ (ppm) ของธาตุหายาก ที่มีอยู่ในส่วนต่างๆของโลก (Bulk Earth) และในชั้นเปลือกโลก **23**
ตารางที่ 3-3 แสดงการใช้ประโยชน์หลักๆ ของธาตุหายากแต่ละชนิด **24**
ตารางที่ 4-1 ผลวิเคราะห์ปริมาณค่าออกไซด์หลัก ด้วยวิธี XRF และ ค่า FeO ได้จากวิธี wet chemical (หน่วย: %wt.) ของตัวอย่างที่คัดเลือกสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณธาตุหายาก ด้วยวิธี ICP-MS **30**
ตารางที่ 4-2 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากและธาตุร่องรอยที่สำคัญชนิดอื่นๆ ด้วยวิธี ICP-MS 32
ตารางที่ 6-1 แสดงค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (ppm) ของธาตุหายากแต่ละชนิดที่วิเคราะห์ได้จากชั้นตะกอนในพื้นที่แหล่งแร่ “บ้านพุม่วง” และ “ห้วยแห้ง” 44
ตารางที่ 6-2 แสดงปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก (เมตริกตันโลหะ) และมูลค่าเบื้องต้นในแต่ละพื้นที่แหล่งแร่ตะกอนในพื้นที่แหล่งแร่ “บ้านพุม่วง” และ “ห้วยแห้ง” 45

คำขอบคุณ

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรีนี้ได้สำเร็จลงด้วยดี ซึ่งคณะผู้สำรวจขอขอบคุณในความสนับสนุนและการเอื้อเฟื้อด้านต่างๆ จากหลายๆท่าน อาทิ ดร.อดิชาติ สุรินทร์คำ ผู้อำนวยการสำนักทรัพยากรแร่ ที่ให้คำแนะนำและแนวทางการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คุณรชต วรรณพีระ ผู้อำนวยการส่วนแร่โลหะ ที่คอยกำกับดูแลและให้คำชี้แนะที่เป็นประโยชน์ คุณถนัด สร้อยซา และคณะ จากสำนักเทคโนโลยีธรณีวิทยา สำหรับงานสำรวจธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่สำรวจ เจ้าหน้าที่จากสำนักวิเคราะห์วิจัยทรัพยากรธรณี โดยเฉพาะ คุณสุชาดา ศรีไพโรจน์ธิกูล คุณเบญจมา คมวงษ์เทพ คุณปิยนันต์ อำนาจสกุลฤทธิ์ คุณเจษ จิรเจษฎา คุณบุญทวี ศรีประเสริฐ และคุณเสาวนีย์ เสียมไหม สำหรับงานวิเคราะห์ตัวอย่าง

นอกจากนี้คณะผู้เขียนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในคณะสำรวจฯ ซึ่งประกอบด้วย คุณวิชัย นุชนาง คุณนพพร แซ่อึ้ง คุณถนอมศักดิ์ พัฒน์ฤกษ์สินธุ์ คุณบุญถม กัณณิการ์ และคุณวิฑูรย์ อรรถโยโค รวมถึงคุณอุดม จำรัสไว ที่ร่วมแรงร่วมใจทำงานจนสำเร็จลุล่วง และท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณ พ่อแม่ และครูอาจารย์ทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอนให้วิชาความรู้

บทที่ 1: บทนำ

1.1 ความเป็นมา

จากปัญหาสถานการณ์เศรษฐกิจของประเทศในปัจจุบัน การกำหนดต้นทุนและแนวทางการบริหารจัดการด้านทรัพยากรแร่ มีความจำเป็นในขั้นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต การกำหนดแนวทางการใช้วัตถุดิบทรัพยากรแร่ในอุตสาหกรรมต่างๆ มีความจำเป็นอย่างมากต่อประเทศในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมและการควบคุมสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรแร่ที่ไม่ถูกต้องไม่คุ้มประโยชน์เป็นการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่มีหนทางจะหามาทดแทนได้อีก ประกอบกับสภาวการณ์เปลี่ยนแปลงของโลกในด้านต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก สาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือการนำทรัพยากรแร่มาใช้ประโยชน์ในทางที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้สาเหตุจากการที่ไม่มีแนวทางการบริหารจัดการที่ถูกต้อง

กรมทรัพยากรธรณี มีภารกิจหลักในการสงวน อนุรักษ์ ฟื้นฟู และบริหารจัดการด้านธรณีวิทยา และทรัพยากรธรณี โดยการสำรวจตรวจสอบสภาพธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี การประเมินศักยภาพแหล่งทรัพยากรธรณี การกำหนด และกำกับดูแลเขตพื้นที่สงวน และอนุรักษ์ทรัพยากรธรณี เพื่อการพัฒนาทรัพยากรธรณี คุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมอย่างยั่งยืน

ในการบริหารจัดการทรัพยากรธรณี นั้น จะต้องมีข้อมูลที่พอเพียงที่จะดำเนินการ จะต้องทราบต้นทุนศักยภาพแร่และมีการประเมินในมติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จึงจะต้องมีการสำรวจข้อมูลแร่ที่เกี่ยวข้องทั้งในภาพรวมของพื้นที่กว้างในลักษณะการสำรวจแบบไพศาลและมีการสำรวจข้อมูลในขั้นรายละเอียดของแหล่งแร่ในแต่ละแหล่ง ประกอบกับมิติด้านสังคม สิ่งแวดล้อม เพื่อผนวกกันกำหนดเป็นแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรแร่

การสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี เป็นงานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในโครงการการสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ของ สำนักทรัพยากรแร่ ที่ประกอบไปด้วยพื้นที่ดำเนินการในงานต่างๆ ดังนี้

งานสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ระดับไพศาล

1) พื้นที่งาว ครอบคลุมส่วนพื้นที่ของจังหวัดลำปาง แพร่ น่าน และ พะเยาว์
2) พื้นที่ด่านช้าง ครอบคลุมส่วนพื้นที่ของจังหวัดสุพรรณบุรี อุทัยธานี และกาญจนบุรี

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ขั้นรายละเอียด

1) แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี
2) แร่ดีบุก จังหวัดราชบุรี และเพชรบุรี

1.2 วัตถุประสงค์

การสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี มีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลทรัพยากรแร่หนัก-ธาตุหายากในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อใช้ในการบริหารและจัดการทรัพยากรแร่ อย่างมีประสิทธิภาพ

2. พื้นที่แหล่งแร่หรือพื้นที่ศักยภาพทางแร่สูงที่โอกาสสำหรับการลงทุนพัฒนาเป็นเหมืองในอนาคต

1.3 กิจกรรมการดำเนินงาน

1. รวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลฐาน กำหนดพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น และเตรียมความพร้อมสำหรับงานสำรวจ

2. สำรวจธรณีวิทยา และธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น พร้อมกำหนดพื้นที่คัดสรรสำหรับสำรวจขั้นรายละเอียด

3. สำรวจธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่คัดสรร ขุดหลุมทดลอง เพื่อตรวจสอบและกำหนดขอบเขตแหล่งแร่ และเก็บตัวอย่างตะกอน/หิน จากหลุมทดลองและบริเวณใกล้เคียง

4. วิเคราะห์เคมีตัวอย่างและตรวจวินิจฉัยชนิดแร่หนักจากการสำรวจภาคสนาม (กิจกรรม 2 และ 3)

5. งานประมวลผลการสำรวจ และประเมินปริมาณสำรองแร่ ความสมบูรณ์ และมูลค่าแหล่งแร่ พร้อมศึกษาวิจัยศึกษาการกระจายตัวในแนวดิ่งของธาตุหายากในชั้นตะกอนผุพังอยู่ของมวลหินแกรนิต จัดประชุมรายงานความก้าวหน้า/ผลการสำรวจพร้อมระดมความคิดเห็น สรุปผลเสนอต่อผู้บริหาร และจัดทำรายงานผลการสำรวจพร้อมจัดพิมพ์เผยแพร่

1.4 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

1.4.1 ที่ตั้ง และอาณาเขต

กาญจนบุรี จัดเป็นจังหวัดหนึ่งของภาคกลาง ตั้งอยู่ทางด้านตะวันตกของประเทศไทย ห่างจากกรุงเทพมหานครราว 130 กิโลเมตร มีพื้นที่ 12.7 ล้านไร่ หรือ 19,483 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่า มีทั้งป่าโปร่ง และป่าดงดิบ มีแม่น้ำสำคัญสองสายคือ แม่น้ำแควใหญ่ และแม่น้ำแควน้อยซึ่งไหลมาบรรจบรวมกันเป็นแม่น้ำแม่กลองที่บริเวณอำเภอเมืองกาญจนบุรี นอกจากนี้ยังเป็นจังหวัดชายแดนตะวันตกมีแนวเขตติดต่อกับสหภาพพม่าเป็นระยะทางประมาณ 370 กิโลเมตร (รูปที่ 1-1) ประกอบด้วยช่องทางเข้าออกรวมกันราว 43 ช่องทาง และมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดตาก และอุทัยธานี

ทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัดราชบุรี

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ จังหวัดสุพรรณบุรี และนครปฐม

1.4.2 ลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดกาญจนบุรีมีลักษณะภูมิประเทศที่ประกอบด้วย ทิวเขา หุบเขา และที่ราบลุ่มแม่น้ำ โดยพื้นที่ทางด้านเหนือและทิศตะวันตกของจังหวัดเป็นเทือกเขาแล้วค่อย ๆ ลาดลงทางด้านใต้ และด้านตะวันออก สามารถแบ่งออกเป็น 3 เขตใหญ่ คือ

เขตภูเขาและที่สูง ได้แก่พื้นที่ทางด้านทิศเหนือของจังหวัดมีลักษณะเป็นเทือกเขาต่อเนื่องมาจากเทือกเขาถนนธงชัย ถัดไปทางด้านตะวันตกของจังหวัดเป็นเทือกเขาตะนาวศรีซึ่งกั้นพรมแดนระหว่างไทยกับประเทศพม่าทอดยาวลงไปทางด้านใต้บริเวณนี้จะเป็นแหล่งกำเนิดต้นน้ำที่สำคัญของจังหวัด

เขตที่ราบลูกฟูก ได้แก่ พื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัด มีลักษณะเป็นที่ราบเชิงเขาสลับกับเนินเขาเตี้ยๆ อยู่บริเวณอำเภอเลาขวัญ อำเภอบ่อพลอย และบางส่วนของอำเภอพนมทวน

เขตที่ราบลุ่มแม่น้ำ ได้แก่ พื้นที่ทางด้านใต้ของจังหวัด ลักษณะเป็นที่ราบ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ อยู่บริเวณอำเภอ ท่ามะกา อำเภอท่าม่วง บางส่วนของอำเภอพนมทวน อำเภอเมืองกาญจนบุรี

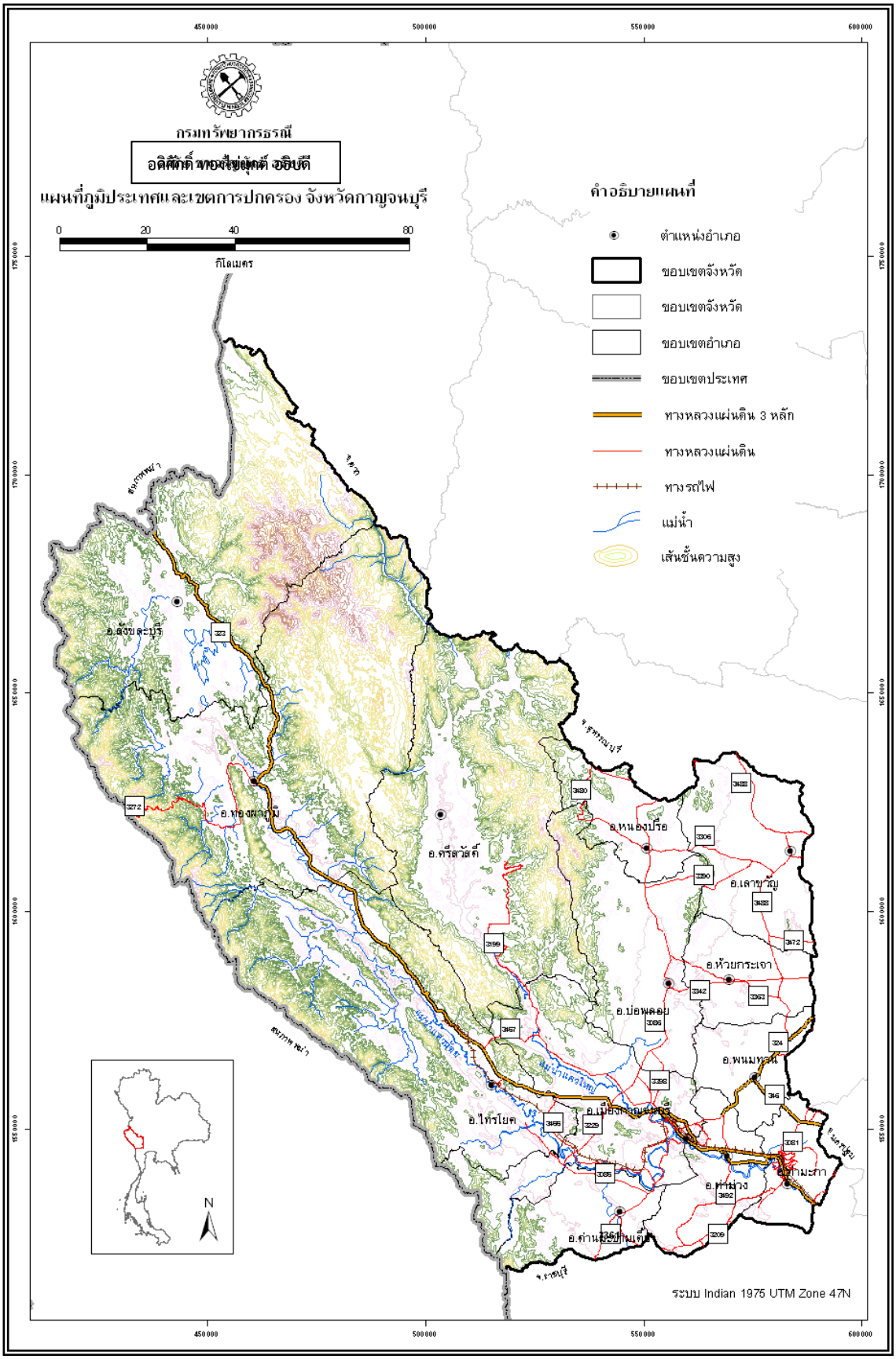
1.4.3 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดกาญจบุรี อยู่ในเขตภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดูกาล มีอากาศแห้งแล้งในฤดูหนาว ในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง มีลักษณะอากาศแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดมาจากทะเลอันดามันทำให้ช่วงระยะเวลานี้มีฝนตกชุก อากาศมีความชื้นสูง การแพร่กระจายของฝนในบริเวณจังหวัดนี้แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด บริเวณพื้นที่ตอนบนเขตอำเภอไทรโยค อำเภอทองผาภูมิ และอำเภอสังขละบุรีมีฝนตกชุก และมีช่วงการกระจายของฝนมากกว่าตอนล่าง ปริมาณน้ำฝนวัดได้เฉลี่ย ประมาณ 1,086 มิลลิเมตรต่อปี เนื่องจากจังหวัดกาญจนบุรีส่วนใหญ่มีทิวเขาเป็นแนวยาวกั้นแดนจึงทำให้มีอุณหภูมิค่อนข้างสูงและมีอากาศร้อนอบอ้าวมากในฤดูร้อน ส่วนในฤดูหนาว ไม่หนาวจัด ยกเว้นแต่ในบริเวณเทือกเขา อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.5 องศาเซลเซียส และอุณภูมิสูงสุดเฉลี่ย 39.4 องศาเซลเซียส

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม โดยช่วงนี้เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้มีฝนตกในช่วงนี้ โดยตกชุกที่สุดในช่วงเดือนกันยายน

ฤดูหนาว เกิดจากลมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ได้รับอิทธิพลจากความกดอากาศสูงจากประเทศจีนนำความหนาวเย็นและแห้งแล้งแผ่ปกคลุมจังหวัดกาญจนบุรี ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ในระยะนี้เป็นช่วงของลมฝ่ายใต้พัดมาปกคลุมทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป โดยมีอากาศร้อนจัดอยู่ในเดือนเมษายน



รูปที่ 1-1 แผนที่ภูมิประเทศและเขตการปกครองจังหวัดกาญจนบุรี

1.4.4 การคมนาคม

1) รถยนต์ เส้นทางถนนสายเพชรเกษม หรือพระบรมราชชนนี ผ่านอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม อำเภอบ้านโป่ง อำเภอท่ามะกา อำเภอท่าม่วง เข้าเมืองกาญจนบุรี รวมระยะทางประมาณ 130 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทางราวหนึ่งชั่วโมงครึ่ง

2) รถโดยสารประจำทาง มีรถจากสถานีขนส่งสายใต้ไปจังหวัดราชบุรีทุกวัน ออกทุก 15 นาที วันละหลายเที่ยว ตั้งแต่เวลา 04.00-22.30 น. ใช้เวลาเดินทางประมาณ 2 ชั่วโมง

3) รถตู้โดยสาร มีท่ารถตู้หลักๆ 3 จุด ได้แก่ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ (บริเวณใต้ทางด่วน) ข้างห้างโลตัส สาขาปิ่นเกล้า และข้างสถานีขนส่งสายใต้ใหม่ ออกทุก 30-45 นาที ตั้งแต่เวลา 06.00-19.00 น.

4) รถไฟ สายธนบุรี-น้ำตก ซึ่งแยกจากทางรถไฟสายใต้ที่ชุมทางหนองปลาดุก อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ผ่านอำเภอท่ามะกา อำเภอท่าม่วง เมืองกาญจนบุรี อำเภอไทรโยค สุดปลายทางที่สถานีน้ำตก ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค รวมระยะทางประมาณ 200 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทางประมาณ 5 ชั่วโมง เหมาะสำหรับนักท่องเที่ยวที่ไม่รีบร้อนมากนัก และต้องการชมทิวทัศน์สองฟากทาง

1.4.5 การปกครอง

กาญจนบุรีแบ่งการปกครองออกเป็น 13 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง ด่านมะขามเตี้ย ท่าม่วง ท่ามะกา บ่อพลอย พนมทวน เลาขวัญ ห้วยกระเจา หนองปรือ ศรีสวัสดิ์ ไทรโยค ทองผาภูมิ และสังขละบุรี 95 ตำบล และ 959 หมู่บ้าน โดยการปกครองส่วนท้องถิ่น แบ่งเป็นองค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง เทศบาลเมือง 2 แห่ง เทศบาลตำบล 25 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล 94 แห่ง

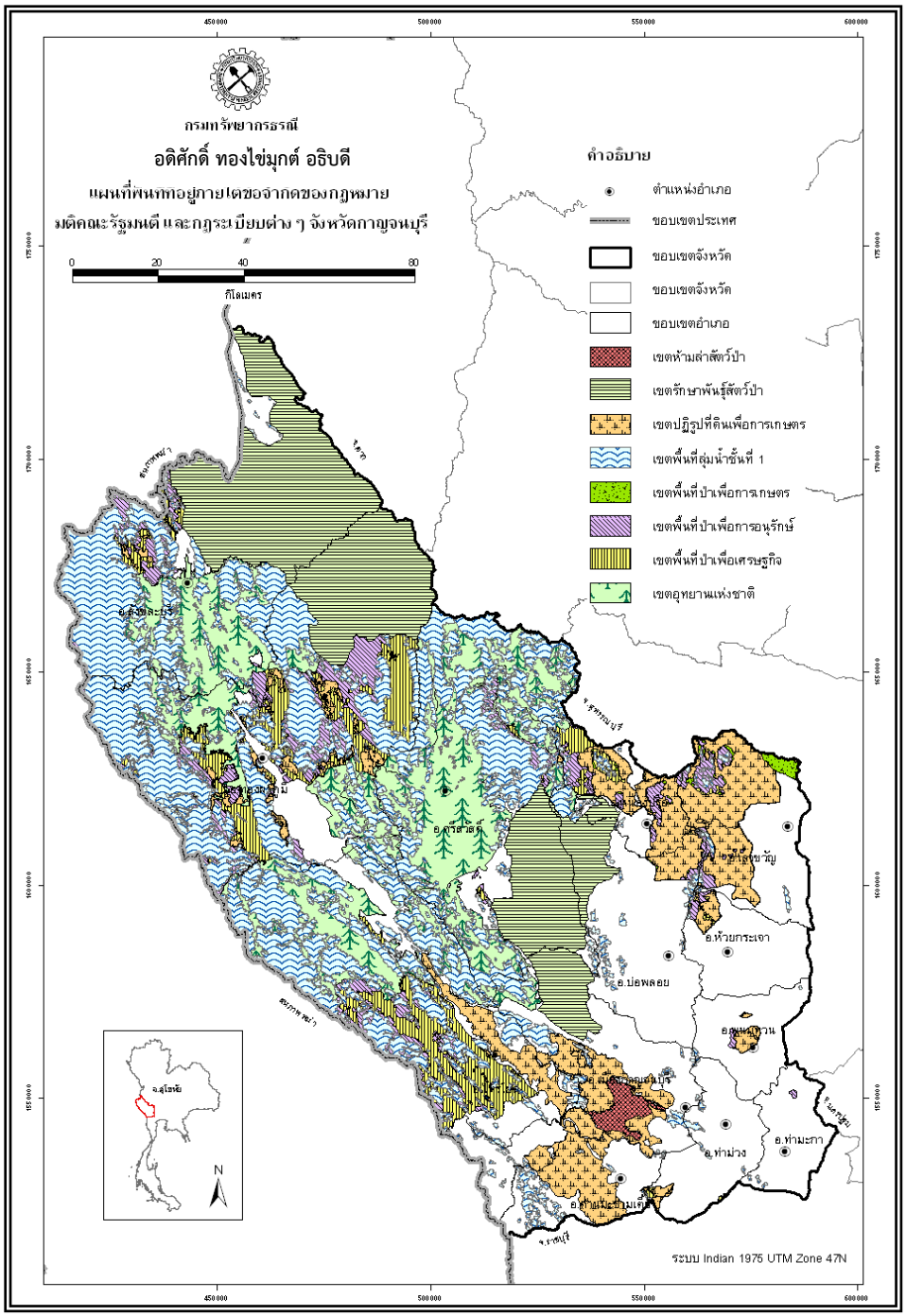
1.4.6 พื้นที่ประกาศของทางราชการ

จังหวัดกาญจนบุรีมีพื้นที่ประกาศทางราชการ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ส่วนราชการต่างๆ กำหนดขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ตามกฎหมายและมติคณะรัฐมนตรี ประกอบด้วย เขตอุทยานแห่งชาติ เขตวนอุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตห้ามล่าสัตว์ป่า เขตพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 เขตพื้นที่ป่าเพื่อการเกษตร เขตพื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจ เขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์เพิ่มเติมตามมติคณะรัฐมนตรี และเขตปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร ดังแสดงขอบเขตพื้นที่เหล่านี้ไว้ในรูปที่ 1-2 โดยข้อมูลดังกล่าวจะนำมาใช้ประกอบการประเมินศักยภาพในการพัฒนาของแหล่งแร่ต่อไป

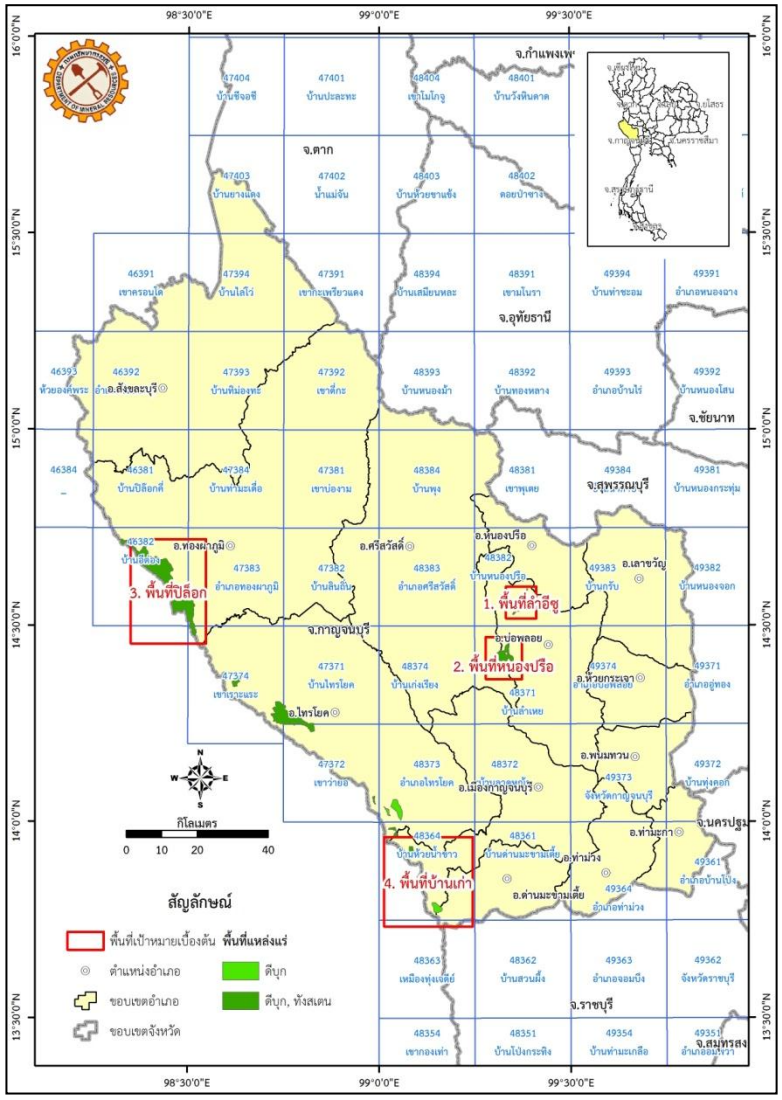
1.5 พื้นที่ดำเนินการและการเข้าถึง

จากการรวบรวมศึกษาและและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ได้กำหนดพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับการสำรวจไว้ 4 พื้นที่ ประกอบด้วย “พื้นที่บ้านเก่า” “พื้นที่ลำอีซู” “พื้นที่หนองปรือ” และ "พื้นที่ปิล๊อก” (รูปที่ 1-3) ซึ่งต่างก็เป็นพื้นที่ที่เกี่ยวโยงกับพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกทั้งสิ้น แต่จากการประมวลความเหมาะสมในด้านธรณีวิทยา การใช้ประโยชน์พื้นที่ (รูปที่ 1-4) ร่วมกับข้อมูลการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ภาคสนามในเบื้องต้น พบว่า “พื้นที่บ้านเก่า” เป็นพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นที่เหมาะที่สุดสำหรับดำเนินการ

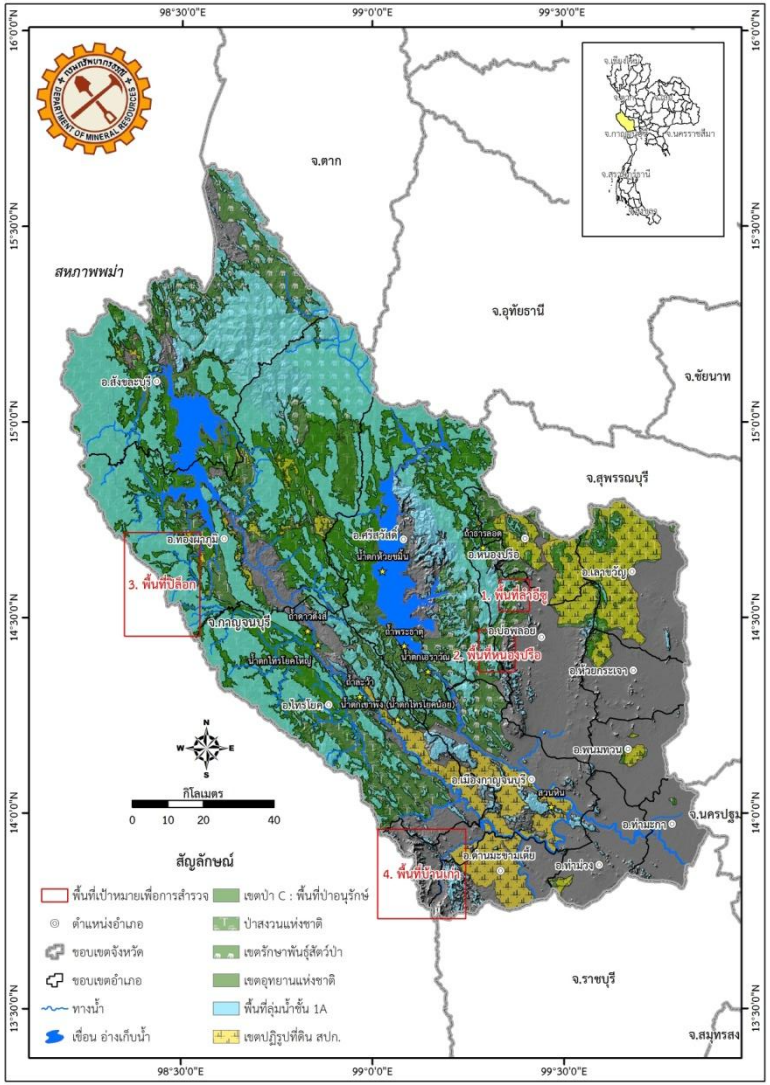
ในลำดับต่อไป และจากผลการสำรวจภาคสนามในเบื้องต้นสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่สำรวจย่อยเป็นพื้นที่คัดสรรย่อยได้ 4 พื้นที่ คือ พื้นที่ “บ้านพุอีเรือง”, “เขาพุอีกัง”, “ห้วยแห้ง” และ “บ้านพุม่วง” (รูปที่ 1-5) ทั้งนี้ในปีงบประมาณ 2555 ได้คัดเลือกพื้นที่เพื่อดำเนินการสำรวจและประเมินศักยภาพแร่ขั้นรายละเอียด รวม 2 พื้นที่ คือ พื้นที่คัดสรรย่อยบ้านพุม่วง (เริ่มดำเนินการในช่วงครึ่งปีงบประมาณแรก) และพื้นที่คัดสรรย่อยห้วยแห้ง (เริ่มดำเนินการในช่วงครึ่งปีงบประมาณหลัง)



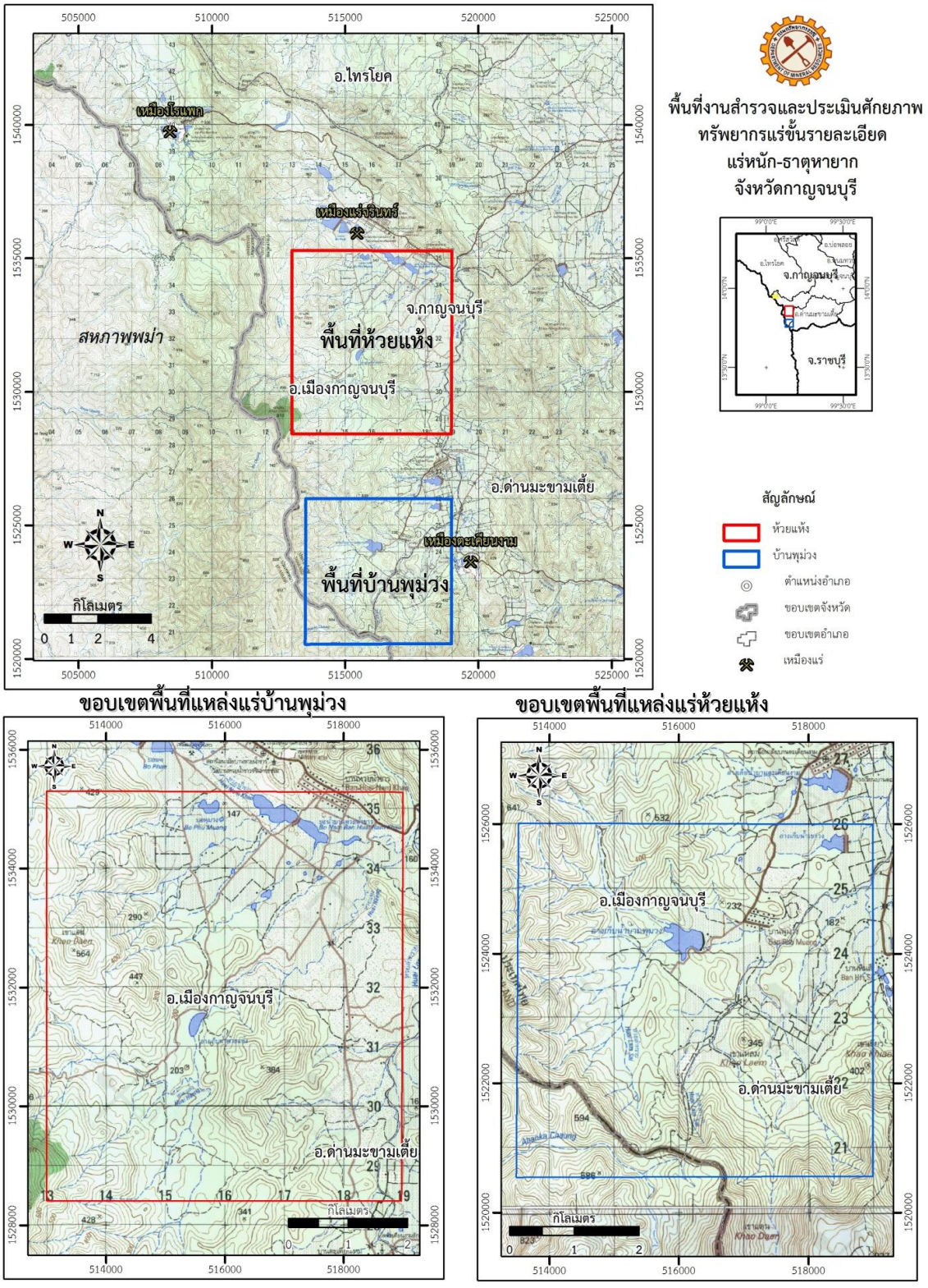
รูปที่ 1-2 แผนที่พื้นที่ที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของกฎหมาย มติคณะรัฐมนตรี และกฎระเบียบต่างๆ จังหวัดกาญจนบุรี



รูปที่ 1-3 แผนที่แสดงการกระจายตัวของพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกบริเวณจังหวัดกาญจนบุรีและพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับคัดเลือกเพื่อดำเนินการสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก



รูปที่ 1-4 แผนที่การใช้ประโยชน์พื้นที่ในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรีและกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น



รูปที่ 1-5 แผนที่ภูมิประเทศแสดงขอบเขตพื้นที่คัดสรรย่อย “บ้านพุม่วง” และ “ห้วยแห้ง” จังหวัดกาญจนบุรี

พื้นที่ดำเนินการ “บ้านพุม่วง” ที่มีขอบเขตคาบเกี่ยวอยู่ในเขตตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง และตำบลจรเข้เผือก อำเภอด่านมะขามเตี้ย มีขนาดพื้นที่ประมาณ 27 ตร.กม. และพื้นที่ดำเนินการ “ห้วยแห้ง” ในเขต

ตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง มีขนาดพื้นที่ประมาณ 40 ตร.กม. ซึ่งทั้งสองพื้นที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารลำดับชุด L7018 ระวาง 4836 IV (บ้านห้วยน้ำขาว) (รูปที่ 1-2) ซึ่งพื้นที่ทั้งสองสามารถเข้าถึงได้โดยการเดินทางจากอำเภอเมืองกาญจนบุรี ไปตามทางหลวงหมายเลข 323 ประมาณ 20 กิโลเมตร ถึงสี่แยกให้เลี้ยวซ้ายไปตามทางหลวงหมายเลข 3229 ประมาณ 14 กิโลเมตร ข้ามแม่น้ำแควน้อย แล้วใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 3445 อีกประมาณ 20 กิโลเมตร จะเข้าสู่พื้นที่คัดสรรย่อย “ห้วยแห้ง” บริเวณบ้านห้วยน้ำขาว จากนั้นให้เลี้ยวซ้าย บริเวณ 3 แยกจุดตรวจเขาแหลม เดินทางลงใต้ตามเส้นบ้านห้วยน้ำขาว-ตะเคียนงามอีกประมาณ 13 กิโลเมตร จึงเข้าสู่เขตพื้นที่คัดสรรย่อยบ้านพุม่วง บริเวณบ้านตะเคียนงาม

บทที่ 2: ธรณีวิทยาทั่วไป

ประมาณร้อยละ 75 ของพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันตกต่อเนื่องลงมาจนถึงทางตอนกลางของจังหวัด ประกอบด้วยหินแข็งที่มีอายุมากกว่า 570-1.6 ล้านปี พื้นที่ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 25 เป็นที่ราบ ได้แก่ ที่ราบเชิงเขา และที่ราบน้ำท่วมถึง ประกอบด้วยชั้นตะกอนที่มีอายุประมาณ 1.6-0.01 ล้านปี ครอบคลุมพื้นที่ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของตัวจังหวัด

จากแผนที่ธรณีวิทยา มาตรส่วน 1:250,000 ชนิดหินที่พบในจังหวัดกาญจนบุรี ประกอบด้วย หินตะกอน หินแปร และหินอัคนี นอกจากนี้ยังพบตะกอนอีกหลากหลายชนิด โครงสร้างทางธรณีวิทยาในพื้นที่ประกอบด้วย แนวรอยเลื่อน รอยแตก และรอยคดโค้งในชั้นหิน โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (รูปที่ 2-1)

2.1 ลำดับชั้นหิน

ชุดหินตะกอน หินแปร และตะกอน ที่พบในจังหวัดกาญจนบุรีสามารถเรียงลำดับชั้นหินจากอายุแก่ไปหาอายุอ่อน ได้ดังนี้

2.1.1 หินแปรยุคพรีแคมเบรียน (PE)

ชุดหินยุคนี้ ประกอบด้วย หินไนส์เนื้อดอก หินไมกาชีสต์สีเทา หินควอตซ์ไมกาชีสต์สีเทาจาง และสีน้ำตาลแกมเหลือง หินควอตไซต์สีน้ำตาลแกมเหลือง หินแคลก์-ซิลิเกตสีเทาแกมเขียว และหินอ่อนสีเทาจาง ชุดหินนี้คาดว่ามีอายุมากกว่า 570 ล้านปี พบกระจายตัวอยู่เฉพาะในเขตอำเภอเมือง แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขา เขาโดด และเนินเขา เช่น เขาชนไก่ เขาพนมยอ และเขานมนาง

2.1.2 หินแปรและหินตะกอนยุคแคมเบรียน (E)

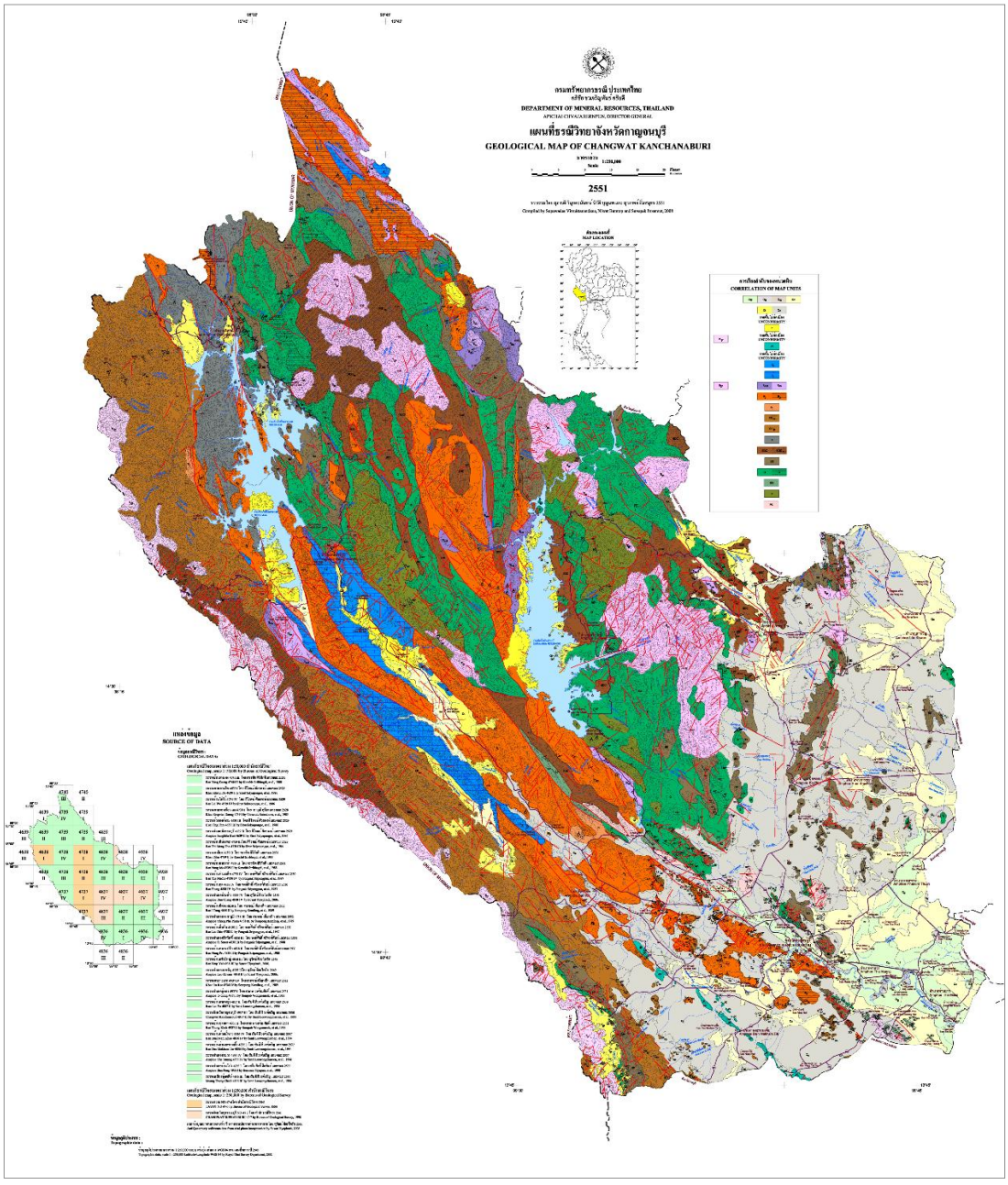
ชุดหินยุคนี้ ประกอบด้วย หินควอตไซต์ หินทรายเนื้อควอตซ์ หินดินดาน หินแคลก์ซิลิเกต และหินอ่อน หินยุคนี้มีอายุประมาณ 570-505 ล้านปี ส่วนใหญ่พบกระจายตัวอยู่ในเขตอำเภอทองผาภูมิ และศรีสวัสดิ์ ต่อเนื่องลงมาจนถึงตอนเหนือของอำเภอเมือง แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขา เช่น เขาองทิ อำเภอทองผาภูมิ และเขาหวด อำเภอศรีสวัสดิ์ เป็นต้น

2.1.3 หินแปรยุคออร์โดวิเชียนถึงแคมเบรียน (EO)

