



รายงานการสำรวจฉบับสมบูรณ์

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ ชั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดอุทัยธานี-สุพรรณบุรี

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ชั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดอุทัยธานี-สุพรรณบุรี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

แร่ธาตุหายาก "แอสแตทิต"



พื้นที่ "บ.น้ำรอบ-หินวัดพิลาภ"



สำนักทรัพยากรแร่
กรมทรัพยากรธรณี



การสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่
ชั้นรายละเอียดแร่หนัก-ธาตุหายาก
จังหวัดอุทัยธานี-สุพรรณบุรี

ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช
ธนัช วัชรมัย
เอลิน สุขสวัสดิ์

สำนักทรัพยากรแร่

กรมทรัพยากรธรณี

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

นายปราณีต ร้อยบาง

ผู้อำนวยการสำนักทรัพยากรแร่

นายรังสีโรจน์ วงศ์พรหมเมฆ

ผู้อำนวยการส่วนแร่โลหะ

นายรชต วรรณพีระ

จัดพิมพ์โดย

สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี

ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 0-2621-9782

พิมพ์ครั้งที่ 1

กันยายน 2557

จำนวน 60 เล่ม

ข้อมูลการลงรายงานการบรรณานุกรม

ธวัชชัย เชื้อเหล่านิช, ธนัช วัชรมัย และ เอลิน สุขสวัสดิ์

รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์ การสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ชั้นรายละเอียดแร่ หนัก-
ธาตุหายาก จังหวัดอุทัยธานี-สุพรรณบุรี กรุงเทพฯ : สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี. 2557.

76 หน้า : ภาพประกอบ : แผนที่ : ตาราง ; 30 ซม.

รายงานฉบับสมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	iv
สารบัญตาราง	vi
บทคัดย่อ	vii
คำขอบคุณ	viii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 กิจกรรมการดำเนินงาน	2
1.4 เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน	2
1.5 ที่ตั้ง อาณาเขตและลักษณะทางภูมิศาสตร์	3
1.6 การคมนาคมและการเข้าถึงพื้นที่	4
1.7 การกำหนดพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น	5
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแร่หนัก-ธาตุหายาก	9
2.1 แร่หนัก	9
2.2 ธาตุหายาก	12
บทที่ 3 ธรณีวิทยาทั่วไป	17
3.1 ลำดับชั้นหิน	17
3.2 หินอัคนี	20
3.3 ธรณีวิทยาโครงสร้าง	21
บทที่ 4 ธรณีวิทยาแหล่งแร่	22
4.1 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ทั่วไป	22
4.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่เฉพาะแหล่ง	25
บทที่ 5 การสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ชั้นรายละเอียด	39
5.1 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่เลือกสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา”	39
5.2 ผลวิเคราะห์เคมีธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร	43
5.3 รูปแบบการเกิดแหล่งธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร	43

	หน้า
บทที่ 6 การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่	47
6.1 การประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก	47
6.2 การจำแนกประเภทแหล่งแร่ตามหลัก UNFC	48
6.3 การประเมินและจำแนกเขตแหล่งแร่	51
บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ	53
7.1 สรุป	53
7.2 ข้อเสนอแนะ	53
7.3 พื้นที่แหล่งแร่สำหรับการลงทุนพัฒนาเหมืองแร่ของภาคเอกชน	54
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก: ตารางบันทึกผลการเก็บตัวอย่างดิน	61
ภาคผนวก ข: ตารางบันทึกผลการเก็บตัวแร่หนัก	65
ภาคผนวก ค: ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและดินระดับต้น ด้วยวิธี ICP-MS	69

สารบัญรูป

	หน้า
1. แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ เขตการปกครอง และถนนสายหลักใน จังหวัดอุทัยธานีและสุพรรณบุรี พร้อมบริเวณที่มีค่ากำมันตรังสีทอเรียม สูงผิดปกติ (>40 ppm equivalent) ที่ได้จากข้อมูลผลการบินสำรวจ ธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ กรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น จำนวน 6 พื้นที่ ได้แก่ (1) พื้นที่ “บ้านใหม่ร่มเย็น ” (2) พื้นที่ “บ้านปางสวรรค์ ” (3) พื้นที่ “บ้านไชเบอร์ ” (4) พื้นที่ “บ้านอีซ่า ” (5) พื้นที่ “บ้านโป่ง สามสิบ” และ (6) พื้นที่ “เขาดิน-เขาผาแรต”	6
2. แผนที่แสดงการกระจายตัวของพื้นที่แหล่งแร่ พื้นที่ศักยภาพทางแร่ จุด พบแร่ ในบริเวณจังหวัดอุทัยธานีและอำเภอด่านช้าง จังหวัด สุพรรณบุรี พร้อม กรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับคัดเลือกเพื่อดำเนินการ สำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก	7

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
3. แผนที่แสดง ขอบเขต ของพื้นที่เขตหวงห้ามทางกฎหมายประเภท ต่างๆ บริเวณจังหวัดอุทัยธานีและอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี พร้อมพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น	8
4. แผนภาพตารางธาตุแสดงตำแหน่งของกลุ่มธาตุหายาก	13
5. แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุทัยธานีและสุพรรณบุรี.....	18
6. แสดงลักษณะเนื้อหินแกรนิตในบริเวณแนวเทือกหินแกรนิตฝั่ง ตะวันตกของพื้นที่สำรวจ	24
7. แสดงลักษณะเนื้อ หินแกรนิตในบริเวณ พื้นที่ด้าน ตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่สำรวจ	25
8. แสดงสภาพพื้นที่โดยทั่วไปของพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น 6 พื้นที่	27
9. แสดงลักษณะเนื้อหินแกรนิตภายกล้องจุลทรรศน์	28
10. แสดงลักษณะเนื้อหินไปโอไทต์แกรนิตภายกล้องจุลทรรศน์	29
11. แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่าง พร้อมช่วงค่าปริมาณแร่หนักรวมที่ได้ จากตัวอย่างในชั้นตะกอนทางน้ำและชั้นดิน/หินผุในพื้นที่สำรวจ	31
12. แผนที่แสดงจุดวัดค่ากัมมันตรังสีผิวดิน พร้อมช่วงค่าทอเรียม (Th) ที่ ได้ในพื้นที่สำรวจ	32
13. แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินและหิน พร้อมช่วงค่าปริมาณธาตุหา ยากรวม (TREY) ที่ได้ในพื้นที่สำรวจ	33
14. แผนที่แสดงแนวสำรวจและตำแหน่งวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า	41
15. แผนที่แสดงแนวสำรวจและตำแหน่งวัดค่าความเข้มข้นกัมมันตรังสีระดับ ผิวดิน	42
16. ภาพจำลองสามมิติ แสดงลักษณะโครงสร้างชั้นตะกอนที่ได้การ ประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก	42
17. แสดงผลการวัดค่ากัมมันตรังสีระดับผิวดิน	46
18. แสดงรูปแบบจำลองของการเกิดแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายากแบบฝังอยู่ กับที่เหนื่อมวลหินแกรนิตที่น่าจะเป็นในพื้นที่สำรวจ	48

สารบัญตาราง

	หน้า
1. ข้อมูลพื้นฐาน และความสมบูรณ์ (ppm) ของธาตุหายากที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของโลก (Bulk Earth) และในชั้นเปลือกโลก	18
2. แสดงการใช้ประโยชน์หลักๆ ของธาตุหายากแต่ละชนิด	26
3. แสดงผลการคำนวณความหนาเฉลี่ยและปริมาตรตะกอนของแต่ละชั้นตะกอนของแต่ละพื้นที่	49
4. แสดงผลการคำนวณปริมาณทรัพยากรของธาตุหายากในเบื้องต้น	30
5. แสดงราคาและมูลค่าทรัพยากรธาตุหายากในพื้นที่คัดสรร	36

การสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ชั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดอุทัยธานีสุพรรณบุรี

บทคัดย่อ

งานสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ชั้นรายละเอียดแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัด อุทัยธานี-สุพรรณบุรี เป็นส่วนหนึ่งของโครงการเร่งจัดทำแนวเขตการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรณี ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ สำรวจ รวบรวมข้อมูลทรัพยากรแร่ สำหรับเป็นข้อมูลฐานในการ บริหารจัดการ ทรัพยากรแร่อย่างมีประสิทธิภาพ และ กำหนดขอบเขต พื้นที่แหล่งแร่หรือพื้นที่ศักยภาพทางแร่สูง และประเมิน ปริมาณทรัพยากรแร่เพื่อโอกาสในการลงทุนพัฒนาเป็นเหมืองแร่ในอนาคต

ในการดำเนินงาน ได้พื้นที่เป้าหมาย เบื้องต้น 6 พื้นที่ ในเขตจังหวัดอุทัยธานีสำหรับ ทำการสำรวจศึกษาธรณีวิทยาแหล่งแร่ทั่วไป ประกอบด้วย พื้นที่ “บ้านใหม่ร่มเย็น” “บ้านปางสวรรค์” “บ้านไชเบอร์” “บ้านอีซ่า” “บ้านโป่งสามสิบ ” และ “เขาดิน-เขาผาแรต ” โดยได้กำหนดขอบเขตพื้นที่ ย่อยในพื้นที่เป้าหมาย เบื้องต้นเขาดิน-ผาแรต เป็นพื้นที่เลือกสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา” สำหรับการสำรวจในรายละเอียด

ผลการสำรวจแร่หนักตกค้างในชั้นตะกอนทางน้ำและชั้นดินโดยรอบพื้นที่เป้าหมาย เบื้องต้นทั้ง 6 พื้นที่ พบว่ามีแร่หนักจำพวกแร่โอลิเมนไนต์ เซอร์คอน โมนาไซต์-ซีโนไทม์ ดีบุก การ์เน็ต แร่ตระกูลรูทล์ และทังสเตน เป็นหลัก นอกจากนี้บางจุดอาจพบ ทอไรต์ แอลลาไนต์ และ/หรือ แอมฟิโบล

ผลการสำรวจในพื้นที่เลือกสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา” ขนาดพื้นที่รวมประมาณ 9 ตร.กม. ประกอบด้วยชั้นตะกอนเหนือดานหินแกรนิต 2 ส่วน คือ ชั้นดินส่วนบนและชั้นตะกอนหินผุเหนือดาน มีช่วงความหนา รวม 2.9-24 เมตร เฉลี่ย 11.5 เมตรโดยประมาณ และสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่เบื้องต้นได้ประมาณ 2 ตร.กม. ซึ่งพื้นที่นี้เป็นแหล่งทรัพยากรที่เกิดจากการผุพังอยู่ที่ของมวลหินแกรนิต ซึ่งอาจอนุมานเบื้องต้นได้ว่าธาตุหายากที่ วิเคราะห์ได้จากในชั้นดินน่าจะสะสมตัวอยู่ที่ผิวผลึกแร่ดินในรูปแบบของการดูดซับประจุ (ion-adsorption type) เป็นหลัก มีค่า ปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) 93 – 690 ppm เฉลี่ย 294 ppm สามารถประเมิน ปริมาณ ทรัพยากรธาตุหายากรวมเบื้องต้นได้ประมาณ 7,600 เมตริกตันโลหะ ด้วยระดับความเชื่อมั่น 332 ตามหลักการ ของ UNFC-1997 ที่ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของธาตุ Ce, Y, La, Nd และ Pr เทียบเท่า 118, 51, 43, 34 และ 10 ppm มีสัดส่วน LREEs:HREYs เทียบเท่า 7:3 ประเมินเป็นมูลค่าทรัพยากรแร่ ผงในเบื้องต้นได้ประมาณ 8,150 ล้านบาท และมีปริมาณทรัพยากรแฝงของยูเรเนียมและทอเรียม 320 และ 1,040 ตันโลหะ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ธาตุหายาก REE แร่หนัก แหล่งแร่แบบตะกอนตกค้าง ion adsorption อุทัยธานี-สุพรรณบุรี

คำขอบคุณ

งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่หนัก- ธาตุหายาก จังหวัด อุทัยธานี-สุพรรณบุรีนี้ ได้สำเร็จลงด้วยดี ซึ่งคณะผู้สำรวจขอขอบคุณในความสนับสนุนและการเอื้อเฟื้อในด้านต่างๆ จากหลายๆ ท่าน อาทิ คุณรชต วรรณพีระ ผู้อำนวยการส่วนแร่โลหะที่คอยกำกับดูแลและให้คำชี้แนะที่เป็นประโยชน์ คุณณนัต สร้อยชา คุณวนิดา ระงับพิศ ่ม และคณะ จากสำนักเทคโนโลยีธรณีวิทยา สำหรับการแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ กัมมันตรังสีทางอากาศ และ งานสำรวจธรณีฟิสิกส์ ภาคสนามในพื้นที่สำรวจ เจ้าหน้าที่จาก กองวิเคราะห์ และ ตรวจสอบทรัพยากรธรณี อาทิ คุณสุชาดา ศรีไพโรจน์ธิกุล คุณเบญจมา คมวงษ์เทพ และคุณปิยนันท์ อำนาจสกุล ฤทธิ์ สำหรับงานวิเคราะห์ เคมี คุณเจษ จิระเจษฎา คุณจินห์นิภาห์ สวัสดิมงคล คุณบุญทวี ศรีประเสริฐ และคุณ เสาวนีย์ เสียมไหม สำหรับงานตรวจสอบแร่หนัก

นอกจากนี้คณะผู้เขียนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ใน ส่วนแร่โลหะ ได้แก่ คณะสำรวจภาคสนาม ซึ่งประกอบด้วย คุณวิชัย นุชนาง คุณณนอมศักดิ์ พัฒน์ฤกษ์สินธุ์ และคุณวิฑูรย์ อรรถโยโค ที่ได้ร่วมกันปฏิบัติงานอย่างแข็งขัน คุณสมคิด ไชยชนะที่ช่วยในการจัดทำแผนที่ประกอบรายงาน คุณพัชรินทร์ จรุงจันทร์ ที่ช่วยในงานเอกสารต่าง ๆ รวมถึงคุณวรรณพร ปัญญาไวที่ช่วยเป็นแม่แรงในการจัดประชุมเผยแพร่ผลสำรวจ จ และท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณ พ่อแม่ และครูอาจารย์ทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอนให้วิชาความรู้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