ชุดหินยุคนี้ ประกอบด้วย หินแคลก์ซิลิเกต หินอ่อน หินควอตไซต์ หินควอตซ์ชีสต์ หินไมกาชีสต์ และหินฟิลไลต์ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 570-438 ล้านปี พบทางตอนใต้ของอำเภอศรีสวัสดิ์ ต่อเนื่องลงมาจนถึงทางตอนเหนือของอำเภอเมือง ท่าม่วง และท่ามะกา แสดงลักษณะ ภูมิประเทศเป็นเทือกเขา และเขาโดด เช่น เขาเพิง อำเภอท่าม่วง เขาแดง และเขาพระ อำเภอท่ามะกา เป็นต้น

2.1.4 หินตะกอนยุคออร์โดวิเชียน (O)

ชุดหินยุคนี้ ประกอบด้วย หินปูน หินปูนเนื้อดิน หินปูนเนื้อทรายและเนื้อทรายแป้งสีเทาและสีเขียวแกมน้ำเงิน หินดินดานเนื้อปูน หินทรายเนื้อปูน และหินโคลนเนื้อปูนสีเทา พบซากดึกดำบรรพ์สัตว์ทะเล จำพวกเซฟาโลพอด ชนิดแอมโมไนต์ (หรือ หอยงวงช้าง) และจำพวกไครนอยด์ (หรือ พลับพลึงทะเล) หินยุคนี้มีอายุประมาณ 505-438 ล้านปี พบมากในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ศรีสวัสดิ์ หนองปรือ บ่อพลอย เมือง และพบบ้างในเขตอำเภอไทรโยค ด่านมะขามเตี้ย เลาขวัญ ห้วยกระเจา และท่าม่วง แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขา เขาโดด และเนินเขา เช่น เขาไร่อู อำเภอสังขละบุรี เขาช่งไท้ อำเภอทองผาภูมิ และเขาถ้ำขี้ค้างคาว อำเภอหนองปรือ เป็นต้น



รูปที่ 2-1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี

คำอธิบาย
EXPLANATION

หน่วยหิน และหินแปร SEDIMENT, SEDIMENTARY AND METAMORPHIC ROCKS	ชื่อหมวด/กลุ่มหิน FORMATION/GROUP	ยุค PERIOD	อายุ (ล้านปี) AGE (my.)
Q_{al} ตะกอนลักษณะธรรมชาติ : ทรายแป้งและทรายแป้งปนดินเหนียว เนื้อร่วน หนาขึ้นทราบปนกรวดและกรวดทราย Natural Levee deposits : silt and silty clay, loose to friable, with layer of gravelly sand and mottle.		ควอเทอร์นารี QUATERNARY	0.01-1.6
Q_{ch} ตะกอนร่องน้ำ : ประกอบด้วย ทรายร่องน้ำ สันดอนทราย และดินลักษณะธรรมชาติ Channel deposits : consists of channel sand, sand bar, and natural levee.			
Q_{sf} ตะกอนที่ราบลุ่มแม่น้ำ : กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว Floodplain deposits : gravel, sand, silt and clay.			
Q_{al} ตะกอนน้ำพา : กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว Alluvial deposits : gravel, sand, silt and clay.			
Q_t ตะกอนลานดิน : กรวด และทราย Terrace deposits : gravel and sand.			
Q_{cr} ตะกอนเศษหินร่วงหล่น และตะกอนลุ่งอยู่กับที่ : เศษหิน ประกอบด้วยหินควอร์ตไซต์ หินทราย หินทรายแป้ง หินแกรนิต ทรายและทรายแป้ง หินลูกรัง และดินเหลวไหลจ่า Colluvial and residual deposits : rock fragments of quartzite, sandstone, siltstone, granite; sand and silt; lateritic soil and terrasses soil.			
T หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน สีเทาอ่อนถึงสีเทาแกมเขียว เหลืองการวางชั้นเอียงระดับ ชั้นหินที่ผุพัง หินปูนกรวดมนเนื้อทึบ หินปูนเนื้อมาก และชั้นกรวดมนิดหินบางบน Sandstone, siltstone, mudstone, light gray to greenish gray, cross-bedded, semiconsolidated; fresh water conglomeratic limestone; marly limestone and gravel bed in upper part.			
JK หินทรายสลาร์ไทซ สีน้ำตาลแกมแดง เนื้อละเอียดถึงปานกลาง การคัดขนาดปานกลาง เม็ดกลมถึงกลมมาก เป็นมวลหนาไม่แสดงชั้น ชั้นบาง และแยกชั้นบาง หรือหวย หินโคลน สีขาว ถึงสีเทาดำ หินทรายกรวดมน และหินปูนกรวดมน Arkosic sandstone, reddish brown, fine-to medium-grained, moderate sorted, angular to round, massive, thin bedded and laminated; interbedded with mudstone, white to light gray; sandstone conglomerate and limestone conglomerate.		ครีเทเชียสถึงจูแรสซิก CRETACEOUS to JURASSIC	66.4-210
J_{sc} หินปูนกรวดมน กรวดประกอบด้วย หินปูน หินทราย หินควอร์ตไซต์ หินดินดาน และหินกรวดมนอยู่ทั่วไป เป็นลานถึงกึ่งกลม แสดงการวางชั้นเอียงระดับ เนื้อประสานด้วยปูน Limestone conglomerate, with clast of limestone, sandstone, quartzite, shale and some conglomerate, rounded to subrounded, cross - bedded, calcareous cement.		จูแรสซิก JURASSIC	140-210
J_{ls} หินปูนเนื้อโดโลไมต์ สีเทาแกมน้ำตาล ถึงสีเทา ชั้นหนาถึงไม่แสดงชั้น แสดงเป็นกรวดเหลี่ยม บางบริเวณแสดงลักษณะเนื้อเป็นรอยสายหอย และหินแสดหินทราย Dolomitic limestone, light brownish-gray to gray, thick- bedded to massive, fenestrated, locally concretion, and sandstone fragment.			
T_{ls1} หินปูนเนื้อโดโลไมต์ สีเทาอ่อน ถึงสีเทาแกมชมพูไม่แสดงชั้น สลับกับหินปูน และหินปูนกรวดมนโผล่ด้านล่างสุด Dolomitic limestone, light gray to pinkish gray, massive; limestone interbedded; and conglomeratic limestone in lower part.		ไทรแอสซิก TRIASSIC	210-245
T_{ss} หินทราย และหินโคลน สีเทาดำถึงสีน้ำตาล เป็นชั้นดี หนาขนานสีเทาดำหรือน้ำตาลปนเทาแก่ และหอยสองฝา หินปูนกรวดมน สีเทาแกมน้ำตาลอยู่ชั้นล่างสุด Sandstone and mudstone, dark gray to brown, well-bedded, with fossils of the bivalves (*Halobia* sp., *Daonella* sp.) and brachiopods; limestone conglomerate, brownish gray, at the lower part.			
P_{ls} หินปูน สีเทาถึงสีเทาเข้ม เป็นชั้นถึงไม่แสดงชั้น มีหินเชิร์ตเป็นกระแสปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ หนาขนานสีเทาสลับกับสีขาว มีฟูซูลินิด แกรสตีโรพอด ปะการัง แอม โมนอยด์ และไครนอยด์ หอยหินทรายและหินดินดานบาง Limestone, gray, bedded to massive, with chert or siliceous nodules; dolomitic limestone, with fossils of fusulinid, brachiopods, corals, ammonoids and crinoids; minor sandstone and shale.	กลุ่มหินราชบุรี Ratburi Gp.	เพอร์เมียน PERMIAN	245-286
P_{ls} หินปูนโดโลไมต์ สีขาวถึงสีเทาจาง และหินปูน สีเทาเป็นชั้น Dolomitic limestone, white to light gray and limestone, gray, bedded.			
P_{sh} หินดินดาน และหินทราย สีเทาถึงสีเทาแกมเขียว สลับด้วย หินดินดานปนทราย สีเทาเข้ม ถึงสีดำ Shale and sandstone, gray to greenish gray, interbedded with sandy shale, dark gray to black.			
CP_{ss} หินทรายควอร์ตซ สีขาวถึงสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อละเอียดถึงปานกลาง การคัดขนาดปานกลาง ทรงกลมถึงกึ่งกลม ไม่แสดงชั้น และมีแนวแยกชั้นบาง หินโคลน สีขาว สีเทาปานกลาง เนื้อละเอียดมากถึงละเอียด การคัดขนาดดี ชั้นบาง และมีแนวแยกชั้นบาง มีสะเก็ดเหลี่ยม พบซากดึกดำบรรพ์จำพวก ฟองน้ำหินปูน แกรสตีโรพอด ปะการังถึงกึ่งกลม และไบรโอซัว Arkosic sandstone, white to light yellowish brown, very fine-to medium-grained, moderate to well sorted, massive and laminated; mudstone, white, medium gray, very fine-to fine-grained, well sorted, thin bedded and laminated, angular shaped, with fossils of brachiopod, crinoid stem and bryozoa.	หมวดหินราชบุรี Khao Chao Fm.	เพอร์เมียนถึงคาร์บอนิฟอรัส PERMIAN to CARBONIFEROUS	245-360
CP_{ss} หินทรายควอร์ตไซต์ สีเทาเข้มถึงสีเทาปานกลาง เม็ดละเอียดมากถึงปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี มีสะเก็ดเหลี่ยมถึงกึ่งกลม หินดินดาน สีดำแกมเขียวถึงสีเทาปานกลาง เศษเปลือกหุ้มเมล็ดบาง และหอยขนาดบาง หินทรายอาร์โคส สีขาว ถึงสีน้ำตาลแกมเหลืองอ่อน เนื้อละเอียดมากถึงปานกลาง การคัดขนาดปานกลางถึงดี มีสะเก็ดขอบข่างเหลี่ยมถึงกึ่งกลม Greywacke, greenish gray to medium gray, very fine-to medium-grained, poor sorted, angular to round shaped; shale, greenish gray to medium gray, fissile and laminated; arkosic sandstone, white to light yellowish brown, very fine-to medium-grained, moderate to well sorted, subangular to round shaped.	หมวดหินราชบุรี Khao Phra Fm.		
C หินทราย หินดินดาน สีเทา สีเทาแกมเขียว หินทรายแป้ง หินโคลน หินดินดาน ชั้นหินบางบน และหินปูน พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกไทรโลไบต์ Sandstone, shale, gray, greenish gray; siltstone, mudstone, shaly shale, and limestone, with fossils of Trilobite.		คาร์บอนิฟอรัส CARBONIFEROUS	286-360
SDD_{sh} หินดินดาน และหินทรายแป้ง สีน้ำตาลแกมเหลือง สีเทาแกมเขียว หินปูน สีเทาพบซากดึกดำบรรพ์จำพวกเซฟาโลพอดและ ไครนอยด์สเต็ม Shale and siltstone, yellowish brown, greenish gray; fisser limestone, gray, with fossil of cephalopods and crinoids stem.		คาร์บอนิฟอรัสถึงไซลูเรียน CARBONIFEROUS to SILURIAN	286-438
SDD_{ph} หินดินดานเนื้อฟิลไลต์ หินดินดานเนื้อไมกา หินทรายเนื้อไมกา หินชนวน หินดินดาน สีเทาแกมเขียวถึงสีเทาดำ ชั้นหนาถึงปานกลาง บางบริเวณพบหินชนวนชนิดที่มีจุดประ และหินฟิลไลต์ สีเทาเขียว หินควอร์ตไซต์ หินภูมิเขตขาว ดำ ชั้นเป็นชั้นหินชั้น และชั้นหินเนื้อดิน Phyllite shale, micaceous shale, micaceous sandstone, slaty shale, greenish gray to dark gray, thin to medium bedded, locally spotted shale and phyllite, dark gray; quartzite, limestone, white to dark band, very bedded, and anpillaceous ligrus.			
SD หินทรายเนื้อควอร์ตซ์ หินทรายเนื้อดิน สีน้ำตาล เทา และน้ำตาลแกมแดง เนื้อละเอียดถึงหยาบ เม็ดกึ่งกลม การคัดขนาดดี สลับด้วย หินดินดาน และหินทรายแป้ง บางแห่งถูกแปรสภาพเป็นหินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์และหินชนวน ชั้นหินเชิร์ต พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกแกรปโตไลต์ Quartzite sandstone, litbis sandstone, brown, gray, reddish brown, fine-to coarse-grained, subrounded, well sorted, interbedded with shale and siltstone, some metamorphosed to quartzite, phyllite and slate; chert bedded, with fossils of tentaculite.	หมวดหินเขาหลวง Be Phlad Fm.	ดีโวเนียนถึงไซลูเรียน DEVONIAN to SILURIAN	360-438
O หินปูน หินปูนเนื้อดิน หินปูนเนื้อทราย และเนื้อทรายแป้ง สีเทา สีเทาแกมน้ำเงิน และสีเทาดำ พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกซากดำโกปอดและไครนอยด์สเต็ม Limestone, argillaceous limestone, sandy and silty limestone, gray, bluish green, and pale gray with fossils offossil of cephalopod and crinoid stems.		ออร์โดวิเชียน ORDOVICIAN	438-505
O_{ss} หินดินดาน เนื้อปูน หินทรายเนื้อปูน หินโคลนเนื้อปูน สีเทา และ สีเทาดำ พบซากดึกดำบรรพ์ Calcareous shale; calcareous sandstone; calcareous mudstone, gray, and pale gray with fossils.			
CD_{ss} หินแคลก์-ซิลิเกต สีเขาแกมเขียว เป็นแถบ หินเล่นลาย สีเขาและสีเทาดำ เป็นแถบชั้นบางเฉพาะชั้นบาง หินควอร์ตไซต์ สีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อละเอียดถึงควอร์ตซ์ไซต์ สีน้ำตาลแกมแดงเหลือง หินไบโอทิต์ และหินฟิลไลต์ สีเทาปานกลาง เนื้อละเอียด Cale-silicate, greenish gray, banded; marble, white and pale gray, laminated and thin-bedded; quartzite, yellowish brown, fine-grained; quartz schist, yellowish brown; mica schist, and phyllite, medium gray, fine-grained.		ออร์โดวิเชียนถึงแคมเบรียน ORDOVICIAN to CAMBRIAN	438-570
ϵ หินควอร์ตไซต์ ไม่แสดงชั้น หินทราย เนื้อควอร์ตซ์ หินดินดาน และหินควอร์ตไซต์ที่มีชั้นอาร์จิลเลเชียส สลับกับหินแคลก์-ซิลิเกต และหินอ่อน Massive quartzite, quartzitic sandstone, shale and quartzite with argillaceous beds interbedded cale-silicate and marble.		แคมเบรียน CAMBRIAN	505-570
PC หินไนส์ เนื้อหยาบ หินไบโอทิต์ สีเทา หินควอร์ตไซต์ สีเทาดำ สีน้ำตาลแกมเหลือง หินควอร์ตไซต์ สีน้ำตาลแกมเหลือง หินแคลก์-ซิลิเกต สีเทาแกมเขียว เป็นแถบชั้นบาง หินอ่อน สีเทาดำ เป็นแถบชั้นบาง และชั้นบาง Gneiss, porphyroblastic; mica schist, gray; quartz-mica schist, pale gray, yellowish brown; quartzite, yellowish brown; cale-silicate, greenish gray; marble, pale gray, laminated and thin-bedded.		พรีแคมเบรียน PRECAMBRIAN	มากกว่า 570
หินอัคนี **IGNEOUS ROCKS**		**ยุค** **PERIOD**	
K_{gr} หินแกรนิต สีขาว เนื้อปานกลางถึงหยาบ ส่วนมากเนื้อสม่ำเสมอ และหินเกรโนดิออไรต์แกรนิต เนื้อละเอียด สีเนื้อหนาดปานกลาง Granite, light color, medium-to coarse-grained, mostly granular texture and aplite granite, fine-to medium-grained.		ครีเทเชียส CRETACEOUS	66.4-140
T_{gr} หินไบโอไทต์ แกรนิต เนื้อหยาบถึงเนื้อละเอียด สายแร่เพกมาไทต์ และแร่ควอตซ์ Biotite granite, coarse-grained to porphyritic texture, pegmatite and quartz veins.		ไทรแอสซิก TRIASSIC	210-245

รูปที่ 2-1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี (ต่อ)

2.1.5 หินตะกอนและหินแปรยุคดีโวเนียนถึงไซลูเรียน (SD)

ชุดหินยุคนี้ ประกอบด้วย หินของหมวดหินบ่อพลอย ได้แก่ หินทรายเนื้อควอตซ์ หินทรายเนื้อดินสีน้ำตาล และเทา หินดินดาน และหินทรายแป้ง บางแห่งถูกแปรสภาพเป็นหินควอตไซต์ หินฟิลไลต์ และหินชนวน พบซากดึกดำบรรพ์สัตว์ทะเล จำพวกเทนตะคิวไลต์ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 438-360 ล้านปี พบกระจายตัวในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ศรีสวัสดิ์ เลาขวัญ หนองปรือ บ่อพลอย ห้วยกระเจา พนมทวน ไทรโยค ด่านมะขามเตี้ย เมือง ท่าม่วง และท่ามะกา แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขา เขาโดด และเนินเขา เช่น เขาใหญ่ และเขาตอง อำเภอเมือง เขาพ่อปู่ อำเภอเลาขวัญ และเขาเขียว อำเภอบ่อพลอย

2.1.6 หินตะกอนและหินแปรยุคคาร์บอนิเฟอร์รัสถึงไซลูเรียน (SDC และ SDCm)

ชุดหินยุคนี้ ประกอบด้วย หินดินดาน และหินทรายแป้งสีน้ำตาลแกมเหลือง สีเทาแกมเขียว หินปูนสีเทา หินดินดานเนื้อฟิลไลต์ หินดินดานเนื้อไมกา หินทรายเนื้อไมกา หินชนวน และหินควอตไซต์ พบซากดึกดำบรรพ์สัตว์ทะเล จำพวกหอยงวงช้าง และโคโนดอนต์ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 438-286 ล้านปี พบในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ศรีสวัสดิ์ หนองปรือ บ่อพลอย และไทรโยค แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขา เขาโดด และเนินเขา ตัวอย่างเช่น เขามุสิ และเขาน้ำดอกไม้ อำเภอหนองปรือ

2.1.7 หินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอร์รัส (C)

ชุดหินยุคนี้ ประกอบด้วย หินทราย หินดินดานสีเทา สีเทาแกมเขียว หินทรายแป้ง หินโคลน หินดินดานกึ่งหินชนวน และหินปูน พบซากดึกดำบรรพ์สัตว์ทะเล จำพวกไทรโลไบต์ หินยุคนี้มีอายุประมาณ 360-286 ล้านปี มีลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขา และเนินเขา พบกระจายตัวในเขตอำเภอสังขละบุรี เช่น เขาทิวาคอง และอำเภอทองผาภูมิ เช่น เนินที่อยู่ทางด้านทิศเหนือสุดของเขาน้ำโจน

2.1.8 หินตะกอนยุคเพอร์เมียนถึงคาร์บอนิเฟอร์รัส (CPkp และ CPkc)

ชุดหินยุคนี้ ประกอบด้วยหินของหมวดหินเขาพระ (CPkp) และหมวดหินเขาเจ้า (CPkc) อายุประมาณ 360-245 ล้านปี โดยหมวดหินเขาพระ ซึ่งอายุแก่กว่าวางตัวอยู่ด้านล่าง ประกอบด้วยหินทรายเกรย์แวก และหินดินดานสีเทาแกมเขียวถึงเทาปานกลาง หินทรายอาร์โคสสีขาวถึงน้ำตาลแกมเหลือง หมวดหินเขาเจ้าวางตัวอยู่บนหมวดหินเขาพระประกอบด้วย หินทรายอาร์โคสสีขาวถึงน้ำตาลแกมเหลือง หินโคลนสีขาว และเทา หมวดหินนี้พบซากดึกดำบรรพ์สัตว์ทะเล จำพวกหอยตะเกียง ไครนอยด์ และไบรโอซัวที่มีรูปร่างคล้ายตาข่ายหรือร่างแห หมวดหินเขาพระแสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขา ปกคลุมพื้นที่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่ เขาปะหนองโทคี อำเภอสังขละบุรี ต่อเนื่องลงมาถึงเขาสำเภา อำเภอด่านมะขามเตี้ย สำหรับหมวดหินเขาเจ้ามีลักษณะภูมิประเทศเป็น เขาโดด และเนินเขา พบเป็นหย่อมๆ ในเขตอำเภอเมือง เช่น เขาโป่งกฐิน และอำเภอท่าม่วง เช่น เขาดินสอ และเขานางพิม

2.1.9 หินตะกอนยุคเพอร์เมียน (P1 และ P2)

ชุดหินยุคนี้ ประกอบด้วยหินของกลุ่มหินราชบุรี ได้แก่ หินดินดาน และหินทรายสีเทาถึงสีเทาแกมเขียวสลับด้วยหินดินดานปนทรายสีเทาเข้มถึงสีดำ (P1) หินปูนสีเทาถึงสีเทาเข้ม หินปูนเนื้อโดโลไมต์ พบหินทราย และหินดินดานบ้าง มีซากดึกดำบรรพ์สัตว์ทะเล จำพวกฟิวซูลินิด (หรือ คดข้าวสาร) หอยตะเกียง ปะการัง แอมโมไนต์ และไครนอยด์ (P2) หินยุคนี้มีอายุประมาณ 286-245 ล้านปี พบเป็นแนวต่อเนื่อง ตั้งแต่ตอนเหนือของอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ศรีสวัสดิ์ ไทรโยค เมือง ด่านมะขามเตี้ย ท่าม่วง และท่ามะกา แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขา เขาโดด และเนินเขา เช่น เขาบ้านถ้ำ อำเภอท่าม่วง และเขาท่าขนุน อำเภอทองผาภูมิ เป็นต้น

2.1.10 หินตะกอนยุคไทรแอสซิก (TRss และ TRdol)

ชุดหินนี้ ประกอบด้วย หินทราย และหินโคลนสีเทาดำถึงสีน้ำตาล หินปูนกรวดมนสีเทาแกมน้ำตาล (TRss) หินปูนเนื้อโดโลไมต์สีเทาอ่อนถึงสีเทาแกมชมพู สลับกับหินปูน และหินปูนกรวดมน (TRss) พบซากดึกดำบรรพ์สัตว์ทะเล จำพวกหอยกาบคู่หรือหอยสองฝา และหอยตะเกียง หินยุคนี้มีอายุประมาณ 245-210 ล้านปี พบในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ศรีสวัสดิ์ และหนองปรือ แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขา เขาโดด และเนินเขา เช่น เขาโรง อำเภอหนองปรือ และเขาไร่ยองต๊ะ อำเภอสังขละบุรี เป็นต้น

2.1.11 หินตะกอนยุคจูแรสซิก (J1 และ J2)

ชุดหินนี้ ประกอบด้วย หินปูนเนื้อโดโลไมต์ สีเทาแกมน้ำตาลถึงสีเทา (J1) และหินปูนกรวดมน เม็ดกรวดประกอบด้วย หินปูน หินทราย หินควอตไซต์ หินดินดาน หินกรวดมน (J2) หินยุคนี้มีอายุประมาณ 210-140 ล้านปี พบในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ และไทรโยค แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขา เขาโดด และเนินเขา ตัวอย่างเช่น เขาเสาหงส์ อำเภอทองผาภูมิ เป็นต้น

2.1.12 หินตะกอนยุคครีเทเชียสถึงจูแรสซิก (JK)

ชุดหินนี้ ประกอบด้วย หินทรายอาร์โคสสีขาวถึงน้ำตาลแกมแดง สลับด้วยหินโคลนสีขาวถึงเทาจาง หินทรายกรวดมน และหินปูนกรวดมน หินยุคนี้มีอายุประมาณ 210-66.4 ล้านปี พบกระจายตัวเป็นแนวยาวตั้งแต่ อำเภอไทรโยคผ่านอำเภอเมือง ด่านมะขามเตี้ย ท่าม่วง และท่ามะกา แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็น เขาโดด และเนินเขา ตัวอย่างเช่น เขาสามพระยา อำเภอเมือง เขาภูทอง อำเภอด่านมะขามเตี้ย และเขาธรรมอุทยาน อำเภอท่าม่วง เป็นต้น

2.1.13 หินตะกอนยุคเทอร์เชียรี (T)

ชุดหินนี้ ประกอบด้วยหินตะกอนกึ่งแข็งตัว จำพวก หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน มีสีเทาอ่อนถึงสีเทาแกมเขียว หินปูนกรวดมนน้ำจืด หินปูนเนื้อมาร์ล และชั้นกรวดปิดทับด้านบน หินยุคนี้มีอายุประมาณ 66.4-1.6 ล้านปี พบซากดึกดำบรรพ์ของหอยน้ำจืด พวกหอยขม หินยุคนี้กระจายตัวในเขตอำเภอศรีสวัสดิ์ และทองผาภูมิ แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขา ตัวอย่างเช่น เนินเขาด้านตะวันตกของอ่างเก็บน้ำศรีนครินทร์ และเนินเขาด้านตะวันตกของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ์

2.1.14 ตะกอนยุคควอเทอร์นารี

ตะกอนยุคนี้ ประกอบด้วย ตะกอนชนิดต่างๆ ที่มีอายุน้อยกว่า 1.6 ล้านปี สามารถแบ่งย่อยตามชนิดและสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวได้เป็น 6 หน่วยตะกอน ได้แก่

1) ตะกอนเศษหินเชิงเขา และตะกอนผุพังอยู่กับที่ (Qc) ประกอบด้วย ตะกอนเศษหิน ควอตไซต์ เศษหินทราย เศษหินทรายแป้ง เศษหินแกรนิต ตะกอนทราย ตะกอนทรายแป้ง ดินลูกรัง และดินเทอราโรซ่า แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบแผ่กระจายบริเวณเชิงเขา หรือขอบแอ่งสะสมตะกอน พบในเขตอำเภอหนองปรือ เลาขวัญ บ่อพลอย ห้วยกระเจา ไทรโยค เมือง พนมทวน ด่านมะขามเตี้ย ท่าม่วง และท่ามะกา

2) ตะกอนตะพัก (Qt) ประกอบด้วยตะกอนกรวด และทราย แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบขั้นบันไดตามแนวลำน้ำที่มีการกัดเซาะในแนวดิ่งมาก มักพบใกล้พื้นที่ต้นน้ำในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ไทรโยค ศรีสวัสดิ์ หนองปรือ เมือง และด่านมะขามเตี้ย

3) ตะกอนน้ำพา (Qa) ประกอบด้วยตะกอนกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ตะกอนแต่ละขนาดมีการสะสมตัวปะปนกันไม่ค่อยเป็นระบบ และชั้นตะกอนไม่หนามาก แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบต่ำน้ำท่วมถึงตามแนวลำน้ำ พบในเขตอำเภอไทรโยค หนองปรือ บ่อพลอย เลาขวัญ ห้วยกระเจา เมือง พนมทวน ด่านมะขามเตี้ย ท่าม่วง และท่ามะกา

4) ตะกอนที่ราบลุ่มแม่น้ำ (Qff) ประกอบด้วยตะกอน กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบต่ำน้ำท่วมถึงตามแนวลำน้ำ ตะกอนแต่ละชนิดมีการคัดขนาดค่อนข้างดี สะสมตัวแยกชั้นกันอย่างเป็นระบบ และชั้นตะกอนหนามากกว่าแบบตะกอนน้ำพา (Qa) พบในเขตอำเภอเมือง ท่าม่วง ท่ามะกา พนมทวน และหนองปรือ

5) ตะกอนร่องน้ำ (Qfc) ประกอบด้วยทรายร่องน้ำ สันดอนทราย และมีตะกอนคันดินธรรมชาติปะปนบ้าง พบในแม่น้ำ และริมฝั่งแม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำแควน้อย ในเขตอำเภอเมือง และท่าม่วง

6) ตะกอนคันดินธรรมชาติ (Qfl) ประกอบด้วยทรายแป้ง และทรายแป้งปนดินเหนียวเนื้อร่วน ชั้นทรายปนกรวด และรากพืช พบริมฝั่งแม่น้ำแม่กลอง ในเขตอำเภอท่ามะกา

2.2 หินอัคนี

ที่พบในจังหวัดกาญจนบุรีส่วนใหญ่เป็นหินอัคนีแทรกซอน ประกอบด้วย หินแกรนิตยุคไทรแอสซิก (TRgr) และหินแกรนิตยุคครีเทเชียส (Kgr) นอกจากนี้ยังพบมวลหินอัคนีพุขนาดเล็ก ชนิดหินบะซอลต์ ยุคเทอร์เชียรี ได้ในบ้างบริเวณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 หินแกรนิตยุคไทรแอสซิก (TRgr)

หินแกรนิตยุคไทรแอสซิกโผล่ให้เห็นทางด้านเหนือตอนกลาง และด้านตะวันออกของพื้นที่ ประกอบด้วยหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหยาบถึงเนื้อดอก พบสายแร่เพกมาไทต์ และแร่ควอตซ์ หินแกรนิตชุดนี้

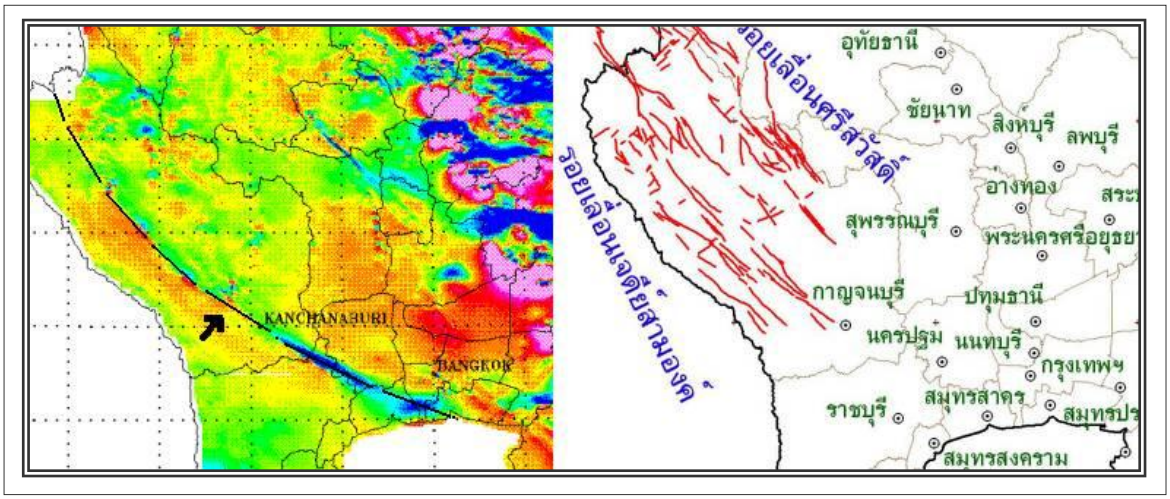
มีอายุประมาณ 245-210 ล้านปี แทรกดันตัวขึ้นมาผ่านหินตะกอน และหินแปรที่อยู่ด้านบนซึ่งมีอายุแก่กว่า พบในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ศรีสวัสดิ์ บ่อพลอย และเลาขวัญ แสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขา เขาโดด และที่ราบหินโผล่ ตัวอย่างเช่น เขาอ่างหิน อำเภอศรีสวัสดิ์ พื้นที่ราบทางทิศเหนือของเขาช่องกลิ้ง อำเภอเลาขวัญ เป็นต้น

2.2.2 หินแกรนิตยุคครีเทเชียส (Kgr)

หินแกรนิตยุคครีเทเชียส วางตัวเป็นแนวยาวต่อเนื่องอยู่ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ ประกอบด้วยหินแกรนิตสีจางเนื้อปานกลางถึงหยาบ และหินแอไพลต์แกรนิตเนื้อละเอียดถึงปานกลาง มีอายุประมาณ 140-66.4 ล้านปี แทรกดันตัวขึ้นมาผ่านหินตะกอน และหินแปรที่อยู่ด้านบนซึ่งมีอายุแก่กว่า พบเป็นเทือกเขายาวเกือบตลอดแนวพรมแดนของประเทศไทยและพม่า ในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ศรีสวัสดิ์ ไทรโยค เมือง ด่านมะขามเตี้ย บางส่วนโผล่ให้เห็นเป็นเขาโดดอยู่ในเขตอำเภอท่าม่วง และท่ามะกา เช่น ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของเขาพังตรุ และเขาลูกช้าง เป็นต้น

2.2.3 หินบะซอลต์ยุคเทอร์เชียรี (Bs)

หินบะซอลต์ยุคเทอร์เชียรี พบกระจายตัวเป็นหย่อมเล็ก ๆ เฉพาะในเขตอำเภอบ่อพลอย หินบะซอลต์นี้เป็นชนิดอัลคาไล เนื้อสกปรกที่ฝังประด้วยผลึกแร่แปลกปลอม ชนิด สปิเนล ซานิดีน และไพรอกซีน และหินแปลอปลอมระดับลึก อาทิ หินเพอริโดไทต์ และแกรนูไลต์ นอกจากนี้ยังนำพลอยไพลิน (blue sapphire) จากชั้นหินให้พลอยระดับลึกขึ้นสู่ผิวโลก แล้วผุพังเกิดเป็นแหล่งแร่พลอยทุติยภูมิ แบบลานแร่สะสมตัวในพื้นที่โดยรอบ



รูปที่ 2-2 แนวรอยเลื่อนต่อเนื่องของรอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์

2.3 ธรณีวิทยาโครงสร้าง

ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี เกิดจากอิทธิพลของขบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก โดยสามารถสังเกตได้จากลักษณะการวางตัวของชั้นหิน และรอยคดโค้งที่ปรากฏในบริเวณที่เป็นเขาหินตะกอน และเขาหินแปรหลายแห่ง รวมทั้งรอยเลื่อน และรอยแตก ในพื้นที่ที่รองรับด้วยหิน ซึ่งทั้งหมดเกิดจากแรงกระทำของการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก

การวางตัวของชั้นหิน ชั้นหินส่วนใหญ่มีการวางตัวในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยประมาณ นอกจากนี้ยังพบว่าในบางบริเวณชั้นหินวางตัวในทิศทางเหนือ-ใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

รอยคดโค้งของชั้นหิน ชั้นหินในพื้นที่ปรากฏรอยคดโค้งรูปประทุน และรอยคดโค้งรูปประทุนหงายหลายแห่ง มีแนวแกนประทุนหลักในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยประมาณ

รอยเลื่อน และรอยแตก หินในพื้นที่แสดงรอยแตก และรอยเลื่อนใน 2 ทิศทางคือ แนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ พบกลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง 2 แนว คือ แนวรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และแนวรอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ ซึ่งมีทิศทางหลักอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ จากข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ (รูปที่ 3-2) พบว่ารอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์มีแนวต่อเนื่องลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ผ่านจังหวัดราชบุรี นครปฐม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร และสมุทรปราการ

บทที่ 3: ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแร่หนัก-ธาตุหายาก

3.1 แร่หนัก (Heavy minerals)

3.1.1 ลักษณะทั่วไป

แร่หนักในทางศิลาวิทยา หมายถึง แร่ประกอบหินที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 2.9 และในทางตะกอนวิทยา จัดเป็นเศษแร่จากหินชั้น ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 2.85 มักเกิดเป็นแร่ส่วนน้อยในหิน เช่น แมกนีไทต์ อิลเมไนต์ เซอร์คอน รูไทล ไคยาไนต์ การ์เนต ทัวร์มาลีน สฟีน อะพาไทต์ ไบโอไทต์ ซึ่งโดยทั่วไปพบมีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 1 ในดินทราย (พจนานุกรมศัพต์ธรณีวิทยา, 2544) นอกจากนี้แร่หนักยังมีความคงทนต่อการสึกกร่อนผุพังจากสภาพดินฟ้าอากาศ และการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสภาวะปกติ (Pettijohn, 1956) ซึ่งแร่หนักส่วนใหญ่จะเกิดเป็นแร่รอง (accessory mineral) ในหินอัคนีชนิดต่างๆ โดยแหล่งแร่หนักส่วนใหญ่เป็นแหล่งแร่ทุติยภูมิ ทั้งแบบลานแร่ (placer deposits) ที่เกิดจากการผุพังของหินที่มีแร่หนักปะปนอยู่ ทำให้แร่หลุดออกจากหินและเคลื่อนตัวไปสะสมยังที่ต่ำกว่าโดยมีน้ำเป็นตัวพัดพาไป แบบสะสมตัวตามชายหาดและชายหาดเดิม (beach and old beach deposits) เกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเล และแบบแหล่งแร่ในทะเล (off-shore deposits) ที่คาดว่าแต่เดิมน่าจะเกิดจากการสะสมตัวแบบลานแร่บนบกก่อนที่จะจมตัวอยู่ใต้ระดับน้ำทะเลจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา เช่น การเลื่อนตัวของแผ่นดิน หรือการรุกคืบของระดับน้ำทะเล และบางส่วนอาจเกิดจากการผุพังของหินพื้นทะเลที่มีแร่หนักฝังประอยู่แล้วเกิดการสะสมตัวใหม่จากอิทธิพลของกระแสคลื่น

แร่หนักที่เป็นผลผลิตสำคัญของประเทศไทยในอดีต ได้แก่ แร่ดีบุก โดยมีแร่หนักชนิดที่ให้ธาตุหายาก เช่น โมนาไซต์ และซีโนไทม์ และแร่หนักชนิดอื่นที่มักพบร่วม อาทิ อิลเมไนต์ เซอร์คอน การ์เนต แมกนีไทต์ ทัวร์มาลีน วุลแฟรมไมต์ รูไทล์ ลูโคซีน โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ และสตรูเวอไรต์ เป็นต้น เป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก

ตารางที่ 3-1 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของสารเหลวหนักชนิดต่างๆ

	ความหนาแน่น ที่อุณหภูมิ 20^{o}เซลเซียส
Bromoform (tribromoethane)	2.89
Tetrabromoethane (acetylene tetrabromide)	2.96
Methylene (di-iodomethane)	3.32
Clerici’s solution	4.24

3.1.2 ลักษณะทางกายภาพของแร่หนักที่พบมากในประเทศไทย

1. โมนาไซต์ (monazite) เป็นแร่ในกลุ่มฟอสเฟตที่มีธาตุทอเรียมและกลุ่มธาตุหายาก ได้แก่ ซีเรียม แลนทานัม เป็นส่วนประกอบ สูตรเคมี (Ce,La,Th) PO_4 มีทอเรียมไดออกไซด์ (ThO_2) ประมาณ 2-0% การกำเนิด โดยทั่วไปแร่โมนาไซต์พบเกิดเป็นแร่รองในหินแกรนิต ไนส์ แอไพลต์ และเพกมาไทต์ มักพบในลักษณะเป็นเม็ดขนาดเม็ดทราย แสดงรอยถูกครูดเพราะการผุสลายของหินที่กล่าวข้างต้นแล้วถูกพัดพามาสะสมตัวอยู่ร่วมกับแร่หนักชนิด อื่นๆ เช่น แมกนีไทต์ ดีบุก โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ อิลเมไนต์ รูไทล์ การ์เนต ซีโนโทม์ และเซอร์คอน แหล่งในประเทศ ส่วนใหญ่พบในแหล่งลานแร่ดีบุกเกือบทุกแหล่ง พบตามหาดทรายและตามท้องน้ำลำธารทั่วไปที่ใกล้ภูเขาหินแกรนิต หรือไนส์ ประโยชน์ โมนาไซต์เป็นแร่สำคัญที่ให้ทอเรียมออกไซด์ รวมถึงธาตุหายากชนิดเบา ได้แก่ ซีเรียม และแลนทานัม ทอเรียมเป็นธาตุกัมมันตรังสี คือ ^{232}Th โลหะทอเรียมและทอเรียมออกไซด์มีจุดหลอมตัวที่สูงมาก จึงนำมาใช้ทำวัสดุที่ทนความร้อนสูง เช่น ไส้หลอดไฟฟ้า ไส้หลอดตะเกียงเจ้าพายุ ทำขั้วถ่านกำเนิดแสงจากการนำประจุไฟฟ้ามาชนกัน (arc light) ธาตุหายากส่วนใหญ่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เป็นตัวเร่งปฏิกริยาการแตกตัวของปิโตรเลียมเหลว นอกจากนี้ยังใช้ทำสารประกอบสำหรับขัดแก้ว และสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมแก้ว ทำแม่เหล็กถาวร อุปกรณ์กีฬา ทำสารเร่งปฏิกิริยา การเรืองแสงของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หลอดภาพโทรทัศน์ หลอดไฟฟ้า และรังสีเอกซ์ ทำสารกึ่งตัวนำ ผลผลิตโมนาไซต์เป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก เช่นเดียวกับแร่หนัก หรือแร่หายากชนิดอื่นๆ ในอดีตเคยมีการผลิตแร่โมนาไซต์โดยการแต่งแร่ดีบุกจากจังหวัดภูเก็ต พังงา ระนอง ชุมพร สุราษฎร์ธานี ประจวบคีรีขันธ์ กาญจนบุรี ระยอง และเชียงใหม่ มีคุณสมบัติทางไฟฟ้า และแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นแบบ Non-conductor และ Very low magnetic พบในกลุ่มแร่หนักพวกที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าที่ 1.2 แอมแปร์

2. ซีโนไทม์ (xenotime) เป็นแร่ในกลุ่มฟอสเฟตที่มีอิตเทียม (Y) ซึ่งเป็นธาตุหายากชนิดหนึ่งเป็นส่วนประกอบหลัก สูตรเคมี YPO_4 ประกอบด้วย Y_2O_3 และ P_2O_5 ประมาณ 61.4% และ 38.6% ตามลำดับบางครั้งธาตุอิตเทรียมอาจถูกแทนที่ด้วยธาตุเออร์เบียม (Er) เป็นจำนวนมาก และอาจถูกแทนที่ด้วยธาตุซีเรียม ซิลิคอน หรือทอเรียมได้บ้างเล็กน้อย **คุณสมบัติทางฟิสิกส์** ของแร่ซีโนไทม์ รูปผลึกระบบเททราโกนาล เช่น เดียวกับแร่ดีบุก และเซอร์คอน แข็ง 4-5 ถ.พ. 4.45-4.56 วาวแบบแก้วจนถึงวาวแบบยางสน สีน้ำตาลเหลืองถึงน้ำตาลแดง แดงเรื่อ ขาวอมเทา เหลืองแบบไวน์ เหลืองซีดคล้ายกับแร่โมนาไซต์แต่มีคุณสมบัติทางแม่เหล็กสูงกว่า ผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อนอม เหลืองหรืออมแดง **การกำเนิด** ส่วนใหญ่เกิดเป็นแร่รองในหินเพกมาไทต์ หรืออาจพบได้บ้างในหินแกรนิต และหินไนส์ มักพบร่วมกับแร่เซอร์คอน เมื่อหินให้แร่ดังกล่าวข้างต้นผุพัง แร่ซีโนไทม์มักจะถูกนำพาไปสะสมตัวตามแอ่งหรือที่ราบต่างๆ ร่วมกับแร่หนักหรือแร่หายากชนิดอื่นๆ ได้แก่ โมนาไซต์ เซอร์คอน แมกนีไทต์ ดีบุก โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ อิลเมไนต์ รูไทล์ และการ์เนต แหล่งในประเทศไทยพบในลานแร่ดีบุกในจังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต ประจวบ คีรีขันธ์ กาญจนบุรี ราชบุรี และ เชียงใหม่ ฯลฯ **ประโยชน์** ซีโนไทม์เป็นแร่ที่สำคัญในการนำมาสกัดเอาธาตุอิตเทรียมซึ่งเป็นธาตุหายากชนิดหนึ่ง ธาตุหายากส่วนใหญ่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า อุตสาหกรรมแก้ว (ดูรายละเอียดจากประโยชน์ของแร่โมนาไซต์) การผลิตแร่ซีโนไทม์ในประเทศไทยนั้นเป็นผลพลอยได้จากการแต่งแร่ดีบุก เช่นเดียวกับ