จากปัญหาสถานการณ์เศรษฐกิจของประเทศ ในปัจจุบัน การกำหนดต้นทุนและแนวทางการบริหารจัดการด้านทรัพยากรแร่ มีความจำเป็นในขั้นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจ จดต่อไปในอนาคต การกำหนดแนวทางการใช้วัตถุดิบทรัพยากรแร่ในอุตสาหกรรมต่างๆ มีความจำเป็นอย่างมากต่อประเทศในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมและการควบคุมสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรแร่ที่ไม่ถูกต้อง ไม่คุ้มค่าประโยชน์เป็นการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่มีหนทางจะหามาทดแทนได้อีก ประกอบกับสภาวะการณ์เปลี่ยนแปลงของโลกในด้านต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก สาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือการนำทรัพยากรแร่มาใช้ประโยชน์ในทางที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้สาเหตุจากการที่ไม่มีแนวทางการบริหารจัดการที่ถูกต้อง

กรมทรัพยากรธรณี มีภารกิจหลักในการสงวน อนุรักษ์ ฟื้นฟู และบริหารจัดการด้านธรณีวิทยา และทรัพยากรธรณี โดยการสำรวจตรวจสอบสภาพธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี การประเมินศักยภาพแหล่งทรัพยากรธรณี การกำหนด และกำกับดูแลเขตพื้นที่สงวน และอนุรักษ์ทรัพยากรธรณี เพื่อการพัฒนาทรัพยากรธรณี คุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมอย่างยั่งยืน ซึ่งการบริหารจัดการทรัพยากรธรณีที่มีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยข้อมูลฐานที่มากพอเพียง โดยต้องทราบถึงต้นทุนศักยภาพแร่สำหรับประกอบการประเมินในมิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ดังนั้นการสำรวจเก็บข้อมูลแร่ที่เกี่ยวข้องทั้งในลักษณะภาพรวมของพื้นที่กว้างในรูปแบบของการสำรวจแบบไพศาล และลักษณะการสำรวจลงในรายละเอียดของแหล่งแร่ในแต่ละแหล่ง จึงเป็นสิ่งจำเป็นต้องดำเนินการ เพื่อผนวกกันกำหนดเป็นแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรแร่

การสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพ แหล่งแร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดอุทัยธานี-สุพรรณบุรี เป็นส่วนหนึ่งในโครงการการสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ชั้นรายละเอียดใน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 ของ สำนักทรัพยากรแร่ ซึ่งเป็นแผนงานต่อเนื่องที่เริ่มดำเนินการใน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ประกอบไปด้วยพื้นที่ดำเนินการดังนี้

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

- 1) แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดอุทัยธานี-สุพรรณบุรี
- 2) แร่พลวง จังหวัดเชียงราย

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

- 1) แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง
- 2) แร่ดีบุก จังหวัดพังงา

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

- 1) แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดกาญจนบุรี
- 2) แร่ดีบุก จังหวัดราชบุรี และเพชรบุรี

1.2 วัตถุประสงค์

งานสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพ ชั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัด อุทัยธานี-สุพรรณบุรี มีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

1. รวบรวม ข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลทรัพยากรแร่ หนัก-ธาตุหายาก ในพื้นที่จังหวัด อุทัยธานี-สุพรรณบุรี เพื่อใช้ในการบริหารและจัดการทรัพยากรแร่อย่างมีประสิทธิภาพ
2. สำรวจประเมินพื้นที่แหล่งแร่หรือพื้นที่ศักยภาพทางแร่สูงที่โอกาสสำหรับการลงทุน พัฒนาเป็นเหมืองในอนาคต

1.3 กิจกรรมการดำเนินงาน

1. รวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลฐาน กำหนดพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น และเตรียมความพร้อมสำหรับงานสำรวจ
2. สำรวจธรณีวิทยา และธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น พร้อมกำหนดพื้นที่คัดสรรสำหรับสำรวจชั้นรายละเอียด
3. สำรวจธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่คัดสรร ชุดหลุมทดลอง เพื่อตรวจสอบและกำหนดขอบเขตแหล่งแร่ และเก็บตัวอย่างตะกอน/หิน จากหลุมทดลองและบริเวณใกล้เคียง
4. วิเคราะห์เคมีตัวอย่างและตรวจวินิจฉัยชนิดแร่หนักจากการสำรวจภาคสนาม
5. งานประมวลผลการสำรวจ และประเมินปริมาณสำรองแร่ ความ สมบูรณ์ และมูลค่าแหล่งแร่ เบื้องต้น จั ดประชุมรายงานความก้าวหน้า /ผลการสำรวจพร้อมระดมความคิดเห็นสรุปผลเสนอต่อผู้บริหาร และจัดทำรายงานผลการสำรวจพร้อมจัดพิมพ์เผยแพร่

1.4 เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน

ผู้ปฏิบัติงานสำรวจภาคสนาม ภายใต้การกำกับดูแลของ นายรชต วรรณพีระ ผู้อำนวยการส่วนแร่โลหะ ประกอบด้วยเจ้าหน้าที่ 2 คนะ คือ

คณะสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ ประกอบด้วยเจ้าหน้าที่จากสำนักทรัพยากรแร่ จำนวน 6 คน ได้แก่

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. นายรัชชัย เชื้อเหล่านิช | นักธรณีวิทยาชำนาญการ |
| 2. นายธัช วัชรมัย | นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ |
| 3. นางสาวเอลิน สุขสวัสดิ์ | นักธรณีวิทยา |
| 4. นายวิชัย นุชนาง | พนักงานพัสดุ ระดับ ส. 3 |

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 5. นายถนอมศักดิ์ พัฒน์ฤกษ์สินธุ์ | ช่างสำรวจ |
| 6. นายวิฑูรย์ อรรถโยโค | พนักงานขับรถยนต์ ระดับ ส. 2 |

คณะสำรวจธรณีฟิสิกส์ ประกอบด้วยเจ้าหน้าที่จากสำนักเทคโนโลยีธรณี จำนวน 4 คน ได้แก่

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| 1. นายถนัด สร้อยชา | นักธรณีวิทยาชำนาญการ |
| 2. นางสาววนิดา ระงับพิศม์ | นักธรณีวิทยาชำนาญการ |
| 3. นายภักดิ์ทรัพย์ ชาญณรงค์ | นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ |
| 4. นายสถาพร มิตรมาก | นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ |

1.5 ที่ตั้ง อาณาเขต และลักษณะทางภูมิศาสตร์

พื้นที่ดำเนินการคาบเกี่ยว 2 จังหวัด คือ อุทัยธานีและสุพรรณบุรี (รูปที่ 1) ซึ่งเป็นจังหวัดในภาคกลาง โดยพื้นที่สำรวจส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณซีกตะวันตกของจังหวัดอุทัยธานีในเขตอำเภอลานสัก ห้วยคต และบ้านไร่ ต่อเนื่องลงมาในเขตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยทั้งสองจังหวัดมีที่ตั้ง อาณาเขต และลักษณะทางภูมิศาสตร์ ดังนี้

จังหวัดอุทัยธานี ตั้งอยู่ทางภาคกลางตอนบน ของประเทศไทย ในบริเวณลุ่มแม่น้ำสะแกกรัง ระหว่างเส้นละติจูดที่ 14 องศา 55 ลิปดา ถึง 15 องศา 48 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 98 องศา 59 ลิปดา ถึง 100 องศา 6 ลิปดาตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 6,730 ตารางกิโลเมตร หรือ 4.2 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ทางการเกษตรประมาณ 2 ล้านไร่ นอกจากนั้น เป็นพื้นที่ที่มีสภาพเป็นพื้นที่คุ้มครอง เช่น ป่าสงวนแห่งชาติ 9 แห่ง วนอุทยาน 2 แห่ง เขตรักษา พันธุ์สัตว์ป่า 1 แห่ง เขตห้ามล่าสัตว์ป่า 1 แห่ง โดยพื้นที่ 2 ใน 3 ของจังหวัด เป็นป่าเล็กใหญ่สลับซับซ้อน และพื้นที่ส่วนที่เหลือเป็นที่ราบเหมาะแก่การเพาะปลูก มีแม่น้ำสะแกกรัง ไหลผ่านตัวเมืองอุทัยธานีลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ลักษณะภูมิประเทศทางด้านทิศตะวันตกเป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนปกคลุมด้วยป่าที่อุดมสมบูรณ์ และเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำท่าเสา และลาดเทลงทางทิศตะวันออกที่เป็นที่ราบเชิงเขาและที่ดอนคล้ายลูกคลื่นในบริเวณตอนกลางของจังหวัด ส่วน พื้นที่ทางด้านตะวันออก ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม สภาพภูมิอากาศของจังหวัด มีตั้งแต่อากาศแบบกึ่งร้อนจนถึงอากาศแบบร้อนชื้น มีฝนตกชุกในบริเวณป่าเขาทางด้านตะวันออกของจังหวัด มีอุณหภูมิสูงในฤดูร้อน ฤดูหนาวอากาศไม่หนาวมากนัก อุทัยธานีได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูฝน และได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว ซึ่งฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงต้นเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนเริ่มประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวเริ่มประมาณเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ อุทัยธานีมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดต่าง ๆ ดังนี้

- | | |
|-------------|--|
| ทิศเหนือ | ติดต่อกับจังหวัดนครสวรรค์ |
| ทิศใต้ | ติดต่อกับจังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี |
| ทิศตะวันออก | ติดต่อกับจังหวัดนครสวรรค์ และชัยนาท |
| ทิศตะวันตก | ติดต่อกับจังหวัดกาญจนบุรี และตาก |

เขตการปกครองส่วนภูมิภาคในจังหวัดอุทัยธานี ประกอบด้วย 8 อำเภอ (อำเภอเมือง บ้านไร่ ห้วยคต ลานสัก หนองฉาง ท้าพหัน สว่างอารมณ์และหนองขาหย่าง 68 ตำบล และ 632 หมู่บ้าน โดยการปกครองส่วนท้องถิ่น แบ่งเป็นองค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง เทศบาล 10 แห่ง และ องค์การบริหารส่วนตำบล 53 แห่ง

จังหวัดสุพรรณบุรี ตั้งอยู่ทางภาคกลางของประเทศไทย ในบริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีน ระหว่างเส้นละติจูดที่ 14 องศา 04 ลิปดา ถึง 15 องศา 05 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 99 องศา 17 ลิปดา ถึง 100 องศา 16 ลิปดาตะวันออก ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 107 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 5,358 ตารางกิโลเมตร หรือ 3.3 ล้านไร่ มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การเพาะปลูกและเกษตรกรรม ยกเว้นบริเวณทางด้านตะวันตกในเขตอำเภอท่าช้างที่มีแนวเทือกเขาสูงสลับซับซ้อน และบางส่วนของบริเวณด้านตะวันตกของเขตอำเภออุทุมพรที่มีแนวภูเขามีสองชั้น มีแม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรี เป็นแม่น้ำสายหลักไหลผ่าน สภาพภูมิอากาศของจังหวัดจัดอยู่ในประเภททุ่งหญ้าเขตร้อน ฤดูแล้ง และฤดูฝนแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยฤดูร้อนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ทำให้อากาศร้อนอบอ้าว ฤดูฝนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดียพัดผ่านมาในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ทำให้อากาศมีความชุ่มชื้นมีฝนตกโดยทั่วไป และฤดูหนาวได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านเข้ามาในช่วงเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้อากาศหนาวเย็นโดยทั่วไป สุพรรณบุรี มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดต่าง ๆ ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดอุทัยธานี และชัยนาท

ทิศใต้ ติดต่อกับจังหวัดนครปฐม

ทิศตะวันออก ติดต่อกับจังหวัดสิงห์บุรี อ่างทอง และพระนครศรีอยุธยา

ทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดกาญจนบุรี

เขตการปกครองส่วนภูมิภาคในจังหวัดสุพรรณบุรี ประกอบด้วย 10 อำเภอ (อำเภอเมือง สองพี่น้อง อุทุมพร ดอนเจดีย์ หนองหญ้าไซ ห้วยคตบางปลาม้า ศรีประจันต์ สามชุก และเดิมบางนางบวช 110 ตำบล และ 977 หมู่บ้าน แบ่งเป็นองค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง เทศบาลเมือง 2 แห่ง เทศบาลตำบล 28 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล 100 แห่ง

1.6 การคมนาคมและการเข้าถึงพื้นที่

การเดินทางจากกรุงเทพมหานครไปยังจังหวัดสุพรรณบุรีและอุทัยธานีสามารถเลือกเดินทางได้ในหลายลักษณะ กล่าวคือ

1) รถยนต์จากกรุงเทพฯ ผ่านอำเภอ บางบัวทอง นนทบุรี หรือ ผ่านอำเภอลาดหลุมแก้ว ปทุมธานี หรือ ผ่านจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ไปจนถึงตัวจังหวัดสุพรรณบุรี ขึ้นเหนือต่อไปยัง

อำเภอสามชุก แล้วเลี้ยวซ้าย เข้า หลวงหมายเลข 3365 ผ่านอำเภอหนองหญ้าไซ ไป ยังทางหลวงหมายเลข 333 มุ่งสู่อำเภอด่านช้าง จากนั้นขึ้นเหนือต่อไปยัง อำเภอบ้านไร่ อุทัยธานี

2) รถยนต์ ใช้ทางหลวงหมายเลข 321 ผ่านอำเภอกำแพงแสน นครปฐม เข้าสู่เขตจังหวัดสุพรรณบุรี ทางอำเภอสองพี่น้อง ผ่านอำเภออู่ทอง แล้วใช้ หลวงหมายเลข 333 ผ่านดอนเจดีย์ และหนองหญ้าไซ เข้าพื้นที่สำรวจในเขตอำเภอด่านช้าง จากนั้นขึ้นเหนือ อดต่อไปยัง อำเภอบ้านไร่ อุทัยธานี

3) รถยนต์ ใช้ทางหลวงหมายเลข 32 (สายเอเชีย) ผ่านอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี ชัยนาท และแยกเข้าทางหลวงหมายเลข 333 เข้าสู่พื้นที่สำรวจ

4) รถตู้ปรับอากาศ ให้บริการระหว่างเวลา 04.00–18.00 น. จุดบริเวณใต้ทางด่วนอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิฝั่งสนามเป่า หรือที่สถานีขนส่งสายใต้ ถนนกานาภิเศก

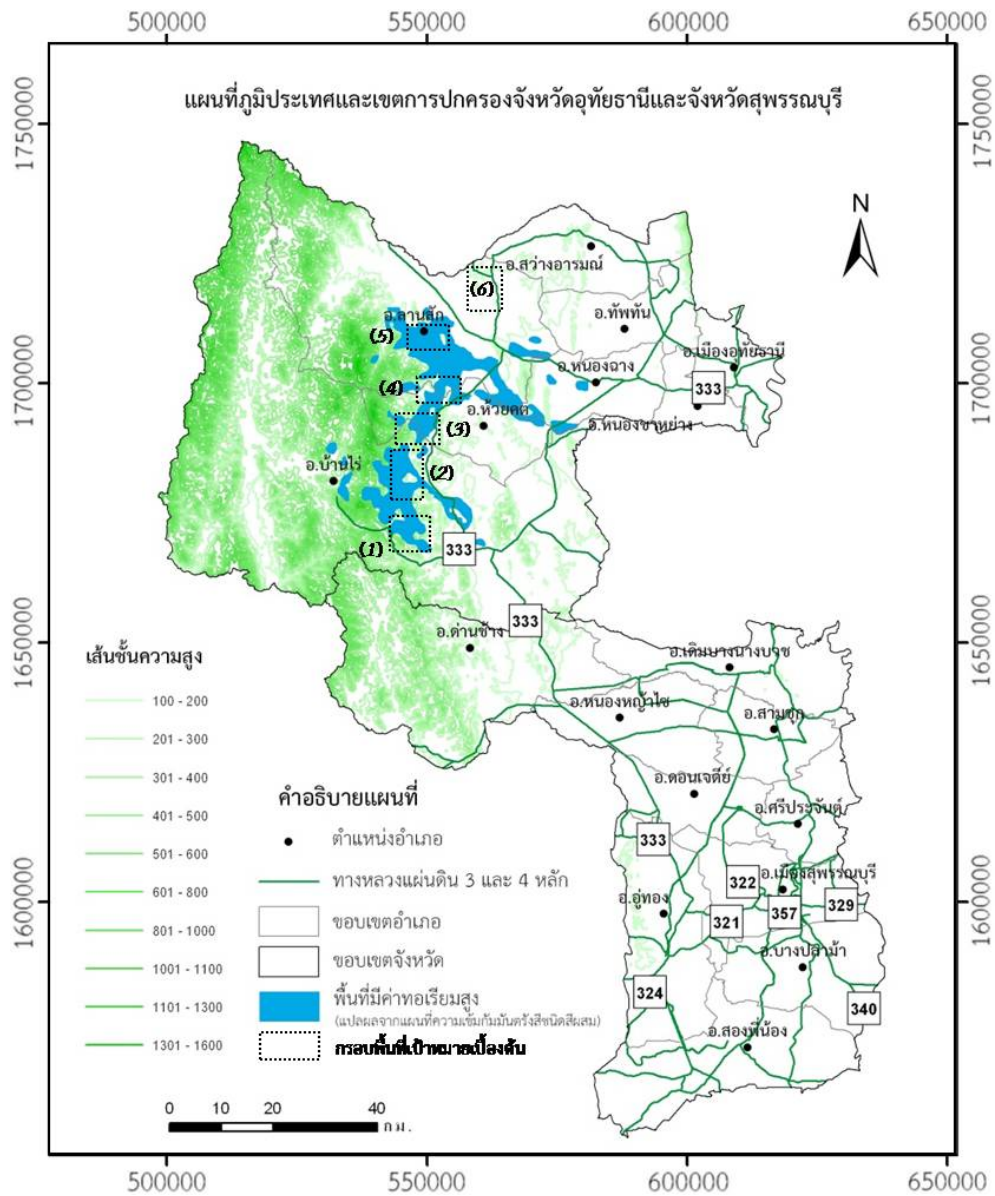
5) รถโดยสารประจำทาง บริษัท ขนส่ง จำกัด มีบริการเดินรถระหว่างกรุงเทพฯ-อุทัยธานีทุกวัน จากสถานีขนส่งหมอชิต 2 ใช้เวลาเดินทางประมาณ 4 ชั่วโมง ทั้งรถโดยสารธรรมดาและรถโดยสารปรับอากาศตั้งแต่เวลา 04.30-17.50 น.

1.7 การกำหนดพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น

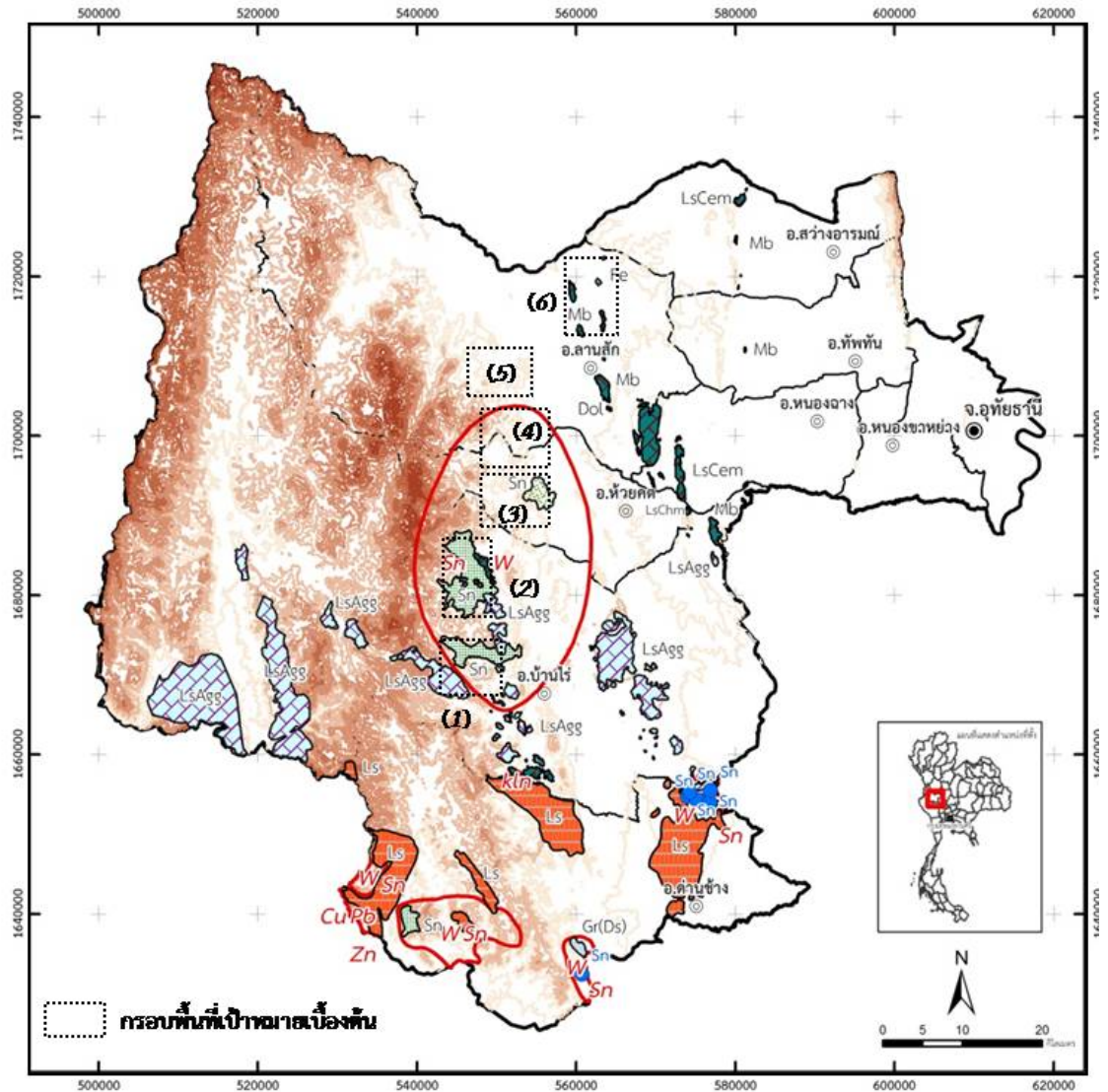
โดยทั่วไปธาตุหายากสามารถพบในหินทุกชนิดแต่ในหินอัคนี โดยเฉพาะประเภทหินแกรนิตมักจะมีในปริมาณสูงกว่าหินชนิดอื่น ๆ ดังนั้นในการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่หนัก-ธาตุหายาก จึงมุ่งเน้นในบริเวณทางด้านตะวันตกของพื้นที่สำรวจ ซึ่งพบการกระจายตัวของหินแกรนิตเป็นบริเวณกว้าง ในเขตอำเภอบ้านไร่ ห้วยคต และลานสัก จังหวัดอุทัยธานี และอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี

กรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับการสำรวจ ได้จากการนำ ข้อมูล ลักษณะภูมิประเทศและข้อมูลการบินสำรวจวัดค่ากัมมันตรังสี โดยใช้ข้อมูลความเข้มของธาตุกัมมันตรังสีทอเรียม (รูปที่ 1) มาประมวลร่วมกับข้อมูลผลการสำรวจธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่ในอดีต (รูปที่ 2) และข้อมูลขอบเขตพื้นที่หวงห้ามตามกฎหมายเพื่อการใช้ประโยชน์พื้นที่ (รูปที่ 3) สามารถกำหนดพื้นที่เป้าหมายสำหรับมุ่งเน้นสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามเบื้องต้นได้ทั้งหมด 6 พื้นที่ ซึ่งพื้นที่ทั้งหมดอยู่บริเวณทางด้านตะวันตกของจังหวัดอุทัยธานี ประกอบด้วย (1) พื้นที่ “บ้านใหม่ร่มเย็น” (~43 ตร. กม.) และ (2) พื้นที่ “บ้านปางสวรรค์” (~45 ตร. กม.) ในเขตอำเภอบ้านไร่ (3) พื้นที่ “บ้านไชเบอร์” (~25 ตร. กม.) ในเขตอำเภอบ้านไร่-ห้วยคต (4) พื้นที่ “บ้านอีซ่า” (~10 ตร. กม.) ในเขตอำเภอห้วยคต-ลานสัก (5) พื้นที่ “บ้านโป่งสามสิบ” (~30 ตร. กม.) และ (6) พื้นที่ “เขาดิน-เขาผาแรต” (~45 ตร. กม.) ในเขตอำเภอ ลานสัก ซึ่งพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นที่ (1) ถึง (5) จะครอบคลุมส่วนของแนวเที ออกหินแกรนิตที่ยาวต่อเนื่องตั้งแต่พื้นที่บริเวณซีกตะวันตกของอำเภอบ้านไร่ถึงพื้นที่บริเวณซีกตะวันตกของอำเภอลานสัก และแสดงค่ากัมมันตรังสีทอเรียมเทียบเท่า (จากการบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ) สูงกว่า 40 ppm สำหรับพื้นที่ เป้าหมาย เบื้องต้นที่ (6) จะครอบคลุมพื้นที่ ที่มีมวลหินแกรนิตไหลกระจายเป็น

หย่อม ๆ ที่แทรกดันเข้ามาพื้นที่หินปูน และแยกห่างออกมาจากแนวเทือกแกรนิตด้านตะวันตก แต่พื้นที่บริเวณนี้ยังไม่มีการบินสำรวจ เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบ

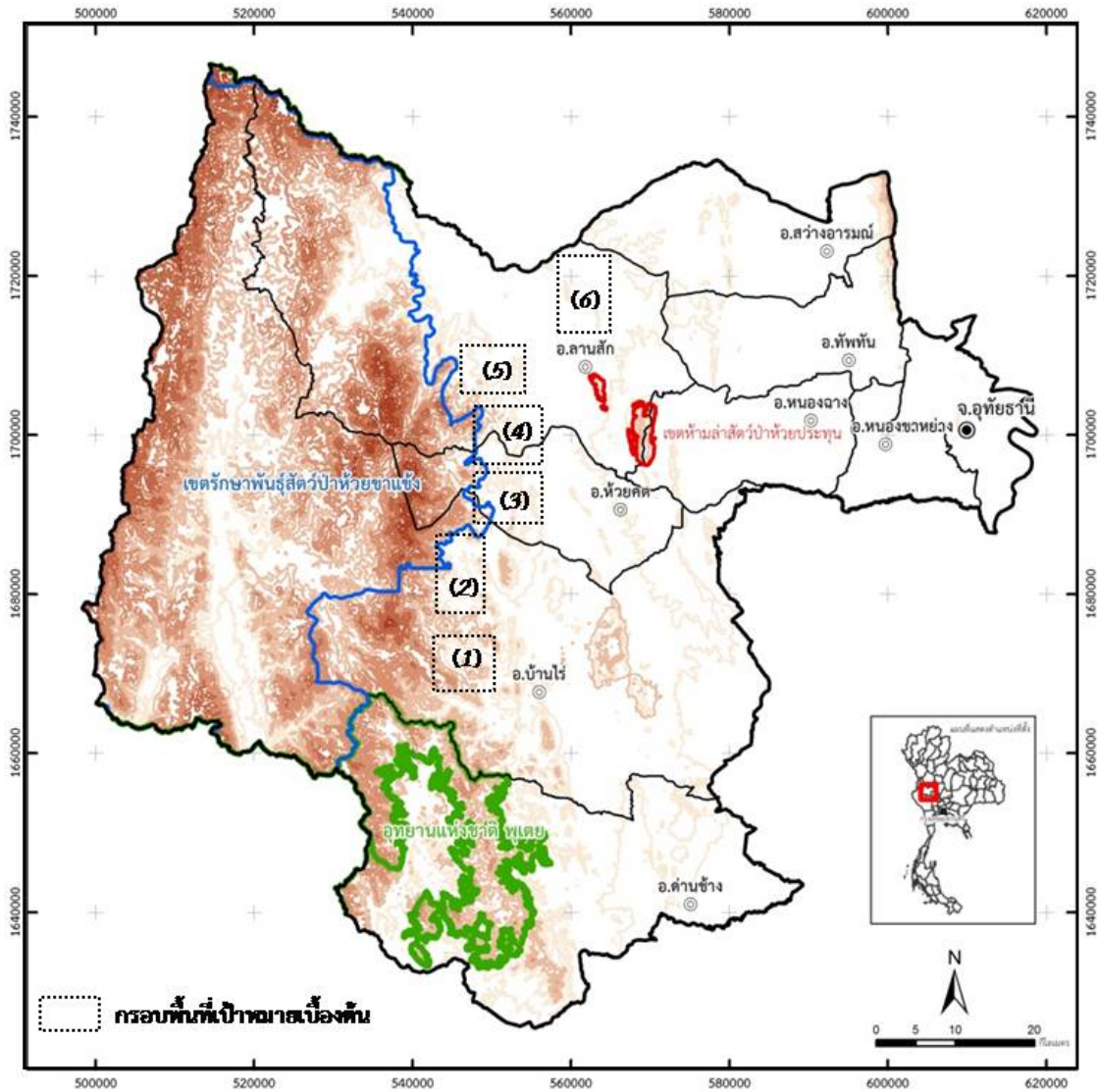


รูปที่ 1 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ เขตการปกครอง และถนนสายหลักใน จังหวัดอุทัยธานีและ สุพรรณบุรี พร้อมบริเวณที่มีค่ากัมมันตรังสีทอเรียมสูงผิดปกติ (>40 ppm equivalent) ที่ได้ จากข้อมูลผลการบินสำรวจธรณี ฟิสิกส์ทางอากาศ กรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น 6 พื้นที่ ได้แก่ (1) พื้นที่ “บ้านใหม่ร่มเย็น” (2) พื้นที่ “บ้านปางสวรรค์” (3) พื้นที่ “บ้านไชเบอร์” (4) พื้นที่ “บ้านอิฐา” (5) พื้นที่ “บ้านโป่งสามสิบ” และ (6) พื้นที่ “เขาดิน-เขาผาแรต”