แร่หนักและแร่หายากชนิดอื่นๆ จากจังหวัดภูเก็ต พังงา ระนอง ประจวบคีรีขันธ์ และกาญจนบุรี มีคุณสมบัติทางไฟฟ้า และแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นแบบ Non-conductor และ Low magnetic พบในกลุ่มแร่หนักพวกที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าที่ 0.7 แอมแปร์

3. อิลเมไนต์ (ilmenite) เป็นหนึ่งในสามของแร่เศรษฐกิจที่สำคัญของโลหะไทเทเนียมที่เหลืออีก 2 ชนิด ได้แก่ แร่รูไทล์ (rutile) และลูโคซีน (leucoxene) สูตรเคมีของอิลเมไนต์คือ $FeTiO_3$ มี Fe 36.8% Ti 31.6% O 31.6% ปริมาณของไทเทเนียมกับเหล็กอาจแปรเปลี่ยนได้เนื่องจากมลทินของโลหะอื่น แร่อิลเมไนต์ มีรูปผลึกระบบเฮกซะโกนาล ผลึกมักจะเป็นแผ่นหนาหรือเป็นชั้น ปกติจะมีเนื้อสมานแน่นหรือเป็นเม็ดขนาดเท่าเม็ดทราย แข็ง 5.5-6.0 ถ.พ. 4.7 ความวาวคล้ายโลหะหรือกึ่งโลหะ สีดำ ผงละเอียดสีดำหรือแดงน้ำตาล อาจมีคุณสมบัติแม่เหล็กสูงได้โดยไม่ต้องเผาให้ร้อน เนื้อทึบแสง (opaque) **การกำเนิด** แร่อิลเมไนต์เกิดเป็นแร่รองในหินอัคนีและหินแปรหลายชนิดโดยเฉพาะหินแกบโบร และหินไดออไรต์ โดยการแยกตัวหรือตกผลึกในช่วงต้นๆ ของหินหนืด มีส่วนสัมพันธ์กับแร่แมกนีไทต์ พบปนอยู่ในทรายร่วมกับ แมกนีไทต์ รูไทล์ เซอร์คอน และโมนาไซต์ ในแหล่งดีบุก นอกจากนี้ อิลเมไนต์ มักพบได้ในแหล่งพลอยทับทิม-แซปไฟร์หลายแหล่ง แร่อิลเมไนต์ในแหล่งดีบุกจะมีขนาดเท่าเม็ดทราย เป็นขี้แร่ที่ชาวหมองมักเรียกว่า “อามัง” ส่วนในแหล่งพลอยมักพบเป็นก้อนหรือผลึกขนาดโต (megacryst) **ประโยชน์** เป็นแร่ที่ให้ธาตุไทเทเนียมที่สำคัญ ไทเทเนียมเป็นโลหะสีเทาเงิน น้ำหนักเบา ความหนาแน่น 4.5 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทนทานต่อการกัดกร่อน นำความร้อนและไฟฟ้าต่ำ ผิวขัดขึ้นเงามีคุณสมบัติทางแม่เหล็กอ่อน การใช้ไทเทเนียมนั้นประมาณ 95% ใช้ในรูปสารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ส่วนที่เหลืออีก 5% จะถูกนำไปใช้ทางด้านโลหะกรรม สารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์มีสีขาว ทึบแสง สะท้อนแสงดี และไม่เป็นพิษ นำมาใช้เป็นสารสีในอุตสาหกรรมผลิตสี กระดาษ พลาสติก ยาง และวัสดุต่างๆ ด้วยคุณสมบัติที่เด่นใน ทนความร้อน น้ำหนักเบา และต้านการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยมของโลหะไทเทเนียม จึงถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม อากาศยาน นับตั้งแต่โครงเครื่องบินจนถึงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องยนต์ ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทอื่น สำหรับทำภาชนะที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีที่มีความกัดกร่อนสูง มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กค่อนข้างสูงถึงปานกลาง ติดแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง 0.4 - 0.7 แอมแปร์

4. เซอร์คอน (zircon) หรือเพทาย สูตรเคมี $ZrSiO_4$ มี ZrO_2 67.2% และ SiO_2 32.8% มีรูปผลึกระบบเททราโกนาล ลักษณะเป็นแท่งยาวมียอดแหลมปิดหัวและท้าย แข็ง 7.5 ถ .พ. 4.68 วาวแบบเพชร ใสไม่มีสี หรืออาจมีสีน้ำตาล เทา เขียว แดง ผงละเอียดไม่มีสี ปกติจะแสดงคุณสมบัติโปร่งแสงแต่บางครั้งก็โปร่งใส แผนที่แสดงแหล่งแร่ในกลุ่มแร่หนัก แร่หายาก และกลุ่มแร่โลหะมีค่า **การกำเนิด** แร่เซอร์คอนเป็นแร่รองในหินอัคนีแทรกซอนแทบทุกชนิดโดยเฉพาะชนิดกรด เช่น หินแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไซอีไนต์ พบมากในหินเนฟิลีนไซอีไนต์ เซอร์คอนเป็นแร่ซิลิเกตตัวแรกที่ตกผลึกจากหินหนืดที่เย็นตัว นอกจากนี้ยังอาจพบได้ในหินไนส์ ชีสต์ หรือพบเป็นเมล็ดกลมๆ หรือผลึกเล็กๆ ตามลำธาร และชายฝั่งทะเล แหล่งในประเทศไทย แร่เซอร์คอนชนิดผลึกละเอียดพบในเหมืองลานแร่ดีบุกทุกแห่ง และตามชายทะเลฝั่งทะเลทั่วไป ที่สำคัญได้แก่ ชายทะเลที่ระยอง ประจวบคีรีขันธ์ และชุมพร ส่วนชนิดที่เป็นรัตนชาติหรือผลึกโตๆ พบเกิดร่วมกับหินภูเขาไฟ ชนิดหินบะซอลต์ที่จังหวัดจันทบุรี ตราด อุบลราชธานี ศรีสะ

เกษ และแพร่ **ประโยชน์** เซอร์คอนที่มีคุณสมบัติโปร่งใสใช้เป็นรัตนชาติ เรียกว่า เพทาย โดยปกติแล้วจะมีสีน้ำตาล และส้มแดง ซึ่งเรียกว่า ไฮยาซินต์ (hyacinth) หรือจาซินต์ (jacinth) สำหรับเพทายหุงจะมีสีฟ้า ส่วนเซอร์คอนที่มีคุณสมบัติไม่เข้าข่ายรัตนชาตินั้น สามารถนำมาใช้ทางด้านอุตสาหกรรมได้หลายชนิด โลหะเซอร์โคเนียม มีสีขาวอ่อน เหนียว ความหนาแน่น 6.505 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จุดหลอมตัวและจุดเดือด 1,852 และ 3,700 $^{\circ}$C ตาม ลำดับ การใช้เซอร์โคเนียมในทางอุตสาหกรรมนั้นประมาณ 95% ใช้ในรูปของแร่เซอร์คอนโดยตรง และสารประกอบเซอร์โคเนียม ได้แก่ ใช้แร่เซอร์คอนในการทำวัสดุทนไฟ เซรามิก ฉาบผิวหน้าแบบหล่อ และฉนวนกันความร้อน สารประกอบเซอร์โคเนียมใช้ในเคมีภัณฑ์ประเภทต่างๆ เช่น ยาสีฟัน น้ำยาขัดเลนส์ สีกันสนิม หมึกชนิดถาวร สารย้อมและฟอกหนัง ส่วนโลหะเซอร์โคเนียมนั้นใช้ในรูปของโลหะผสมทำชิ้นส่วนต่างๆ ในเครื่องกำเนิดปฏิกรณ์ปรมาณู อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์ทำให้กรดเข้มข้น และแม่เหล็กเหนี่ยวนำพิเศษ **ผลผลิต** เซอร์คอนส่วนใหญ่เป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุกจากจังหวัด ภูเก็ต พังงา ระนอง ประจวบคีรีขันธ์ และกาญจนบุรี มีคุณสมบัติไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า และไม่ติดแม่เหล็ก (Non-magnetic)

5. การ์เนต (Garnet) นั้นมาจากภาษาละติน Granatus มีความหมายว่าเหมือนเมล็ด (Seed-like) ที่ว่าเหมือนนั้นหมายถึงเหมือนเมล็ดสีแดงในผลทับทิม ทั้งนี้เนื่องจากมักจะได้พบผลึกพลอยโกเมนสีแดงฝังอยู่ในเนื้อหิน โดยมีลักษณะการฝังตัวเหมือนเมล็ดในผลทับทิม โดยทั่วไปถ้ากล่าวถึงโกเมนจะหมายถึงการ์เนตสีแดง ซึ่งจะเป็นการ์เนตชนิดไพโรป แต่ในธรรมชาตินั้น แร่นี้มีสีสรรได้หลายสี ยกเว้นสีน้ำเงิน ในทางแร่วิทยา ผลึกแร่นี้จัดอยู่ในระบบไอโซเมตริก (Isometric system) รูปร่างของผลึก (ก่อนการเจียระไน) มีลักษณะกลม ๆ คล้ายตะกร้อ ส่วนประกอบทางเคมีเป็นพวกซิลิเกต (Silicate) มีสูตร $A_3B_2(SiO_4)_3$ โดยที่ A อาจเป็นแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) หรือ แมงกานีส (Mn) และ B อาจเป็นอลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) ไทเทเนียม (Ti) หรือ โครเมียม (Cr) ส่วนจะมีธาตุอย่างใดเป็นส่วนประกอบเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแหล่งที่เกิดของแต่ละแหล่ง มีความแข็ง 6.5-7.5 ความถ่วงจำเพาะ 3.6-4.2 มีการแบ่งแร่ชนิดนี้ออกเป็นชนิดย่อยๆ อีกหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีสีและคุณสมบัติทางฟิสิกส์อื่นๆ แตกต่างออกไปด้วย การ์เนตในประเทศไทยนั้น มักพบในหินไนส์ (Gneiss) และหินชิสต์ (Schist) เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กค่อนข้างสูง พบในกลุ่มแร่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าที่ 0.4 แอมแปร์

6. ดีบุก (Tin) ที่พบในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ แคสซิเทอไรต์ (cassiterite) ซึ่งพบและเป็นแร่เศรษฐกิจเพียงชนิดเดียว สูตรทางเคมีคือ SnO_2 โดยมีส่วนประกอบของ Sn และ O ประมาณ 78.6% และ 21.4% ตามลำดับ อีกชนิดหนึ่งคือ สแตนไนต์ (stannite) พบน้อยมากและไม่มีการผลิต คุณสมบัติทางกายภาพของแคสซิเทอไรต์มีดังนี้ มีรูปผลึกระบบเททราโกนาลแข็ง 6-7 ทนทานต่อการสึกกร่อนได้ดี ความถ่วงจำเพาะ 6.8-7.1 วาวอโลหะแบบเพชรหรือกึ่งโลหะ สีของแร่ส่วนมากที่พบมักจะมีสีน้ำตาลดำหรือดำ สีน้ำผึ้ง เหลือง แดง และม่วงคล้ายเปลือกมังคุดสีจำปา ผงละเอียดสีขาว หรือเหลืองจาง **การกำเนิด** การกำเนิดของแร่ดีบุกในประเทศไทยนั้นมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินอัคนีแทรกซอนชนิดกรด (acid rock) โดยทั่วไปแล้วจะเกิดอยู่ในสายแร่แบบน้ำร้อนแทรกในหินพวกแกรนิตหรือหินชั้นที่อยู่ข้างเคียง และอาจเกิดเป็นก้อนหรือผลึกเล็กๆ ฝังในหินเพกมาไทต์ หินสการ์น รวมถึงในหินแกรนิตที่อยู่

ใกล้กับบริเวณเขตสัมผัสกับหินข้างเคียงด้วย เนื่องจากดีบุกเป็นแร่ที่มีความทนทานต่อการสึกกร่อนทางกายภาพสูง เมื่อหินต้นกำเนิดผุพังจึงมักจะถูกนำพาไปสะสมตามเชิงเขาหรือแอ่งและที่ราบลุ่มต่างๆ เกิดเป็นแหล่งแร่ดีบุกแบบลานแร่ (placer) สายแร่ดีบุกโดยปกติมักมีแร่ที่มีฟลูออรีนหรือโบรอนอยู่ด้วย เช่น ทัวร์มาลีน โทแพช ฟลูออไรต์ และอะพาไทต์ ส่วนแร่อื่นที่พบเกิดร่วมกับแร่ดีบุก เช่น วุลแฟรไมต์ ซีไลต์ แร่ตระกูลไนโอเบียม-แทนทาลัม อิลเมไนต์ โมนาไซต์ ซีโนไทม์ และเซอร์คอน แหล่งในประเทศส่วนใหญ่พบทางซีกด้านตะวันตกของประเทศติดกับชายแดนประเทศสหภาพพม่า โดยพบในภาคใต้ทุกจังหวัด ภาคกลางมีที่จังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี และเพชรบุรี ภาคเหนือพบในจังหวัดกำแพงเพชร ตาก เชียงใหม่ ลำปาง เชียงราย และแม่ฮ่องสอน ส่วนภาคตะวันออกพบที่จังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี **ประโยชน์** แคสซิเทอไรต์ เป็นสินแร่ที่สำคัญของโลหะดีบุก เนื่องจากโลหะดีบุกมีคุณสมบัติในด้านการทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดและสารละลายต่างๆ ไม่เป็นสนิม ผสมเป็นเนื้อเดียวกับโลหะอื่นได้ดี และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย จึงถูกนำมาใช้ในการเคลือบโลหะต่างๆ ที่ทำเป็นภาชนะบรรจุอาหารเป็นส่วนใหญ่ ใช้ผสมตะกั่ว เงิน หรือทองแดงเป็นโลหะบัดกรี ผสมกับโลหะอื่นทำภาชนะประดับและศิลปวัตถุต่างๆ เช่น พิวเตอร์และบรอนซ์ ผสมกับเงินและปรอททำสารอุดฟันทางทันตกรรม นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และอุตสาหกรรมยานยนต์ สารประกอบของดีบุกสามารถใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อีกหลายอย่าง ได้แก่ การผลิตแก้วเนื้อทึบ เครื่องปั้นดินเผา เครื่องเคลือบ สิ่งทอ กระจกแผ่นเรียบ พลาสติก สีทาบ้าน ยากำจัดพยาธิในสัตว์ ยาสีฟัน และใช้ในการฟอกน้ำตาล เป็นต้น ผลผลิตการทำเหมืองแร่ดีบุกในประเทศไทยนั้นคาดว่าได้มีมาช้านานแล้ว โดยเริ่มมีการทำเหมืองผลิตแร่ดีบุกที่ภาคใต้ก่อน แล้วค่อยๆ ขยับขึ้นมาทางภาคกลาง เหนือ และตะวันออกตามลำดับ จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่าประเทศไทยในสมัยกรุงศรีอยุธยาตอนต้น (พ.ศ. 2061) ก็ได้มีการส่งออกแร่ดีบุกแล้ว คุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าพบในกลุ่มแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็ก

7. แมกนีไทต์ (magnetite) มีสูตรเคมีคือ Fe_3O_4 Fe 72% เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กในตัวเอง มีสีดำ สีผงละเอียดสีดำ มีความวาวแบบโลหะ ความแข็ง 6 ความถ่วงจำเพาะ 4.9-5.2 ประโยชน์การใช้แร่เหล็กภายในประเทศส่วนใหญ่ ใช้ในโรงงานถลุงเหล็กเพื่อการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า โดยที่ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กและเหล็กกล้าดังกล่าว จะใช้แร่เหล็กเปอร์เซ็นต์สูง ส่วนแร่เหล็กเปอร์เซ็นต์ต่ำ จะนำไปใช้ในการทำซีเมนต์

8. ทัวร์มาลีน (Tourmaline) มีสูตรเคมีคือ $Na(Mg, Fe, Li, Al)_3Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH, F)_4$ เป็นแร่ในกลุ่มซิลิเกต มีสีดำ น้ำตาล ม่วง เขียว ชมพู สีผงละเอียด สีขาว รูปผลึกระบบไตรโกนัล ค่าความแข็ง 7–7.5 ความถ่วงจำเพาะ 3.00-3.26 มีความแวววาวแบบแก้ว โปร่งใสจนถึงโปร่งแสง ในประเทศไทยสามารถพบทัวร์มาลีนสีเขียวที่จังหวัดเชียงใหม่ ทัวร์มาลีนสีดำพบในหินเพกมาไทต์ทั่วๆไป ทัวร์มาลีนสีเขียวแก่ใสพบได้ที่จังหวัดจันทบุรี และทัวร์มาลีนสีชมพูพบได้ที่ตำบลปากทรง อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กปานกลางจนถึงค่อนข้างต่ำ พบในกลุ่มแร่ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง 0.7 - 1.2 แอมแปร์

9. รูไทล์ (Rutile) สูตรเคมี TiO_2 มี Ti 60%, O 4.0% ชื่อมาจากภาษาลาติน rutilus หมายถึงสีแดง สีทองแดง รูปผลึกระบบเตตระโกนาล มักเกิดเป็นแท่งคล้ายรูปเข็ม วาวคล้ายเพชรหรือกึ่งโลหะ สีแดง น้ำตาลแดง ถึงดำ สีผงละเอียด สีน้ำตาล สีแดง **การกำเนิด** พบเกิดในหินแกรนิต เพกมาไทต์ ไนส์ ไมกาชีสต์ อาจจะเกิดเป็นแร่ไม่สำคัญในหิน หรือสายแร่ควอตซ์ โดยแทรกในเนื้อหรือตัดผ่าน บางครั้งก็เกิดเป็นเสี้ยน เป็นรูปเข็มแทรกฝังในแร่ควอตซ์จนเรียกว่า Rutilated Quartz นอกจากนี้ยังพบปนในทรายร่วมกับแมกนีไทต์ เซอร์คอน และโมนาไซต์ เป็นจำนวนไม่น้อย นอกจากเกิดในธรรมชาติแล้ว ยังสังเคราะห์ขึ้นได้ด้วยกรรมวิธีเวอร์เนียล (Verneuil process) แร่ที่สังเคราะห์ได้มีคุณสมบัติเป็นรัตนชาติสังเคราะห์ที่มีน้ำ (fire) ดี แววเหลือบรุ้งยิ่งกว่าเพชร มีการจำหน่ายกันในชื่อต่างๆ กัน ที่รู้จักกันดีคือ ไททาเนีย (Titania) พลอยเคนยา (Kenya gem) และมิริดิส (Miridis) **ประโยชน์** แร่รูไทล์ ผลิตขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมลวดเหล็กเชื่อม (welding rod) ใช้ทำโลหะผสม ใช้เป็น electrode ใน arc light ทำให้ porcelain มีสีเหลืองทำฟันปลอม และทำสี (paint pigment) เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็ก

10. โคลัมไบต์ (columbite) และ แทนทาไลต์ (tantalite) เป็นแร่ที่มีธาตุไนโอเบียม (โคลัมเบียม) และแทนทาลัม เป็นส่วนประกอบหลัก สูตรเคมี $(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$ ส่วนประกอบของธาตุไนโอเบียม และแทนทาลัมจะมีผลในการเรียกชื่อแร่ โดยจะเรียกแร่โคลัมไบต์เมื่อแร่นั้นมี ธาตุไนโอเบียมมากกว่าแทนทาลัม และเรียกแทนทาไลต์ เมื่อแร่นั้นมีธาตุแทนทาลัมมากกว่าไนโอเบียม แร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ มีรูปผลึกระบบออร์โทรอมบิก รอยแตกกึ่งเว้าแบบก้นหอยไปจนกระทั่งแตกแบบไม่เรียบเปราะ โดยปกติมีสีดำ เทาเข้ม น้ำตาลดำ และมีส่วน ของน้ำตาลแดงให้เห็นตามขอบเศษชิ้นแร่บางๆ ผงแร่สีแดงเข้มไปจนกระทั่งดำ ความวาวกึ่งโลหะถึงกึ่งยางสน แร่โคลัมไบต์แข็ง 6 ถ.พ. ประมาณ 5.2 ส่วนแร่แทนทาไลต์แข็ง 6.0-6.5 ถ.พ. ประมาณ 7.95 น้ำหนักของแร่จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีส่วนของแทนทาลัมปนมากขึ้น แหล่งกำเนิดของแร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์นั้นมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินแกรนิต และหินคาร์บอเนไทต์ ในประเทศไทยพบเกิดร่วมอยู่กับแร่ดีบุก มัสโคไวต์ ทัวร์มาลีน เบริล โมนาไซต์ และซีโนไทม์ ในหินเพกมาไทต์ แหล่งในประเทศส่วนใหญ่พบในลานแร่ดีบุก ภาคเหนือพบที่ เชียงใหม่ ภาคกลางที่ อุทัยธานี กาญจนบุรี ราชบุรี ภาคใต้ที่ ระนอง พังงา ภูเก็ต สงขลา และตรัง ประโยชน์แร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์เป็นสินแร่ที่สำคัญของโลหะไนโอเบียมและแทนทาลัม ไนโอเบียมเป็นโลหะอ่อนและเหนียวสีเทาเงินวาวโลหะ คล้ายเหล็กกล้าถ้าขัดผิวแล้วจะคล้ายกับแพลทินัม ความแข็งและถ.พ.ใกล้เคียงกับทองแดง คุณสมบัติพิเศษของโลหะชนิดนี้ คือมีจุดหลอมตัวสูง (2,487°C) ทนต่อการกรัดกร่อนของสารละลายและกรดต่างๆ ได้ดี แปรรูปได้ง่าย เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี ส่วนใหญ่นำมาใช้ในรูปของเฟอร์โรไนโอเบียม ในการผลิตเหล็กกล้าชนิดต่างๆ สำหรับผลิตชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ของเครื่องบินไอพ่น ทำผนังกั้นภายในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู นอกจากนี้ยังใช้โลหะไนโอเบียมในกิจการด้านอวกาศ อิเล็กทรอนิกส์ พลังงาน และยานยนต์ แทนทาลัมเป็นโลหะสีเทาเงิน มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และไฟฟ้า ที่เด่นเฉพาะคือเป็นโลหะที่แข็งแต่เหนียว ทนต่อการกัดกร่อนของกรดเกือบทุกชนิด นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี แปรรูปและเชื่อมได้ง่าย แทนทาลัมส่วนใหญ่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า เช่น ทำชิ้นส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดจิ๋วสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องคำนวณ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องแปลงกระแส เครื่องควบคุม

อุปกรณ์สัญญาณระบบเตือนภัย และอุปกรณ์ตั้งเวลา ส่วนที่เหลือใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล ทำชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งและเหนียวเป็นพิเศษ ใช้ทำวัสดุหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในกิจการด้านขนส่งอวกาศ เคมี และการทหาร ผลผลิตโคลัมไบต์-แทนทาไลต์ในประเทศไทยเป็นเพียงแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุกเท่านั้น ไม่มีเหมืองแร่ที่ทำการผลิตแร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์โดยตรง ผลผลิตแร่จึงขึ้นอยู่กับการผลิตแร่ดีบุก ผลผลิตแร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์เคยขึ้นสูงสุดในปี พ. ศ. 2522 จำนวน 262 เมตริกตัน มูลค่า 66.4 ล้านบาท จากนั้นผลผลิตได้ลดลงตามสถานการณ์ของแร่ดีบุก จนถึงปีพ.ศ. 2533 มีการผลิตแร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์เพียง 3 เมตริกตัน มูลค่า 1.8 ล้านบาท หลังจากนั้นเป็นต้นมาไม่มีสถิติการผลิตอีกเลย

11. วุลแฟรมไมต์ (Wolframite) เป็นคำที่มาจากภาษาเยอรมันดั้งเดิมสูตรเคมี Fe Mn (WO_4) รูปผลึกระบบโมโนคลีนิก รูปผลึกมักจะแตกเป็นแผ่นๆ พบได้ทั้งแบบเป็นแผ่นซ้อนกันบางๆ คล้ายใบมีดโกนซ้อนเรียงกัน (Bladed) แบบเป็นแผ่นซ้อนกันค่อนข้างหนา แต่ลอกออกจากกันไม่ได้ (Lamellar) เป็นแท่งเรียงกัน (Columnar) และแบบมวลเมล็ดเนื้อสมานแน่น (Massive granular) มีรอยแยกแนวเรียบที่สมบูรณ์แนวหนึ่งอยู่เสมอ ความแข็ง 4-4.5 ความถ่วงจำเพาะ 7.0-7.5 น้ำหนักจะมากขึ้นตามเปอร์เซนต์ของเหล็ก มีความวาวกึ่งโลหะไปจนถึงวาวเหมือนยางสน สีดำ น้ำตาลดำ เทาดำ สีผงละเอียดสีน้ำตาลแดง **การกำเนิด** พบเกิดในสายแร่เปกมาไทต์ หรือเกิดในสายแร่ควอทซ์ ชนิดอุณหภูมิสูงซึ่งเป็นสายแร่ที่ตัดผ่านในหินแกรนิตหรือหินชั้นก็ได้ มักจะพบเกิดร่วมกับแร่ดีบุก ซีไลต์ อาร์เซโนไพไรต์ ไพไรต์ กาลีนา และสฟาเลอไรต์ ในสายแร่บางแห่งอาจพบเกิดเป็นเนื้อวุลแฟรมทั้งหมดซึ่งมีลักษณะแบนเป็นกระเปาะ โดยปกติไม่ค่อยพบวุลแฟรมในบริเวณที่เป็นแหล่งลานแร่ ในประเทศไทยมักพบเกิดร่วมกับแร่ดีบุก พบได้ในบริเวณหมู่เหมืองแม่ลามา อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน เขาศูน อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช คลองศก จ.สุราษฎร์ธานี นอกจากนี้ยังพบที่ จ.เชียงราย จ.เชียงใหม่ จ.กาญจนบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ จ.พังงา และ จ.ระนอง ฯลฯ **ประโยชน์** เป็นสินแร่ทังสเตนที่สำคัญอันดับหนึ่ง ใช้ทำไส้หลอดไฟฟ้า ผสมเหล็กให้มีความแข็งแกร่ง เพื่อใช้ทำอุปกรณ์เครื่องจักรกล เช่น ทำเกราะ มีด มีดโกน หัวเจาะ ตะไบและใบเลื่อย ถ้าผสมกับคาร์บอน นิคเกิล และโคบอลต์ จะมีความคมเป็นพิเศษใช้ทำเป็นวัตถุสำหรับตัดเหล็กกล้าที่ใช้ความเร็วสูง นอกจากนี้บรอนซ์ซึ่งเป็นสารประกอบของทังสเตนจะมีสีสันสวยงาม ทำสีเขียว สีเหลือง ย้อมไหม ใช้ตกแต่งผสมแก้วและเครื่องเคลือบดินเผา

3.2 ธาตุหายาก (Rare earth elements)

ธาตุหายาก หรือ “rare earths” ตั้งขึ้นโดย Johann Gadolin ในปี ค.ศ. 1794 เป็นกลุ่มโลหะธาตุที่อยู่ในอนุกรมธาตุแลนทาไนด์ (lanthanide series) บางครั้งอาจเรียกว่า กลุ่มธาตุแลนทานัมส์ (lanthanous) หรือ กลุ่มธาตุแลนทานอยด์ (lanthanoids) ซึ่งประกอบด้วยธาตุ 15 ธาตุ มีเลขอะตอมตั้งแต่ 57 ถึง 71 ธาตุ (ตารางที่ 3-2) ทั้งหมดนี้มีตำแหน่งตามตารางธาตุจัดอยู่ในกลุ่ม III A ซึ่งยังมีธาตุในกลุ่มเดียวกันอีก 2 ธาตุ คือ สแกนเดียม (Sc) เลขอะตอม 21 และธาตุอิตเทรียม (Y) เลขอะตอม 39 ที่มักนับรวมไว้ในกลุ่มของธาตุหายากด้วย มีคุณสมบัติทางเคมีที่คล้ายคลึงมาก ธาตุหายากสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มธาตุหายากเบา (light rare earth elements: LREEs) หรือกลุ่มซีเรียม

(Cerium group) ประกอบด้วย 7 ธาตุที่มีเลขอะตอม 57 ถึง 63 ได้แก่ แลนทานัม (La) ซีเรียม (Ce) เพรซีโอดิเมียม (Pr) นีโอดิเมียม (Nd) โพรมีเทียม (Pm) ซาแมเรียม (Sm) และยูโรเพียม (Eu) และกลุ่มธาตุหายากหนัก (heavy rare earth elements: HREEs) หรือกลุ่มอิตเทรียม (Yttrium Group) ประกอบด้วย 11 ธาตุที่มีเลขอะตอม 64 ถึง 71 ได้แก่ แกโดลิเนียม (Gd) เทอร์เบียม (Tb) ดีสโพรเซียม (Dy) โฮลเมียม (Ho) เออร์เบียม (Er) ทูเลียม (Tm) อิตเทอร์เบียม (Yb) ลูทีเทียม (Lu) รวมถึง อิตเทรียม และสแกนเดียม

ธาตุหายากมีกระจายตัวอยู่ทั่วไปในหินชนิดต่างๆที่เป็นส่วนประกอบของชั้นเปลือกโลกในสัดส่วนที่แตกต่างกัน โดยปริมาณของธาตุหายากเบาแต่ละชนิดจะพบได้ในมากกว่าธาตุหายากหนัก คิดเป็นปริมาณรวมกันประมาณ 180 ส่วนในล้านส่วน (ตารางที่ 1) ซึ่งปริมาณนี้เมื่อเทียบกับปริมาณของธาตุโลหะอื่นที่เรารู้จักกันดีในชีวิตประจำวัน เช่น สังกะสีหรือทองแดง จัดได้ว่ามีปริมาณน้อยกว่าไม่มากนัก และหากเปรียบเทียบกับเงินหรือทองคำแล้ว ธาตุหายากนับได้ว่ามีปริมาณมากกว่ามากทีเดียว (Taylor, 1964) ทั้งนี้มีแร่กว่า 200 ชนิด ที่มีธาตุหายากเป็นส่วนองค์ประกอบในปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไปและมีประมาณ 70 ชนิดแร่ที่มีธาตุหายากเป็นองค์ประกอบหลัก โดย มี 3 ชนิดแร่ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด ได้แก่ แบสต์นีไซต์ (bastnaesite) โมนาไซต์ (monazite) และ ซีโนไทม์ (xenotime) (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

3.3 การใช้ประโยชน์ของธาตุหายาก

โดยรวมธาตุโลหะหายากกลุ่มนี้ถือเป็นวัตถุดิบสำคัญในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหลากประเภท อาทิ การผลิตแม่เหล็กถาวรกำลังสูง (permanent magnet) สำหรับรถยนต์ hybrid และกังหันลมผลิตไฟฟ้า การทำแบตเตอรีประสิทธิภาพสูง (rechargeable battery) รวมถึงอุปกรณ์อิเลคโทรนิคชั้นสูงและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ จอภาพต่าง ๆ หลอดไฟฟลูออเรสเซ็นต์ สารเร่งปฏิกิริยา (catalysts) แว่นตาสำหรับใช้งานในเวลากลางคืน และอาวุธยุทโธปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการความแม่นยำสูง เป็นต้น ซึ่งธาตุหายากแต่ละตัวต่างมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ดังแสดงสรุปไว้ในตารางที่ 3-3

3.4 รูปแบบแหล่งธาตุหายากที่สำคัญ

ในธรรมชาติแหล่งธาตุหายาก มีรูปแบบการกำเนิดอยู่หลายลักษณะ แต่แบบที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มี 3 ลักษณะ กล่าวคือ

แหล่งแร่แบบหินแอลคาไลและคาร์บอเนไทต์ (Alkaline and carbonatite rocks) โดยพบในหินอัคนีประเภทหินแอลคาไลหลายชนิดและโดยเฉพาะอย่างยิ่งหินคาร์บอเนไทต์ที่เกิดร่วมจะมีธาตุโลหะหายากอยู่ในปริมาณค่อนข้างมาก ทั้งในรูปแบบของแร่โลหะหายาก และโดยการแทนที่ธาตุในส่วนประกอบของแร่อื่น เช่น อะพาไทต์ และไพโรคลอร์

แหล่งแร่แบบลานแร่ (Placer Deposits) โดยพบแร่โมนาไซต์และซีโนไทม์ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูง คือ 5.0 และ 4.8 และมีความทนทานต่อการผุสลายตัว เกิดเป็นแร่หนักสะสมตัวอยู่ในแหล่ง

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลพื้นฐาน และความสมบูรณ์ (ppm) ของธาตุหายาก ที่มีอยู่ในส่วนต่างๆของโลก (Bulk Earth) และในชั้นเปลือกโลก (ดัดแปลงจากจำรูญ อุ้ยศิริไพศาล, 2535 และ Long, K.R., et. al, 2010)

ข้อมูลพื้นฐานของธาตุหายาก		ความสมบูรณ์ (ppm) ของธาตุหายาก								
		Bulk Earth		Crust						
รายชื่อธาตุ	เลขอะตอม	Ganapathy and Anders (1974)	Smith (1977)	Taylor (1964)	Mason and Moore (1982)	Jackson and Christiansen (1993)	Sabot and Maestro (1995)	Wedephol (1995)	Lide (1997)	McGill (1997)
กลุ่มธาตุหายากเบา (La-Eu)		3.15	4.47	133.40	133.40	154.30	100.50	130.30	165.25	
แลนทานัม (Lanthanum; La)	57	0.48	0.78	30.00	30.00	29.00	18.00	30.00	39.00	5 - 18
ซีเรียม (Cerium; Ce)	58	1.28	2.20	60.00	60.00	70.00	46.00	60.00	66.50	20 - 46
เพรซีโอดิเมียม (Praseodymium; Pr)	59	0.16	-	8.20	8.20	9.00	5.50	6.70	9.20	3.5 - 5.5
นีโอดิเมียม (Neodymium; Nd)	60	0.87	1.20	28.00	28.00	37.00	24.00	27.00	41.50	12 - 24
โพรมีเทียม (Promethium; Pm)	61	-	-	-						
ซาแมเรียม (Samarium; Sm)	62	0.26	0.22	6.00	6.00	8.00	6.50	5.30	7.05	4.5 - 7
ยูโรเพียม (Europium; Eu)	63	0.10	0.07	1.20	1.20	1.30	0.50	1.30	2.00	0.14 - 1.1
กลุ่มธาตุหายากหนัก (Gd-Lu)+Y		1.661	0.668	50.28	72.7	50.9	59.4	54	76.92	
แกโดลิเนียม (Gadolinium; Gd)	64	0.37	0.35	5.4	5.4	8	6.4	4	6.2	4.5 - 6.4
เทอร์เบียม (Terbium; Tb)	65	0.067	-	0.9	0.9	2.5	0.9	0.65	1.2	0.7 - 1
ดีสโพรเซียม (Dysprosium; Dy)	66	0.45	0.21	3	3	5	5	3.8	5.2	4.5 - 7.5
โฮลเมียม (Holmium; Ho)	67	0.101	-	1.2	1.2	1.7	1.2	0.8	1.3	0.7 - 1.2
เออร์เบียม (Erbium; Er)	68	0.29	0.093	2.8	2.8	3.3	4	2.1	3.5	2.5 - 6.5
ทูเลียม (Thulium; Tm)	69	0.044	-	0.48	0.5	0.27	0.4	0.3	0.52	0.2 - 1
อิตเทอร์เบียม (Ytterbium; Yb)	70	0.29	-	3	3.4	0.33	2.7	2	3.2	2.7 - 8
ลูทีเทียม (Lutetium; Lu)	71	0.049	0.015	0.5	0.5	0.8	0.8	0.35	0.8	0.8 - 1.7
สแกนเดียม (Scandium; Sc)	21	-	-	-	22	-	10	16	22	5 - 10
อิตเทรียม (Yttrium; Y)	39	-	-	33	33	29	28	24	33	28 - 70
Total rare earth elements		4.81	5.13	183.68	206.10	205.20	159.90	184.30	242.17	0.00

ตารางที่ 3-3 แสดงการใช้ประโยชน์หลักๆ ของธาตุหายากแต่ละชนิด (อ้างอิงจาก U.S. Department of the Interior (DOI), Geological Survey (USGS), *Minerals Yearbook, Volume 1*, 2007, Rare Earths)

รายชื่อธาตุ	การใช้ประโยชน์หลักๆ ของแต่ละธาตุ
แลนทานัม (La)	เครื่องยนต์ไฮบริด, โลหะผสม
ซีเรียม (Ce)	ตัวเร่งปฏิกิริยาอัตโนมัติ (auto catalyst), การกลั่นปิโตรเลียม, โลหะผสม
เพรซีโอดิเมียม (Pr)	แม่เหล็ก
นีโอดิเมียม (Nd)	ตัวเร่งปฏิกิริยาอัตโนมัติ (auto catalyst), การกลั่นปิโตรเลียม, ฮาร์ดดิสก์, หูฟัง, เครื่องยนต์ไฮบริด
ซาแมเรียม (Sm)	แม่เหล็ก
ยูโรเพียม (Eu)	สีแดงในจอโทรทัศน์และจอคอมพิวเตอร์
แกโดลิเนียม (Gd)	แม่เหล็ก
เทอร์เบียม (Tb)	สารเรืองแสง, แม่เหล็กถาวร
ดีสโพรเซียม (Dy)	แม่เหล็กถาวร, เครื่องยนต์ไฮบริด
โฮลเมียม (Ho)	สีของเครื่องแก้ว, เลเซอร์
เออร์เบียม (Er)	สารเรืองแสง
ทูเลียม (Tu)	เครื่องเอ็กซเรย์ทางการแพทย์ (medical x-ray units)
อิตเทอร์เบียม (Yb)	เลเซอร์, เหล็กผสม
ลูทีเทียม (Lu)	ตัวเร่งปฏิกิริยาในการกลั่นปิโตรเลียม
สแกนเดียม (Sc)	โลหะผสม เช่น ไม้เบสบอล
อิตเทรียม (Y)	สีแดง, หลอดฟลูออเรสเซนต์, เซรามิก, โลหะผสม

แหล่งแร่แบบตกค้างสะสม (Residual Deposits) หรือการดูดซับไอออน (Ion-adsorption) เกิดจากการผุพังทางเคมีของหินต้นกำเนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตที่มีความสมบูรณ์ของธาตุหายาก (REE-rich host rocks) ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีความชุมชื้นสูงมีฝนตกชุกส่งผลให้หินมีอัตราการผุพังสูงและมีธรณีแปรสัณฐานที่เสถียรเป็นระยะเวลานาน ทำให้อะตอมของธาตุหายากหลุดออกมาจากหิน/แร่ต้นกำเนิดและถูกดูดซับอยู่ในโครงสร้างของแร่ดินที่เป็นผลมาจากการผุพังของหินต้นกำเนิดนั่นเอง การสะสมตัวแบบนี้ทำให้ธาตุหายากมีความเข้มข้นมากขึ้น 1-5 เท่าในชั้นหินผุเมื่อเปรียบเทียบกับหินต้นกำเนิด และสามารถแยกธาตุหายากออกมาจากแร่ดินได้ด้วยกรดอ่อน (Wu et al., 1990; Bao and Zhao, 2008) โดยเฉลี่ยแล้วแหล่งแร่แบบดูดซับไอออนมีความสมบูรณ์อยู่ในช่วง 300-2,000 ppm โดยประมาณ แตกต่างกันไปตามชนิดของหินต้นกำเนิด (Wu et al., 1996; Bao and Zhao, 2008; Murakami and Ishihara, 2008)

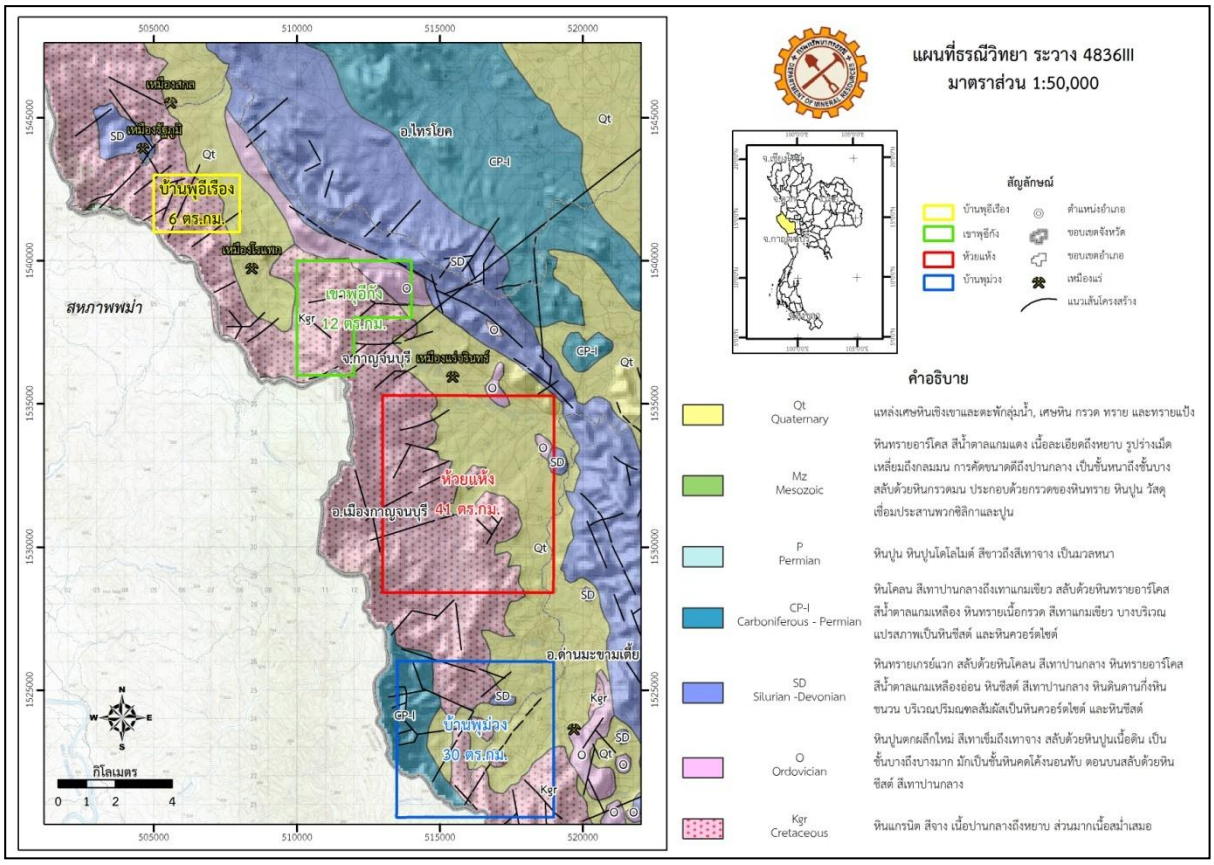
สำหรับพื้นที่ศักยภาพแร่หนัก-ธาตุหายากในเขตจังหวัดกาญจนบุรีนั้น มีโอกาสพบแหล่งธาตุหายากได้ 2 ลักษณะ ประกอบกัน คือ แหล่งแร่แบบลานแร่ และแหล่งแร่แบบตกค้างสะสม แต่ในแผนการสำรวจครั้งนี้จะให้น้ำหนักความสำคัญไปที่แหล่งแร่แบบตกค้างสะสม เนื่องจากมีโอกาสเป็นแหล่งที่มีปริมาณแร่และมีความคุ้มทุนสูงกว่า