คำอธิบาย		พื้นที่แหล่งแร่	
●	จุดพบแร่	Dol	หินปูนโดโลไมต์
 	พื้นที่ศักยภาพแร่	Fe	เหล็ก
◎	ที่ตั้งจังหวัด อำเภอ	Gr(Ds)	หินแกรนิตชนิดหินประดับ
	เขตอำเภอ (โดยประมาณ)	Kin	แร่ดินขาว
	เส้นชั้นความสูง	Ls	หินปูน
		LsAgg	หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง
		LsCem	หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์
		LsChm	หินปูนเพื่ออุตสาหกรรมเคมี
		Mb	หินอ่อน
		Sn	ดีบุก

รูปที่ 2 แผนที่แสดงการกระจายตัวของพื้นที่แหล่งแร่ พื้นที่ศักยภาพทางแร่ จุดพบแร่ ในบริเวณจังหวัด อุทัยธานี และอำเภอ อุดานช้าง จังหวัด สุพรรณบุรี พร้อมกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับคัดเลือกเพื่อดำเนินการสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก โดยคัดลอกดัดแปลงจากแผนที่ทรัพยากรแร่ มาตรฐาน 1:250,000 ราวาง ND 47-3 (อดุลย์ ใจตาบุตร และคณะ, 2544)



- คำอธิบาย**
- เขตอุทยานแห่งชาติ (โดยประมาณ)
 - เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า (โดยประมาณ)
 - เขตห้ามล่าสัตว์ป่า (โดยประมาณ)
 - ที่ตั้งจังหวัด อำเภอ
 - เขตอำเภอ (โดยประมาณ)
 - เส้นชั้นความสูง

รูปที่ 3 แผนที่แสดงขอบเขตของพื้นที่เขตหวงห้ามทางกฎหมายประเภทต่าง ๆ บริเวณจังหวัดอุทัยธานี และอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี พร้อมพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น

สำหรับพื้นที่สำรวจบริเวณอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี นั้นถึงแม้จะพบการกระจายตัวของหย่อมหินแกรนิต แต่จากข้อมูลการบินสำรวจ แสดงให้เห็นว่า เป็นหย่อมหินแกรนิตที่มีค่าความเข้มกัมมันตรังสีต่ำ จึงไม่ได้กำหนดให้เป็นพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นสำหรับสำรวจเก็บข้อมูลในรายละเอียด แต่ยังคงมีการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลสนามเพื่อการเปรียบเทียบ

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแร่หนัก-ธาตุหายาก

2.1 แร่หนัก (Heavy minerals)

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

แร่หนักในทางศิลาวิทยา หมายถึง แร่ประกอบหินที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 2.9 และในทางตะกอนวิทยา จัดเป็นเศษแร่จากหินชั้น ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 2.85 มักเกิดเป็นส่วนน้อยในหิน เช่น แมกนีไทต์ อิลเมไนต์ เซอร์คอน รูไทล์ โคยาไนต์ การ์เนต ทัวร์มาลีน สฟีน อะพาไทต์ ไบโอไทต์ ซึ่งโดยทั่วไปพบมีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 1 ในดินทราย (พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, 2544) นอกจากนี้แร่หนักยังมี ความคงทนต่อการสึกกร่อนผุพังจากสภาพดินฟ้าอากาศ และการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสภาวะปกติ ซึ่งแร่หนักส่วนใหญ่จะเกิดเป็นแร่ รอง (accessory mineral) ในหินอัคนีชนิดต่างๆ โดยแหล่งแร่หนักส่วนใหญ่เป็นแหล่งแร่ทุติยภูมิ ทั้งแบบลานแร่ (placer deposits) ที่เกิดจากการผุพังของหินที่มีแร่หนักปะปนอยู่ ทำให้แร่หลุดออกจากหินและเคลื่อนตัวไปสะสมยังที่ต่ำกว่าโดยมีน้ำเป็นตัวพัดพาไป แบบสะสมตัวตามชายหาดและชายหาดเดิม (beach and old beach deposits) เกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเล และแบบแหล่งแร่ในทะเล(off-shore deposits) ที่คาดว่าแต่เดิมน่าจะเกิดจากการสะสมตัวแบบลานแร่บนบกก่อนที่จะจมตัวอยู่ที่ระดับน้ำทะเลจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา เช่น การเลื่อนตัวของแผ่นดิน หรือการรुकืบของระดับน้ำทะเล และบางส่วนอาจเกิดจากการผุพังของหินพื้นทะเลที่มีแร่หนักฝังประอยู่แล้วเกิดการสะสมตัวใหม่จากอิทธิพลของกระแสคลื่น

ในการจำแนกกลุ่มชนิดแร่หนักด้วยคุณสมบัติความถ่วงจำเพาะ สามารถใช้สารละลายที่เรียกว่า “สารเหลวหนัก (heavy liquids)” ซึ่งแต่ละชนิดจะมีค่าความถ่วงจำเพาะมาตรฐานที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางข้างล่างนี้ ซึ่งจะช่วยแยกกลุ่มชนิดแร่หนักกว่าออกจากแร่ที่เบากว่า โดยแร่เบาจะลอยค้างอยู่บนผิวของสารเหลวหนัก ขณะที่แร่หนักจะแยกตัวจมลงสู่เบื้องล่าง สารเหลวหนักชนิดที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ สารประกอบโบรมีฟอร์ม (Bromoform) แต่ด้วยโบรมีฟอร์มมีความเป็นพิษสูง ในปัจจุบันจึงเริ่มมีการนิยมใช้สารประกอบในกลุ่ม โพลีทังสเตทส์ (Polytungstates) เช่น โซเดียมโพลีทังสเตทส์ หรือ ลิเทียมโพลีทังสเตทส์ ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับโบรมีฟอร์มแต่มีระดับความเป็นพิษต่ำมาใช้ทดแทน นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกกลุ่มชนิดแร่หนักตามคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้า ด้วยเครื่องแยกแร่ที่เรียกว่า “ฟรานซ์ (Frantz)” โดยใช้หลักการปรับค่ากระแสไฟฟ้า ที่ป้อนเข้าเครื่องเพื่อไปสร้างพลังสนามแม่เหล็กในระดับ ความเข้มต่าง ๆ เพื่อแยกแร่หนักออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กของแร่หนักแต่ละชนิดที่มีไม่เท่ากัน

2.1.2 ลักษณะและชนิดของแร่หนักที่พบมากในประเทศไทย

1. **โมนาไซต์ (Monazite: $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Th}) \text{PO}_4$)** เป็นแร่ในกลุ่มฟอสเฟตที่มีกลุ่มธาตุหายากเบา ได้แก่ ซีเรียม (Ce) แลนทานัม (La) เป็นส่วนประกอบหลัก และมักมีธาตุทอเรียม (Th) เกิดร่วมในโครงสร้างแร่ ซึ่งสามารถมีสัดส่วนของทอเรียมไดออกไซด์ (ThO_2) ได้สูงถึงประมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ส่วนใหญ่พบในแหล่งลานแร่ดีบุกเกือบทุกแห่ง พบตามหาดทรายและตามท้องน้ำลำธารทั่วไปที่ใกล้ภูเขาหินแกรนิต หรือไนส์ เป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก เช่นเดียวกับแร่หนักหรือแร่หายากชนิดอื่น ๆ ในอดีตเคยมีการผลิตแร่โมนาไซต์โดยการแต่งแร่ดีบุกจากจังหวัดภูเก็ต พังงา ระนอง ชุมพร สุราษฎร์ธานี ประจวบคีรีขันธ์ อุทัยธานี ระยอง และเชียงใหม่ จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กต่ำมาก (Very low magnetic) ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับกระแสไฟฟ้า 0.7-1.2 แอมแปร์ และไม่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้า (Non-conductor)

2. **ซีนไทม์ (Xenotime: YPO_4)** เป็นแร่ในกลุ่มฟอสเฟตที่มีอิตเทียม (Y) ซึ่งมักจัดรวมในกลุ่มของธาตุโลหะหายากหนักเป็นส่วนประกอบหลัก ประกอบด้วย Y_2O_3 และ P_2O_5 ประมาณร้อยละ 61.4 และ 38.6 โดยน้ำหนักตามลำดับ บ่อยครั้งที่ธาตุอิตเทียมถูกแทนที่ด้วยธาตุหายากหนักชนิด เออร์เบียม (Er) เป็นจำนวนมาก และอาจถูกแทนที่ด้วยธาตุซีเรียม ซิลิคอน หรือ ทอเรียมได้บ้างเล็กน้อย จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กต่ำ (Low magnetic) ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับกระแสไฟฟ้า 0.4-0.7 แอมแปร์ และไม่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้า (Non-conductor) ในอดีตเป็นผลพลอยได้จากการแต่งแร่ดีบุก เช่นเดียวกับแร่หนักและแร่หายากชนิดอื่น ๆ จากจังหวัดภูเก็ต พังงา ระนอง ประจวบคีรีขันธ์ และอุทัยธานี

3. **อิลเมไนต์ (Ilmenite: FeTiO_3)** เป็นแร่เศรษฐกิจที่สำคัญของโลหะไทเทเนียม นอกเหนือจาก แร่รูไทล์ (rutile) และลูโคซีน (leucoxene) มี Fe ร้อยละ 36.8 Ti ร้อยละ 31.6 และ O ร้อยละ 31.6 ปริมาณของไทเทเนียมกับเหล็กอาจแปรเปลี่ยนได้เนื่องจากมลทินของโลหะอื่น พบปนอยู่ในทรายร่วมกับ แมกนีไทต์ รูไทล์ เซอร์คอน และโมนาไซต์ ในแหล่งดีบุก นอกจากนี้ อิลเมไนต์ มักพบได้ในแหล่งพลอย หับทิม-แซปไฟร์หลาย แหล่ง แร่อิลเมไนต์ในแหล่งดีบุกจะมีขนาดเท่าเม็ดทราย เป็นซีแร่ที่ขาว เหมือนมักเรียกว่า “อามัง” ส่วนในแหล่งพลอย มักพบเป็นก้อนหรือผลึกขนาดโต (megacryst) จัดเป็นแร่หนัก ในกลุ่มที่มีเป็นแม่เหล็กค่อนข้างสูง ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงระดับกระแสไฟฟ้า 0.4 แอมแปร์

4. **เซอร์คอน (Zircon: ZrSiO_4)** หรือเพทาย สูตรเคมี มี ZrO_2 ร้อยละ 67.2 และ SiO_2 ร้อยละ 32.8 ซึ่งแร่เซอร์คอนชนิดผลึกละเอียดพบในเหมืองลานแร่ดีบุกทุกแห่ง และตามชายทะเลฝั่งทะเลทั่วไป ที่สำคัญได้แก่ ชายทะเลที่ระยอง ประจวบคีรีขันธ์ และชุมพร ส่วนชนิดที่เป็นรัตนชาติ หรือผลึกโต ๆ มักพบเกิดร่วมกับหินภูเขาไฟ ชนิดหินบะซอลต์ที่จังหวัดจันทบุรี ตราด อุบลราชธานี ศรีสะเกษ และแพร่ จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่ไม่ติดแม่เหล็กไฟฟ้า (Non-magnetic) และไม่มีคุณสมบัติที่เป็นตัวนำไฟฟ้า (Non-conductor) และ

5. การ์เน็ต (Garnet: $A_3B_2(SiO_4)_3$) นั้นมาจากภาษาละติน Granatus มีความหมายว่าเหมือนเมล็ด (Seed-like) ที่ว่าเหมือน เมล็ดนั้นหมายถึงเหมือนเมล็ดสีแดงในผลทับทิม ทั้งนี้เนื่องจากมักจะได้พบผลึกพลอยโกเมนสีแดงฝังอยู่ในเนื้อหิน โดยมีลักษณะการฝังตัวเหมือนเมล็ดในผลทับทิม โดยทั่วไปถ้ากล่าวถึงโกเมนจะหมายถึงการ์เน็ตสีแดง ซึ่งจะเป็นการ์เน็ตชนิดไพโรป แต่ ในธรรมชาตินั้น แร่นี้มีสีสรรได้หลายสี ยกเว้นสีน้ำเงิน โดยที่ในสูตรเคมี 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 มีการแบ่งแร่ชนิดนี้ออกเป็น ชนิดย่อย ๆ อีกหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีสีและคุณสมบัติทางฟิสิกส์อื่น ๆ ที่แตกต่างกันออกไปด้วย มักพบในหินแปร ชนิดหินไนส์ (Gneiss) และหินชีสต์ (Schist) เป็นหลัก ส่วนในหินอัคนีจะพบได้บ้างในหินแกรนิต หรือในหินแกรโบร บริเวณอำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ สำหรับชนิดผลึกโต ๆ ที่สามารถใช้เป็นรัตนชาติได้นั้น พบได้ในบริเวณหินบะซอลต์ ในเขตอำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด จัด เป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กค่อนข้างสูง ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าที่ ระดับกระแสไฟฟ้า 0.4 แอมแปร์

6. ดีบุก (Tin: SnO_2) ที่พบในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ แคสซิเทอไรต์ (cassiterite) ซึ่งพบเป็นแร่เศรษฐกิจเพียงชนิดเดียว โดยมีส่วนประกอบของ Sn และ O ประมาณร้อยละ 78.6 และ 21.4 ตามลำดับ อีกชนิดหนึ่งคือ สแตนไนต์ (stannite) พบน้อยมากและไม่มีการผลิต โดยทั่วไปแล้วจะเกิดอยู่ในสายแร่แบบน้ำร้อนแทรกในหินพวกแกรนิตหรือหินชั้นที่อยู่ข้างเคียง และอาจเกิดเป็นก้อนหรือผลึกเล็กๆ ฝังในหินเพกมาไทต์ หินสการ์น รวมถึงในหินแกรนิตที่อยู่ใกล้กับบริเวณเขตสัมผัสกับหินข้างเคียงด้วย จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่ไม่ติดแม่เหล็กไฟฟ้า

7. แมกนีไทต์ (Magnetite: Fe_3O_4) มี Fe 72% เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กในตัวเอง ประโยชน์การใช้แร่เหล็กภายในประเทศส่วนใหญ่ ใช้ในโรงงานถลุงเหล็กเพื่อการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า โดยที่ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กและเหล็กกล้าดังกล่าว จะใช้แร่เหล็กเปอร์เซ็นต์สูง ส่วนแร่เหล็กเปอร์เซ็นต์ต่ำ จะนำไปใช้ในการทำซีเมนต์ จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กสูง ที่เป็นแม่เหล็กในตัวเอง

8. ทัวร์มาลีน (Tourmaline: $Na(Mg, Fe, Li, Al)_3Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH, F)_4$) เป็นแร่ในกลุ่มซิลิเกต มีสีดำ น้ำตาล ม่วง เขียว ชมพู สีม่วงละเอียด สีขาว จัดเป็นแร่หนักในกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กปานกลางจนถึงต่ำ ที่ติดแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงระดับกระแสไฟฟ้า 0.7 - 1.2 แอมแปร์

9. รูไทล์ (Rutile: TiO_2) ชื่อมาจากภาษาลาติน rutilus หมายถึงสีแดง สีทองแดง มี Ti ร้อยละ 60 และ O ร้อยละ 4.0 มี นอกจากเกิดในธรรมชาติแล้ว ยังสังเคราะห์ขึ้นได้ด้วยกรรมวิธีเวอร์เนียล (Verneuil process) แร่ที่สังเคราะห์ได้มีคุณสมบัติ เป็นรัตนชาติ สังเคราะห์ที่มีน้ำ (fire) ดี แวแวลือบรุ้งยิ่งกว่าเพชร มีการจำหน่ายกันในชื่อต่าง ๆ กัน ที่รู้จักกันดีคือ ไททานีย (Titania) พลอยเคนยา (Kenya gem) และมิริดิส (Miridis) เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้า

10. **โคลัมไบต์-แทนทาลาไลต์** (Columbite-tantalite: $(\text{Fe},\text{Mn})(\text{Nb},\text{Ta})_2\text{O}_6$) เป็นแร่ที่มีธาตุไนโอเบียม (โคลัมเบียม) และแทนทาลัม เป็นส่วนประกอบหลัก มีส่วนประกอบของธาตุไนโอเบียม และแทนทาลัมจะมีผลในการเรียกชื่อแร่ โดยจะเรียกแร่โคลัมไบต์เมื่อแร่มี ธาตุไนโอเบียมมากกว่าแทนทาลัม และเรียกแทนทาลาไลต์ เมื่อแร่มีธาตุแทนทาลัมมากกว่าไนโอเบียม แร่โคลัมไบต์-แทนทาลาไลต์นั้นมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินแกรนิต และหินคาร์บอนาเทตต์ผลผลิตโคลัมไบต์-แทนทาลาไลต์ในประเทศไทยเป็นเพียงแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุกเท่านั้น

11. **วูลแฟรมไมต์** (Wolframite: Fe Mn (WO_4) เป็นคำที่มาจากภาษาเยอรมันดั้งเดิม เกิดในสายแร่เพกมาไทต์ หรือเกิดในสายแร่ควอตซ์ ชนิดอุณหภูมิสูง มักจะพบเกิดร่วมกับแร่ดีบุก ซีไลต์ อาร์เซนไพไรต์ ไพไรต์ กาลีสนา และสฟาเลอไรต์ ในสายแร่บางแห่งอาจพบเกิดเป็นเนื้อวูลแฟรมทั้งหมดซึ่งมีลักษณะแบนเป็นกระเปาะ โดยปกติไม่ค่อยพบวูลแฟรมในบริเวณที่เป็นแหล่งลานแร่

2.2 ธาตุหายาก (Rare earth elements)

2.2.1 ลักษณะทั่วไป

ธาตุหายาก หรือ “rare earths” ตั้งขึ้นโดย Johann Gadolin ในปี ค.ศ. 1794 เป็นกลุ่มโลหะธาตุที่อยู่ในอนุกรมธาตุแลนทาไนด์ (lanthanide series) บางครั้งอาจเรียกว่า กลุ่มแลนทานันส์ (lanthanous) หรือ กลุ่มแลนทานอยด์ (lanthanoids) ซึ่งประกอบด้วยธาตุ 15 ธาตุ มีเลขอะตอมตั้งแต่ 57 ถึง 71 ธาตุ ทั้งหมดนี้มีตำแหน่งตามตารางธาตุจัดอยู่ในกลุ่ม III A (รูปที่ 3) นอกจากนี้ ธาตุอิตเทรียม (Y) เลขอะตอม 39 และ ธาตุสแกนเดียม (Sc) เลขอะตอม 21 มักนับรวมไว้ในกลุ่มของธาตุหายากด้วย เพราะมีคุณสมบัติทางเคมีที่คล้ายคลึงมาก ธาตุหายากสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มธาตุหายากเบา (light rare earth elements: LREE) หรือกลุ่มซีเรียม (Cerium group) และกลุ่มธาตุหายากหนัก (heavy rare earth elements: HREE) หรือกลุ่มอิตเทรียม (Yttrium Group) ซึ่งเกณฑ์การแบ่งจำนวนธาตุตามกลุ่มนั้นมีหลากหลาย แต่ตามหลักการที่ USGS ยึดถือ นั้น จะพิจารณาจากลักษณะและจำนวนอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงชั้น 4f เป็นเกณฑ์ โดยกลุ่มธาตุหายากเบา ประกอบด้วย 8 ธาตุที่มีเลขอะตอม 57 ถึง 64 ได้แก่ แลนทานัม (La) ซีเรียม (Ce) พรซีโอดีเมียม (Pr) นีโออดีเมียม (Nd) โพรมิเทียม (Pm) ซาแมเรียม (Sm) ยูโรเพียม (Eu) และแกโดลิเนียม (Gd) ซึ่งมีอิเล็กตรอนเดี่ยว (unpaired electron; 0-7 electron) ที่หมุนตัวตามเข็มนาฬิกา (clockwise spinning) ในวงชั้น 4f และกลุ่มธาตุหายากหนัก ประกอบด้วย 8 ธาตุที่มีเลขอะตอม 65 ถึง 71 ได้แก่ เทอร์เบียม (Tb) ดิสโพรเซียม (Dy) โฮลเมียม (Ho) เออร์เบียม (Er) ทูเลียม (Tm) อิตเทอร์เบียม (Yb) ลูทีเทียม (Lu) และ อิตเทรียม (Y) ซึ่งมีความเป็นอิเล็กตรอนคู่ (paired electron) ที่มีการ หมุนตัวทั้งตามและทวนเข็มนาฬิกา (clockwise & counter-clockwise spinning) ส่วนสแกนเดียม (Sc) นั้นไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มหนึ่งกลุ่มได้

ธาตุหายากมีกระจายตัวอยู่ทั่วไปในหินชนิดต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของชั้นเปลือกโลกในสัดส่วนที่แตกต่างกัน คิดเป็นปริมาณรวมกันประมาณ 180 ppm โดยปริมาณของธาตุหายาก

เบาแต่ละชนิดจะพบได้ในมากกว่าธาตุหายากหนัก (ตารางที่ 1) ซึ่งปริมาณนี้เมื่อเทียบกับปริมาณของธาตุโลหะอื่นที่เรารู้จักกันดีในชีวิตประจำวัน เช่น สังกะสีหรือทองแดง จัดได้ว่ามีปริมาณน้อยกว่าไม่มากนัก และหากเปรียบเทียบกับเงินหรือทองคำแล้ว ธาตุหายากนับได้ว่ามีปริมาณมากกว่ามากทีเดียว (Taylor, 1964) ทั้งนี้มีแร่กว่า 200 ชนิด ที่มีธาตุหายากเป็นส่วนประกอบในปริมาณเล็กน้อยแตกต่างกันไป สำหรับแร่หายาก (REE minerals) คือ แร่ที่มีกลุ่มธาตุหายากเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ในโครงสร้างผลึก ในธรรมชาตินั้นพบราว 73 ชนิดเท่านั้น แต่มีเพียงแร่หลัก 4 ชนิด คือ แบสตันไนต์ (bastnaesite: $(\text{Ce},\text{La})(\text{CO}_3)\text{F}$) โมนาไซต์ (monazite: $(\text{Ce},\text{La},\text{Th})\text{PO}_4$) ซีโนไทม์ (xenotime: YPO_4) และ อะพาไทต์ที่ให้ธาตุหายาก (REE-bearing apatite: $(\text{Ca},\text{Ce})_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{OH},\text{Cl})_3$) ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง (กิ้งดาว เคลือบทอง และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังมีแร่อื่น ๆ ที่ให้ธาตุหายากเป็นผลพลอยได้ เช่น บรานเนอร์ไรต์ (Brannerite) ที่เป็นแร่ที่เกิดในเพกมาไทต์ ให้ธาตุยูเรเนียมและมีธาตุอิตเทรียมเป็นธาตุพลอยได้จากกระบวนการแต่งแร่ และ แร่ดินตระกูลเคโอลินในชั้นหินแกรนิตที่ดูดซับธาตุหายากไว้ที่ผิวผลึก เป็นต้น

Light Rare Earths										Heavy Rare Earths					Y		
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
Lanthanides																	
H														He			
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	An	Lr														

รูปที่ 4 แผนภาพตารางธาตุแสดงตำแหน่งของกลุ่มธาตุหายาก(ตัดแปลงจากHexel and other2002)

2.2.3 รูปแบบแหล่งธาตุหายากที่สำคัญ

ในธรรมชาติแหล่งธาตุหายาก มีรูปแบบการกำเนิดอยู่หลายลักษณะ แต่แบบที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มี 3 ลักษณะ กล่าวคือ

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

แหล่งแร่แบบลานแร่ (Placer Deposits) โดยพบแร่โมนาไซต์และซีโนไทม์ที่มีค่า

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน และความสมบูรณ์ (ppm) ของธาตุหายาก ที่มีอยู่ในส่วนต่างๆของโลก (Bulk Earth) และในชั้นเปลือกโลก (ตัดแปลงจาก จำรูญ อุยศิริไพศาล, 2535 และ Long, K.R., et. al, 2010)

รายชื่อธาตุ	เลขอะตอม	ความสมบูรณ์ (ppm) ของธาตุหายาก								
		Bulk Earth			Crust					
		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)										
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
พรซีโอดีเมียม (Praseodymium; Pr)	59	0.16	-	8.20	8.20	9.00	5.50	6.70	9.20	3.5 - 5.5
นีโอดีเมียม (Neodymium; Nd)	60	0.87	1.20	28.00	28.00	37.00	24.00	27.00	41.50	12 - 24
โพรมิเทียม (Promethium; Pm)	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ซามารีียม (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										
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
โฮลมีียม (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
ทูลีเนียม (Thulium; Tm)	69	0.044	-	0.48	0.5	0.27	0.4	0.3	0.52	0.2 - 1
อิตเทอรัม (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

ความถ่วงจำเพาะสูง คือ 5.0 และ 4.8 และมีความทนทานต่อการผุสลายตัว เกิดเป็นแร่หนักสะสมตัว อยู่ในแหล่งแร่แบบลานแร่ร่วมกับแร่หนักชนิดอื่นๆ เช่น อิลเมไนต์ เซอร์คอน รูไทล์ และแคสซิเทอไรต์ (ดีบุก) ซึ่งประเทศไทยเคยมีการผลิตแร่หายากประเภทนี้เป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุกในอดีต

แหล่งแร่แบบฝังอยู่กับที่ (In situ Deposits) ที่เกิดจากการฝังทางเคมีของหินต้นกำเนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตที่มีความสมบูรณ์ของธาตุหายาก (REE-rich host rocks) ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีความชุ่มชื้นสูง มีฝนตกชุกและมีธรณีแปรสัณฐานที่เสถียรเป็นระยะเวลาอันยาวนานส่งผลให้เนื้อหินมีอัตราการฝังอยู่กับที่กลายเป็นชั้นดินปิดทับชั้นเนื้อหินที่มีความสูง ซึ่งแร่ให้ธาตุหายากในเนื้อหินบางส่วนที่ไม่สามารถทนต่อการฝังทางเคมีจะปลดปล่อย อะตอมของธาตุหายากออกจากโครงสร้างแร่ นั้น ๆ และถูกจับยึดไว้ที่ผิวผลึกของแร่ดินที่เป็นผลมาจากการฝังของแร่อื่น ๆ ในเนื้อหินต้นกำเนิด ในรูปแบบของ *การดูดซับไอออน (Ion-adsorption type)* ในขณะที่แร่ให้ธาตุหายากบางส่วนที่ยังทนต่อสภาพการฝังทางเคมีได้จะคงลักษณะเม็ดแร่เกิดเป็น ส่วนของ *แร่ตกค้างสะสม (Residual REE minerals)* รวมอยู่ในชั้นดิน/หินผุเดียวกัน การสะสมตัวในลักษณะนี้สามารถทำให้มีปริมาณธาตุหายากในชั้น ดิน/หินผุเข้มข้นมากขึ้นได้ 1-5 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับ เนื้อหินต้นกำเนิด และสามารถแยกธาตุหายากออกจากแร่ดินได้ด้วยกรดอ่อน (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)

สำหรับประเทศไทยนั้น มีศักยภาพสูง ที่จะสามารถพบแหล่งธาตุหายากได้ 2 แบบ คือ แหล่งแร่แบบลานแร่ และแหล่งแร่แบบฝังอยู่กับที่ที่สัมพันธ์กับมวลหินแกรนิต ส่วนแหล่งแร่ แบบชนิดหินแอลคาไลหรือแบบชนิดหินคาร์บอเนไทต์ นั้นมีโอกาสเป็นไปได้ยาก

สำหรับพื้นที่ศักยภาพแร่หนัก- ธาตุหายากในเขตจังหวัดอุทัยธานี- สุพรรณบุรีนั้น มีโอกาสพบแหล่งธาตุหายากได้ทั้ง 2 ลักษณะ ประกอบกัน คือ แหล่งแร่แบบลานแร่ และแหล่งแร่แบบฝังอยู่กับที่ แต่ในแผนการสำรวจในครั้งนี้จะให้น้ำหนักความสำคัญไปที่พื้นที่ที่มีศักยภาพให้แหล่งแร่แบบหลัง เนื่องจากมีโอกาสเป็นแหล่งแร่ที่ยังคงความสมบูรณ์ของธาตุหายากได้ดีกว่า ในขณะที่พื้นที่แหล่งแร่แบบลานแร่นั้น ส่วนใหญ่ผ่านการฉีกล้างจากการทำเหมืองแร่ดีบุกในอดีตไปแล้ว โอกาสที่พื้นที่แหล่งแร่จะยังคงความสมบูรณ์ของธาตุหายากถือได้ว่าต่ำ

2.2.4 การใช้ประโยชน์ของธาตุหายาก

โดยรวมธาตุโลหะกลุ่มนี้ถือ เป็นวัตถุดิบสำคัญใน กระบวนการผลิต ชิ้นส่วน ของอุตสาหกรรม เทคโนโลยีขั้นสูง หลากประเภท อาทิ การผลิตแม่เหล็กถาวรกำลังสูง (permanent magnet) สำหรับรถยนต์ hybrid และกังหันลมผลิตไฟฟ้า การทำแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง (rechargeable battery) รวมถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขั้นสูงและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ จอภาพต่าง ๆ หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ สารเร่งปฏิกิริยา (catalysts) แวนตาสำหรับใช้งานในเวลากลางคืน และอาวุธ

ยุทธวิธีต่าง ๆ ที่ต้องการความแม่นยำสูง เป็นต้น ซึ่งธาตุหายากแต่ละตัวต่างมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ดังแสดงสรุปไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการใช้ประโยชน์หลักๆ ของธาตุหายากแต่ละชนิด (อ้างอิงจาก U.S. Department of the Interior (DOI), U.S. 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
ทูลเลียม (Tm)	เครื่องเอกซเรย์ทางการแพทย์ (medical x-ray units)
อิตเทอร์เบียม (Yb)	เลเซอร์, เหล็กผสม
ลูทีเทียม (Lu)	ตัวเร่งปฏิกิริยาในการกลั่นปิโตรเลียม
อิตเทรียม (Y)	สีแดง, หลอดฟลูออเรสเซนต์, เซรามิก, โลหะผสม
สแกนเดียม (Sc)	โลหะผสม เช่น ไม้เบสบอล

บทที่ 3

ธรณีวิทยาทั่วไป

ชุดหินฐานที่พบในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานีและสุพรรณบุรีมีหลายช่วงอายุ ตั้งแต่หินของมหายุคพรีแคมเบรียน และยุคแคมเบรียน ซึ่งเป็นชุดหินแปรที่มีอายุเก่าแก่ วางตัวรองรับหินตะกอนอายุอ่อนกว่า ไล่เรียงจากหินยุคออร์โดวิเซียน ไชลูเรียน- ดีโวเนียน คาร์บอนิเฟอรัส เพอร์เมียน จนถึงยุคไทรแอสสิก โดยชั้นหินแข็งส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่บริเวณทางด้านตะวันตกของพื้นที่ ได้แก่ บริเวณอำเภอบ้านไร่ ห้วยคต และลานสัก ในเขตจังหวัดอุทัยธานี รวมถึงบริเวณอำเภอด่านช้าง และอุทอง ในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งในหลายบริเวณจะพบการแทรกดันของ หินอัคนียุคไทรแอสสิกตัดเข้ามาหรือสัมผัสกับชุดหินอายุแก่กว่า และการโผล่ปรากฏของชั้นหินแข็งเหล่านี้จะสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อนที่ได้กล่าวไปแล้วในเบื้องต้น ส่วนบริเวณทางด้านตะวันออกของพื้นที่ซึ่งส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มจะปกคลุมด้วยชั้นหินตะกอนอายุปัจจุบัน (อ้างอิงจากรายงานการจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดอุทัยธานี, 2551 และแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000, กรมทรัพยากรธรณี) ดังแสดงในรูปที่ 2

3.1 ลำดับชั้นหิน

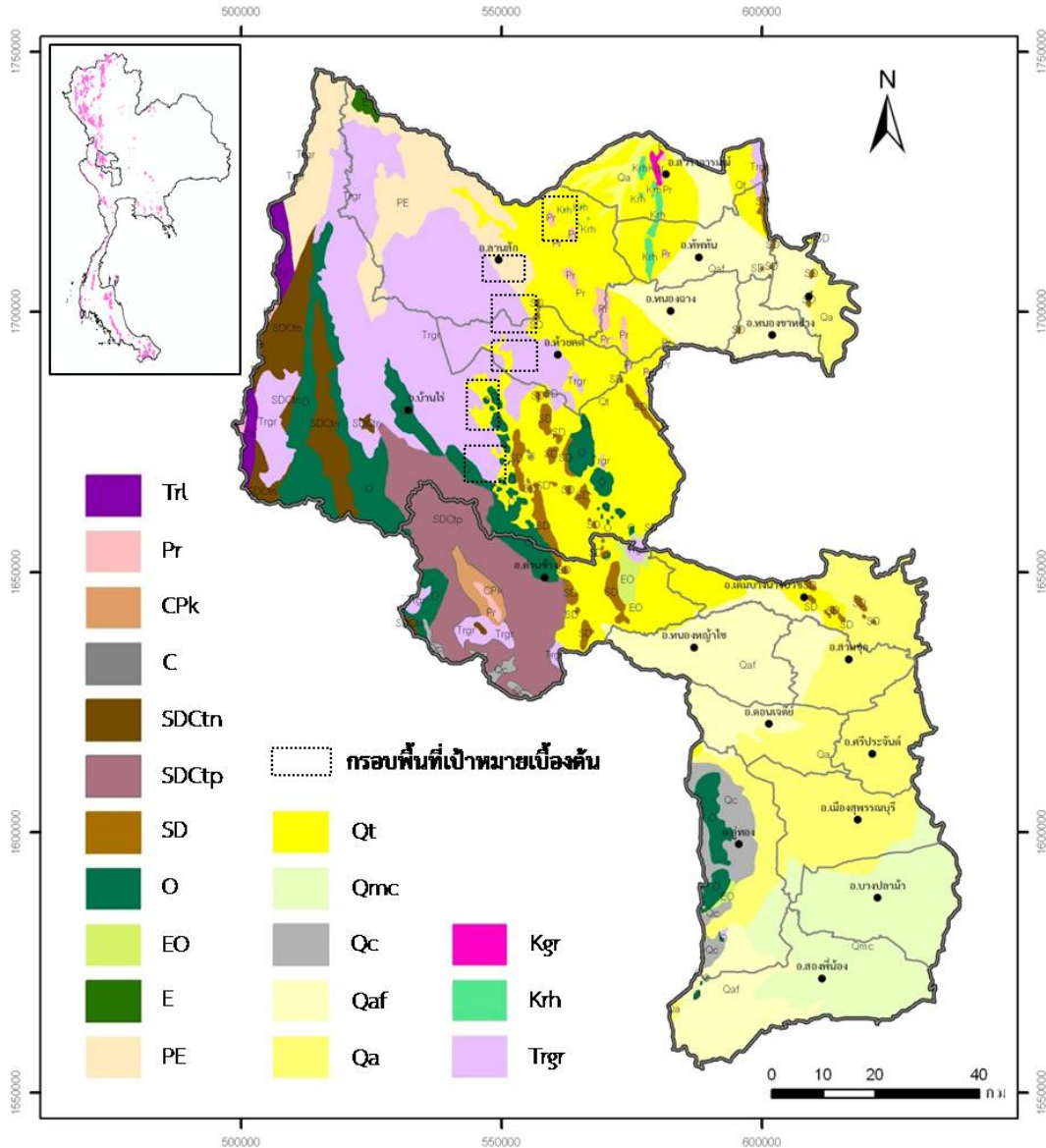
ชุดหินตะกอน หินแปร และดินตะกอน ที่พบในจังหวัดอุทัยธานี-สุพรรณบุรีสามารถเรียงลำดับชั้นหินจากอายุแก่ไปหาอายุอ่อน ได้ดังนี้

3.1.1 หินแปรมหายุคพรีแคมเบรียน

หมวดหินยุคนี้เป็นหินแปรเกรดสูงที่เรียกว่า “หมวดหินลานสางไนส์” ประกอบด้วย หินควอตซ์ไซเฟลด์สปาร์ติกไนส์ หินพาราไนส์ หินไบโอไทต์ไนส์ หินควอตซ์ไมกาชีสต์ และหินชีสต์ หมวดหินนี้พบกระจายตัวอยู่บริเวณด้านตะวันตกและตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดอุทัยธานี เป็นแนวต่อเนื่องลงมาตามแนวเทือกเขาถนนธงชัยจากบริเวณน้ำตกลานสาง จังหวัดตาก โดย วางตัวแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องอยู่ที่หินควอร์ตไซต์ยุคแคมเบรียน และหินปูนเนื้อดินยุคออร์โดวิเซียน จึงเทียบเคียงอายุของหมวดหินนี้เทียบเท่ามหายุคพรีแคมเบรียน (> 570 ล้านปี)

3.1.2 หินแปรยุคแคมเบรียน

หมวดหินยุคนี้เป็นหินแปรเกรดปานกลางถึงต่ำที่เรียกว่า “หมวดหินเจ้าแฉกรควอร์ตไซต์” ประกอบด้วย หินควอร์ตไซต์ หินควอตซ์ไมกาชีสต์ และหินชีสต์ เนื้อค่อนข้างละเอียดเมื่อเทียบกับเนื้อหินมหายุคพรีแคมเบรียน มีการกระจายตัวน้อย โดยโผล่เป็นหย่อม ๆ ชัดเจน ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง วางตัวแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องอยู่บน



รูปที่ 5 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุทัยธานีและจังหวัดสุพรรณบุรี

หินแกรนิตยุคไทรแอสซิก และพบว่าชั้นหินนี้วางตัวแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องอยู่ที่หินปูนเนื้อดินยุคออร์โดวิเซียนด้วย จึงอาจพออนุมานได้ว่าหมวดหินนี้น่าจะสะสมตัวในช่วงยุคแคมเบรียน ประมาณ 505-570 ล้านปี

3.1.3 หินตะกอนยุคออร์โดวิเซียน

หมวดหินยุคนี้เป็นหินตะกอนเคมีที่เรียกว่า “หมวดหินปูนท่ามะนาว” ประกอบด้วยหินปูนเนื้อดิน และบางส่วนถูกแปรสภาพกลายเป็นหินอ่อนหรือหินแคลก์ซิลิเกต พบการกระจายตัวอยู่ในบริเวณด้านตะวันตกและใต้ของจังหวัดอุทัยธานี ต่อเนื่องเข้าไปในบริเวณตะวันตกและตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดสุพรรณบุรี

3.1.4 หินตะกอนยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน

หมวดหินยุคนี้เป็นหินตะกอนเนื้อเม็ด ในพื้นที่เรียกว่า “กลุ่มหินทองผาภูมิ” พบกระจายตัวในแนวประมาณตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแนวเหนือ-ใต้เป็นบริเวณกว้างในพื้นที่ แต่จะกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างทางตะวันตกของจังหวัดอุทัยธานี และบริเวณอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ประกอบด้วยหินทรายแทรกสลับหินทรายเนื้อดิน หินดินดานสลับหินเชิร์ต หินดินดานเนื้อซิลิกา และบางบริเวณถูกแปรสภาพเล็กน้อย

3.1.5 หินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัส

หมวดหินยุคนี้เป็นหินตะกอนเนื้อเม็ด หินยุคนี้ในพื้นที่สามารถเทียบเคียงได้กับหินตอนบนของกลุ่มหินทองผาภูมิ และเทียบได้กับกลุ่มหินแม่ทาในภาคเหนือ พบบริเวณตอนใต้ของอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ประกอบด้วยหินทรายปนถ้ำภูเขาไฟและเฟลด์สปาร์ บางชั้นมีเศษหินภูเขาไฟปนในเนื้อหิน