บทที่ 4: ธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่

ในอดีตการผลิตแร่หนักที่ให้ธาตุหายากนั้น มักเป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก ซึ่งเมื่อมีการยุติการทำเหมืองดีบุกเนื่องจากราคาแร่ตกต่ำ การผลิตแร่หนักจึงยุติไปด้วย แต่ด้วยความต้องการใช้ประโยชน์จากธาตุหายากที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและข้อจำกัดของแหล่งผลิต ส่งผลให้มีความพยายามสำรวจหาแหล่งธาตุหายากแบบใหม่ๆขึ้น สำหรับประเทศไทยการกำหนดพื้นที่ที่เป็นศักยภาพแร่หนัก-ธาตุหายาก จึงสัมพันธ์กับแหล่งแร่ดีบุกและแนวหินแกรนิต เป็นหลัก

4.1 ธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย “บ้านเก่า”

จากแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1: 50,000 ระวางบ้านห้วยน้ำขาว (สันติ ลีวงศ์เจริญ, 2531) ของสำนักธรณีวิทยา พื้นที่เป้าหมาย “บ้านเก่า” ประกอบด้วยหินตะกอน หินตะกอนกึ่งแปร และหินแปร ที่มีช่วงอายุตั้งแต่ยุคออร์โดวิเชียนจนถึงมหายุคมีโซโซอิก กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ โดยมีหินอัคนีแทรกซอนประเภทหินแกรนิตยุคครีเทเชียสแทรกดันเป็นแนวยาวบริเวณขอบตะวันตกตอนกลางของพื้นที่ซึ่งเป็นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศเมียนมาร์ และตะกอนยุคควอเทอร์นารีบริเวณด้านตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ (รูปที่ 4-1) โดยมีลำดับชั้นหินจากอายุแก่ไปอ่อน ดังนี้



รูปที่ 4-1 แผนที่ธรณีวิทยาระวางบ้านห้วยน้ำขาวในพื้นที่เป้าหมายบ้านเก่า (ดัดแปลงจาก สันติ ลีวงศ์เจริญ, 2537) และพื้นที่ย่อยเพื่อการคัดสรรสำหรับการสำรวจขั้นรายละเอียดทั้ง 4 พื้นที่

1. หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (SD)

ประกอบด้วยหินทรายเกรย์แวก สลับด้วยหินโคลน สีเทาปานกลาง หินทรายอาร์โคส สีน้ำตาลแกมเหลืองอ่อน หินชีสต์ สีเทาปานกลาง หินดินดานกึ่งหินชนวน บริเวรปริมณฑลสัมผัสกับหินอัคนีเป็นหินควอร์ตไซต์ และหินชีสต์ พบกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่

2. หินยุคดีโวเนียน (D)

ประกอบด้วยหินปูนตกผลึกใหม่ สีเทาเข้มถึงเทาจาง สลับด้วยหินปูนเนื้อดิน เป็นชั้นบางถึงบางมาก มักเป็นชั้นหินคดโค้งนอนทับ ตอนบนสลับด้วยหินชีสต์ สีเทาปานกลาง พบกระจายตัวอยู่บริเวณด้านตะวันออกเฉียงใต้ และตอนกลางของพื้นที่

3. หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (CP-I)

ประกอบด้วยหินโคลน สีเทาปานกลางถึงเทาแกมเขียว สลับด้วยหินทรายอาร์โคสสีน้ำตาลแกมเหลือง หินทรายเนื้อกรวด สีเทาแกมเขียว บางบริเวณแปรสภาพเป็นหินชีสต์ และหินควอร์ตไซต์ พบกระจายตัวอยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่และตอนใต้ของพื้นที่

4. หินยุคเพอร์เมียน (P)

ประกอบด้วยหินปูน หินปูนโดโลไมต์ สีขาวถึงสีเทาจาง เป็นมวลหนา พบกระจายอยู่บริเวณตอนกลางและตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่

5. หินมหายุคมีโซโซอิก (Mz)

ประกอบด้วยหินทรายอาร์โคส สีน้ำตาลแกมแดง เนื้อละเอียดถึงหยาบ รูปร่างเม็ดเหลี่ยมถึงกลมมน การคัดขนาดดีถึงปานกลาง เป็นชั้นหนาถึงชั้นบาง สลับด้วยหินกรวดมนซึ่งประกอบด้วยกรวดของหินทราย หินปูน วัสดุเชื่อมประสานพวกซิลิกาและปูน พบกระจายตัวอยู่บริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่

6. ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Qt)

ประกอบด้วย เศษหิน กรวด ทราย และทรายแป้ง จากแหล่งเศษหินเชิงเขาและตะพักลุ่มน้ำ พบกระจายตัวอยู่ทางด้านตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่

7. หินอัคนียุคครีเทเชียส (Kgr)

หินแกรนิต สีจาง เนื้อปานกลางถึงหยาบ ส่วนมากเนื้อสม่ำเสมอ พบกระจายตัวอยู่เป็นแนวยาวบริเวณตอนกลางของพื้นที่ซึ่งเป็นพรมแดนระหว่างประเทศไทยและประเทศเมียนมาร์

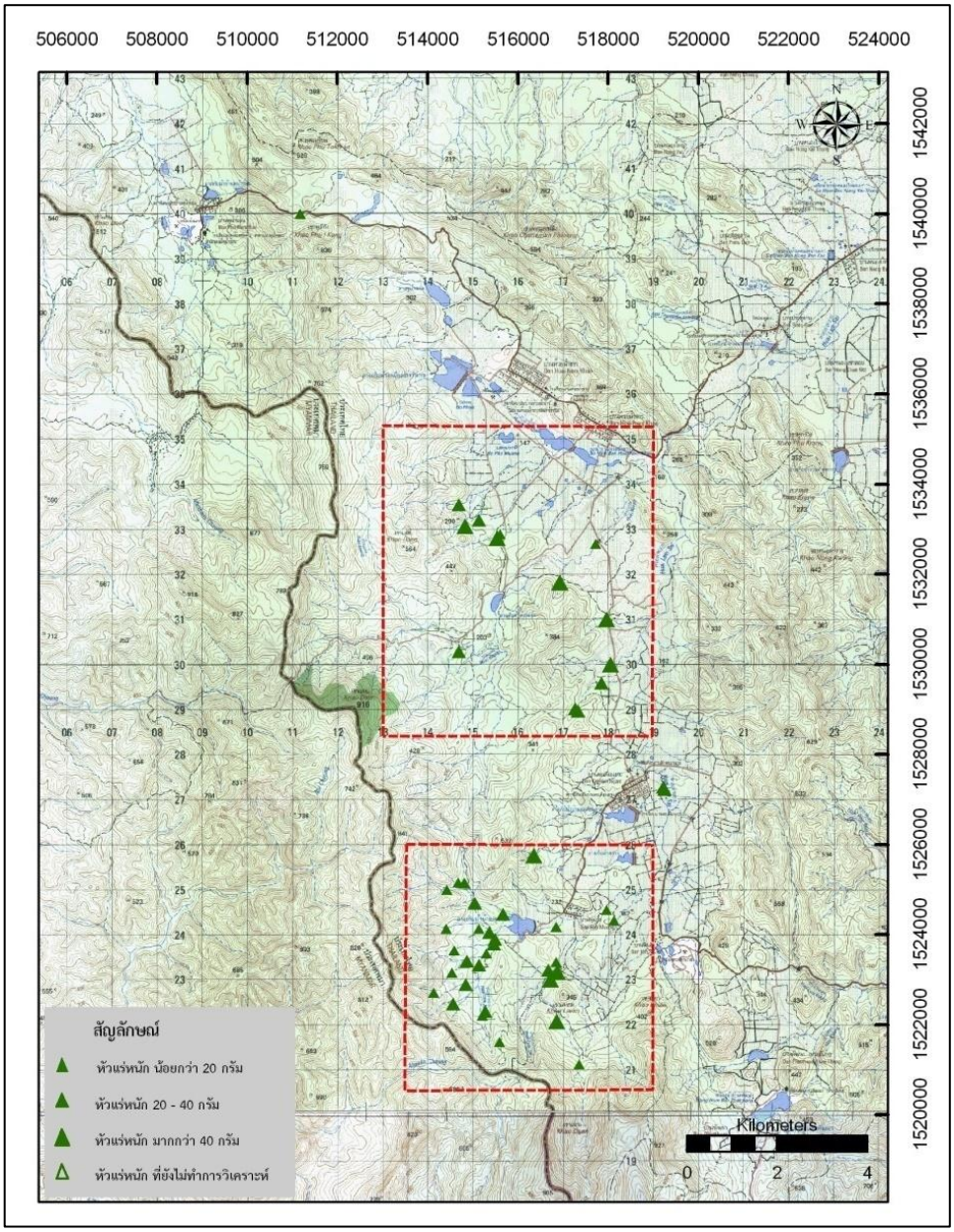
4.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่เป้าหมาย “บ้านเก่า”

บริเวณพื้นที่เป้าหมายบ้านเก่า เป็นพื้นที่แหล่งแร่ดีบุกที่เกิดสัมพันธ์กับเทือกหินแกรนิตฝั่งตะวันตกยุคครีเตเชียส ซึ่งสามารถพบได้ทั้ง แบบปฐมภูมิที่มีสายเพกมาไทต์เป็นหินให้แร่ และแบบทุติยภูมิ

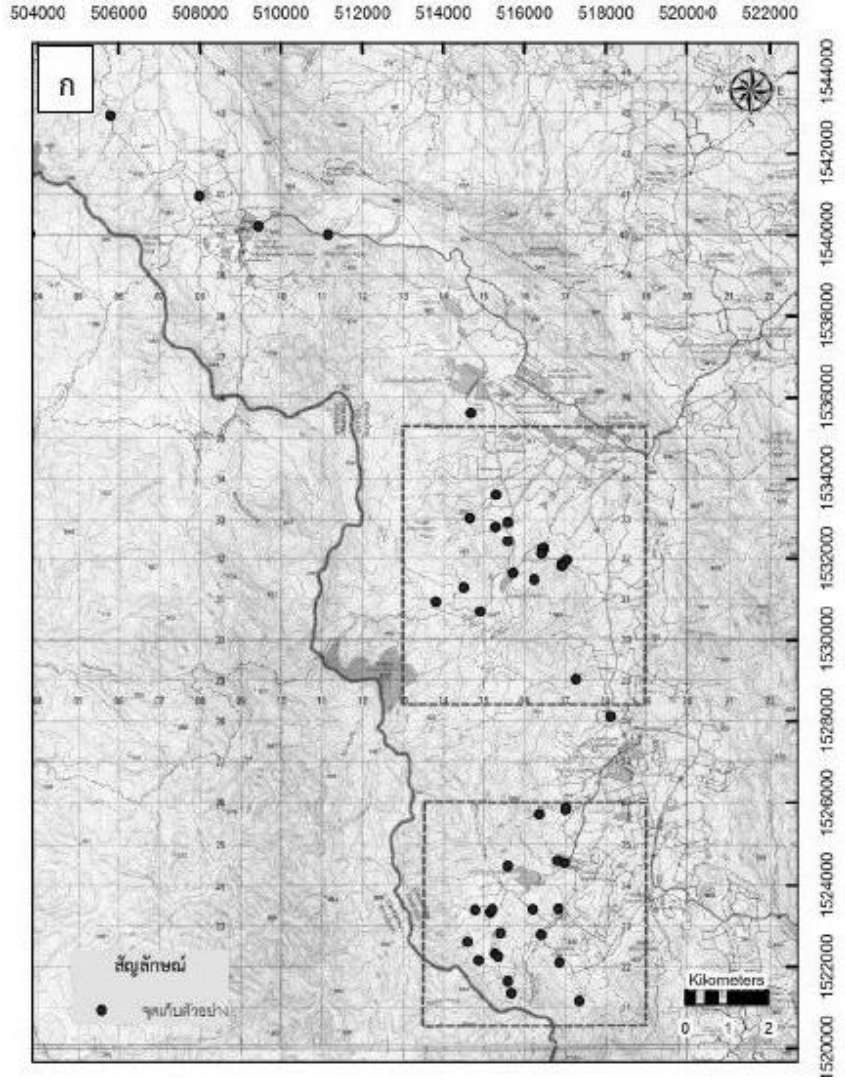
ในลักษณะลานแร่ โดยในแหล่งแร่ทุติยภูมิมักพบแร่หนักอื่นๆ สะสมตัวร่วมด้วย อาทิ อิลเมไนต์ การ์เนต และโคลัมไบต์-แทนทาไลต์ (ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช และคณะ, 2554)

ในการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่เบื้องต้นในพื้นที่เป้าหมายเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดขอบเขตพื้นที่คัดสรรย่อยนั้น ได้ศึกษาลักษณะและขอบเขตการกระจายตัวของแร่หนักด้วยการร่อนเลียงเก็บตัวอย่างตะกอนในชั้นกะสะตามทางน้ำในพื้นที่ทั้งหมด 72 จุด (รูปที่ 4-2) พร้อมกับเก็บตัวอย่างหินและตะกอนในลักษณะต่างๆ เพื่อศึกษาลักษณะทางเคมีของหินและธรรมชาติการสะสมตัวของธาตุหายาก ซึ่งได้ส่งตัวอย่างหินและตะกอนเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบออกไซด์หลัก ทั้งหมด 43 ตัวอย่าง (รูปที่ 4-3; ตารางที่ 4-1) โดยในจำนวนนี้ได้ทำการคัดเลือก 20 ตัวอย่าง เพื่อหาปริมาณธาตุหายาก (รูปที่ 4-4; ตารางที่ 4-2) และธาตุร่องรอยอื่นๆ

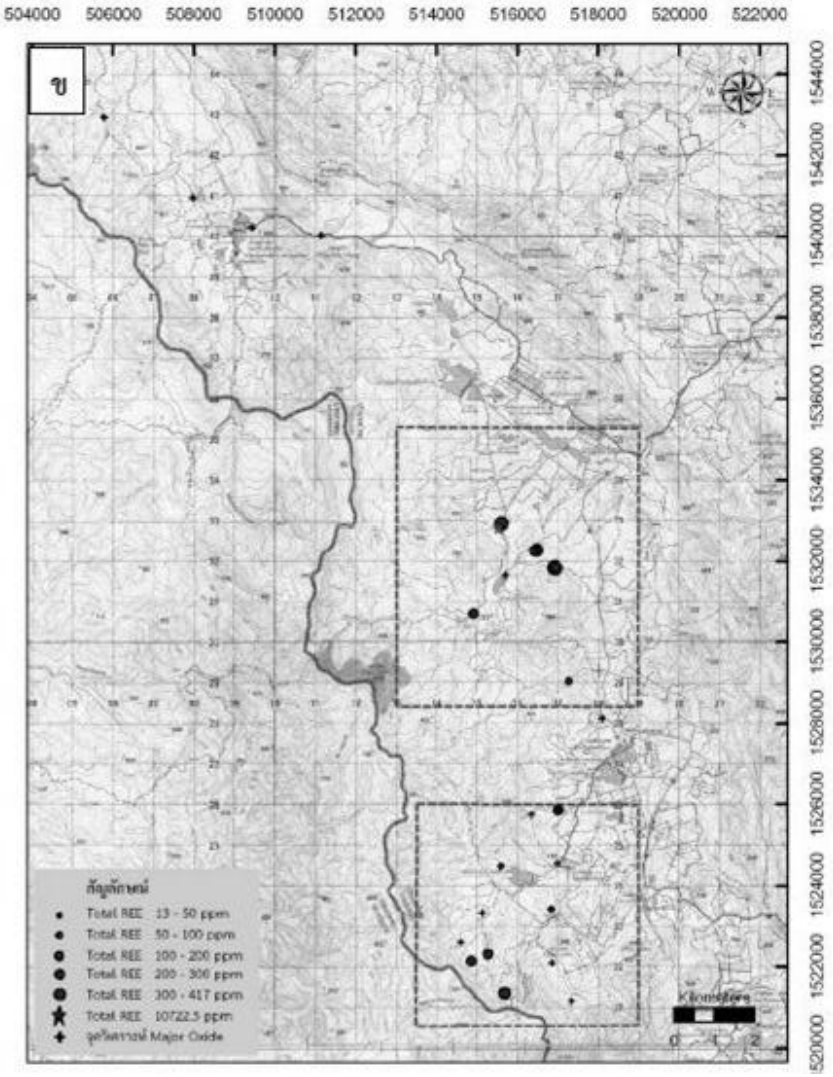
ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนในชั้นกะสะตามทางน้ำในพื้นที่ ทั้งหมด 72 จุดครอบคลุมตั้งแต่ทางตอนใต้ของบ้านห้วยน้ำขาวจนถึงบริเวณบ้านพุม่วง พบว่ามีปริมาณหัวแร่หนักเฉลี่ยทั้งพื้นที่ประมาณ 2,831.3 กรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยจะพบแร่หนักปริมาณมากบริเวณทางตอนใต้ของบ้านห้วยน้ำขาวจนถึงทางด้านตอนเหนือของบ้านตะเคียนงาม ซึ่งปริมาณของแร่หนักจะมีมากสัมพันธ์กับบริเวณที่มีหินท้องที่เป็นหินแกรนิตที่มีสายเพกมาไทต์แทรกตัดผ่าน หรือบริเวณที่เป็นหินแกรนิตเนื้อหยาบมาก (pegmatitic granite) ที่ฝังประด้วยกระจุกแร่มัสโคไวต์ที่ก่อตัวคล้ายกระจุกขนนก (plumose texture) และจากการศึกษาชนิดแร่หนักในเบื้องต้นพบว่าประกอบด้วย การ์เนต ดีบุก อิลเมไนต์ ทัวร์มาลีน โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ และวุลแฟรม



รูปที่ 4-2 ตำแหน่งเก็บตะกอนจากชั้นกระสะพร้อมปริมาณหัวแร่หนักที่ได้จากการร่อนเลียงตัวอย่าง ปริมาตรตะกอน 10 ลิตร/จุดเก็บตัวอย่าง

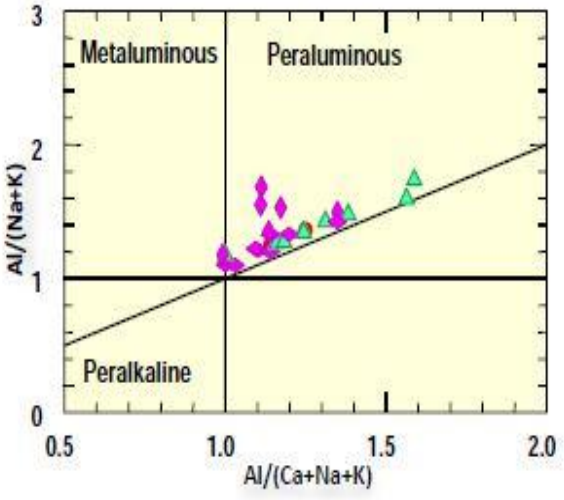


รูปที่ 4-3ก ตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินส่งวิเคราะห์เคมีหาปริมาณธาตุออกไซด์หลัก

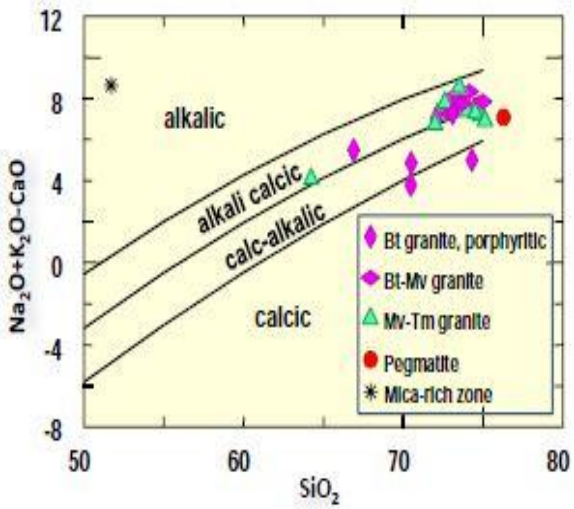


รูปที่ 4-3ข ตำแหน่งเก็บตัวอย่างหินส่งวิเคราะห์หาปริมาณธาตุหายากและธาตุร่องรอย

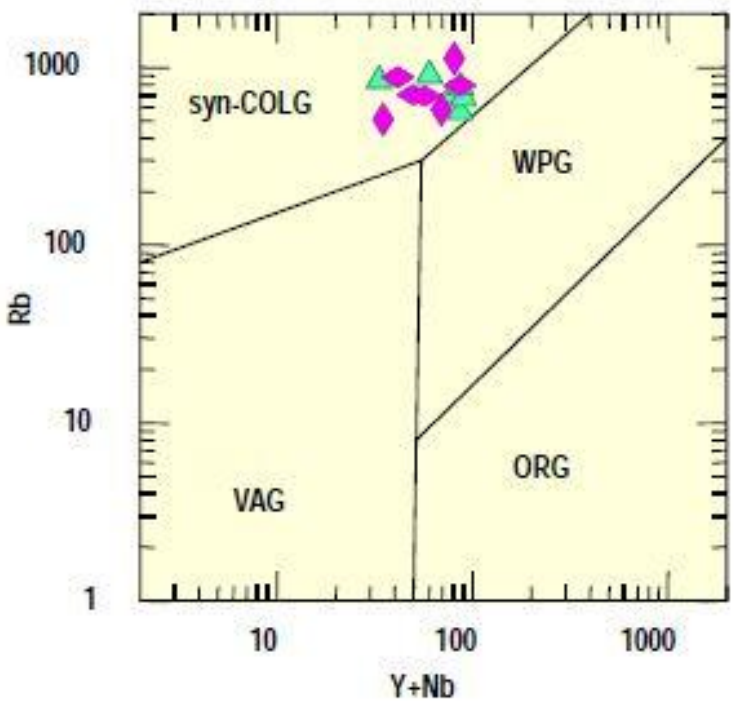
ผลวิเคราะห์ปริมาณออกไซด์หลักของตัวอย่างหินและตะกอนในพื้นที่ จำนวน 126 ตัวอย่างแสดงให้เห็นว่า หินตัวอย่างที่สดของแกรนิตเนื้อต่างๆ ในพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วย หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอก หินไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต หินทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์แกรนิต และเพกมาไทต์ มีปริมาณธาตุองค์ประกอบหลัก (major oxides) ไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเนื้อหินสดกับเนื้อผุของหินชนิดเดียวกัน จะพบว่าค่า SiO_2 และ MgO มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ Al_2O_3 K_2O และ Na_2O กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4-1) ซึ่งกลุ่มหินแกรนิตบริเวณนี้มีลักษณะเป็นหินประเภท peraluminous (รูปที่ 4-4ก) ที่ส่วนใหญ่มีช่วงความเป็นอัลคาไลอยู่ระหว่าง alkali calcic ถึง calc-alkalic (รูปที่ 4-4ข) ที่ก่อตัวขึ้นในสภาพแวดล้อมทางธรณีสัณฐานแบบเดียวกัน คือ น่าจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันกับที่มีการเคลื่อนเข้าชนกันของแผ่นทวีป (syn-collisional) (รูปที่ 4-4ค)



รูปที่ 4-4ก แสดงลักษณะความเป็น peraluminous



รูปที่ 4-4ข แสดงลักษณะความเป็น alkali



รูปที่ 4-4ค แสดงลักษณะร่วมในเชิงธรณีแปรสัณฐานของหินแกรนิตเนื้อต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4-1 ผลวิเคราะห์ปริมาณค่าออกไซด์หลัก ด้วยวิธี XRF และ ค่า FeO ได้จากวิธี wet chemical (หน่วย: %wt.) ของตัวอย่างที่คัดเลือกสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณธาตุหายาก ด้วยวิธี ICP-MS

ตัวอย่าง	คำอธิบาย	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	MnO	CaO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	LOI	$H2O^-$
Rk 11(1)	Bt granite	73.1	0.18	14.5	1.59	na	0.36	0.02	1.12	5.51	2.9	0.219	0.43	na
R 49 Rk(1)	Bt granite, porphyritic	66.9	0.59	16	4.44	na	1.15	0.16	1.75	2.51	4.71	0.19	0.78	na
R 50 Rk(1)	Bt granite, porphyritic	70.5	0.51	14.3	3.32	na	0.94	0.07	2.01	3.66	3.2	0.148	0.45	na
R 48 (1)	mica-rich zone	51.7	0.52	21.8	4.26	na	4.56	0.25	0.4	8.77	0.27	0.346	2.88	na
R 50 Rk(2)	Bt-Mv granite	73.5	0.07	14.5	0.58	na	0.11	0.03	0.56	6.18	2.91	0.088	0.44	na
Rk 13	Bt-Mv granite	73.7	0.15	14.4	1.32	na	0.22	0.05	0.65	5.34	3.07	0.19	0.77	na
Rk 01	Bt-Mv granite (weathered)	71.99	0.2	15.43	1.58	0.13	0.03	0.24	0.39	2.24	4.88	0.04	2.42	0.3
Rk 02 (2)	Bt-Mv granite (weathered)	72.9	0.22	14	1.74	na	0.4	0.05	0.95	5.33	2.9	0.159	0.56	na
Rk 08(1)	Bt-Mv granite (weathered: 0-(	73.49	0.28	13.06	2.01	0.35	0.05	0.59	0.21	1.1	4.65	0.06	3.79	0.22
Rk 08(3)	Bt-Mv granite (weathered: 0.5	72.27	0.24	15.09	2.03	0.26	0.04	0.45	0.22	1.46	5.23	0.07	2.35	0.16
Rk 17	Bt-Mv granite (weathered)	74.4	0.14	14.5	1.2	na	0.15	0.03	0.22	5.04	2.29	0.079	1.65	na
R 20 (Rk)	Tm-Mv granite	73.11	0.17	14.72	1.02	0.44	0.04	0.21	0.36	2.84	5.58	0.13	1.04	0.21
R 38 (Rk/1)	Tm-Mv granite	74.8	0.06	14.7	0.88	na	0.1	0.05	0.5	3	4.67	0.163	0.48	na
Rk 04	Tm-Mv granite	72.61	0.14	15.28	0.85	0.53	0.04	0.2	0.51	2.94	5.35	0.16	1.01	0.15
R 38 (Rk/2)	Tm-Mv granite (contact with	74.5	0.06	14.6	0.9	na	0.1	0.06	0.47	3.32	4.43	0.166	0.53	na
Rk 04 (1s)	Tm-Mv granite-Soil	74.77	0.15	13.61	0.82	0.44	0.03	0.26	0.13	1.06	5.58	0.07	2.65	0.31
PT 1006	Tm-Mv pegmatitic dike	73.98	0.02	15.17	0.68	0.26	0.05	<0.10	0.51	4.16	3.73	0.18	0.81	0.17
Rk 02 (1)	Pegmatite	74.98	<0.02	14.68	0.58	0.12	0.14	<0.10	0.31	5.51	2.65	0.15	0.54	0.19
Rk 06	Pegmatite (weathered)	70.69	0.04	17.05	0.84	nil	0.08	0.16	0.16	4.42	4.36	0.04	1.77	0.26
Rk 02 (1)s	Pegmatite-Soil	71.95	0.26	15.23	2.07	nil	0.04	0.42	0.21	1.51	5.37	0.06	2.47	0.31
R 03	Heavy mineral concentrates	14	7.22	7.24	10.6	nil	0.08	10.4	0.45	0.07	0.08	0.595	-0.22	na

na = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ Nil = ค่าน้อยมากไม่สามารถตรวจวัดด้วยวิธี wet chemical analysis

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากของตัวอย่างหินในพื้นที่เป็นการเบื้องต้น จำนวน 20 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4-2) แสดงให้เห็นว่าหินไบโอไทต์แกรนิตประเภทเนื้อดอกในพื้นที่เป้าหมายนี้มีความ

สมบูรณ์เฉลี่ยของธาตุหายากรวมมากกว่าแกรนิตประเภทอื่นๆ ในขณะที่หินเพกมาไทต์มีความสมบูรณ์ของธาตุหายากรวมต่ำสุด และพบว่าในชั้นหินผุที่อยู่ระดับล่างจะมีความสมบูรณ์ของธาตุหายากรวมมากกว่าในชั้นหินผุระดับบน ซึ่งหินแกรนิตบริเวณนี้มีปริมาณธาตุหายากเบาในสัดส่วนที่สูงกว่าธาตุหายากหนัก ทั้งนี้การแปลความหมายผลวิเคราะห์เคมีที่ได้ในส่วนนี้เป็นเพียงผลเบื้องต้นจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ตัวอย่างหินเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลต่อไป

ตารางที่ 4-2 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากและธาตุร่องรอยที่สำคัญชนิดอื่นๆ ด้วยวิธี ICP-MS

ตัวอย่าง	คำอธิบาย	Total REE (ppm)	ธาตุหายากเบา (ppm)								ธาตุหายากหนัก (ppm)							Zr	Sn	Nb	Ta	W	Th	U	Li
			La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Rk 11(1)	Bt granite	133.25	27	53.5	7	24.5	6.5	1	6	1	3.5	0.5	1.5	0.2	1	0.05	20	0.04	1	15	2	3	16	4	239
R 49 Rk(1)	Bt granite, porphyritic	292.7	59	128	13.8	48	9	1	10	1.5	9.5	1.5	5.5	0.8	4.5	0.6	51	0.05	190	30	5	20	58	7	1140
R 50 Rk(1)	Bt granite, porphyritic	297.2	61.5	130	14.6	48	9.5	1	8	1.5	8.5	2	6	0.8	5	0.8	49.5	0.05	20	20	3	3	52	9.5	289
R 48 (1)	mica-rich zone	313.4	79	120	17.4	57.5	11	1	10	1.5	7.5	1.5	3.5	0.6	2.5	0.4	30	0.04	370	45	22.5	40	56	5.5	6740
R 50 Rk(2)	Bt-Mv granite	31.8	6.5	12.5	1.2	4	1	0.4	1	0.3	2	nd	1	0.2	1.5	0.2	13.5	0.03	80	20	6	10	9.5	14	182
Rk 13	Bt-Mv granite	148.55	29.5	65.5	7.6	26	6	0.2	4	1	4.5	0.5	2	0.2	1.5	0.05	22	0.04	50	35	7	10	29.5	17	209
Rk 01	Bt-Mv granite (weathered)	417.9	83	190	22.2	74	14.5	1.2	12	2	9	1.5	4	0.6	3.5	0.4	47	0.03	70	40	11.5	10	37	19	199
Rk 02 (2)	Bt-Mv granite (weathered)	182.3	36.5	78.5	9.4	32.5	7	0.8	6	1	4.5	1	2.5	0.4	2	0.2	26.5	0.05	40	15	2.5	3	29	4	391
Rk 08(1)	Bt-Mv granite (weathered: 0-0.35m)	179.8	41	75.5	9.6	31	6.5	0.8	6	1	4	0.5	2	0.2	1.5	0.2	21.5	0.03	30	20	7	3	24.5	5.5	130
Rk 08(3)	Bt-Mv granite (weathered: 0.95-1.55m)	258.6	56	99.5	15.2	53	11.5	0.8	8	1.5	6.5	1	3	0.4	2	0.2	32.5	0.03	40	30	6	5	34.5	8.5	95
Rk 17	Bt-Mv granite (weathered)	101.6	21.5	45.5	5.2	17	3.5	nd	4	0.3	2.5	nd	1	0.05	1	0.05	14.5	0.02	80	45	10	10	24	14	166
R 20 (Rk)	Tm-Mv granite	171.35	32.5	84.5	8.4	29	6	0.2	4	0.5	3	0.5	1.5	0.2	1	0.05	15	0.05	50	35	7	10	38.5	17.5	157
R 38 (Rk/1)	Tm-Mv granite	63.15	14	23	3.6	12	2.5	nd	2	0.3	2.5	nd	1.5	0.2	1.5	0.05	17	0.05	50	70	13	15	9.5	5	72
Rk 04	Tm-Mv granite	148.1	29.5	68.5	7.6	24	6	0.6	4	0.5	3.5	0.5	1.5	0.2	1.5	0.2	15.5	0.05	100	45	9.5	15	31.5	8.5	507
R 38 (Rk/2)	Tm-Mv granite (contact with pegmatite)	54.2	11.5	22	2.8	9.5	2	nd	1	0.3	2.5	nd	1	0.05	1.5	0.05	15	0.04	60	75	21.5	20	9.5	5.5	90
Rk 04 (1s)	Tm-Mv granite-Soil	114.4	24.5	55.5	6	18.5	4	nd	2	0.3	2	nd	1	0.05	0.5	0.05	nd	0.03	80	40	15	10	23	8	279
PT 1006	Tm-Mv pegmatitic dike	13	2	5	0.6	1.5	0.5	nd	0.5	0.3	0.5	nd	1	0.05	1	0.05	nd	0.06	40	70	14.5	10	3	3	65
Rk 02 (1)	Pegmatite	31.5	8.5	13.5	1.6	4.5	0.5	nd	1	0.3	0.5	nd	nd	0.05	1	0.05	nd	0.03	150	80	28	20	7	2.5	196
Rk 06	Pegmatite (weathered)	49.2	10.5	22	2.4	7.5	1.5	0.4	1	0.3	1.5	nd	1	0.05	1	0.05	nd	0.02	60	80	28.5	15	6.5	2	178
Rk 02 (1)s	Pegmatite-Soil	191.35	38	86	9.8	35	6.5	0.6	6	0.5	4	1	2	0.4	1.5	0.05	19.5	0.04	30	20	4	10	28.5	6	86
R 03	Heavy mineral concentrates	10,722	2,080	4,600	521	1,520	386	7.2	330	56.5	350	80	286	52	392	61.8	2,310	0.17	344,000	11,000	17,900	1,360	3,160	1,140	41
Detection limit (ppm) = nd			*0.1*	*0.1*	*0.05*	*0.05*	*0.05*	*0.05*	*0.2*	*0.02*	*0.05*	*0.02*	*0.05*	*0.05*	*0.05*	*0.02*	*10*	*2*	*1*	*0.5*	*0.1*	*0.5*	*0.1*	*0.1*	*0.5*

บทที่ 5: การสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นรายละเอียด

5.1 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่คัดสรรย่อย “บ้านพุม่วง”

ในการสำรวจขั้นรายละเอียดบริเวณพื้นที่คัดสรรย่อย “บ้านพุม่วง” พบว่าทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่คัดสรรนี้รองรับด้วยหินทรายเกร์ยแวคกึ่งแปรสภาพและหินฟิลิติกชีสต์อายุไซลูเรียน-ดีโวเนียน ทางด้านตะวันตกเป็นหินโคลนกึ่งแปรสภาพอายุคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน โดยหน่วยหินทั้งสองจะถูกแทรกซอนโดยมวลหินแกรนิตอายุครีเทเชียสที่พบอยู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่คัดสรรย่อย หินแกรนิตตอนกลางของพื้นที่นี้ประกอบไปด้วยหินทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์แกรนิตเนื้อเดียวที่มีเนื้อละเอียดถึงเนื้อปานกลาง และหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกที่มีเนื้อพื้นเป็นเนื้อละเอียดถึงเนื้อปานกลาง และมีตะกอนยุคควอเทอร์นารีกระจายอยู่ตามทางน้ำเป็นบริเวณแคบๆในพื้นที่ ซึ่งลักษณะสำคัญของพื้นที่คัดสรรย่อยนี้คือมีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเนินไม่สูงนักที่มีชั้นดินตะกอนผุพังอยู่กับที่รองรับด้วยหินแกรนิต ขณะที่ลักษณะทางน้ำเกิดจากการกัดเซาะในแนวดิ่งมากกว่าในแนวระดับและมีการโค้งตวัดต่ำ ดังนั้นการสะสมตัวของแร่หนักในบริเวณนี้นอกจากการสะสมตัวตามทางน้ำแคบๆ แล้ว โดยส่วนใหญ่จะเป็นการสะสมตัวอยู่ในลักษณะของแหล่งแร่พลัดเชิงเขา

ในพื้นที่คัดสรรย่อยบ้านพุม่วงนี้ ได้ใช้**วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์** ควบคู่กับ**การขุดหลุมทดลอง** เพื่อศึกษาลักษณะการวางตัวและการแผ่กระจายของชั้นตะกอน โดยเลือกวิธีทางธรณีฟิสิกส์ 3 วิธีประกอบกัน คือ

1) วิธีการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก รวมทั้งหมด 48 จุด ด้วยระยะห่างระหว่างจุดวัดค่าประมาณ 200 เมตร ตามแนวสำรวจ 5 แนว แต่ละแนวห่างกันประมาณ 600 เมตร

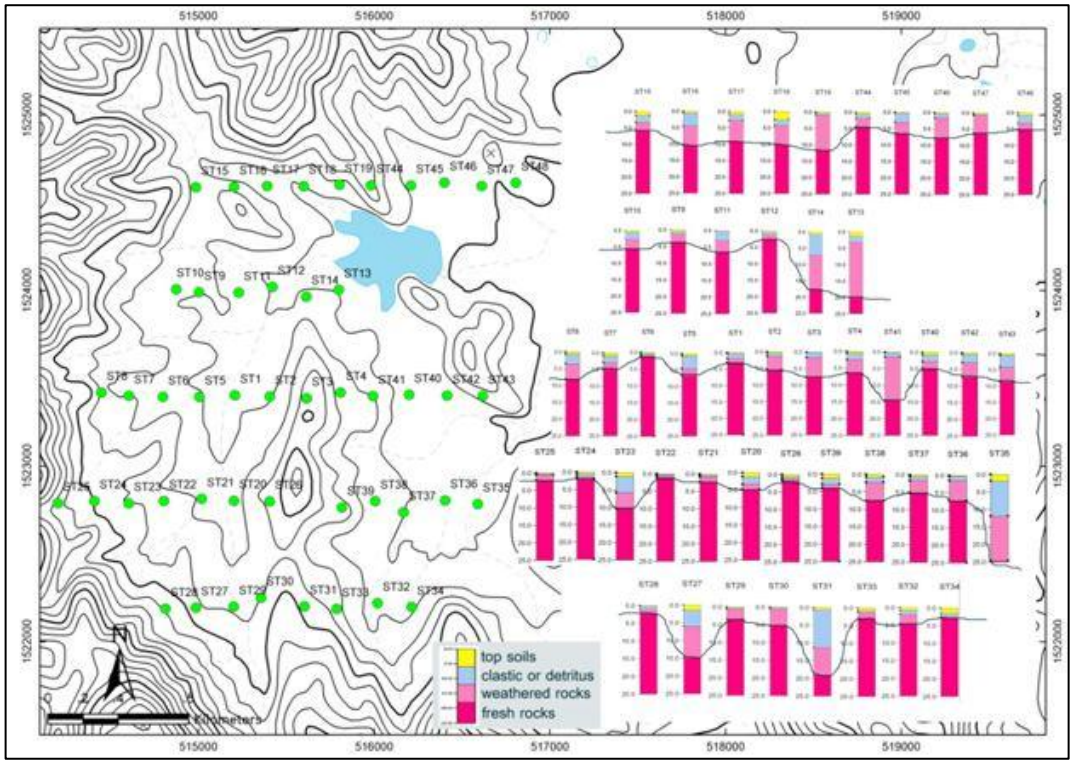
2) วิธีการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวาง 1 แนวสำรวจเป็นระยะ 1,110 เมตร ด้วยระยะห่างระหว่างจุดวัดค่าประมาณ 10 เมตร และ

3) วิธีการสำรวจวัดค่ากัมมันตรังสีระดับพื้นผิว จำนวน 291 จุด ด้วยระยะห่างระหว่างจุดวัดค่าประมาณ 50 เมตรตามแนวสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกทั้ง 5 แนว และตามแนวถนนในพื้นที่

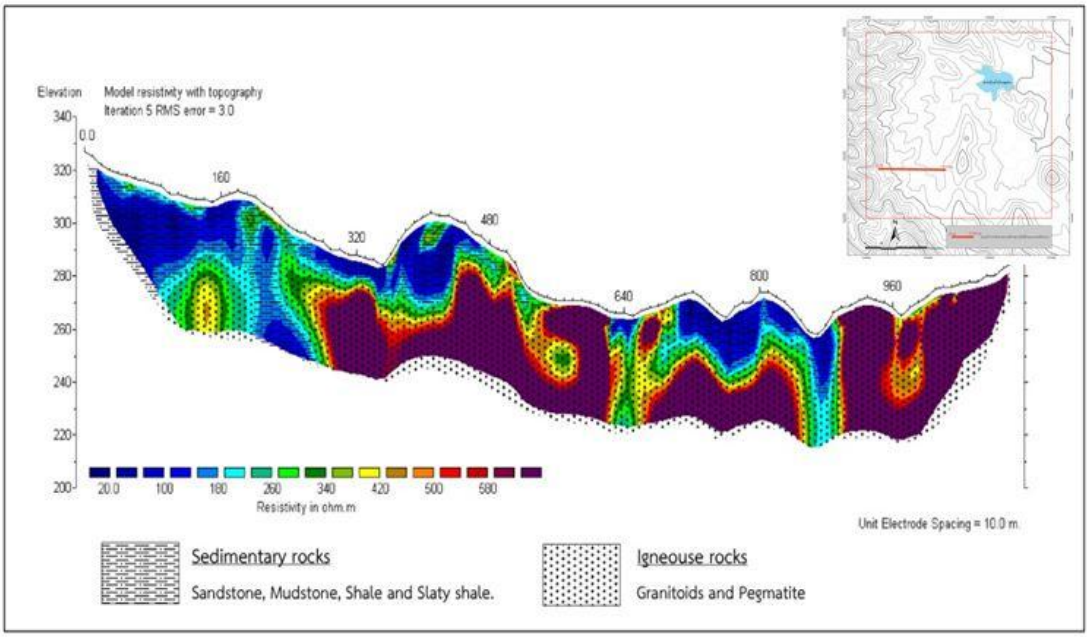
ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกสามารถแยกความแตกต่างของค่าความต้านทานชองชั้นตะกอน/หินเบื้องล่างในแต่ละจุดสำรวจได้ทั้งหมด 4 ลักษณะชั้น ตามความเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติการนำไฟฟ้า หรือ ความต้านทานไฟฟ้าที่ไม่เท่ากัน ซึ่งชั้นล่างสุด (ชั้นที่ 4) เป็นชั้นที่มีค่าความต้านทานสูงสุด ถัดมาเป็นชั้นบนสุด (ชั้นที่ 1) ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ตามลำดับ โดยได้แปลความหมายว่า ชั้นที่ 1 เป็นชั้นเปลือกดินด้านบน มีช่วงความหนา 0.1 – 2.5 เมตร (เฉลี่ย 0.68 เมตร) ชั้นที่ 2 คาดว่าเป็นชั้นดินผสมเศษหิน มีช่วงความหนา 0.3 – 10.6 เมตร (เฉลี่ย 2.13 เมตร) ชั้นที่ 3 เป็นชั้นดานหินผุ ซึ่งมีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำสุด มีช่วงความหนา 0.3 – 16.9 เมตร (เฉลี่ย 4.27 เมตร) และชั้นล่างสุด (ชั้นที่ 4) เป็นชั้นหินดานสดซึ่งมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงสุด เริ่มที่ช่วงความลึก 1.0 – 24.7 เมตร (เฉลี่ย 7.09 เมตร) (รูปที่ 5-1) และเพื่อลด

ความคลาดเคลื่อนในการประมวลผลหาความหนาของชั้นตะกอนแต่ละชั้น ได้แบ่งพื้นที่สำรวจออกเป็น 2 พื้นที่ย่อย คือ พื้นที่ A และ B

ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวางแสดงให้เห็นโครงสร้างการวางตัวของชั้นหินในระดับลึก ว่ามีชั้นหินที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ (< 180 ohm.m) วางตัวปิดทับอยู่บนมวลหินที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงกว่า (180 - 660 ohm.m) ซึ่งบ่งชี้ว่าพื้นที่ที่เป็นหินตะกอนกึ่งแปรสภาพบริเวณนี้ถูกแทรกดันด้วยมวลหินแกรนิต และทิศทางของร่องห้วยที่อยู่ในแนวประมาณเหนือ-ใต้น่าจะถูกควบคุมด้วยโครงสร้างแนวเส้น (อาทิ รอยเลื่อน หรือรอยแตกระดับลึก) (รูปที่ 5-2) ทั้งนี้ในการพิสูจน์ทราบจำเป็นต้องอาศัยผลการเจาะสำรวจระดับลึก



รูปที่ 5-1 แสดงจุดวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก และผลการแปลความหมายเบื้องต้น



รูปที่ 5-2 แสดงผลการแปลความหมายลักษณะการวางตัวของชั้นหินฐานระดับลึกที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวางตามแนวสำรวจ

ผลการสำรวจวัดค่ากัมมันตรังสีระดับพื้นผิวแสดงให้เห็นขอบเขตการกระจายตัวของค่าความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีโปแตสเซียมเป็นบริเวณกว้างซึ่งสัมพันธ์กับแนวเทือกเขาทางตอนกลางของพื้นที่ที่หินที่พบส่วนใหญ่เป็นมัสโคไวต์-ทัวร์มาลีนแกรนิตเนื้อปานกลางถึงหยาบตัดแทรกด้วยสายเพกมาไทต์ โดยมีค่าสูงผิดปกติเป็นหย่อมๆ ในขณะที่ค่าความเข้มข้นของธาตุยูเรเนียมและทอเรียมจะปรากฏเป็นบริเวณเล็กๆกลางร่องสันเขาทางตอนใต้ของพื้นที่ (รูปที่ 5-3) ซึ่งคาดว่าน่าจะสัมพันธ์กับสายเพกมาไทต์ที่มีแร่ฟลูออไรต์สีม่วงจางฝังแทรกในเนื้อเพกมาไทต์ที่พบตัดแทรกอยู่ในหินมัสโคไวต์-ทัวร์มาลีนแกรนิต

สำหรับการขุดหลุมทดลอง (pitting) นั้น ได้เลือกวางตำแหน่งขุด ณ จุดเดียวกัน (หรือใกล้เคียง) กับตำแหน่งที่ได้มีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก โดยทำการขุดเป็นหลุมสี่เหลี่ยม 1x1 เมตร ลึกไปจนกว่าจะไม่สามารถขุดต่อได้ เพื่อศึกษาลักษณะของชั้นตะกอน พร้อมกับตรวจสอบผลการแปลความหมายระดับตื้นจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ณ ตำแหน่งดังกล่าว จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างตะกอนในหลุมทุกระยะ 0.5 เมตร ด้วยวิธีเซาะร่อง 20x10 เซนติเมตร (เทียบเท่า 0.1 ลบ.ม. โดยปริมาตร) ไปร่อนเลียงทดสอบแร่หนัก และเก็บตัวอย่างอีกประมาณ 5 ลิตร ทุกช่วงระยะ 25 หรือ 50 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับลักษณะของชั้นตะกอน เพื่อคัดเลือกส่งวิเคราะห์เคมี ซึ่งได้ดำเนินการขุดหลุมทดลอง จำนวนทั้งสิ้น 22 หลุม มีความลึกรวม 37.7 เมตร

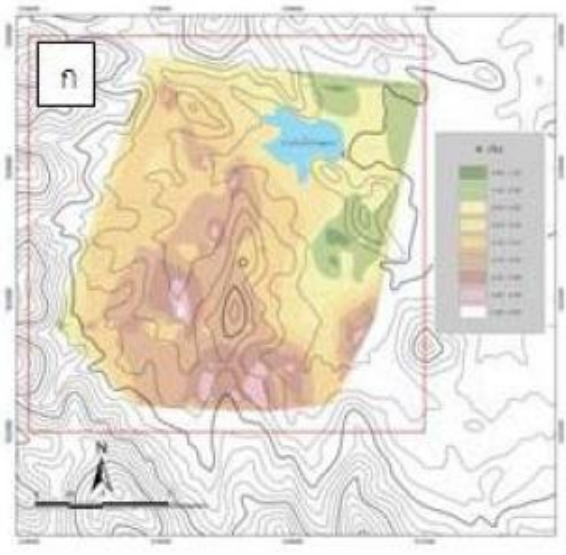
ผลการขุดหลุมทดลองพบว่าหินฐานที่รองรับชั้นดินตะกอนในบริเวณนี้เป็นหินแกรนิต และหินตะกอนกึ่งแปรสภาพเนื้อละเอียด (รูปที่ 5-4)

นอกจากนี้ยังพบว่าข้อมูลระดับความลึกชั้นและลักษณะของตะกอนที่ได้จากการแปลความหมายการสำรวจด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกค่อนข้างสอดคล้องกับข้อมูลหลุมทดลองเป็นอย่างดี โดยในบริเวณที่เป็นหินแกรนิต ชั้นที่ 1 จะเทียบได้กับชั้นเปลือกดินที่เป็นตะกอนดินสีเข้ม (สีดำ, เทา

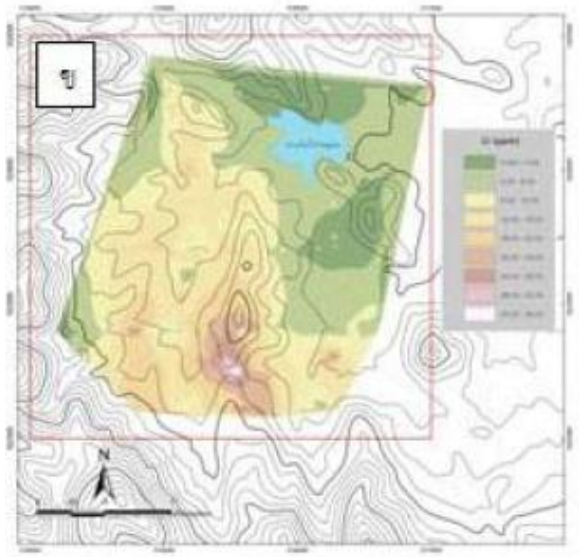
ดำ, น้ำตาลดำ) ส่วนชั้นที่ 2 จะเป็นชั้นดินปนกรวด หรือชั้นดินปนเศษหินแกรนิตที่ผุอยู่กับที่ ซึ่งระดับการผุพังแตกต่างกันไปในแต่ละหลุมและระดับความลึก และในชั้นที่ 3 จะเป็นชั้นดานหินแกรนิตผุที่รองรับอยู่ด้านล่าง และด้วยความสอดคล้องของข้อมูลการสำรวจสภาพต้านทานไฟฟ้าระดับตื้นกับการขุดหลุมทดลองจึงสามารถนำข้อมูลระดับความหนาของชั้นดินและชั้นหินผุที่ได้จากการสำรวจสภาพความต้านทานไฟฟ้า ในแต่ละชั้นมาคำนวณเพื่อหาปริมาตร โดยจะแยกพื้นที่ที่จะคำนวณเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ A และพื้นที่ B (รูปที่ 5-5) จากการคำนวณขนาดพื้นการกระจายตัวและปริมาตรตะกอนในแต่ละชั้น ได้ว่า พื้นที่ A มีพื้นที่ทั้งหมด 1.69 ตารางกิโลเมตร มีปริมาตรของชั้นเปลือกดิน 0.69 ล้านลูกบาศก์เมตร ชั้นดินปนเศษหิน 2.83 ล้านลูกบาศก์เมตร และชั้นหินแกรนิตผุ 5.86 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับพื้นที่ B มีพื้นที่ทั้งหมด 0.95 ตารางกิโลเมตร โดยมีปริมาตรของชั้นเปลือกดิน ชั้นดินปนเศษหิน และชั้นหินผุ ประมาณ 0.4, 1.19 และ 2.71 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

5.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่คัดสรรย่อย “ห้วยแห้ง”

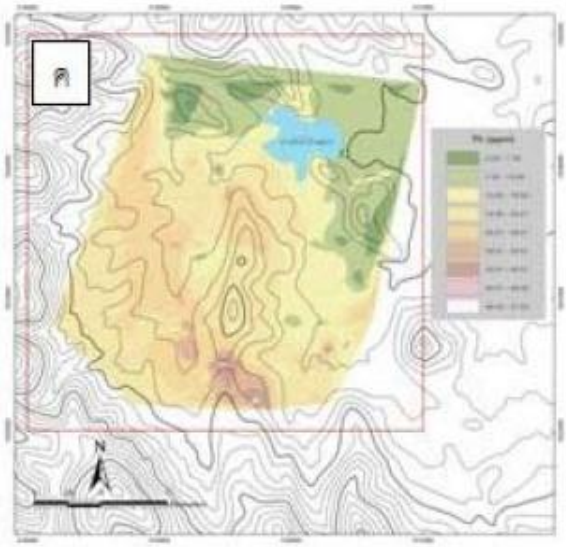
ในการสำรวจขั้นรายละเอียดบริเวณพื้นที่คัดสรรย่อย “ห้วยแห้ง” พบว่าเป็นแอ่งสะสมตะกอนลักษณะยาวรี วางตัวตามยาวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ต่อเนื่องจากแอ่งขุมเหมืองจรินทร์ทางด้านเหนือ พื้นที่ขอบแอ่งด้านทิศตะวันออกและด้านทิศเหนือเป็นชุดหินฐานของมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง (Lower Paleozoic rocks) ประกอบด้วยหินปูนยุคออร์โดวิเชียน และหินตะกอนเนื้อผสมยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ที่มีลักษณะเป็นหินทรายแทรกสลับกับหินโคลนสีเทาและบริเวณแนวสัมผัสกับหินแกรนิตจะพบหินทรายและหินโคลนแปรสภาพไปเป็นหินฮอร์นเฟลส์ที่อาจมีจุดของกลุ่มแร่ที่เกิดใหม่ฝังประในเนื้อร่วมด้วย (spotted hornfels) สำหรับพื้นที่ขอบแอ่งด้านทิศตะวันตกจะพบเป็นเทือกเขาหินแกรนิตยุค



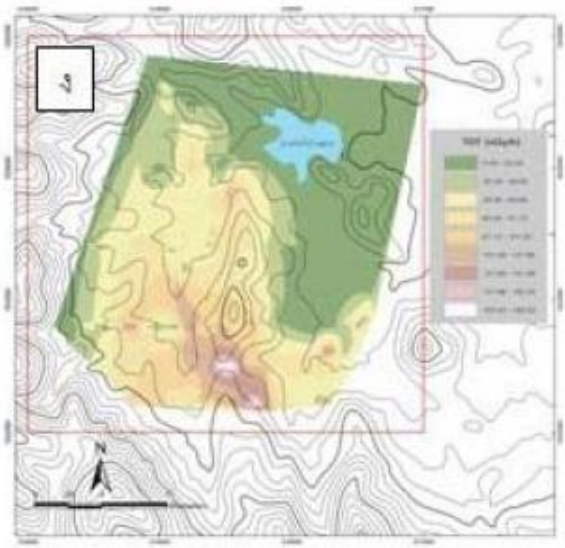
รูปที่ 5-3ก ค่ากัมมันตรังสีของธาตุ K



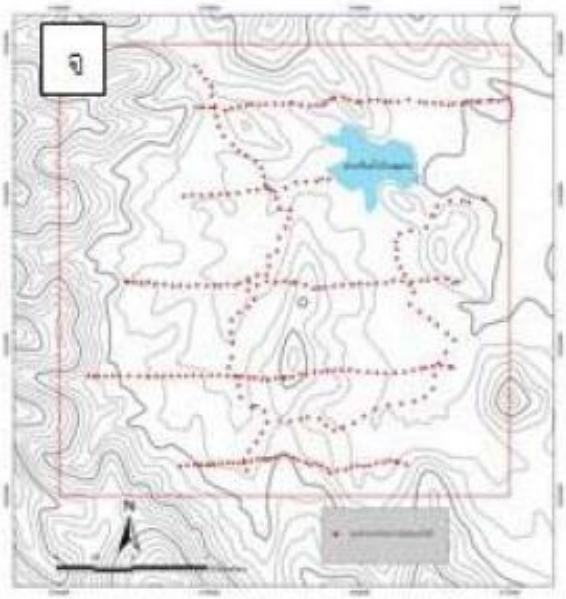
รูปที่ 5-3ข ค่ากัมมันตรังสีของธาตุ U



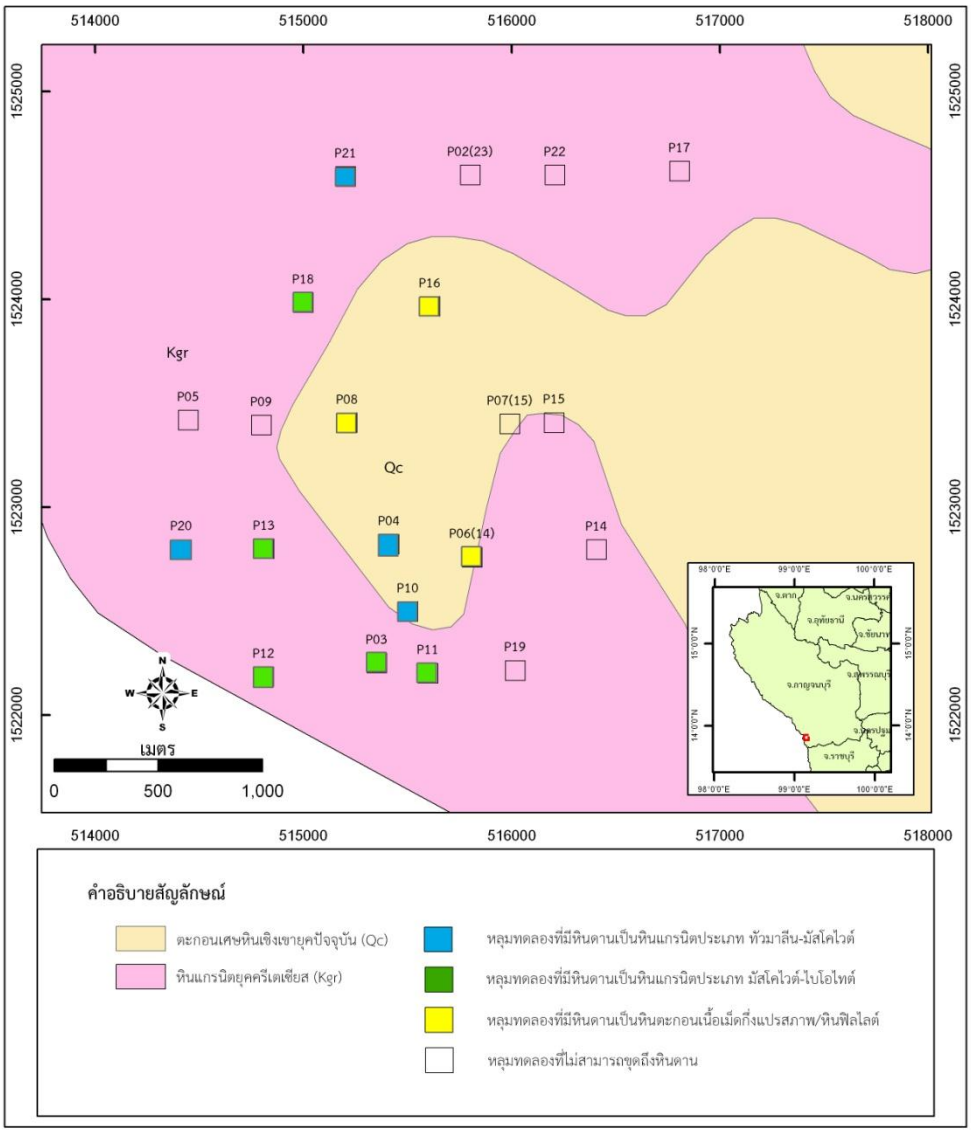
รูปที่ 5-3ค ค่ากัมมันตรังสีของธาตุ Th



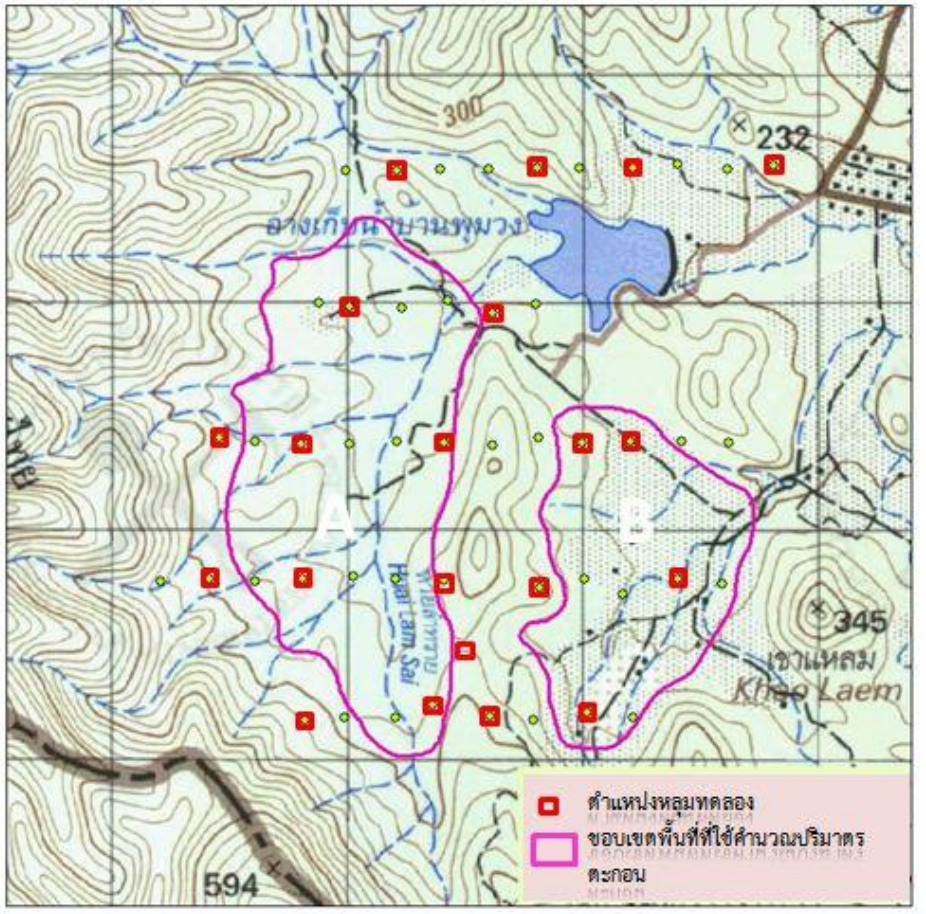
รูปที่ 5-3ง ค่ากัมมันตรังสีรวมของทุกธาตุ



รูปที่ 5-3จ จุดที่ทำการวัดค่ากัมมันตรังสี



รูปที่ 5-4 แสดงลักษณะชนิดตะกอน/หินฐานในแต่ละหลุมทดลองของพื้นที่คัดสรรย่อย “บ้านพุม่วง”



รูปที่ 5-5 แสดงตำแหน่งหลุมทดลองที่ขุดทับจุดวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกและขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่บ้านพุม่วงสำหรับประเมินปริมาณธาตุหายาก

ครีเทเชียส ประกอบด้วย หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอก หินทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์หินแกรนิต และหินแกรนิตเนื้อไมกา 2 ชนิด โดยมีสายเพกมาไทต์ตัดแทรกเข้ามาในมวลหิน ซึ่งลักษณะสำคัญของพื้นที่คัดสรรย่อยนี้จะต่างจากพื้นที่บ้านพุม่วง กล่าวคือ มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ค่อนข้างราบที่มีชั้นดินตะกอนที่ได้รับอิทธิพลระบบทางน้ำสูงกว่า ดังนั้นจึงลักษณะการสะสมตัวของแร่ทั้งแบบแหล่งแร่พลัดเชิงเขา แบบผุพังอยู่กับที่ และแบบสะสมตัวโดยทางน้ำ เกิดร่วมกัน

ในพื้นที่คัดสรรย่อยบ้านห้วยแห้งนี้ ได้ใช้วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก ควบคู่กับการขุดหลุมทดลอง เพื่อศึกษาลักษณะการวางตัวและการแผ่กระจายของชั้นตะกอน โดยวางแนวสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกห่างกันประมาณ 400 เมตร ในทิศทางตะวันออก-ตะวันตก (ขวางแนวยาวของแอ่ง) ขนานกัน 11 แนว และแนวตามถนนลูกรังขึ้นเทือกเขาแดน (ช่องอัมรา) อีก 1 แนว กำหนดระยะห่างระหว่างจุดวัดค่าประมาณ 200 เมตร ตามแนวสำรวจทั้ง 12 แนว รวมจุดสำรวจทั้งหมด 178 จุด (รูปที่ 5-7ก) สำหรับการขุดหลุมทดลอง (pitting) นั้น อาศัยหลักการเดียวกับที่ดำเนินการในพื้นที่บ้านพุม่วง โดยเลือกวางตำแหน่งขุด ณ จุดเดียวกัน (หรือใกล้เคียง) กับ

ตำแหน่งที่ได้มีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ซึ่งได้ดำเนินการขุดหลุมทดลอง จำนวนทั้งสิ้น 49 หลุม มีความลึกรวม 96.8 เมตร (รูปที่ 5-7ข)

ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึกได้แยกความแตกต่างของค่าความต้านทานของชั้นตะกอน/หินเบื้องล่างได้ 4 ลักษณะชั้น ตามความเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติการนำไฟฟ้าหรือ ความต้านทานไฟฟ้าที่ไม่เท่ากัน ซึ่งชั้นล่างสุด (ชั้นที่ 4) เป็นชั้นที่มีค่าความต้านทานสูงสุด ถัดมาเป็นชั้นบนสุด (ชั้นที่ 1) ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ตามลำดับ โดยได้แปลความหมายว่า ชั้นที่ 1 เป็นชั้นเปลือกดินด้านบน มีช่วงความหนาชองชั้น 0.0 – 3.1 เมตร (เฉลี่ย 0.78 เมตร) ชั้นที่ 2 คาดว่าเป็นชั้นกรวด/ชั้นดินผสมเศษหิน มีช่วงความหนา 0.0 – 17.3 เมตร (เฉลี่ย 2.8 เมตร) ชั้นที่ 3 คาดว่าชั้นดานหินผุ ซึ่งมีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำสุด เริ่มที่ช่วงความลึก 0.2 – 17.7 เมตร มีช่วงความหนา 0.5 – 23.8 เมตร (เฉลี่ย 6.4 เมตร) และชั้นล่างสุด (ชั้นที่ 4) คาดว่าเป็นชั้นหินดานสดซึ่งมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงสุด เริ่มที่ช่วงความลึก 0.9 – 28.5 เมตร (เฉลี่ย 7.09 เมตร)

จากการศึกษาธรณีวิทยาพื้นผิวร่วมกับการขุดหลุมทดลอง (ทั้งหมด 49 หลุม; (รูปที่ 5-7 ก)) ในพื้นที่ห้วยแห้ง สามารถแบ่งประเภทของหินฐานได้ 5 ลักษณะหลัก คือ

1) หินแกรนิตเนื้อ ไบโอไทต์ โดยเนื้อหินเป็นเนื้อดอกทั้งหมดพบกระจายตัวอยู่ทั่วไปในพื้นที่ โดยเฉพาะตอนใต้ของพื้นที่ มีปริมาณแร่หนีกรวมปนในชั้นดินอยู่ในช่วง 0.42-6,187 กรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,009 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

2) หินแกรนิตเนื้อทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์/ทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์-ไบโอไทต์/ทัวร์มาลีน-ไบโอไทต์ ที่เนื้อหินส่วนใหญ่เป็นเนื้อหินขนาดเดียว กระจายตัวอยู่บริเวณขอบด้านตะวันตก และตอนกลางของพื้นที่ มีปริมาณแร่หนีกรวมปนในชั้นดินอยู่ในช่วง 1.19-3,712 กรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,325 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

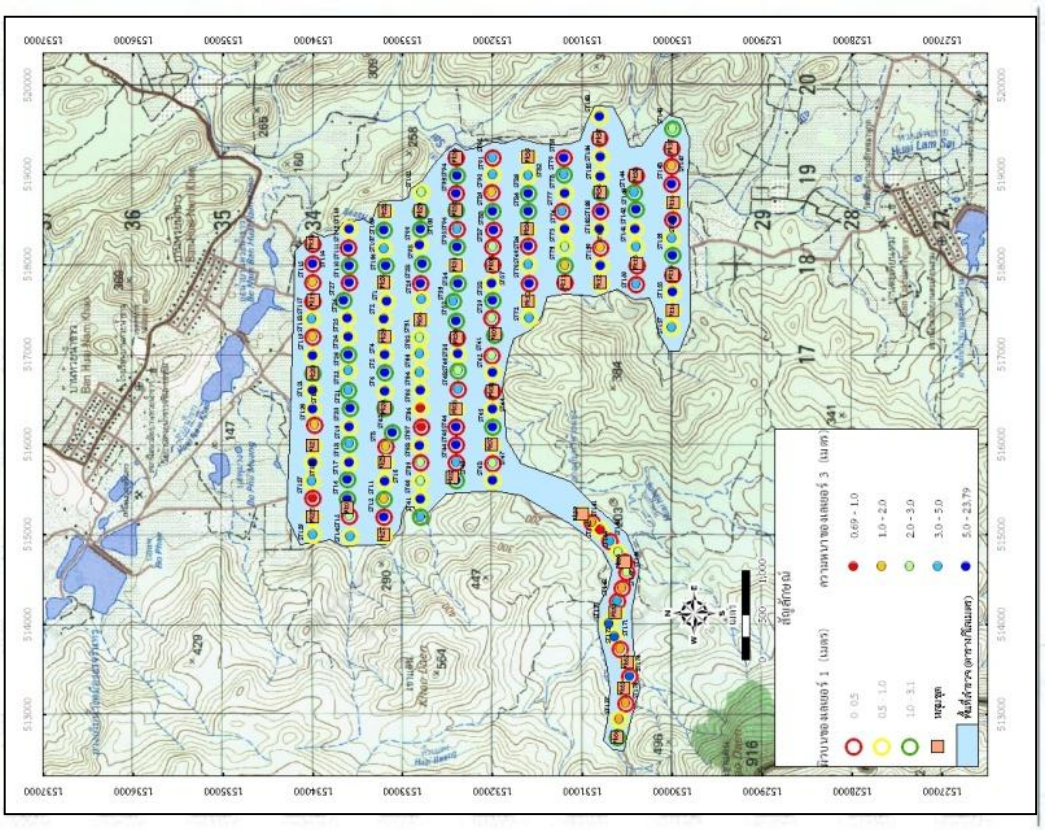
3) หินแกรนิตเนื้อ มัสโคไวต์-ไบโอไทต์เป็นเนื้อหินขนาดเดียว ส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่บริเวณขอบด้านตะวันตก และมีเพียงหลุมเดียวที่พบบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ มี่ปริมาณแร่หนักในชั้นดินอยู่ในช่วง 0.39-5,089 กรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,113 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

4) หินเพกมาทิติกแกรนิต เป็นหินแกรนิตเนื้อหยาบมาก พบกระจายตัวอยู่บริเวณขอบด้านตะวันตกของพื้นที่ มีปริมาณแร่หนักรวมปนในชั้นดินอยู่ในช่วง 137-1,383 กรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 830 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

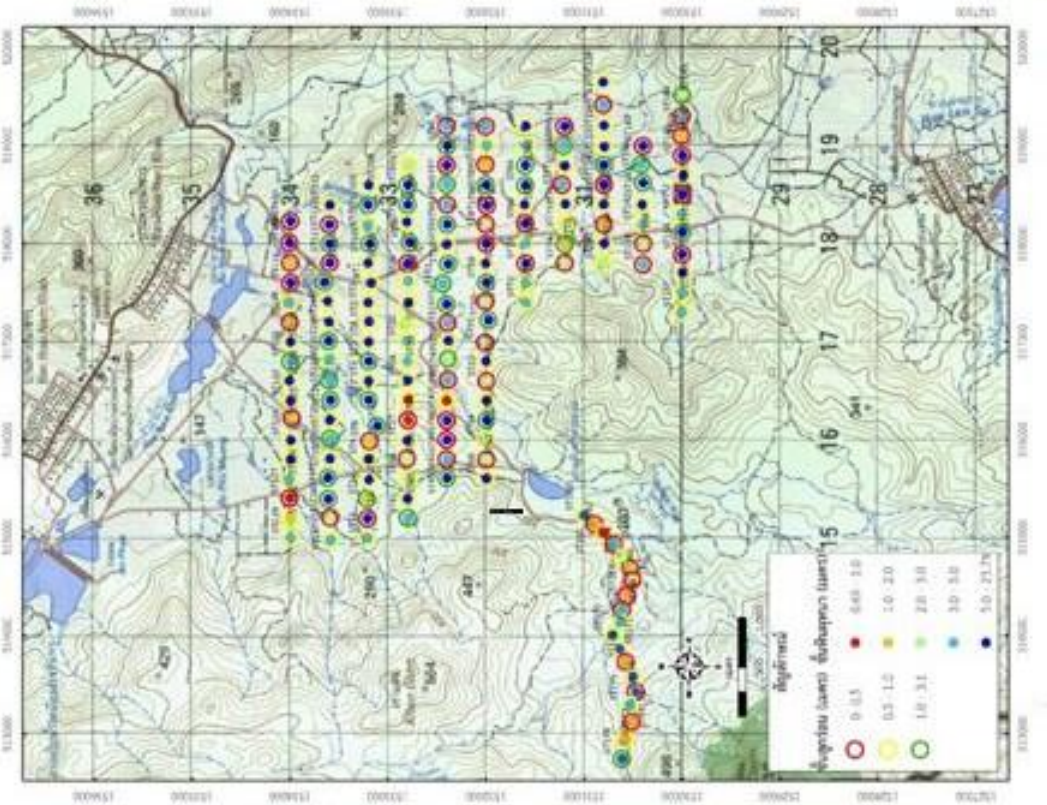
5) หินตะกอนเนื้อเม็ดกึ่งแปรสภาพ (หินโคลนกึ่งแปรสภาพ/หินทรายกึ่งแปรสภาพ พบกระจายตัวอยู่บริเวณขอบด้านตะวันออกของพื้นที่ มีปริมาณแร่หนักรวมปนในชั้นดินอยู่ในช่วง 187-753 กรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 423 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

นอกจากนี้บางหลุมทดลอง เป็นชั้นดินตะกอนสะสมตัวโดยอิทธิพลทางน้ำ แต่ไม่สามารถขุดจนถึงหินดานได้เนื่องจากระดับน้ำใต้ดิน หรือเป็นชั้นดินที่มีชั้นลูกรังแข็งขวางกั้นอยู่ไม่สามารถขุดให้ทะลุลงไปได้ ซึ่งปริมาณแร่หนักรวมปนในชั้นดินของหลุมทดลองเหล่านี้อยู่ในช่วง 0.14-2,725 กรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 719 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ค่าความสมบูรณ์ของแร่หนักเฉลี่ยทั้งพื้นที่ห้วย

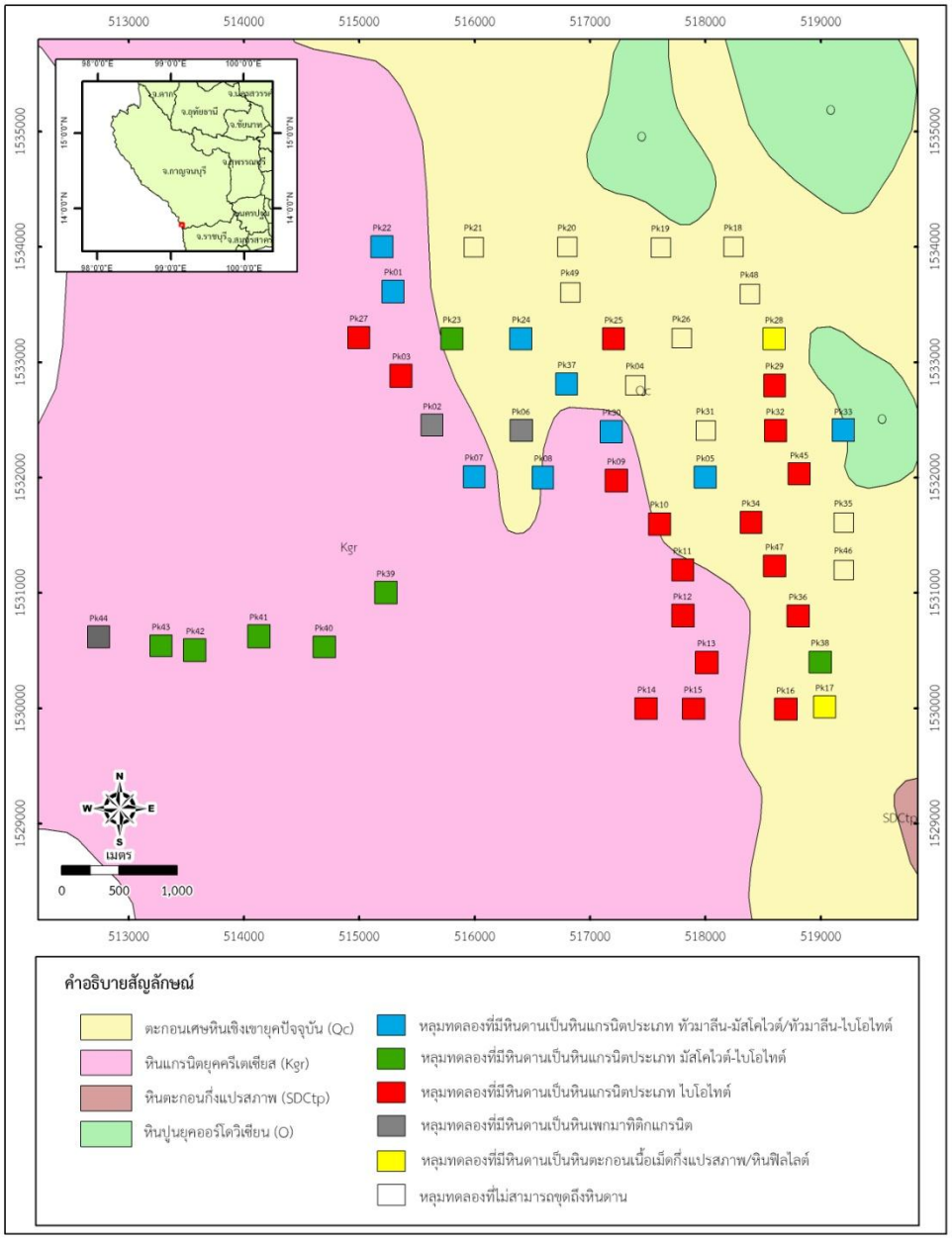
แห้งมีประมาณ 995 กรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยชั้นตะกอนปนแร่หนักที่ปิดทับชั้นหินผุนี้มีความหนาเฉลี่ย 0.943 เมตร



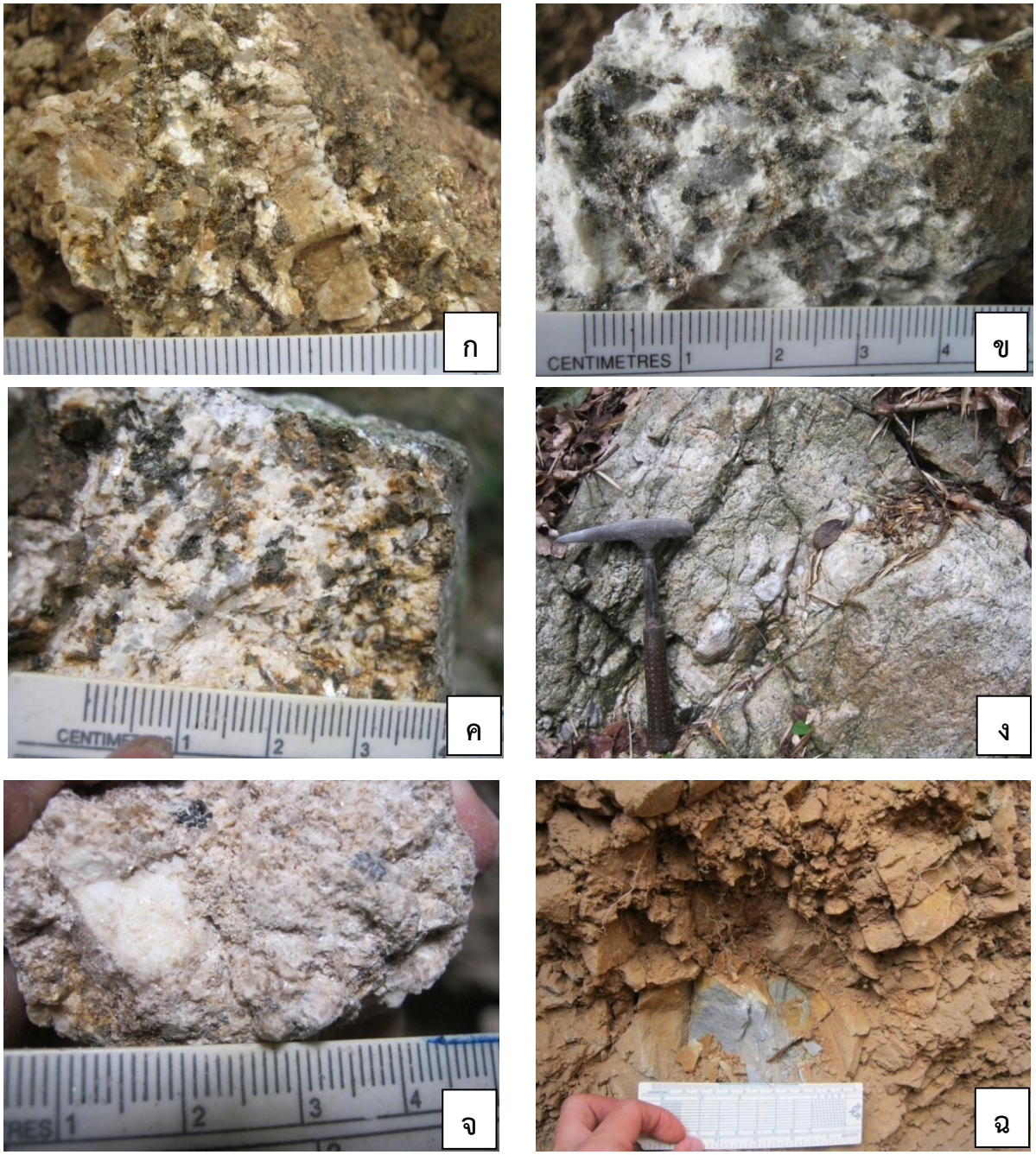
ข) แสดงจุดขุดหลุมทดลองในพื้นที่ห้วยแห้งและขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่



รูปที่ 5-6 ก) แสดงจุดสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในพื้นที่ห้วยแห้ง



รูปที่ 5-7 แสดงลักษณะชนิดตะกอน/หินฐานในแต่ละหลุมทดลองของพื้นที่คัดสรรย่อย “ห้วยแห้ง”



รูปที่ 5-8 แสดงลักษณะเนื้อหินชนิดหลักๆ ที่ปรากฏในบริเวณสำรวจ

ก) หินแกรนิตเนื้อทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์-ไบโอไทต์ เนื้อขนาดเดียว จากหลุม Pk30 พิกัด 517189 E/ 1532399 N

ข) หินแกรนิตเนื้อมัสโคไวต์-ไบโอไทต์ เนื้อขนาดเดียว จากหินโผล่ใกล้กับหลุม Pk40 พิกัด 514800 E/ 1530354 N

ค) หินแกรนิตเนื้อไบโอไทต์ มีเนื้อดอก จากหลุม Pk32 พิกัด 518607E/ 1532405 N

ง) หินเพกมาทิติกแกรนิต จากหินโผล่ใกล้กับหลุม Pk44 พิกัด 512804 E/ 1530618 N

จ) หินเพกมาทิติกแกรนิต จากหลุม Pk44 พิกัด 512749 E/ 1530622 N

ฉ) หินทรายกึ่งแปรสภาพ จากหลุม Pk28 พิกัด 518580 E/ 1533200 N

บทที่ 6: การประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก

หลักการประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก จะนำค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุหายากแต่ละธาตุมาพิจารณา (ตารางที่ 6-1) โดยจะคัดเฉพาะธาตุตัวหลักๆ ที่มีค่าความเข้มข้นสูงกว่า 20 ppm ซึ่งประกอบด้วยธาตุ La, Ce, Nd และ Y มาประเมินปริมาณทรัพยากร โดยใช้ค่าเหล่านี้เป็นค่าตัวแทนของแต่ละชั้นตะกอน เมื่อนำมาคำนวณ และใช้ความหนาแน่นเฉลี่ยของหินแกรนิต (2.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) คูณกับปริมาตรของตะกอนที่คำนวณได้จากแต่ละพื้นที่ ซึ่งมีระดับความน่าเชื่อถือในการประเมินเทียบเท่ากับ “ปริมาณทรัพยากรแร่ ขั้นที่ 3ก (333)” และสำหรับการประเมินมูลค่านั้น ใช้ราคาเฉลี่ย ณ สิงหาคม พ.ศ. 2554 (เนื่องจากเป็นข้อมูลล่าสุดที่สามารถสืบค้นได้ในขณะนี้ โดยอ้างอิงจาก www.raremetalblog.com) และใช้อัตราแลกเปลี่ยนที่ 31 บาท/ 1 US$

6.1 ปริมาณทรัพยากรพื้นที่ “บ้านพุม่วง”

จากข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากของตัวอย่างตะกอนที่เก็บจากหลุมทดลองและตัวอย่างหินในพื้นที่คัดสรรย่อยบ้านพุม่วง จำนวน 76 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าปริมาณธาตุหายากรวม (∑REY) อยู่ในช่วง 17.3-406.2 ppm ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 188.7 ppm ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุหายากรวมของชั้นดินเหนือหินผุ (36 ต.ย.) และชั้นหินผุ (19 ต.ย.) เท่ากับ 193.4 และ 194.5 ppm ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของธาตุหายากแต่ละตัว ในชั้นดินและชั้นหินผุ อยู่ในช่วง 0.32 – 79.25 ppm ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณกับปริมาตรของตะกอนที่ได้จากพื้นที่ย่อย A และ B ที่มีปริมาตรดินชั้นบนรวม 5.1 ล้านลูกบาศก์เมตร ความหนาเฉลี่ยของชั้นดินประมาณ 2.4 เมตร และปริมาตรชั้นหินผุรวม 8.6 ล้านลูกบาศก์เมตร ความหนาเฉลี่ยของชั้นหินผุประมาณ 4.8 เมตร สามารถประเมินปริมาณธาตุหายากรวมเบื้องต้นในพื้นที่แหล่งแร่ขนาด ~3 ตารางกิโลเมตรนี้ได้ 6,211 เมตริกตันโลหะ ประกอบด้วยในชั้นตะกอนส่วนบน (ชั้นเปลือกดินและชั้นดินปนเศษหิน) มี 2,320 เมตริกตันโลหะ และในชั้นหินผุมี 3,891 ตันโลหะ (ตารางที่ 6-2)