3.1.6 หินตะกอนยุคเพอร์เมียน

หมวดหินหินตะกอนยุคนี้ในพื้นที่ประกอบด้วย 2 กลุ่มหิน ได้แก่ กลุ่มหินสระบุรี และกลุ่มหินราชบุรี โดยชั้นหินในกลุ่มหินสระบุรีส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเนื้อเม็ด ที่เป็นชั้น หินเชิร์ต หินดินดาน แทรกสลับด้วยหินปูนเลนส์ ชั้นหินทรายเกรย์แวก หินถ้ำภูเขาไฟ และหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ มีการกระจายตัวเป็นบริเวณแคบ ๆ ในพื้นที่ทางด้านตะวันตกของอำเภอมืองอุทัยธานี ส่วนชั้นหินในกลุ่มหินราชบุรี เป็นชั้นหินปูนที่มีก้อนหินเชิร์ต และหินปูนสลับ ชั้นกับหินทราย พบกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างในบริเวณตอนกลางและตะวันออกของจังหวัดอุทัยธานี และบริเวณด้านตะวันตกของจังหวัดสุพรรณบุรี

3.1.7 หินตะกอนยุคไทรแอสซิก

หมวดหินยุคนี้เป็นหินตะกอนเนื้อเม็ดปนหินตะกอนเคมี ประกอบด้วยหินทรายแทรกสลับกับหินดินดาน หินกรวดมน หินปูนและหินปูนกรวดเหลี่ยม มีการกระจายตัวเป็นบริเวณแคบ ๆ ทางด้านตะวันตกของจังหวัดอุทัยธานี ในเขตอำเภอบ้านไร่ และลานสัก

3.1.8 ตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี

ตะกอนยุคนี้ ประกอบด้วย ตะกอนชนิดต่างๆ ที่มีอายุประมาณ 1.8 ล้านปีก่อนจนถึงปัจจุบัน เป็นชั้นตะกอนยังไม่แข็งตัว พบสะสมตัวในรูปแบบต่าง ๆ อยู่บริเวณด้านตะวันออกของพื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม สามารถจำแนกตะกอนร่วนในพื้นที่ออกเป็น 4 หน่วยย่อย โดยอาศัยชนิดของตะกอนและสภาวะแวดล้อมของการตกตะกอน ได้แก่

1) **ตะกอนเศษหินเชิงเขาและตะกอนฝูพังอยู่กับที่** พบกระจายตัวบริเวณแนวรอยต่อระหว่างพื้นที่สูงชันกับพื้นที่ราบลุ่ม ส่วนใหญ่พบอยู่บริเวณตอนกลางของจังหวัดอุทัยธานี และทางด้านตะวันตกของจังหวัดสุพรรณบุรี

2) **ตะกอนน้ำพา** ประกอบด้วยชั้นทรายปนดินเคลย์สลับกับชั้นดินเคลย์ปนทรายมีกรวดละเอียด มีการคัดขนาดที่ไม่ค่อยดี และลูกรังปะปนด้วยในบางชั้น ซึ่งเกิดจากการพัดพาตะกอนมาสะสมตัว รวมกันของสาย น้ำและลำคลองหลายสาย เช่น ลำน้ำตากแดด ห้วยเสลา คลองทัพทัน คลองใหญ่ เป็นต้น พบเป็นบริเวณกว้าง พื้นที่ทางด้านตะวันออกของ จังหวัดอุทัยธานี ในเขตอำเภอเมือง ทัพทัน หนองฉาง หนองขาหย่าง สว่างอารมณ์ ลานสัก และห้วยคต

3) **ตะกอนร่องน้ำ** พบสะสมตัวอยู่ในขอบเขตร่องน้ำของแม่น้ำขนาดใหญ่ กระจายตัวในบริเวณอำเภอเมืองอุทัยธานี และอำเภอเมืองสุพรรณบุรี ที่มีลักษณะเด่นประกอบด้วยตะกอนทรายร่องน้ำ สันดอนทราย และตะกอนทรายคันดินธรรมชาติ

4) **ตะกอนที่ราบลุ่มแม่น้ำ** ลักษณะเป็นภูมิประเทศที่ราบริมแม่น้ำ พบสะสมตัวในบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำ เจ้าพระยา ที่เกิดจากน้ำหลากในฤดูฝนและพัดพาเอาเศษตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กมาสะสมตัว ซึ่งประกอบด้วยตะกอนดินเหนียว เป็นหลัก และอาจพบตะกอนทรายและทรายแป้งปะปนอยู่บ้าง

3.2 หินอัคนี

ในพื้นที่ จังหวัดอุทัยธานี และ สุพรรณบุรี สามารถพบ หินอัคนี ทั้งชนิด ที่เป็นหินอัคนีแทรกซอน และหินอัคนีพุ ดังนี้

3.2.1 หินอัคนีพุกเฟอร์โม-โทรแอสซิก

หินอัคนีพุกเฟอร์โม-โทรแอสซิก ประกอบด้วยหินแอนดีไซต์ และหินไรโอไลต์ พบกระจายตัวเป็นบริเวณแคบ ๆ ในแนวเหนือ-ใต้ บริเวณด้านตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดอุทัยธานี ในเขตอำเภอหนองฉาง ทัพทัน สว่างอารมณ์ และบ้านไร่ คาดว่าอายุอยู่ในช่วงประมาณ 210-286 ล้านปี

3.2.2 หินแกรนิตยุคโทรแอสซิก

หินแกรนิตยุคโทรแอสซิกพบเป็นแนวเทือกเขาใน บริเวณด้านตะวันตกของพื้นที่ ในเขตอำเภอลานสัก บ้านไร่ และห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี และบริเวณอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี เรียกพื้นที่หินแกรนิตนี้ว่า “บ้านทองหลางแกรนิต ” มวลหินแกรนิตบริเวณนี้จัดอยู่ในหินแกรนิตแนวตอนกลางของประเทศไทย ส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ต่อเนื่องกับหินแกรนิตในจังหวัดตาก หินแกรนิตในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นไบโอไทต์แกรนิตเนื้อหยาบถึงเนื้อดอกที่มีลักษณะเนื้อพื้นขนาดหยาบ มีผลึกแร่ดอกเฟลด์สปาร์ขนาดใหญ่ ผลึกแรมมักแสดงลักษณะของการ เรียงตัว บางบริเวณพบผลึกแรมเรียงตัวเป็นลักษณะ กิ่งแถบขาวสลับดำ ทั้งแถบแนวตรงและแถบคดโค้ง คล้ายลักษณะของหินไนส์จึง

เรียกว่า “โนลิกแกรนิต ” ซึ่งเชื่อว่าเกิดจากหินแกรนิตถูกบีบอัดตามแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่ นอกเหนือจากสายแร่เฟลด์สปาร์และควอตซ์แล้วในหลายบริเวณ จะพบแร่ดีบุกพร้อมกับแร่ทั้งสแตนและแร่หนักอื่น ๆ เช่น โมนาไซต์ และเซอร์คอน เป็นต้น นอกจากนี้มีการรายงานว่าพบแร่ฟลูออไรต์ด้วยในบางบริเวณจากการศึกษาอายุหินโดยวิธีไอโซโทปพบว่าบ้านทองกลางแกรนิตมีอายุประมาณ 237 ± 25 ล้านปี

3.3 ธรณีวิทยาโครงสร้าง

ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่จังหวัด อุทัยธานี และสุพรรณบุรี เกิดจากอิทธิพลของขบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ในส่วนของหินฐานธรณีฐานไทย สามารถสังเกตได้จากลักษณะโครงสร้างรอยคดโค้ง รอยเลื่อน และรอยแตกในชั้นหิน ทั้งนี้ชั้นหินบริเวณจังหวัดอุทัยธานี และสุพรรณบุรีมีการวางตัวหลักอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยกลุ่มหินยุคก่อนไทรแอสซิกมีชั้นหินเอียงเทไปทางตะวันออกเฉียงด้วยมุมที่ค่อนข้างชัน พบการคดโค้งของชั้นหินมาก และมีแนวแตกเรียบและรอยเลื่อนเกิดร่วมด้วยหลายแนว ขณะที่กลุ่มชั้นหินของยุคไทรแอสซิกมีระดับการแปรสัณฐานที่รุนแรงน้อยกว่าด้วยชั้นหินที่มีมุมเอียงเทชัน นปานกลางไปทางตะวันออกเฉียงเช่นเดียวกัน สำหรับการคดโค้งของชั้นหินที่พบในบริเวณนี้ ส่วนมากมีแนวแกนคดโค้งประมาณเหนือ-ใต้ ซึ่งในบริเวณแกนกลางคดโค้งรูปประทุนขนาดใหญ่จะพบหินแปรมหายุคพรีแคมเบรียนเป็นหินโผล่และมักพบการแทรกดันของมวลหินแกรนิตร่วมด้วยตามแนวดังกล่าว

บทที่ 4

ธรณีวิทยาแหล่งแร่

ในอดีตการผลิตแร่หนักที่ให้ธาตุหายากนั้น มักเป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก ซึ่งเมื่อมีการยุติการทำเหมืองดีบุกเนื่องจากราคาแร่ตกต่ำ การผลิตแร่หนักดังกล่าวจึงยุติไปด้วย แต่ด้วยความต้องการใช้ประโยชน์จากธาตุหายากที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและข้อจำกัดของแหล่งผลิต ส่งผลให้มีความพยายามสำรวจหาแหล่งธาตุหายากแบบใหม่ ๆ ขึ้น โดยการกำหนดพื้นที่ที่เป็นศักยภาพแร่หนัก-ธาตุหายากในเบื้องต้น จึงมักสัมพันธ์กับ พื้นที่แหล่งแร่ดีบุกและแนว การกระจายตัวของมวลหินแกรนิต เป็นหลัก

4.1 ธรณีวิทยาแหล่งแร่ทั่วไป

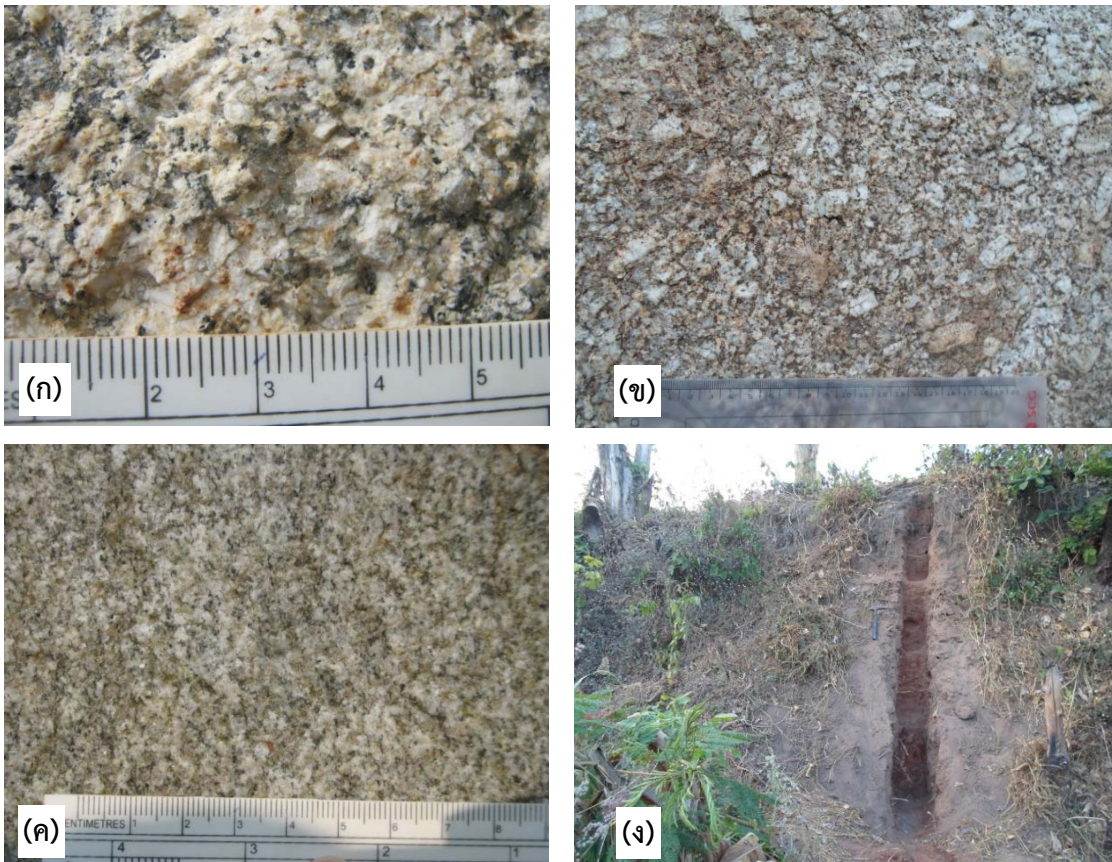
จากการศึกษาธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่พื้นผิวเบื้องต้น พบว่าหินแกรนิตในพื้นที่สำรวจส่วนใหญ่เป็นหินไปโอไทต์แกรนิต ขนาดผลึกปานกลางถึงหยาบ มีทั้งที่แสดงลักษณะเนื้อดอก และลักษณะเนื้อขนาดเดียว และในหลายบริเวณเนื้อหินจะแสดงการเรียงตัวของเม็ดแร่ ชัดเจน อันเป็นผลจากได้รับอิทธิพลของแรงเฉือน

สำหรับเทือกหินแกรนิตในบริเวณด้านตะวันตกของพื้นที่สำรวจ ในเขตอำเภอบ้านไร่ ห้วยคต และลานสัก ประกอบด้วย หินไปโอไทต์แกรนิต 5 ลักษณะ ได้แก่ หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกปานกลางถึงเนื้อหยาบ (รูปที่ 5ก) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกปานกลางถึงเนื้อหยาบที่มีการเรียงตัวของผลึกแร่ในเนื้อหิน หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกผลึกปานกลางถึงเนื้อหยาบโดยมีแร่เฟลด์สปาร์เป็นเนื้อดอก (รูปที่ 5ข) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกขนาดผลึกปานกลางถึงเนื้อหยาบที่มีการเรียงตัวของผลึกแร่ในเนื้อหิน หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกละเอียดถึงปานกลาง (รูปที่ 3ค) ในบางจุดที่มีสายแร่ร้อนตัดเข้ามาจะพบมัสโคไวต์และทัวร์มาลีนได้ ในบริเวณใกล้กับแนวสัมผัส นอกจากนี้ในแกรนิตเนื้อดอกบางจุด สามารถพบ ผลึกแร่แอลลาไนต์ (allanite: $(\text{Ce,Ca,Y,L a})_2(\text{Al,Fe}^{+3})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$) ที่เป็นแร่ในกลุ่มแร่อีพิโดตที่สามารถมีธาตุหายากอยู่ในโครงสร้างผลึกได้สูงถึงร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก มีลักษณะเป็นแท่งผลึกแร่สีน้ำตาลดำฝังประห่าง ๆ ในเนื้อหินด้วย และในชั้นตะกอนทางน้ำที่ผุดมาจากหินแกรนิตในหลายจุด มีแร่แอลลาไนต์สะสมตัวร่วมกับแร่หนักชนิดอื่นด้วยเช่นกัน