6.2 ปริมาณทรัพยากรพื้นที่ “ห้วยแห้ง”

จากข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากของตัวอย่างตะกอนที่เก็บจากหลุมทดลองและตัวอย่างหินในพื้นที่คัดสรรย่อยห้วยแห้ง จำนวน 261 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าปริมาณธาตุหายากรวม (∑REY) อยู่ในช่วง 39-1,064 ppm ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 266.3 ppm ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่บ้านพุม่วง โดยค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุหายากรวมของชั้นดินเหนือหินผุ (133 ต.ย.) และชั้นหินผุ (128 ต.ย.) เท่ากับ 219.7 และ 316.2 ppm ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของธาตุหายากแต่ละตัว ในชั้นดินและชั้นหินผุ อยู่ในช่วง 0.48 – 134.52 ppm ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณกับปริมาตรของชั้นดินด้านบน ประมาณ 13.2 ล้านลูกบาศก์เมตร ความหนาเฉลี่ยของชั้นดินประมาณ 0.9 เมตร และชั้นหินผุ ประมาณ 15.8 ล้านลูกบาศก์เมตร ความหนาเฉลี่ยของชั้นหินผุประมาณ 1.1 เมตร ที่ประมวลจากข้อมูลหลุมทดลองเป็นหลัก สามารถประเมินปริมาณธาตุหา

ยากรวมเบื้องต้นในพื้นที่แหล่งแร่ขนาด ~14 ตารางกิโลเมตรนี้ได้ 18,433 เมตริกตันโลหะ มีปริมาณธาตุหายากรวมในชั้นดินเหนือหินผุ 6,746 เมตริกตันโลหะ และในชั้นหินผุมีประมาณ 11,688 เมตริกตันโลหะ (ตารางที่ 6-2)

ตารางที่ 6-1 แสดงค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (ppm) ของธาตุหายากแต่ละชนิดที่วิเคราะห์ได้จากชั้นตะกอนในพื้นที่แหล่งแร่ "บ้านพุม่วง" และ "ห้วยแห้ง"

ค่าเฉลี่ยธาตุหายาก (ppm)	พื้นที่บ้านพุม่วง (~3 ตร.กม.)		พื้นที่ห้วยแห้ง (~14 ตร.กม.)	
	ชั้นดินเหนือหินผุ (36 ต.ย.)	ชั้นหินผุ (19 ต.ย.)	ชั้นดินเหนือหินผุ (133 ต.ย.)	ชั้นหินผุ (128 ต.ย.)
กลุ่มธาตุหายากเบา (LREEs)				
La	35.62	36.32	36.71	51.45
Ce	79.25	77.46	89.60	134.52
Pr	5.56	5.81	8.59	12.44
Nd	7.98	8.21	29.65	42.83
Sm	21.49	22.45	5.76	8.39
Eu	0.55	0.46	0.54	0.84
Gd	4.46	4.63	4.87	7.08
กลุ่มธาตุหายากหนัก (HREEs)				
Tb	0.71	0.72	0.80	1.15
Dy	3.79	3.97	4.81	6.76
Ho	0.70	0.73	0.98	1.33
Er	1.99	2.11	3.04	3.97
Tm	0.32	0.32	0.48	0.61
Yb	2.11	2.18	3.45	4.15
Lu	0.32	0.32	0.55	0.64
Y	28.64	28.82	29.84	40.56
∑REY	**193.40**	**194.51**	**219.69**	**316.21**

ตารางที่ 6-2 แสดงปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก (เมตริกตันโลหะ) และมูลค่าเบื้องต้นในแต่ละพื้นที่แหล่งแร่

ธาตุหายาก	พื้นที่บ้านพุม่วง (~3 ตร.กม.)			มูลค่า	พื้นที่ห้วยแห้ง (~14 ตร.กม.)			มูลค่า
(US$/Kg)	ชั้นดิน	ชั้นหินผุ	**รวม** (ตันโลหะ)	(ล้านบาท)	ชั้นดิน	ชั้นหินผุ	**รวม** (ตันโลหะ)	(ล้านบาท)
La (140)	506.09	856.19	**1,362**	**5,912**	1,332.90	2,232.29	**3,565**	**15,473**
Ce (155)	1,114.31	1,826.04	**2,940**	**14,128**	3,253.15	5,836.87	**9,090**	**43,678**
Nd (490)	408.88	679.40	**1,088**	**16,531**	1,076.34	1,858.39	**2,935**	**44,579**
Y (155)	290.42	529.27	**820**	**3,939**	1,083.40	1,759.98	**2,843**	**13,662**
รวม*	**2,320**	**3,891**	**6,211**	**40,510**	**6,746**	**11,688**	**18,433**	**128,338**

หมายเหตุ: ราคา ณ สิงหาคม พ.ศ. 2554 (http//www.raremetalblog.com) และอัตราแลกเปลี่ยนที่ 31บาท/1 US$

* ประเมินรวมเฉพาะชนิดธาตุหายากที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงกว่า 20 ppm

บทที่ 7: บทสรุป

7.1 สรุปผลการดำเนินการ

ผลจากการศึกษาข้อมูลเดิม ได้กำหนดพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นที่มีศักยภาพทางแร่หนัก-ธาตุหายากสูงในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี ขึ้น จำนวน 4 พื้นที่ คือ “ปิล็อก” “ลำอีซู” “หนองปรือ” และ “บ้านเก่า” โดยได้คัดเลือกพื้นที่ “บ้านเก่า” เป็นพื้นที่สำหรับงานสำรวจภาคสนามเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่คัดสรรย่อยสำหรับการสำรวจขั้นรายละเอียด เนื่องจากเป็นพื้นที่เดียวที่อยู่นอกเขตหวงห้ามทางกฎหมาย

จากผลการสำรวจธรณีวิทยา ธรณีวิทยาแหล่งแร่ ในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย “บ้านเก่า” สามารถกำหนดพื้นที่คัดสรรย่อย ได้ 4 พื้นที่ คือ “บ้านพุอีเรือง”, “เขาพุอีกัง”, “ห้วยแห้ง” และ “บ้านพุม่วง” โดยได้เลือก พื้นที่คัดสรร “ห้วยแห้ง” ที่ตั้งอยู่ในท้องที่ ตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง มีพื้นที่ประมาณ 41 ตารางกิโลเมตร และ พื้นที่ “บ้านพุม่วง” ที่ตั้งอยู่ในท้องที่ ตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง คาบเกี่ยวกับ ตำบลจระเข้เผือก อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่ประมาณ 27 ตารางกิโลเมตร เพื่อดำเนินการสำรวจในขั้นรายละเอียด พบว่าในพื้นที่ทั้งสองมีกลุ่มธาตุหายากรวม 16 ชนิดธาตุสะสมตัวรวมกันอยู่ในชั้นดินและชั้นหินแกรนิตผุ ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยปริมาณของกลุ่มธาตุหายากเบา (ประกอบด้วย La, Ce และ Nd เป็นหลัก) พบในสัดส่วน (~80%) ที่สูงกว่าปริมาณกลุ่มธาตุหายากหลัก (ประกอบด้วย Y เป็นหลัก) โดยปริมาณความเข้มข้นรวมของธาตุหายากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกและตามระดับการผุพังของชั้นหิน ซึ่งบ่งชี้ถึงรูปแบบการเกิดแหล่งแร่แบบผุพังอยู่กับที่ที่สัมพันธ์กับกระบวนการดูดซับไอออน (ion adsorption) เป็นหลัก โดยปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวมเบื้องต้นประเมินได้ประมาณ 6,200 เมตริกตันโลหะในพื้นที่แหล่งแร่ “บ้านพุม่วง” และประมาณ 18,400 เมตริกตันโลหะในพื้นที่แหล่งแร่ “ห้วยแห้ง” ตามลำดับ ซึ่งระดับความน่าเชื่อถือในการประเมินเทียบเท่ากับ “ปริมาณทรัพยากรแร่ ขั้นที่ 3ก (333)” ทั้งนี้ปริมาณแร่หนักที่ให้ธาตุหายากที่พบสะสมตัวในชั้นตะกอนทางน้ำนั้นมีปริมาณน้อยมากเกินว่าที่จะมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ

7.2 แนวทางบริหารจัดการ

7.2.1 แนวทางบริหารจัดการด้านเศรษฐกิจ

1) ในปัจจุบัน พื้นที่แหล่งแร่ทั้งสองพื้นที่นี้ควรอนุรักษ์ไว้เพื่อการพัฒนาในอนาคต เนื่องจากความสมบูรณ์เฉลี่ยของธาตุหายากยังอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ (<500 ppm) เมื่อเทียบกับพื้นที่แหล่งแร่ต้นแบบที่ดำเนินการอยู่ในประเทศจีน และการลงทุนทำเหมืองธาตุหายากลักษณะนี้จำเป็นต้องใช้ทุนดำเนินการที่สูงมากการพัฒนาแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากในบริเวณนี้จึงน่าจะยังไม่คุ้มทุน

2) ในอนาคตในกรณีที่จะส่งเสริมให้มีการพัฒนาแหล่ง ควรพิจารณาให้ผู้ประกอบการรายใหญ่เป็นผู้ดำเนินการ เนื่องจากต้องอาศัยกระบวนการทำสกัดที่ซับซ้อนและเทคโนโลยีการควบคุมผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระดับสูง จึงยังไม่เหมาะกับการดำเนินการโดยผู้ประกอบการรายย่อย

3) ควรมีการวางแผนงานศึกษาประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ของการเป็นแหล่งแร่เฟล์ดสปาร์ทุติยภูมิในบริเวณพื้นที่เชิงเขาทางซีกตะวันตกของพื้นที่แหล่งแร่ “ห้วยแห้ง” เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งแร่สำหรับผู้ประกอบการรายย่อย เนื่องจากลักษณะชั้นแร่เป็นชั้นดินทรายร่วนวางตัวอยู่ที่ระดับผิวดินตื้น สามารถทำได้ง่ายโดยไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยชั้นสูงมากนัก และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมค่อนข้างน้อยควบคุมได้ง่าย

7.2.2 แนวทางบริหารจัดการด้านวิชาการ

1) ควรส่งเสริมให้เป็นพื้นที่ศึกษาต้นแบบสำหรับศึกษาวิจัยต่อยอดในเชิงลึกถึงรูปแบบรายละเอียดของการเกิดแหล่งธาตุหายากแบบตกค้างสะสม เพื่อเปรียบเทียบกับแหล่งที่พัฒนาเป็นเหมืองแล้วในประเทศจีน และแหล่งที่กำลังจะพัฒนาเป็นเหมืองในประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ลาว และ เวียดนาม

2) ควรส่งเสริมให้เกิดข้อตกลงความร่วมมือแบบทวิภาคีระหว่างรัฐบาลไทยและพม่า เพื่อร่วมกันทำการสำรวจศึกษาเทือกหินแกรนิตตามแนวตะเข็บชายแดนในฝั่งพม่าเพิ่มเติม เพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาเป็นแหล่งธาตุหายากร่วมกัน เนื่องจากพื้นที่ศักยภาพสูงทางฝั่งประเทศไทยส่วนใหญ่ได้รับการประกาศเป็นพื้นที่หวงห้ามทางกฎหมายไปแล้ว

7.3 พื้นที่แหล่งแร่สำหรับการลงทุนพัฒนาเหมืองแร่ของภาคเอกชน

พื้นที่แหล่งแร่ที่เหมาะสมสำหรับการลงทุนพัฒนาเหมืองแร่ของภาคเอกชนในอนาคตเป็นพื้นที่แหล่งแร่ “ห้วยแห้ง” ทั้งนี้ควรทำการเจาะสำรวจหาความสมบูรณ์ของธาตุหายากในชั้นหินผุในระดับลึกเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการคำนวณความคุ้มทุนสำหรับการพัฒนาเป็นเหมืองต่อไป และควรมีการประสานกับชุมชนในท้องที่เพื่อชี้แจงผลได้ผลเสียจากการทำเหมือง รวมถึงสอบถามแนวความคิดเกี่ยวกับการฟื้นฟูและการใช้ประโยชน์พื้นที่หลังการทำเหมืองแร่

อนึ่ง ในหลายจุดของพื้นที่ “ห้วยแห้ง” โดยเฉพาะพื้นที่ในบริเวณที่ติดเชิงเขาซีกตะวันตก สามารถพบผลึกเฟล์ดสปาร์ (ขนาด 0.5 – 3 เซนติเมตร) หลุดร่วงจากหินเดิมปะปนในเนื้อดินส่วนบนในสัดส่วนที่สูง มีเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นเหมืองแร่ขนาดเล็กได้ โดยสามารถทำเหมืองในลักษณะคล้ายกับการทำบ่อทรายก่อสร้าง ซึ่งสามารถปาดชั้นดินมาแต่งล้างแยกเฟล์ดสปาร์ออกมาได้ง่าย ทั้งนี้จำเป็นต้องสำรวจศึกษาเพิ่มเติมในแง่ของคุณสมบัติทางเคมีของผลึกเฟลค์สปาร์บริเวณนี้ว่าเหมาะกับการเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมประเภทใดได้บ้าง

7.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1) แม้ว่าแหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้เป็นฐานของการคำนวณจะมีความน่าเชื่อสูง ค่าปริมาณทรัพยากรจากการประเมินนี้ อาจยังคงมีความคลาดเคลื่อนแฝงอยู่ได้ เนื่องจากผลการขุดหลุมทดลอง ในการสำรวจที่ครั้งนี้ไม่สามารถขุดทะลุชั้นหินผุไปจนถึงชั้นหินสดได้ อันเป็นผลจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ ดังนั้นหากต้องการพัฒนาแหล่งแร่เพื่อการทำเหมืองต่อไปจะต้องทำการเจาะสำรวจให้ทะลุชั้นหินผุ เพื่อประเมินปริมาณสินแร่ในระดับลึก

2) ควรมีการทำการสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ ด้วยวิธี Electromagnetic Time Domain เพิ่มเติม โดยให้ครอบคลุมพื้นที่รองรับด้วยหินแกรนิต เพื่อประเมินความหนาของชั้นดินและหินผุในเบื้องต้น ควบคู่กับ Airborne radiometric ที่มีระยะห่างของแนวบินถี่ขึ้น สำหรับใช้ในการกำหนดพื้นที่ศักยภาพสูงของธาตุหายากที่มีรูปแบบการเกิดแบบตกค้างสะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้น

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี, 2550, ธรณีวิทยาประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง) (Geology of Thailand (2^{nd} ed.): กรมทรัพยากรธรณี, 628 หน้า.

กิ่งดาว เคลือบทอง, จำรูญ อุ้ยศิริไพศาล และคณะทำงานจัดทำและกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่, รายงานวิชาการ การจัดทำและกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่โลหะหนักและแร่โลหะหายากของประเทศไทย, กันยายน 2553, 64 หน้า.

จำรูญ อุ้ยศิริไพศาล, 2535, การสำรวจและวิจัยแร่และธาตุโลหะหายากในประเทศไทย, รายงานเศรษฐธรณีวิทยา ฉบับที่ 1/2536, ธันวาคม 2535, 93 หน้า.

พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, 2544, ราชบัณฑิตยสถาน, 384 หน้า.

สันติ ลีวงศ์เจริญ และสมาน จาตุรงควนิชย์, 2537, แผนที่ธรณีวิทยาระวางบ้านห้วยน้ำขาว (4836 IV) มาตราส่วน 1:50,000: กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาธาตุหายาก สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

Bao, Z. and Zhao, Z. (2008) Geochemistry of mineralization with exchangeable REE in the weathering crusts of granitic rocks in South China. *Ore Geol. Rev.,* **33**, 519-535.

Murakami, H. and Ishihara, S. (2008) REE mineralization of weathered crust and clay sediment on granitic rocks in the Sanyo belt, SW Japan and southern Jiangxi province, China. *Resource Geol.,* **58**, 373-401.

Pettijohn, 1956

Wu , C., Huang , D. and Guo, Z. (1990) REE geochemistry in the weathered crust of granites, Longnan area, Jiangxi province. *Acta Geol. Sinica,* **3**, 193-210.

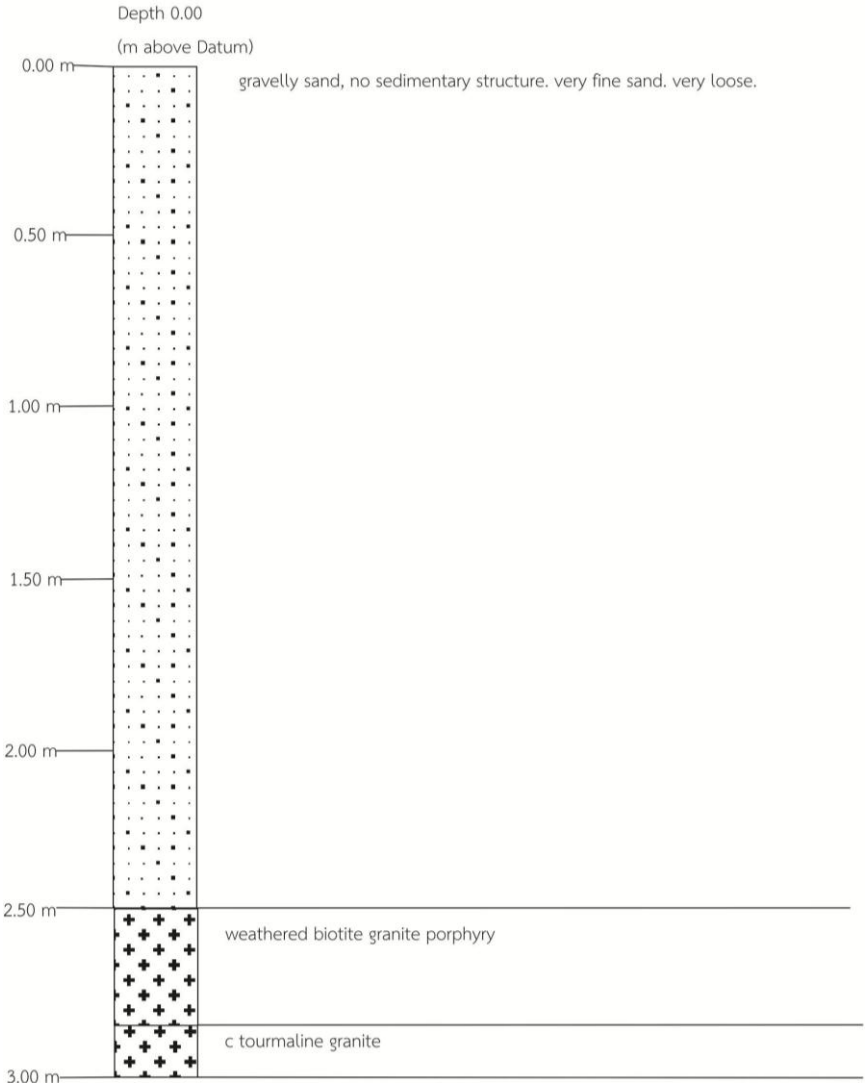
Wu, C, Yuan, Z. and Bai, G. (1996) Rare earth deposits in China. *In* Jones, A.P., Wall, F. and Williams, C.T., eds., *Rare Earth Minerals: Chemistry origin and ore deposits* (The Mineralogical Society Series, 7), Chapman&Hall, 281-310.

www.raremetalblog.com

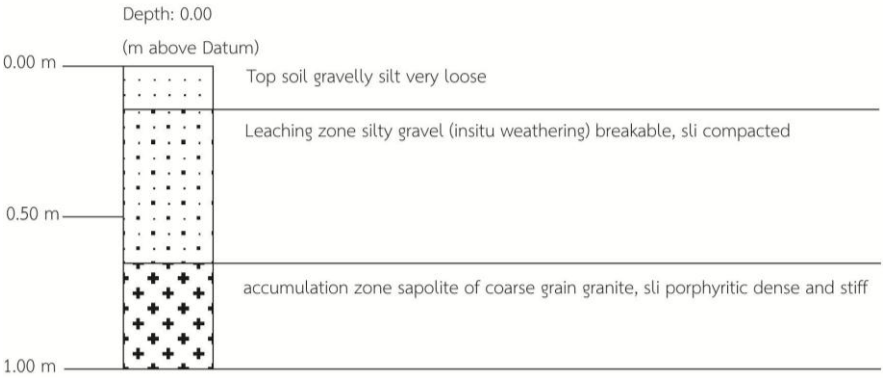
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก: ภาพสัญลักษณ์และคำบรรยายลักษณะตะกอนของหลุมขุดทดลอง ในพื้นที่คัดสรรย่อย “บ้านพุม่วง”

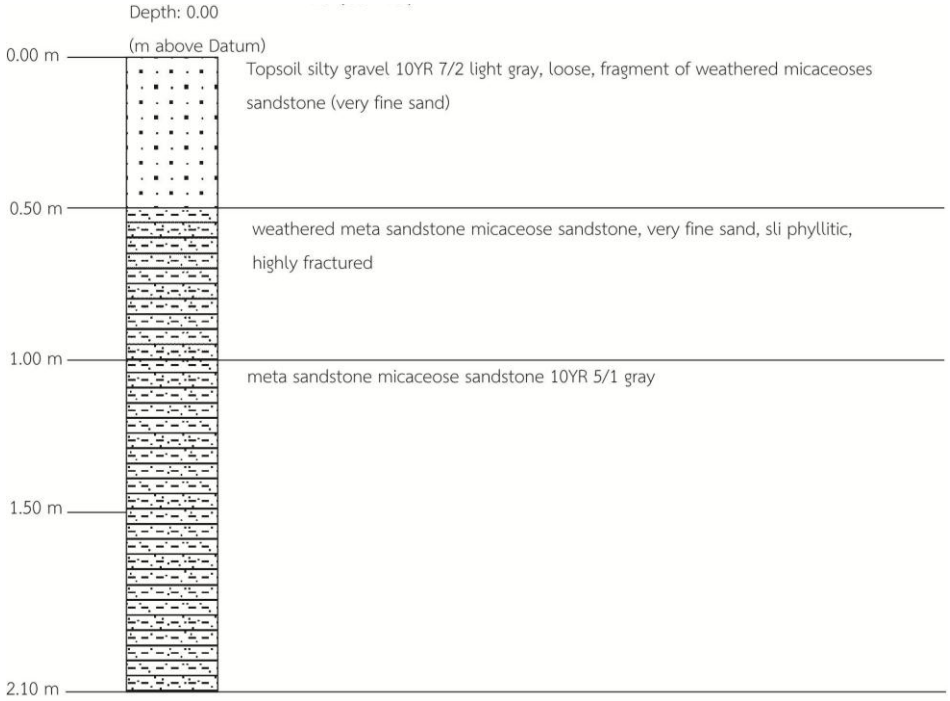
<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข P01</u>



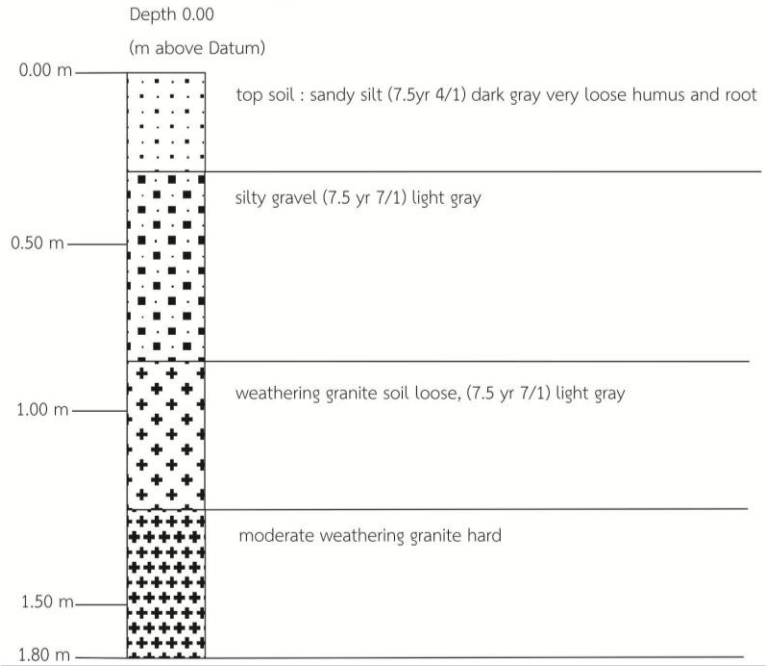
<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข P03</u>



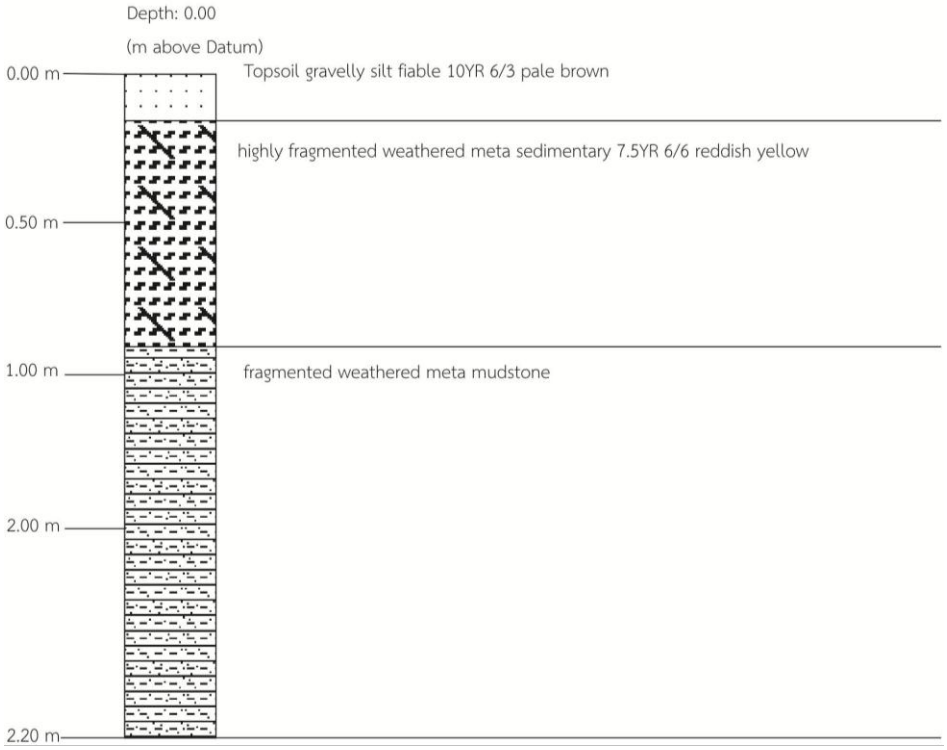
หลุมขุดทดลองหมายเลข P02



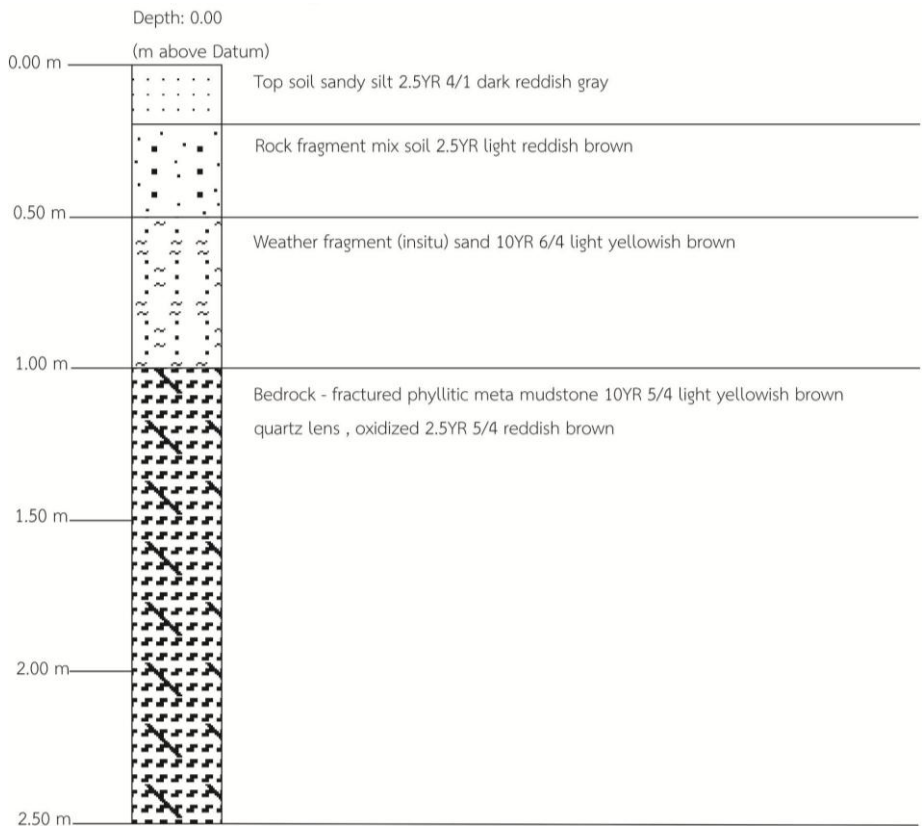
หลุมขุดทดลองหมายเลข P04



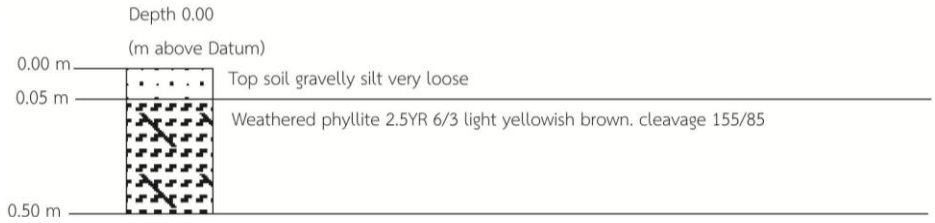
หลุมขุดทดลองหมายเลข P05



หลุมขุดทดลองหมายเลข P06

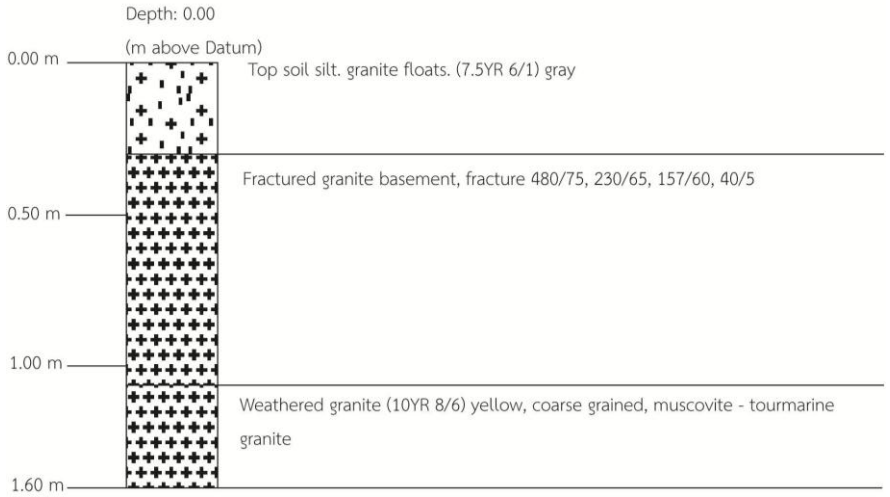


หลุมขุดทดลองหมายเลข P07



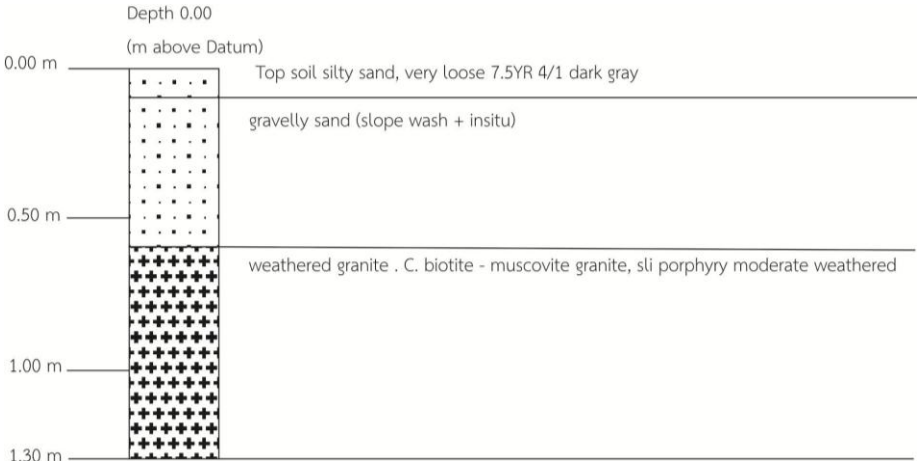
หลุมขุดทดลองหมายเลข P08

หลุมขุดทดลองหมายเลข P09

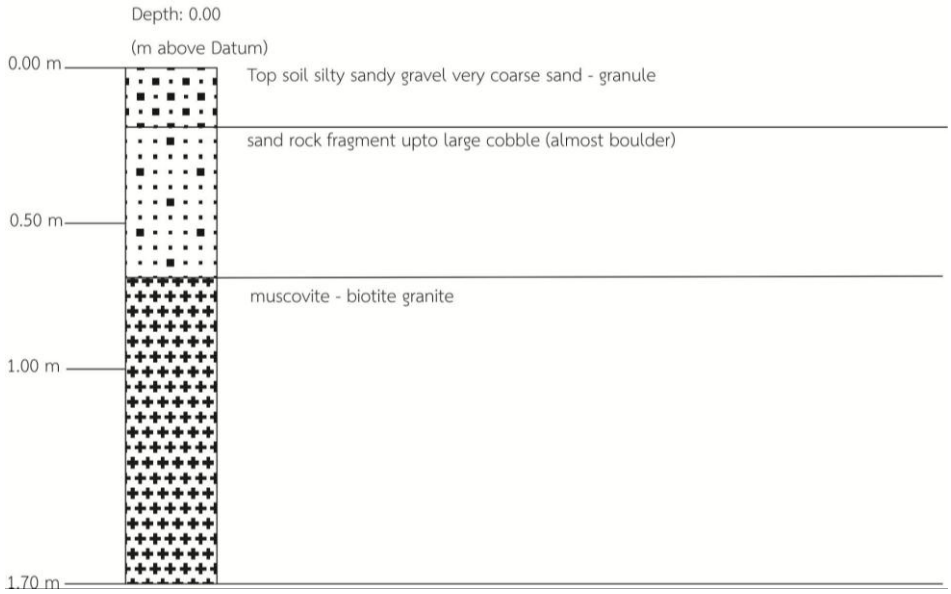


หลุมขุดทดลองหมายเลข P10

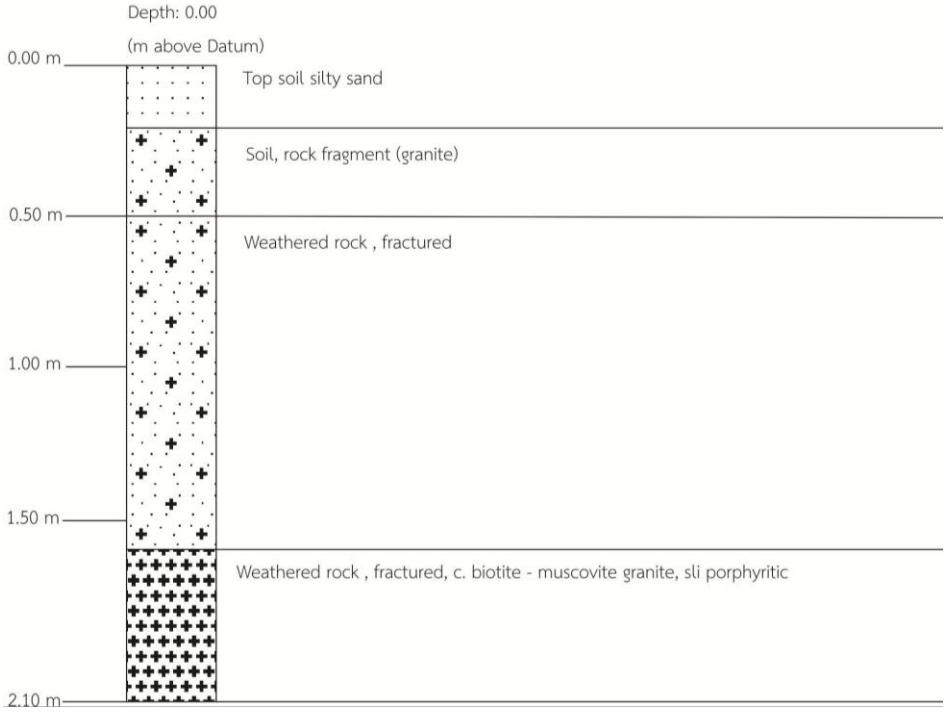
หลุมขุดทดลองหมายเลข P11



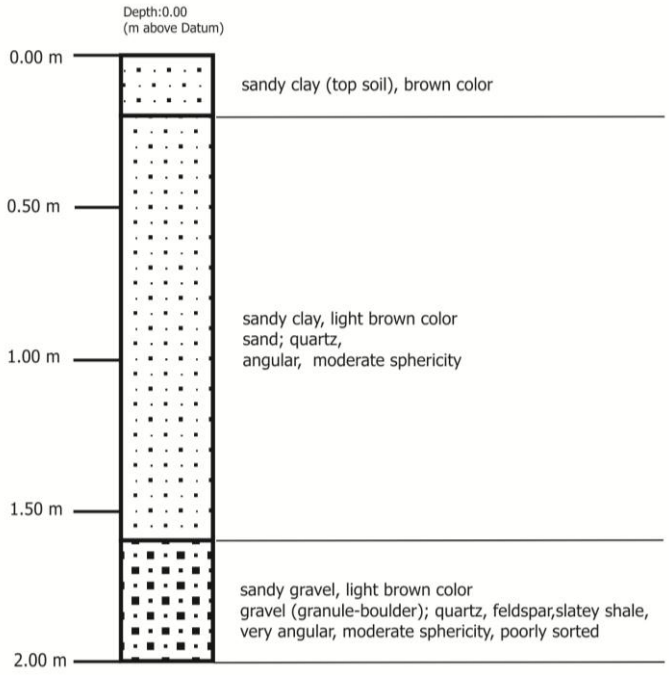
หลุมขุดทดลองหมายเลข P12



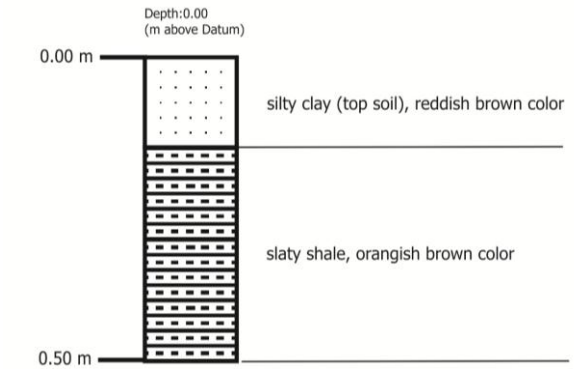
หลุมขุดทดลองหมายเลข P13



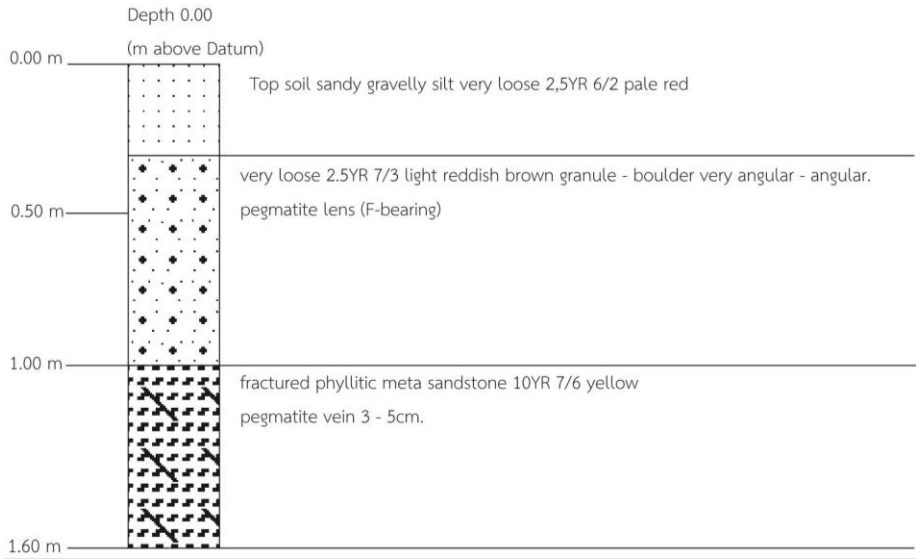
หลุมขุดทดลองหมายเลข P14



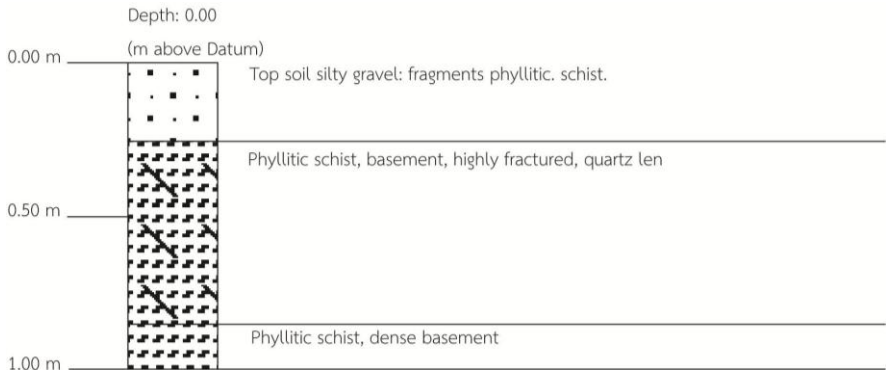
หลุมขุดทดลองหมายเลข P15



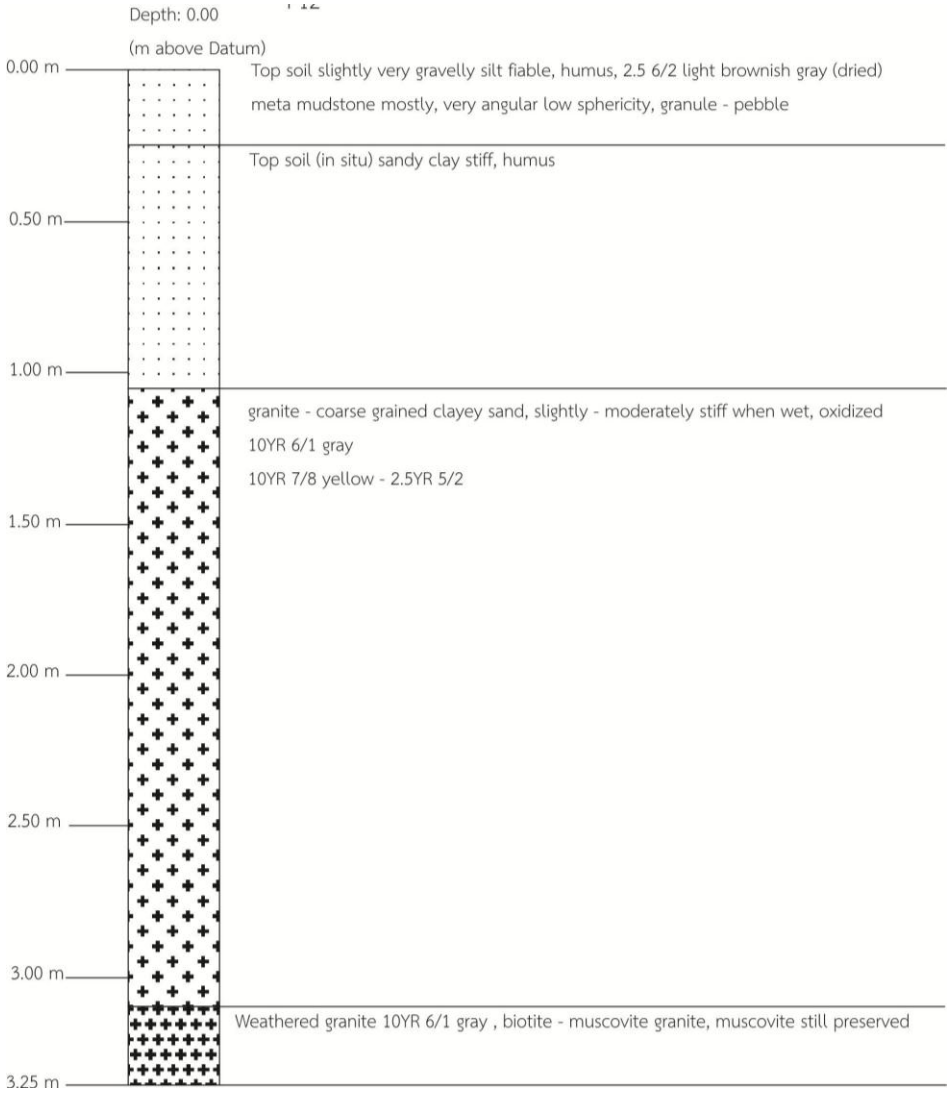
หลุมขุดทดลองหมายเลข P16



หลุมขุดทดลองหมายเลข P17

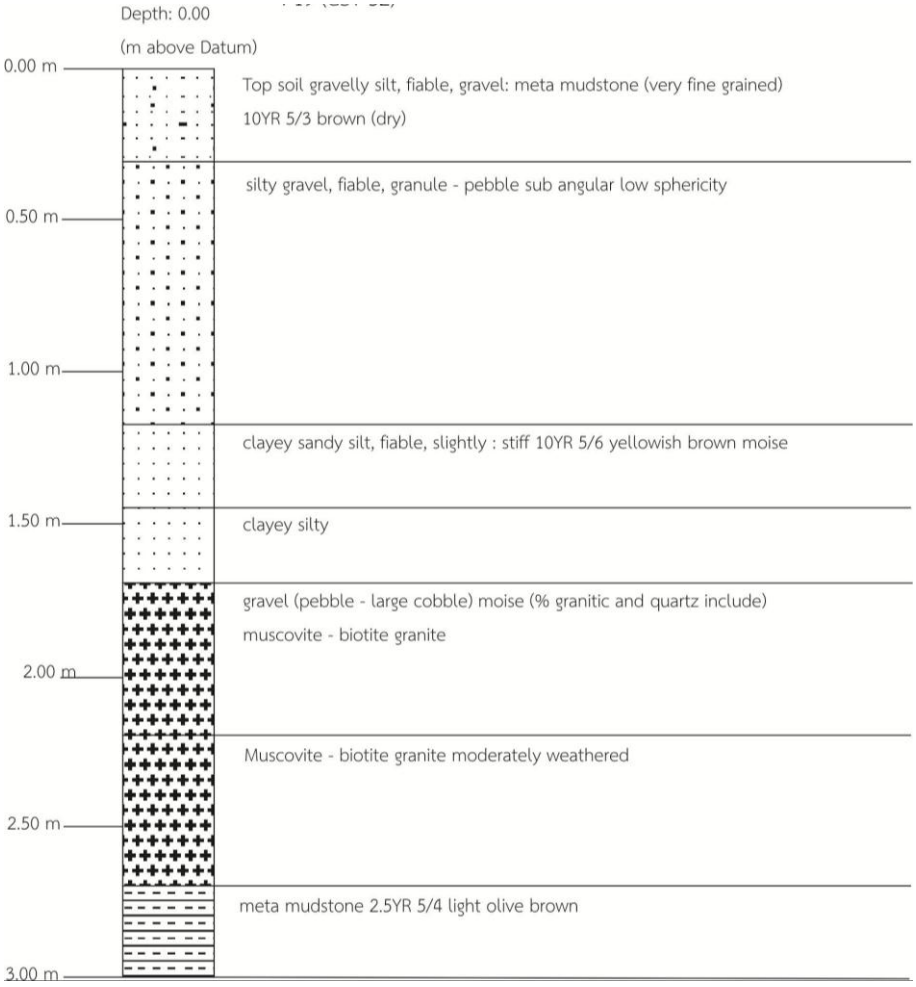


<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข P18</u>

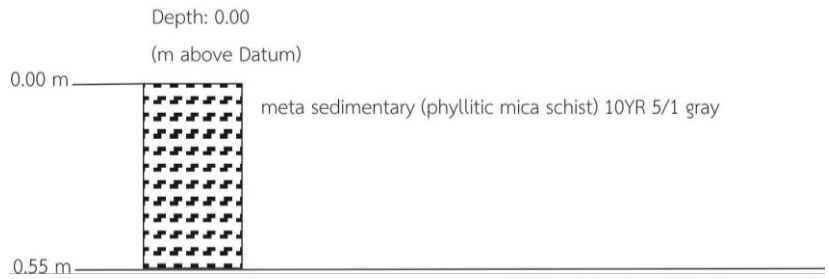


หลุมขุดทดลองหมายเลข P21

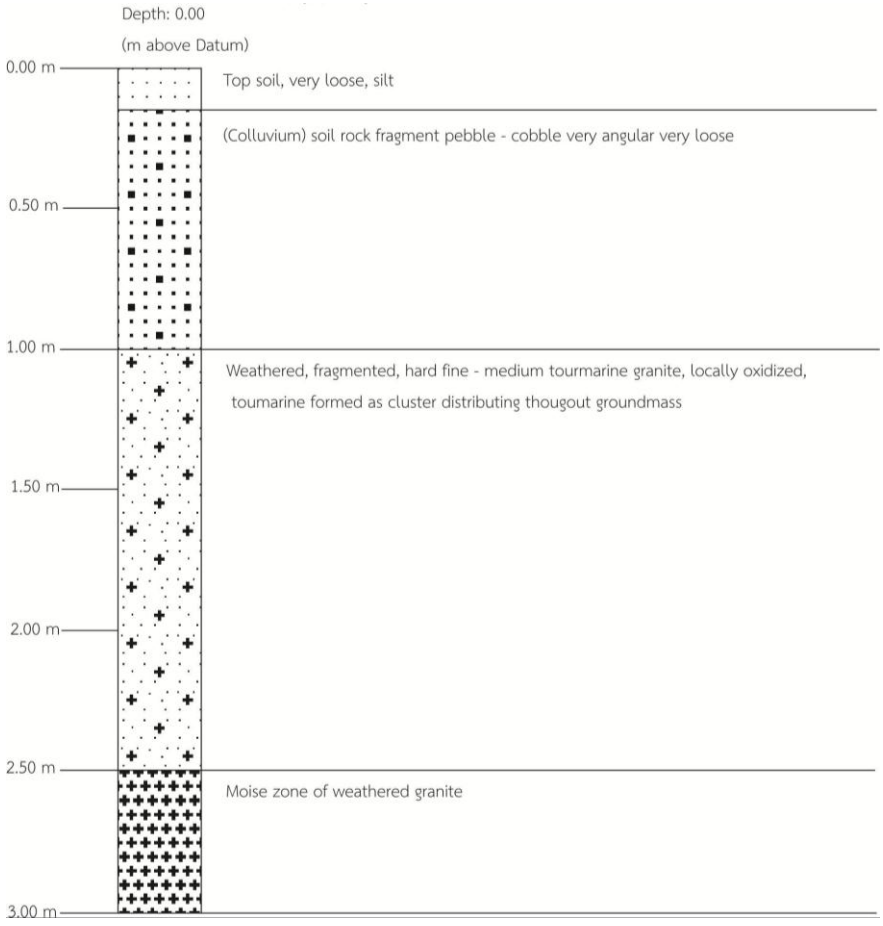
หลุมขุดทดลองหมายเลข P19



หลุมขุดทดลองหมายเลข P22

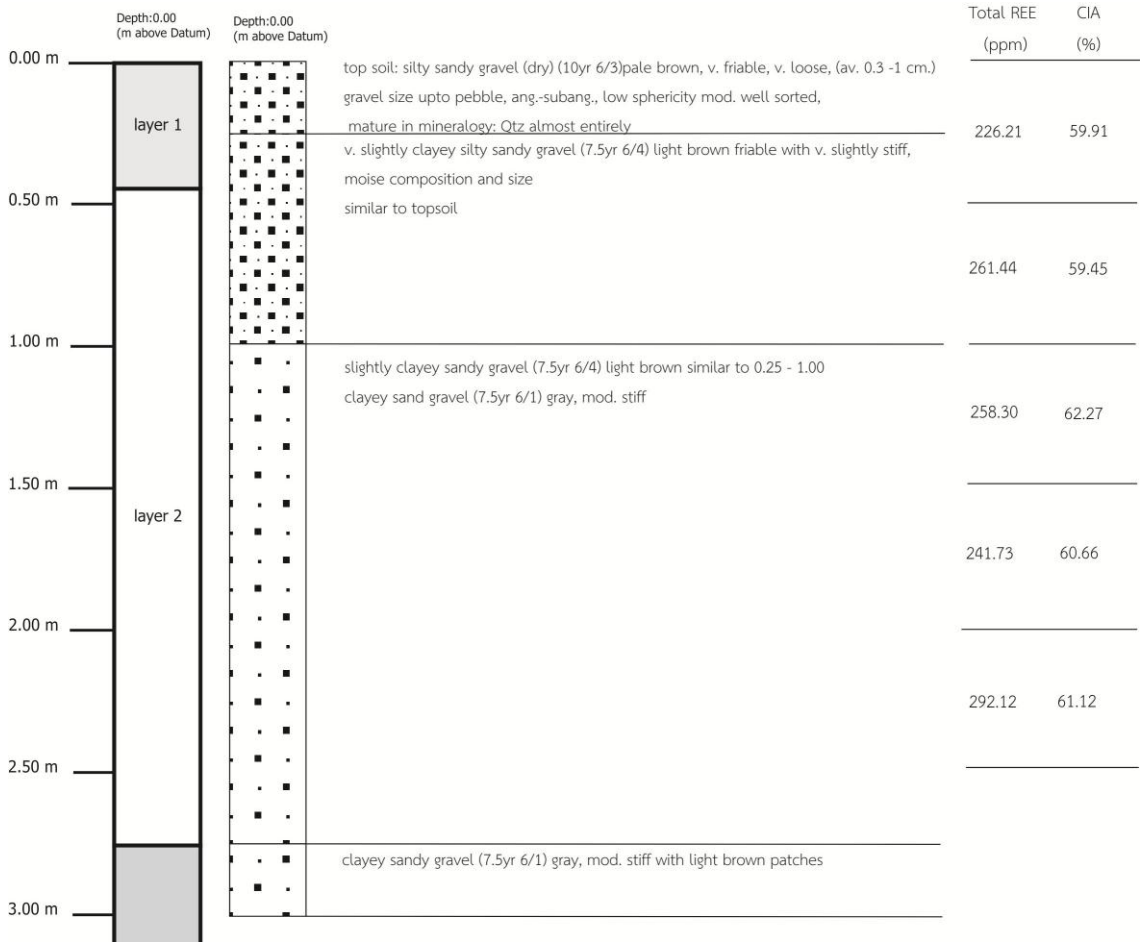


<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข P20</u>

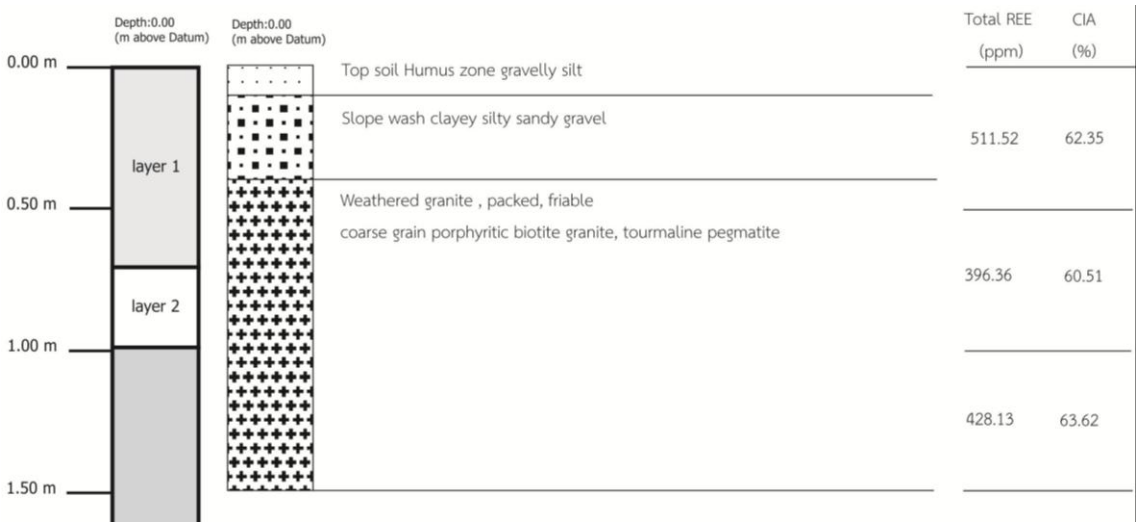


ภาคผนวก ข: ภาพสัญลักษณ์และคำบรรยายลักษณะตะกอนของหลุมขุดทดลอง ในพื้นที่คัดสรรย่อย “ห้วยแห้ง”

<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk01</u>

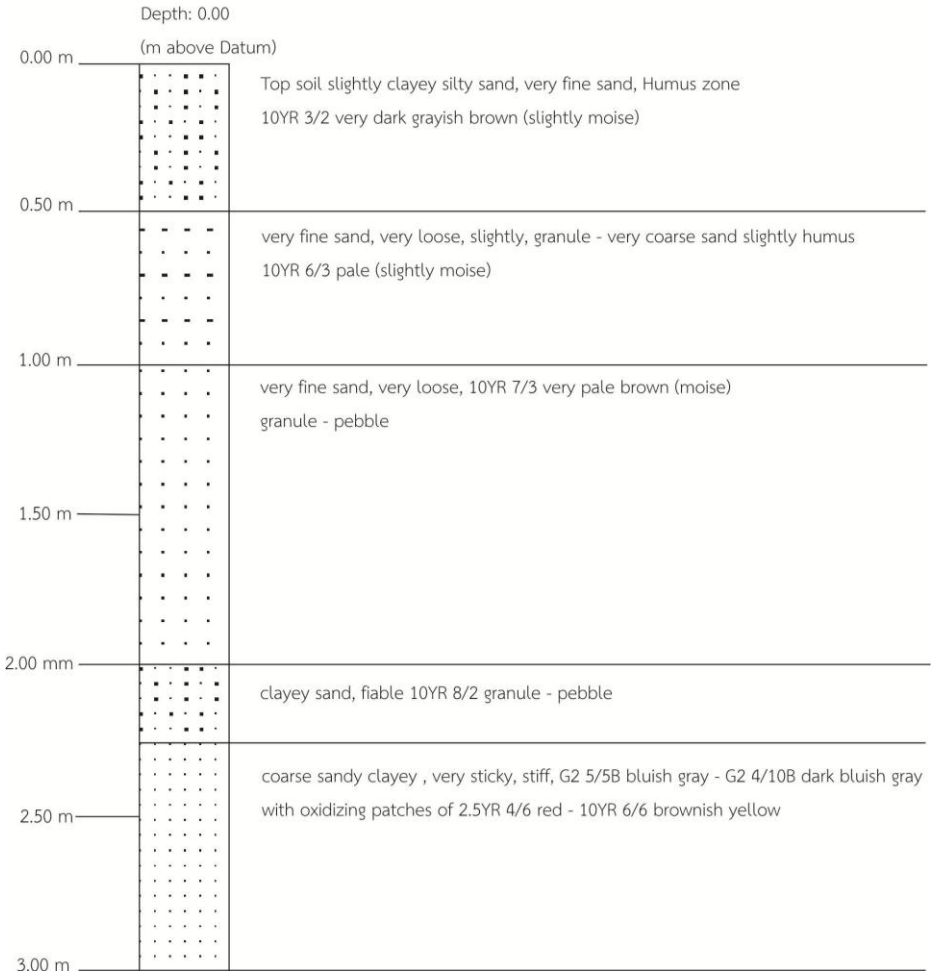


<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk03</u>

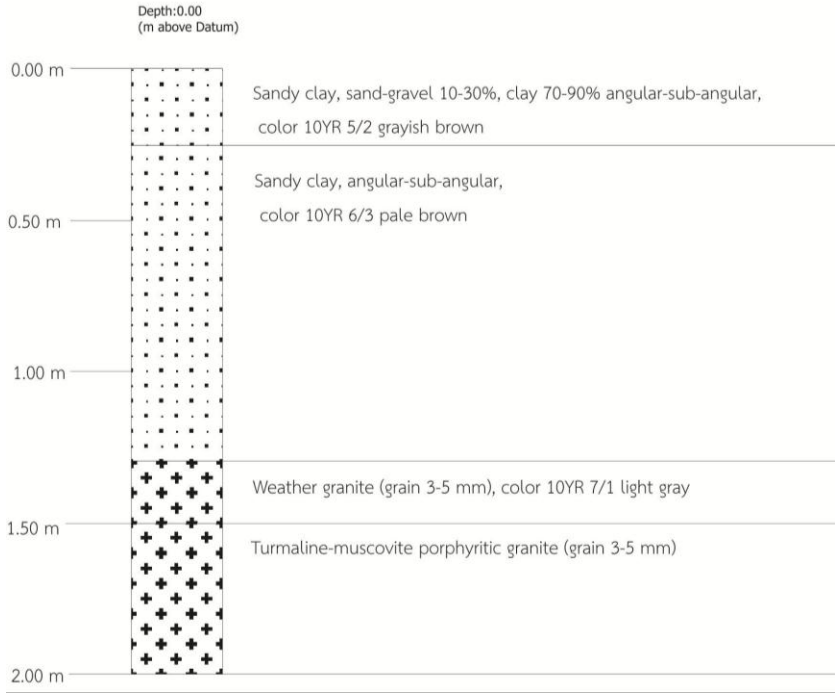


<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk02</u>

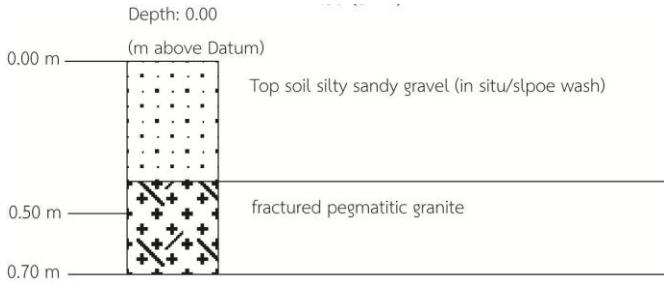
<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk04</u>



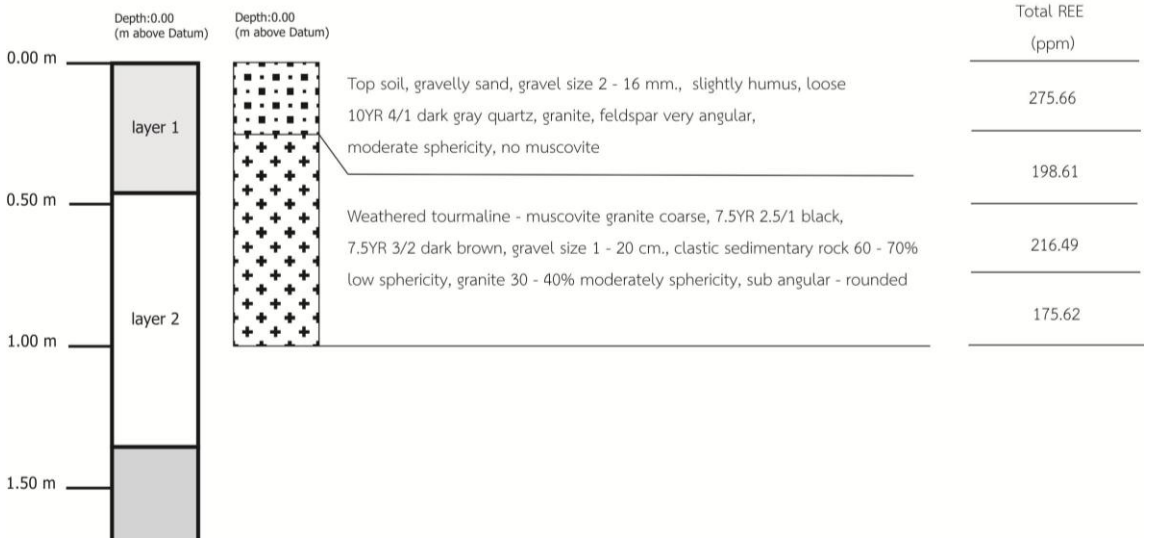
ลุมขุดทดลองหมายเลข Pk05



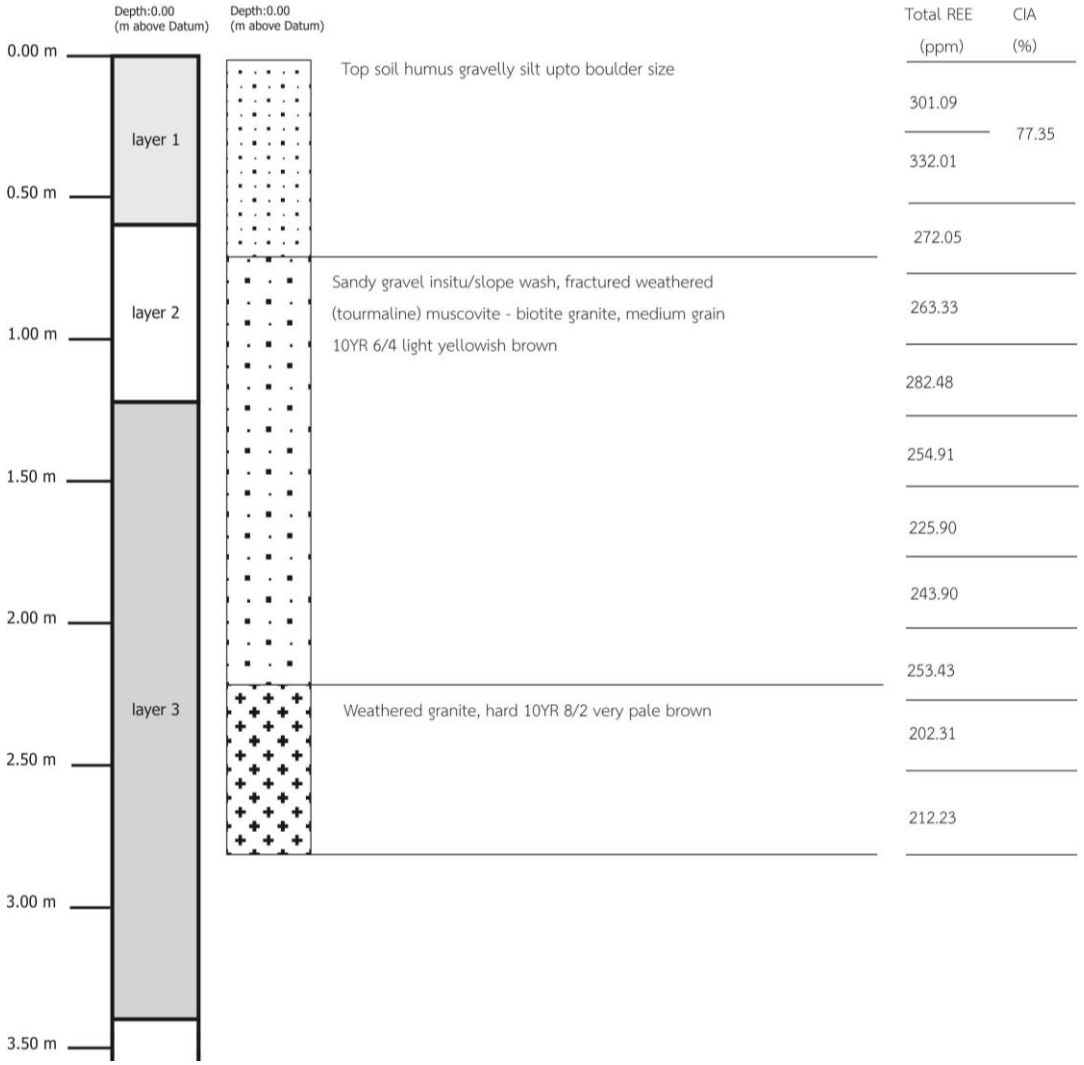
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk06



หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk08

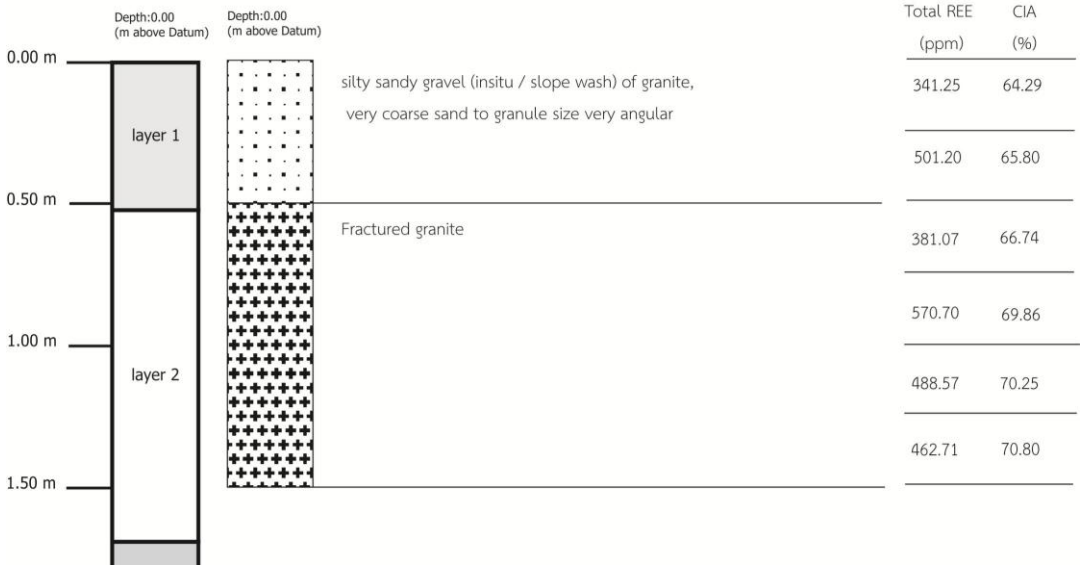


หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk07



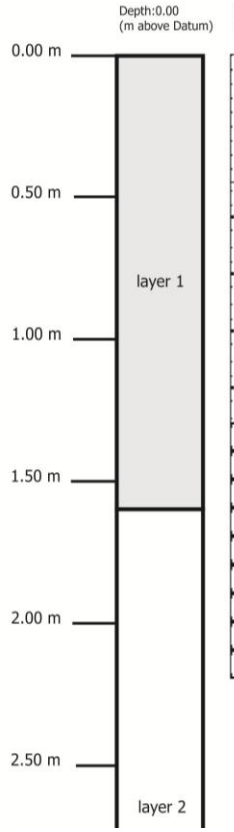
Total REE (ppm)	CIA (%)
301.09	77.35
332.01	
272.05	
263.33	
282.48	
254.91	
225.90	
243.90	
253.43	
202.31	
212.23	

หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk10



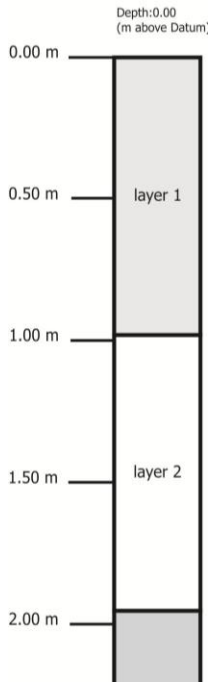
Total REE (ppm)	CIA (%)
341.25	64.29
501.20	65.80
381.07	66.74
570.70	69.86
488.57	70.25
462.71	70.80

หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk09



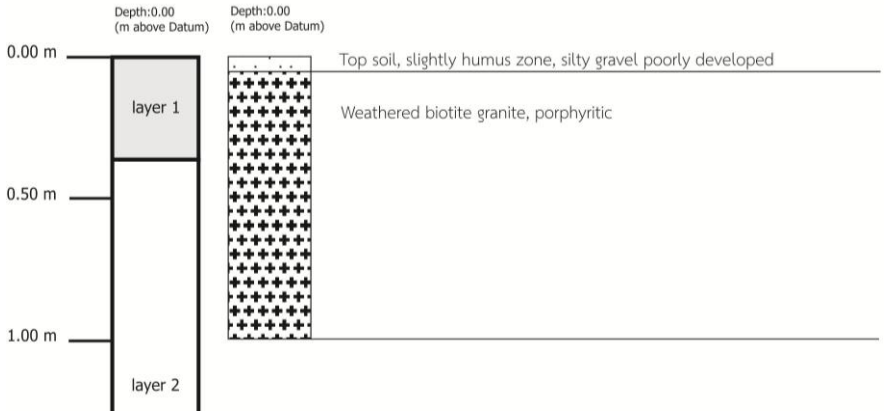
	Total REE (ppm)	CIA (%)
Top soil sandy silt, friable (0 - 0.20 m) humus zone 10YR 4/1 dark gray, grade 7.5YR 5/3 brown	253.55	64.62
	296.14	67.11
Silty sandy gravel, fiable 7.5YR 5/4 brown, very angular - small pebble, very angular : quartz and feldspar (insitu/slope wash)	377.83	66.39
Fractured weathered biotite granite, porphyritic. weathered pegmatite lens (quartz - feldspar, muscovite)	332.13	68.08
	331.54	68.44

หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk12



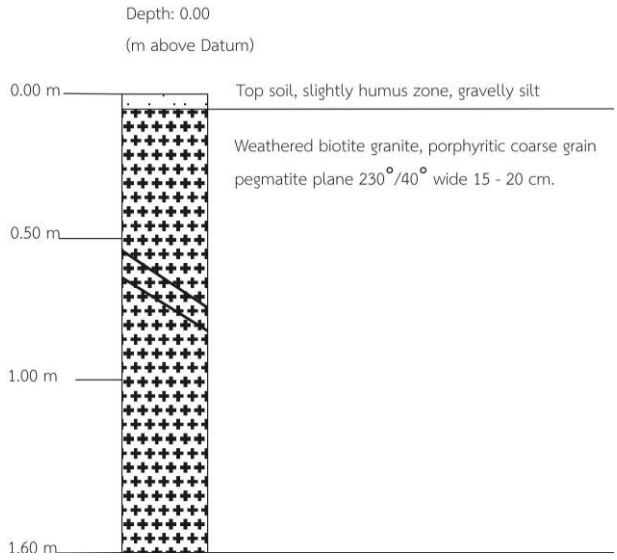
	Total REE (ppm)	CIA (%)
Top soil humus zone gravelly silt, very friable	297.88	62.83
Sandy gravel (granule - pebble), insitu weathered biotite granite, porphyritic	232.76	64.52
	309.33	68.14
	364.43	68.70
Pegmatite quartz - feldspar wide 10 - 15 cm. 15°/35°		
weathered biotite granite, porphyritic	454.48	73.39
	524.42	72.02

หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk13

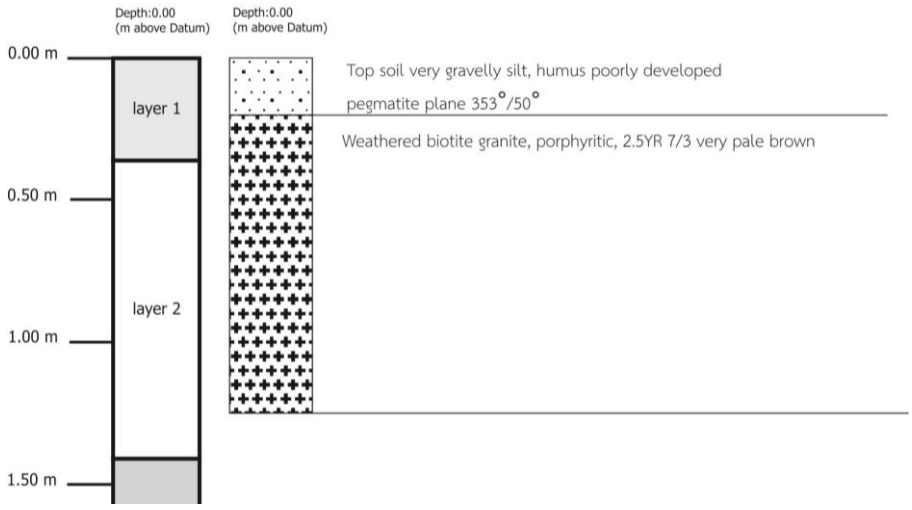


Total REE (ppm)	CIA (%)
214.59	62.37
179.73	62.72
224.61	65.50
431.65	68.31

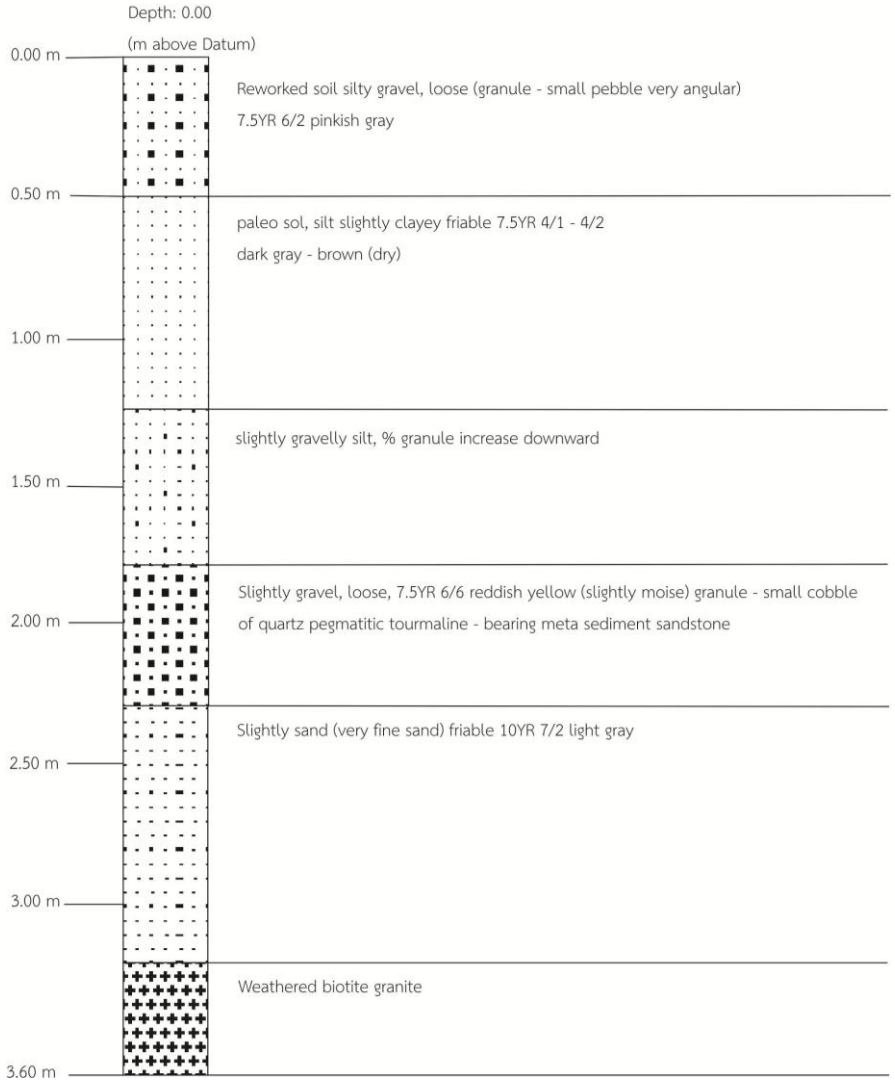
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk14



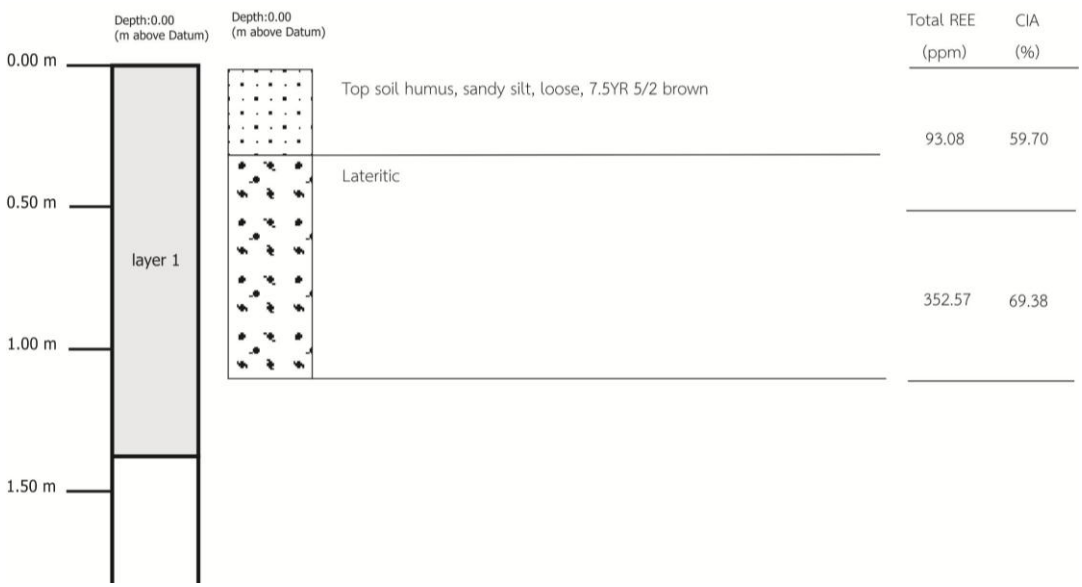
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk15



หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk16

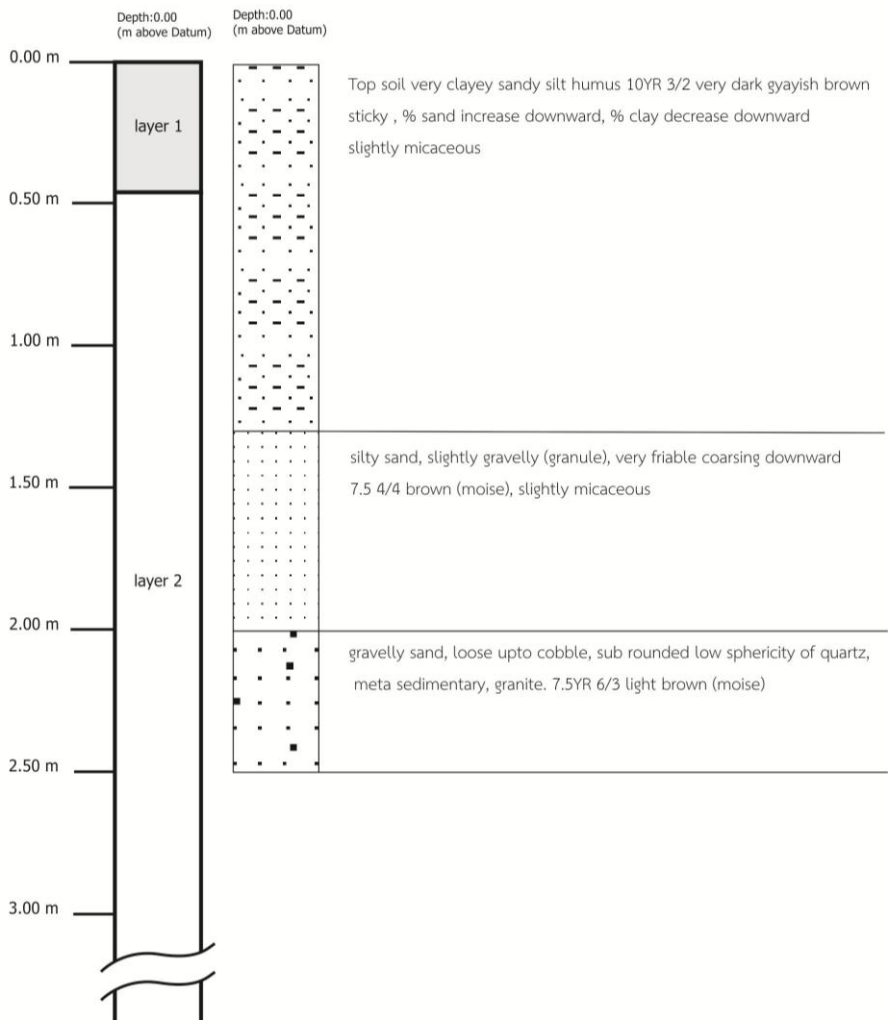


หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk20

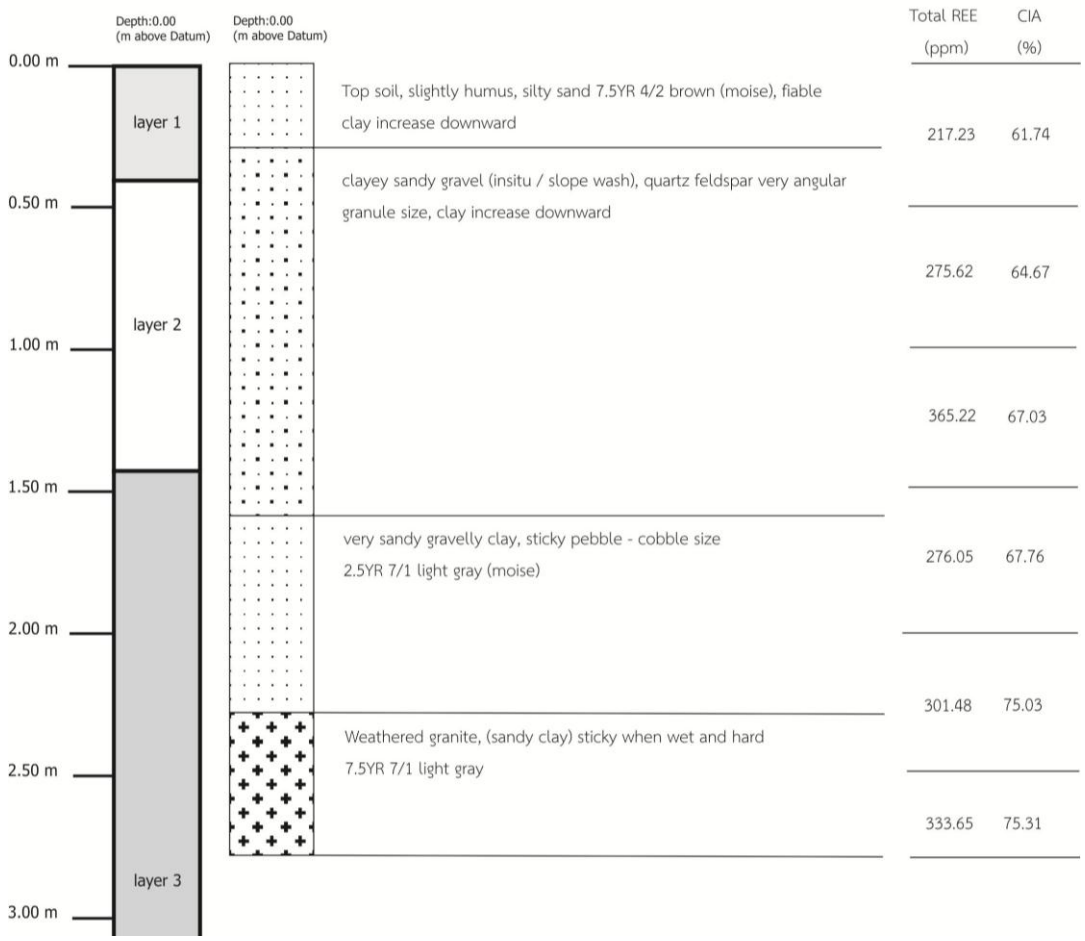


หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk17

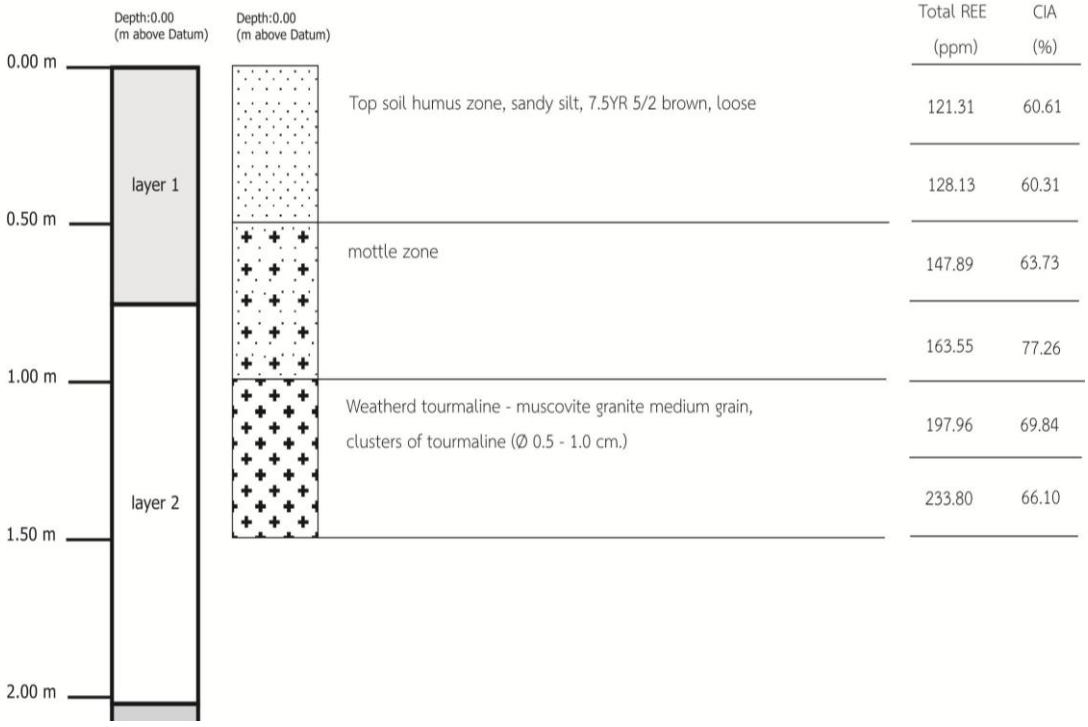
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk18



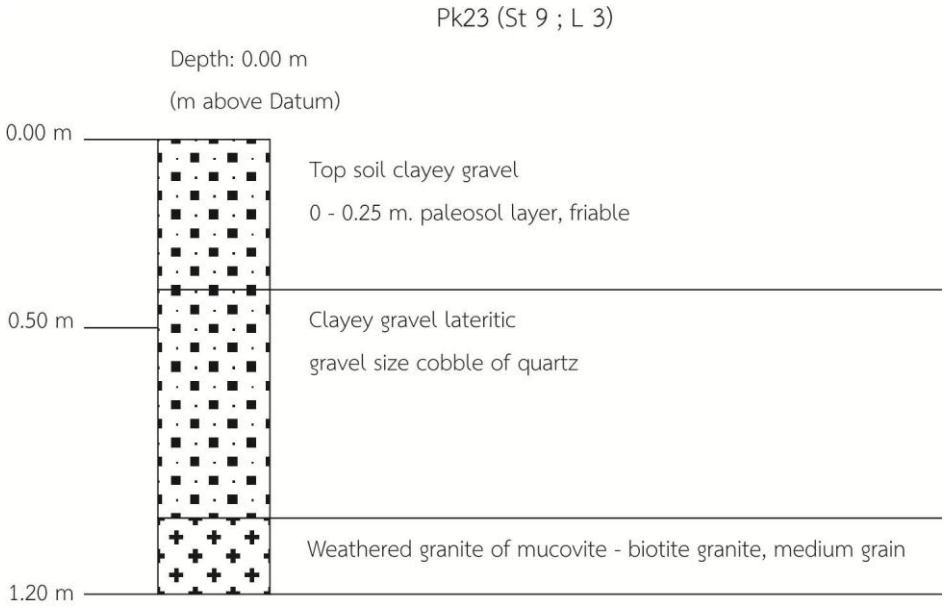
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk19



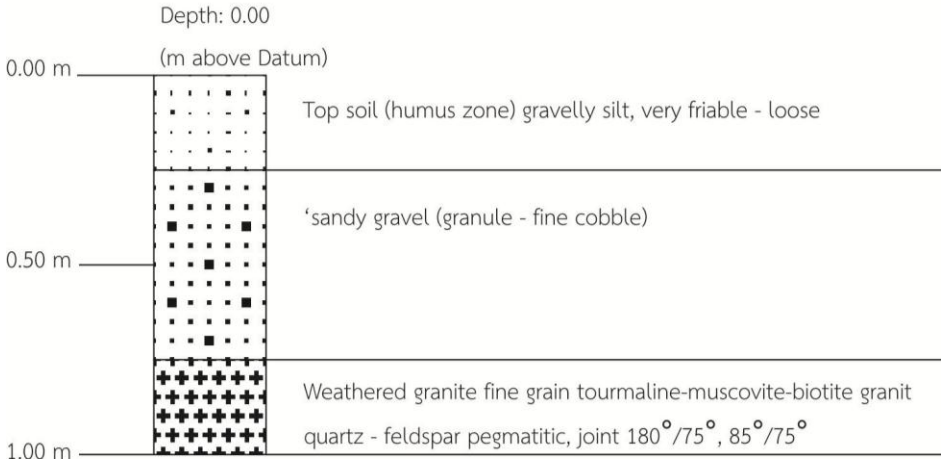
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk22



หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk23

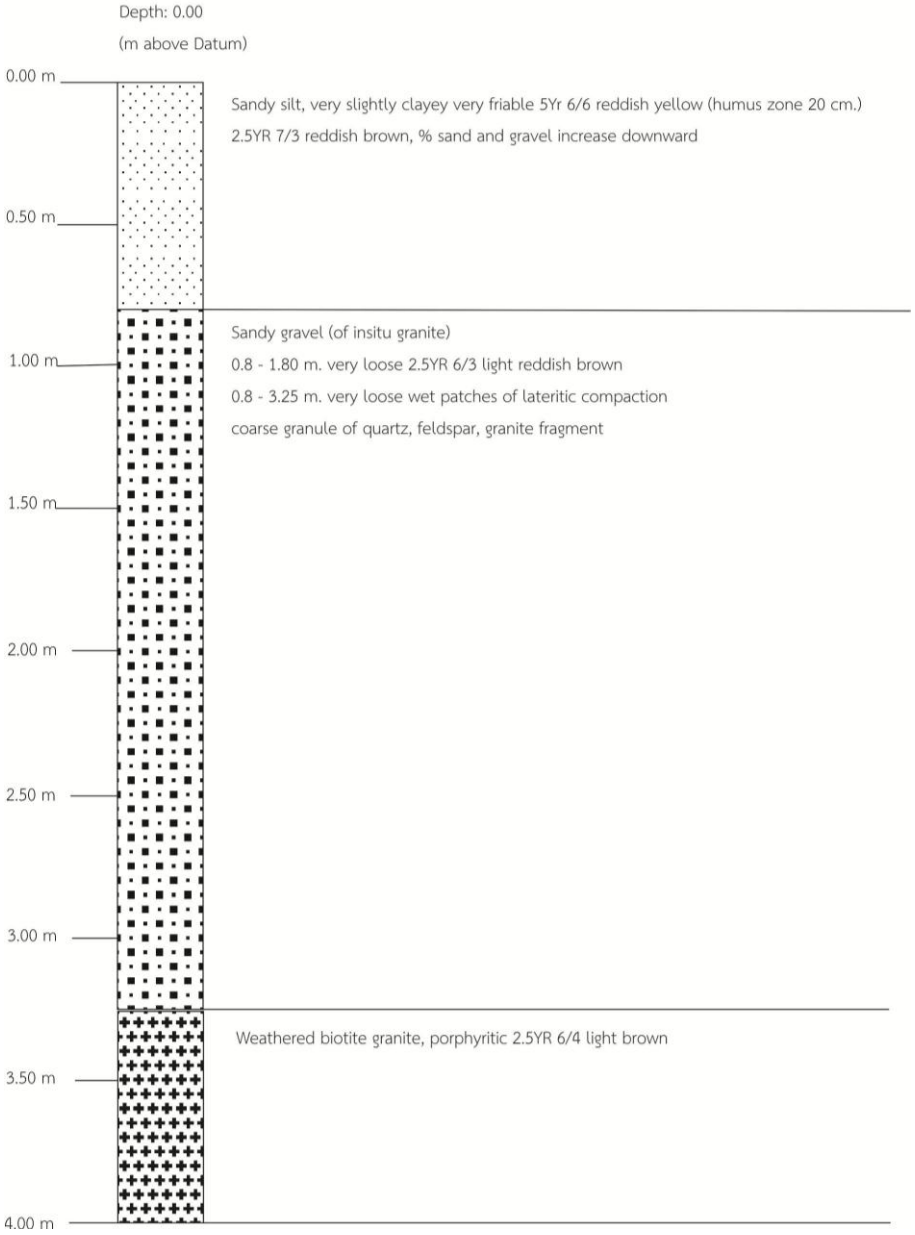


หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk24



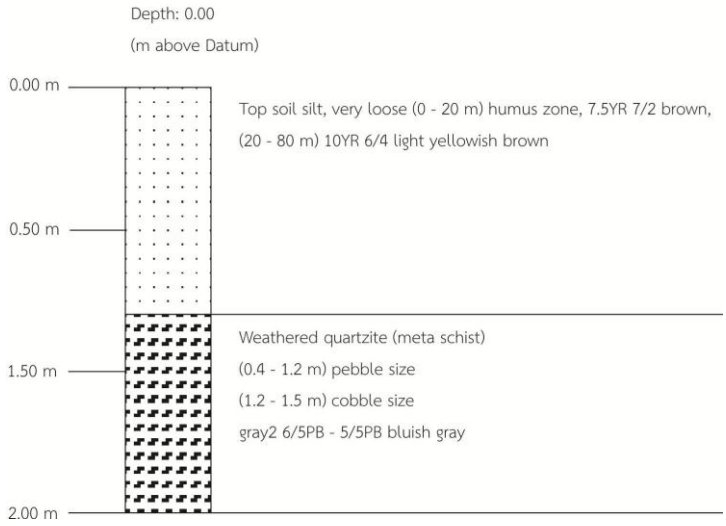
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk26

หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk25

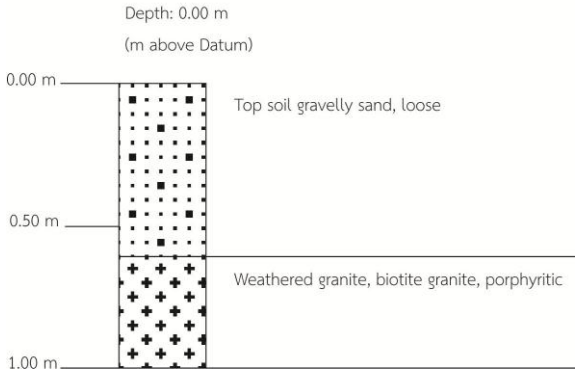


หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk27

หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk28

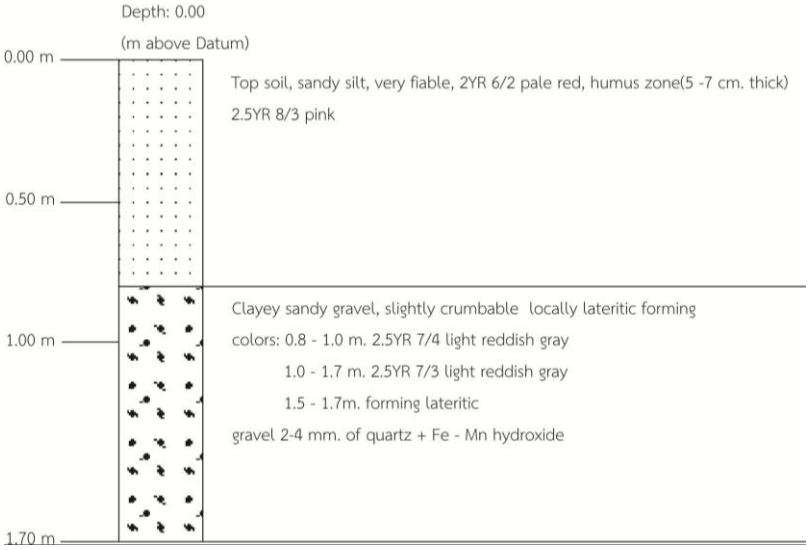


หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk29

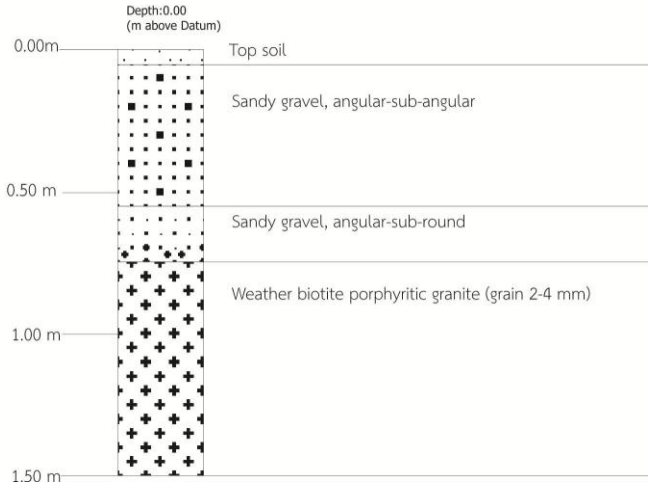


หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk30

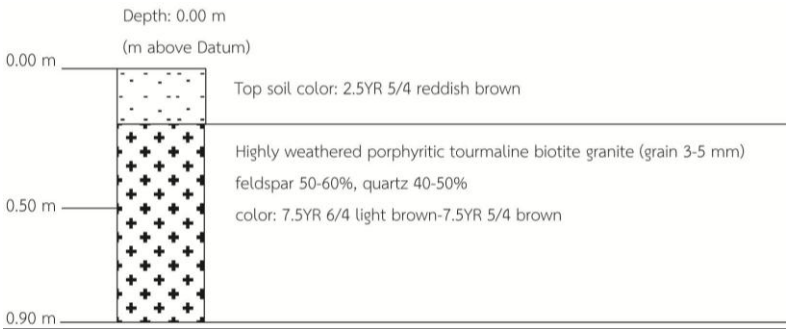
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk31



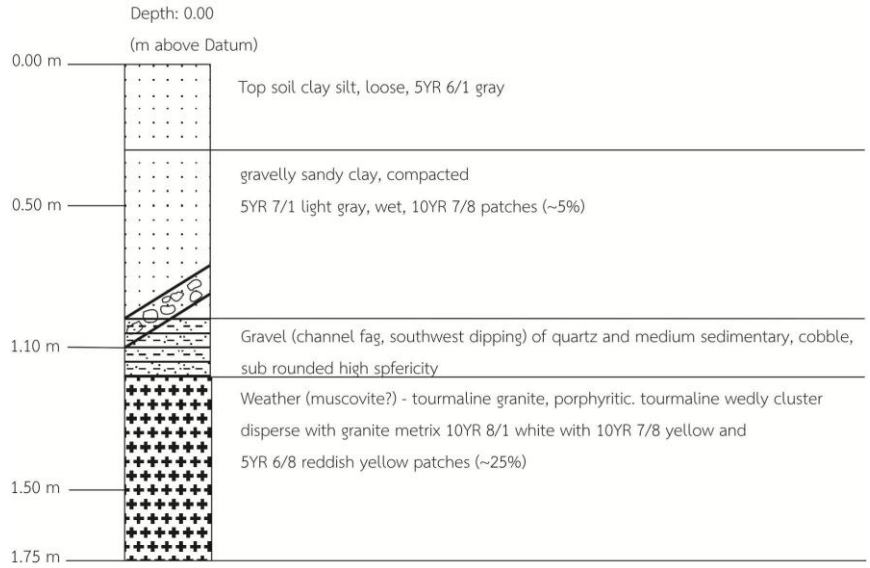
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk32



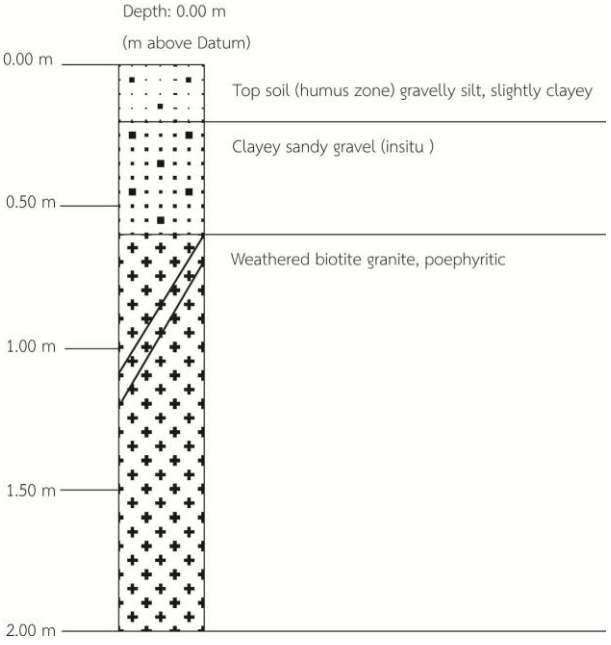
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk37



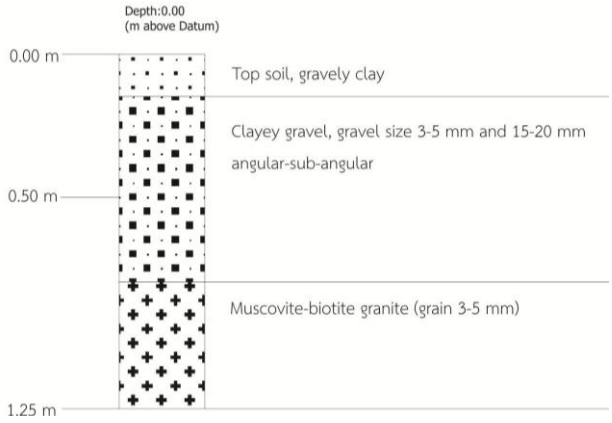
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk33



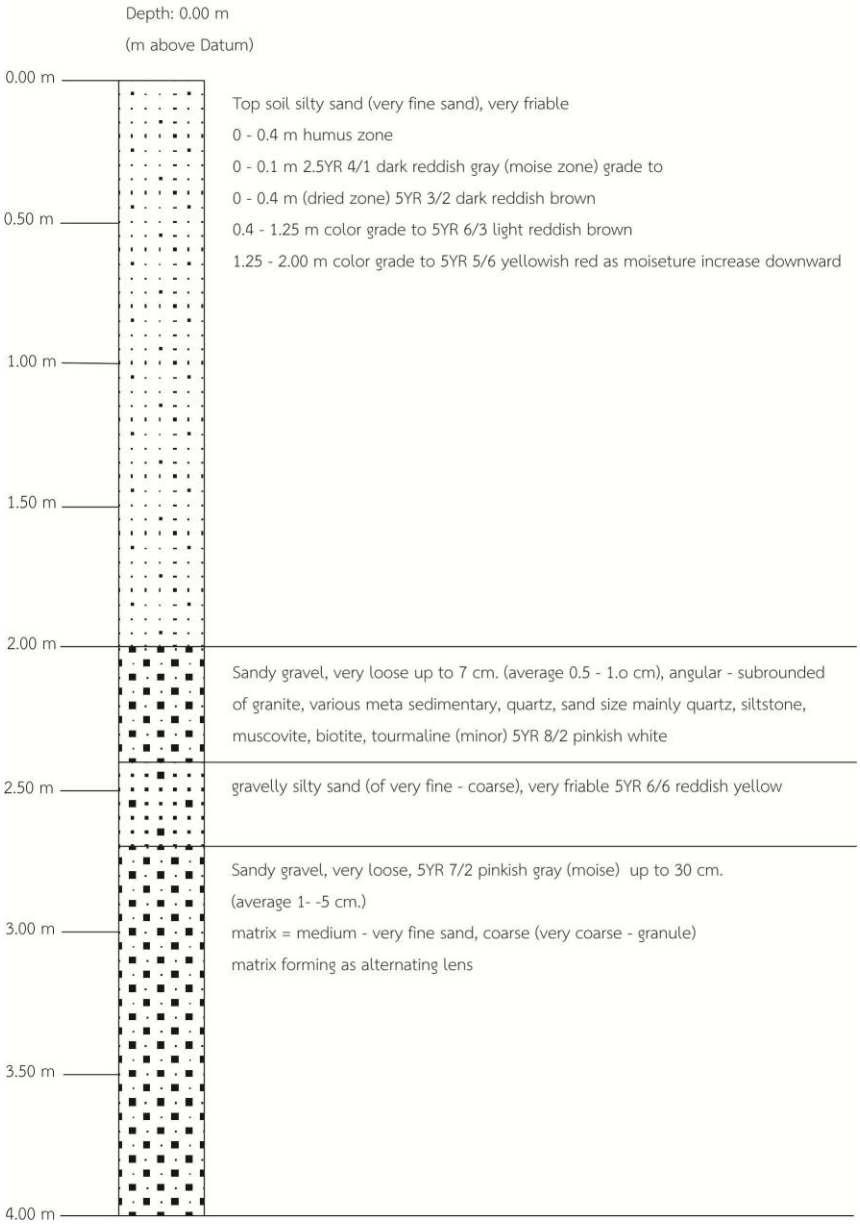
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk34



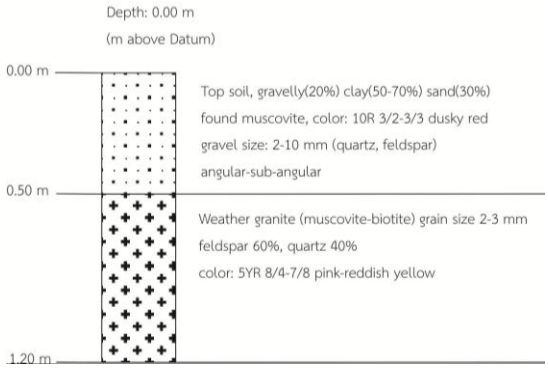
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk42



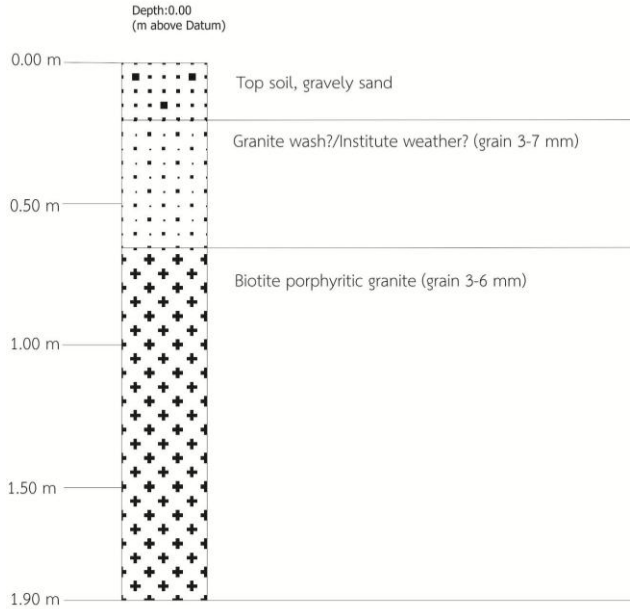
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk35



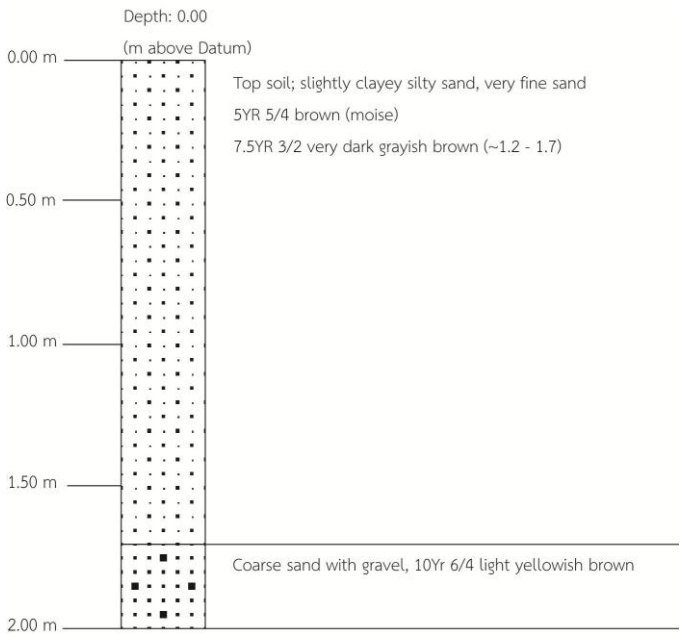
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk43



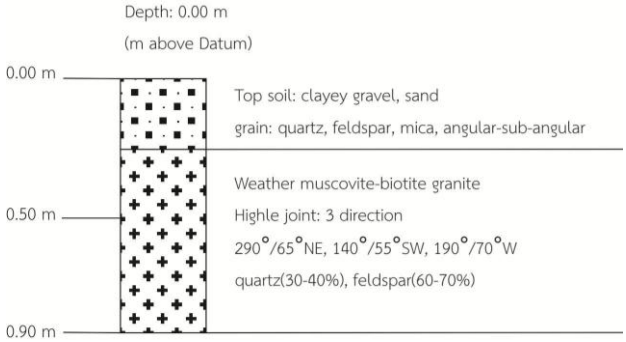
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk36



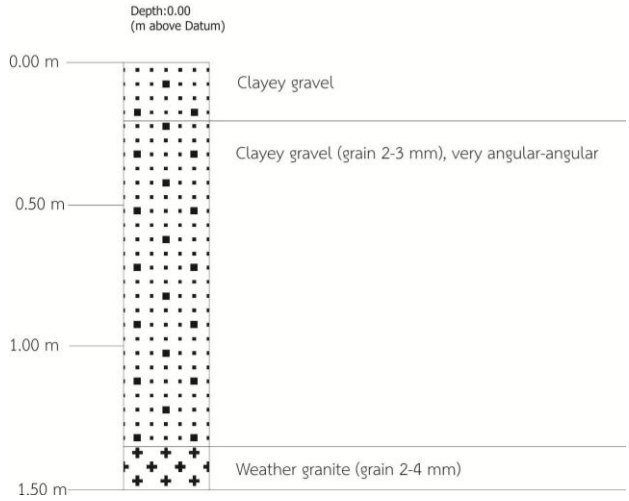
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk38



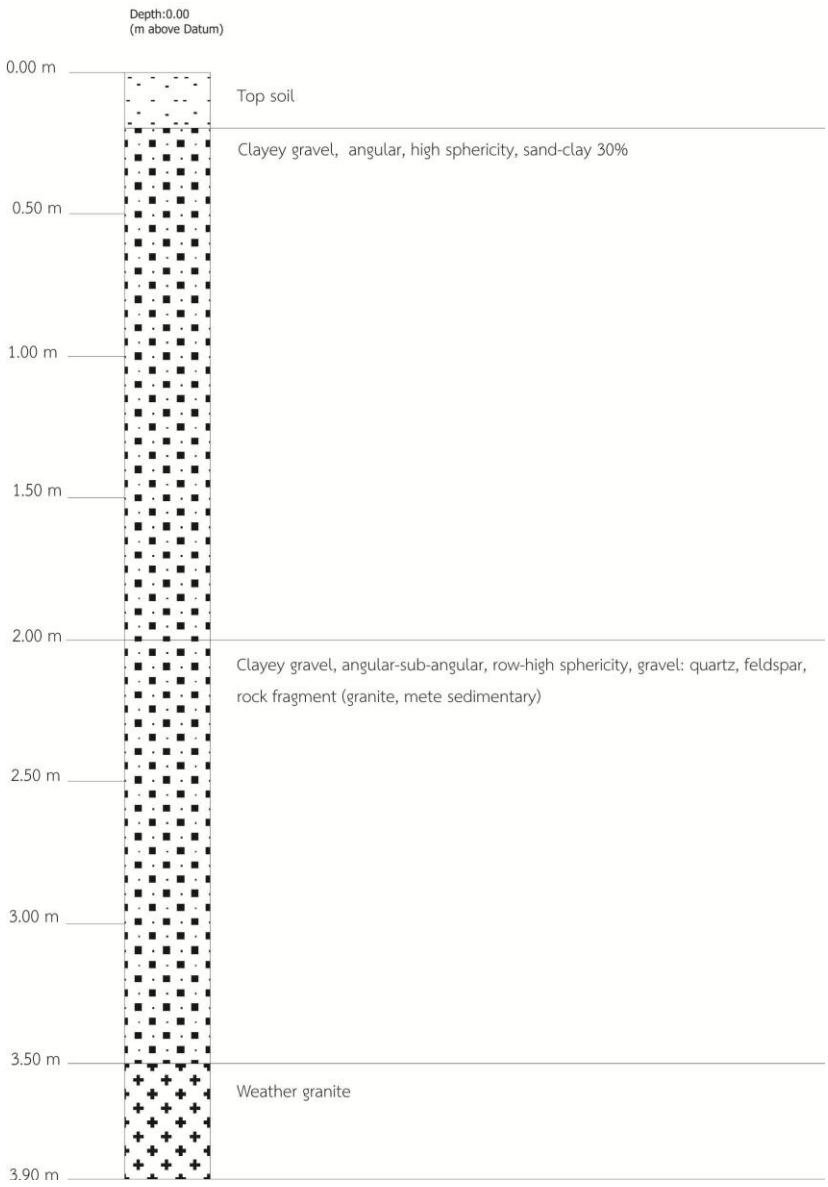
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk41



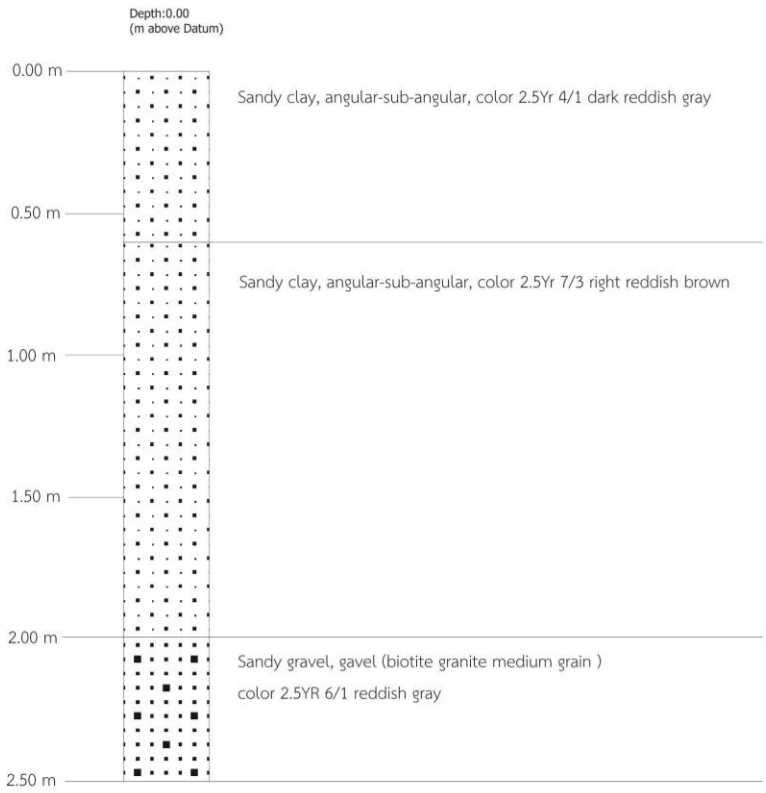
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk39



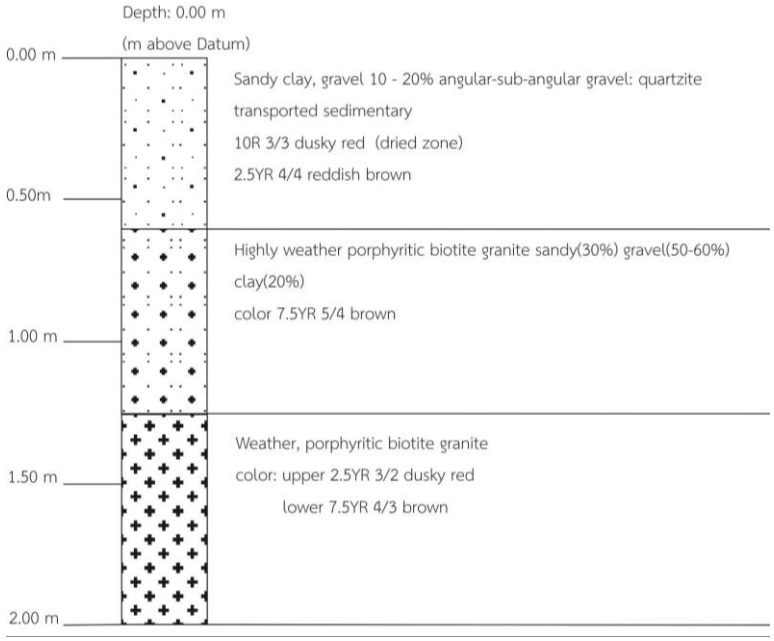
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk44



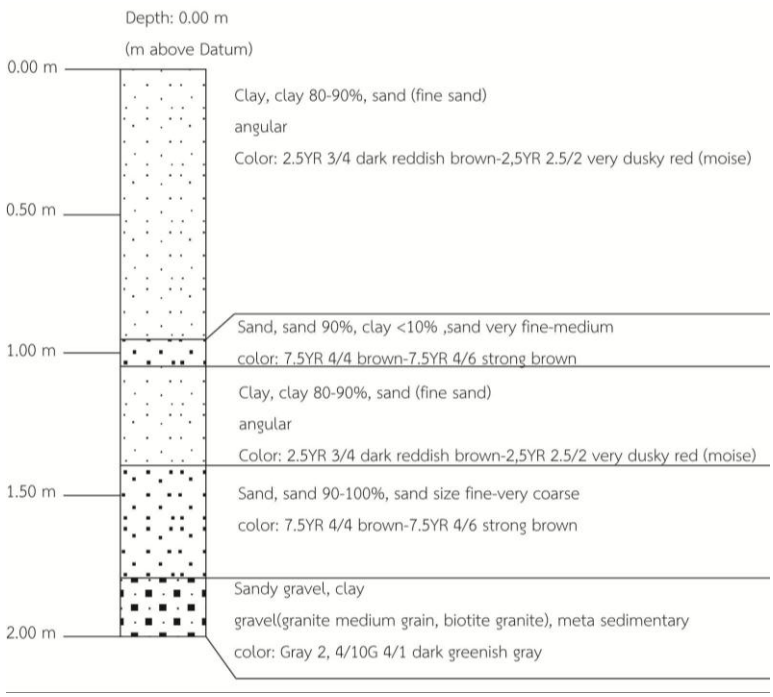
หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk40



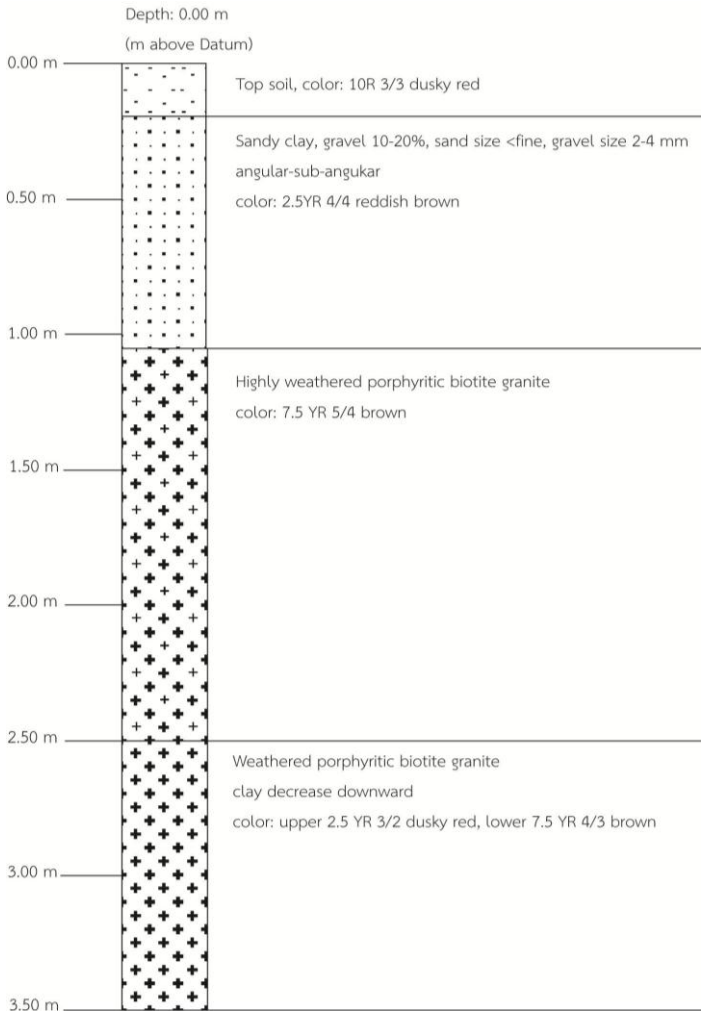
<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk45</u>



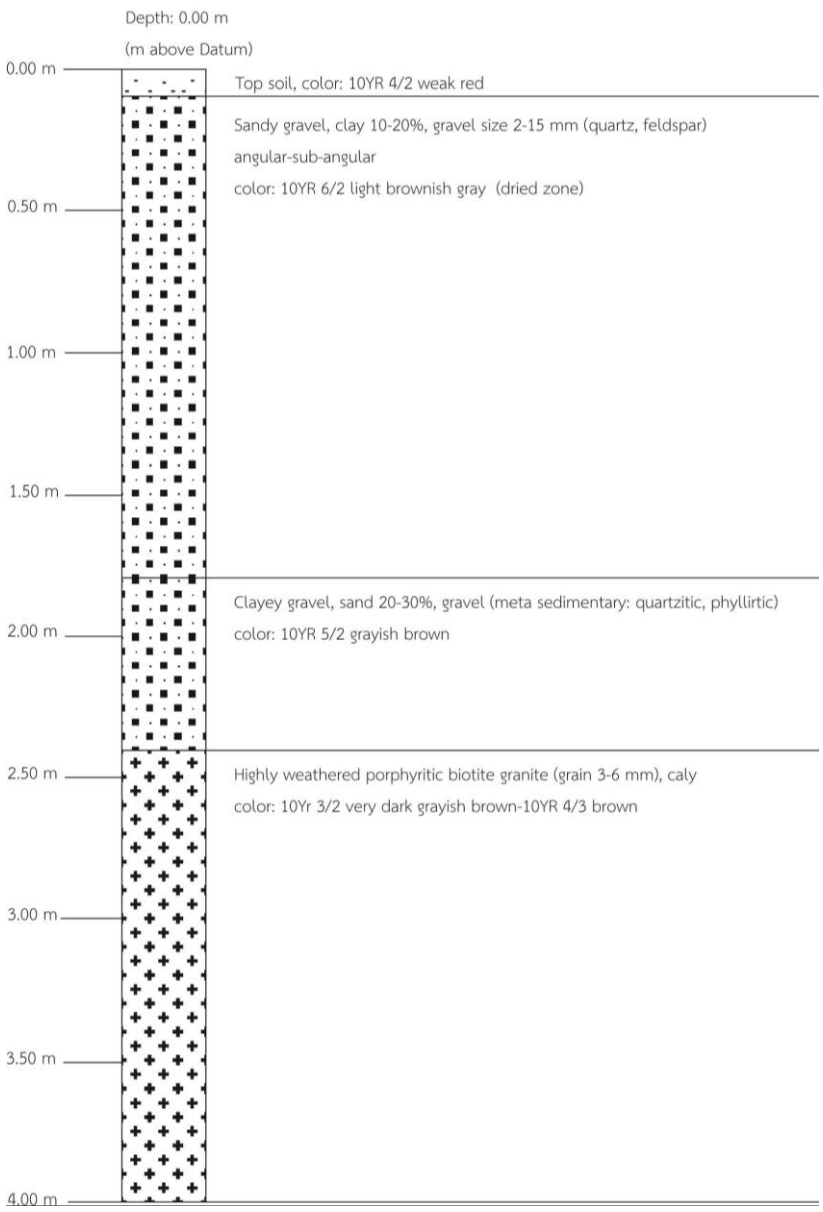
<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk48</u>



<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk46</u>



<u>หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk47</u>


Depth: 0.00 m
(m above Datum)
0.00 m
0.50 m
1.00 m
1.50 m
2.00 m
2.50 m
3.00 m
3.50 m
4.00 m
Top soil, color: 10YR 4/2 weak red
Sandy gravel, clay 10-20%, gravel size 2-15 mm (quartz, feldspar)
angular-sub-angular
color: 10YR 6/2 light brownish gray (dried zone)
Clayey gravel, sand 20-30%, gravel (meta sedimentary: quartzitic, phyllirtic)
color: 10YR 5/2 grayish brown
Highly weathered porphyritic biotite granite (grain 3-6 mm), caly
color: 10Yr 3/2 very dark grayish brown-10YR 4/3 brown

หลุมขุดทดลองหมายเลข Pk49