สำหรับหอย่อมหินแกรนิตในบริเวณพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอลานสัก จะพบความหลากหลายของเนื้อหินแกรนิตน้อยกว่า โดยหินแกรนิตชนิดหลัก เป็นหินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกปานกลาง มีลักษณะเด่นที่แตกต่างจากเนื้อหินแกรนิตบริเวณแนวเทือกเขาซี ก ตะวันตกของพื้นที่ชัดเจน คือ ประกอบด้วยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์สีเนื้ออมชมพู (รูปที่ 6ก และ ข) ขณะที่ลักษณะการเรียงตัวของผลึกแร่พบได้น้อยและไม่เด่นชัด และมีค่าความเป็นแม่เหล็กในเนื้อสูง

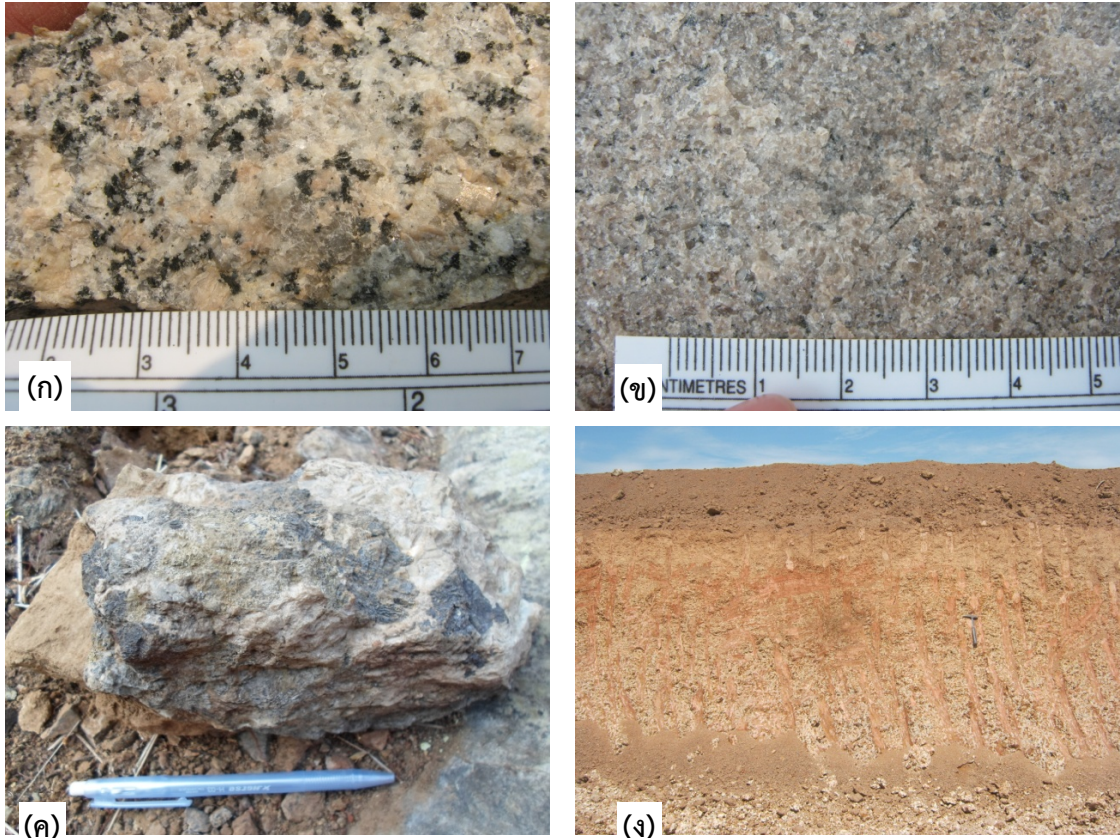
(high magnetic susceptibility) นอกจากนี้ในบริเวณแนวสัมผัสกับเทือกหินปูน จะพบโซนการแปรสภาพเป็นหินอ่อนสีขาว

ในพื้นที่เชิงเขาแนวหินแกรนิตฝั่งตะวันตกส่วนใหญ่มีความหนาของชั้นดิน/หินมีระดับการผุพังอยู่กับที่สูงปิดทับไม่หนามากนัก (เฉลี่ยประมาณ 0.5-2 เมตร; รูปที่ 6ง) กระจายตัวเป็นบริเวณแคบ ๆ ส่วนพื้นที่บริเวณทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่สำรวจ ในเขตอำเภอลานสัก ซึ่งเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบมีความลาดชันต่ำสามารถพบชั้นดิน /หินผุมีความหนา (เฉลี่ยได้มากกว่า 2 เมตร; รูปที่ 7ง) แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้าง



รูปที่ 6 แสดงลักษณะเนื้อหินแกรนิตในบริเวณแนวเทือกหินแกรนิตฝั่งตะวันตกของพื้นที่สำรวจ

- (ก) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดี่ยวผลึกขนาดปานกลาง (พิกัด 1703159เหนือ/553089ตะวันออก)
- (ข) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกผลึกขนาดปานกลางที่มีแร่แอลลาไนต์ (พิกัด 1673623เหนือ/533633ตะวันออก)
- (ค) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดี่ยวผลึกขนาดละเอียด (พิกัด 1691810เหนือ/545241ตะวันออก)
- (ง) ชั้นหน้าตัดดิน /หินแกรนิตผุในบริเวณบ้านใหม่ร่มเย็น อำเภอบ้านไร่ (พิกัด 1672202เหนือ/545265ตะวันออก)



รูปที่ 7 แสดงลักษณะเนื้อหินแกรนิตในบริเวณพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่สำรวจ

- (ก) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวผลึกขนาดปานกลางที่ประกอบด้วยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์สีเนื้ออมชมพู (พิกัด 1717275 เหนือ/563662 ตะวันออก)
- (ข) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวผลึกขนาดละเอียดที่ประกอบด้วยแร่ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์สีเนื้ออมชมพู (พิกัด 1720393 เหนือ/563389 ตะวันออก)
- (ค) หินแมกนีไทต์-การ์เนตสการ์น (พิกัด 1714458 เหนือ/563728 ตะวันออก)
- (ง) ชั้นหน้าตัดดิน/หินแกรนิตผุหนาในบริเวณตำบลน้ำรอบ อำเภอลานสัก (พิกัด 1715887 เหนือ/561747 ตะวันออก)

4.2 ธรณีวิทยาแหล่งแร่เฉพาะแหล่ง

ในการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่เฉพาะแหล่งได้ดำเนินการสำรวจหาปริมาณแร่หนัก ตกค้าง ด้วยการร่อนเลียงตะกอนชั้นกะสะทางน้ำและตะกอนชั้นดิน /หินผุอยู่กับที่ จำนวน 84 จุด ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นทั้ง 6 พื้นที่ (โดยหัวแร่ได้จากการร่อนเลียงทุกตัวอย่าง จะผ่านชั้น การลอยแร่ด้วยสารละลายโบรโมฟอร์ม ก่อนที่จะส่งวินิจฉัยชนิดแร่หนักแร่เพื่อหาค่าความสมบูรณ์) และทำการเก็บตัวอย่างชั้นดิน /หินแกรนิตผุและหินแกรนิตสด ส่งวิเคราะห์เคมีด้วยวิธี XRF (บด ตัวอย่างด้วยชุดหัวบดทั้งสแตนคาร์ไบด์) และ ICP-MS (บดตัวอย่างด้วยชุด หัวบดเซรามิกส์) จำนวน 152 ตัวอย่าง ซึ่งให้ค่าธาตุหายากรวมในช่วง 115-930 ppm (ค่าเฉลี่ย 355.11 และค่าเบี่ยงเบน

มาตรฐาน 134.95 ppm) โดยมีสัดส่วนธาตุหายากเบาเทียบกับธาตุหายากหนักอยู่ในช่วง 96:4 ถึง 70:30

ทั้งนี้ได้ทำการวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดินด้วยเครื่อง Gamma-ray spectrometer รวม 159 จุด ซึ่งให้ค่าความเข้มข้นกัมมันตรังสีโพแทสเซียม (K) อยู่ในช่วงเทียบเท่าร้อยละ 0.04–9.55 (ค่าเฉลี่ย 4.54 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.09) ค่าความเข้มข้นกัมมันตรังสียูเรเนียม (U) อยู่ในช่วงเทียบเท่า 2.28–37.55 ppm (ค่าเฉลี่ย 17.20 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.95 ppm) และค่าความเข้มข้นกัมมันตรังสีทอเรียม (Th) อยู่ในช่วงเทียบเท่า 1.47–97.40 ppm (ค่าเฉลี่ย 44.43 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 19.44 ppm) โดยผลการสำรวจเบื้องต้นในพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นแต่ละพื้นที่ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 พื้นที่ “บ้านใหม่ร่มเย็น”

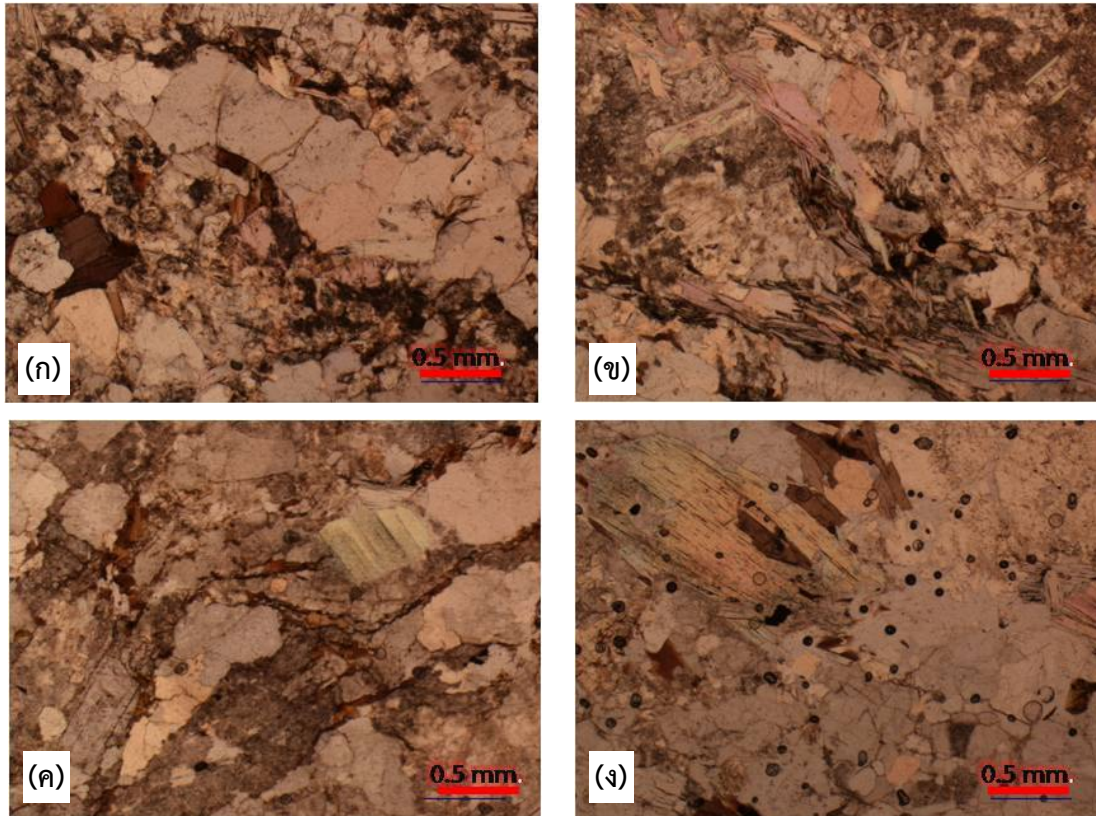
พื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นที่ 1 “บ้านใหม่ร่มเย็น” ตั้งอยู่ในเขตอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี มีพื้นที่สำรวจคาบเกี่ยวระหว่าง 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลเจ้าวัด แก่นมะกรูด และบ้านไร่ ซึ่งบางบริเวณในพื้นที่นี้เคยเป็นแหล่งผลิตแร่ดีบุกมาก่อน แต่ปัจจุบันหยุดดำเนินการแล้วทั้งหมด ด้วยสภาพภูมิประเทศที่เป็นที่ลาดเชิงเขาประกอบด้วยเคยเป็นพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองดีบุก มาก่อน ซึ่งส่งผลให้ชั้นดิน/หินผุอยู่กับที่มีความหนาไม่มากนัก (รูปที่ 7ก) จากการสำรวจความหนาชั้นดินตามหน้าตัดชั้นดินในพื้นที่ ในหลายจุดพบว่ามีความหนาเฉลี่ยของชั้นดิน/หินผุไม่เกิน 3 เมตร ก็จะเข้าสู่ชั้นหินแข็ง และมีขอบเขตพื้นที่การแผ่กระจายของชั้นดิน/หินผุไม่กว้างมากนัก

พื้นที่บางบริเวณจะรองรับด้วยหินแปรเกรดต่ำพวกหินตะกอนเนื้อเม็ดกึ่งแปรสภาพ และหินแปรเกรดสูงพวกหินชีสต์ แต่พื้นที่ส่วนใหญ่หนูนตัว ยหินแกรนิต เนื้อหินแกรนิตในพื้นที่ประกอบ ด้วยหินแกรนิตไปโอไทต์เนื้อดอก และหิน ไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกปานกลางถึงหยาบ ซึ่งบางบริเวณจะแสดงการเรียงตัวของผลึกแร่ในเนื้อหิน และถูกแทรกดันโดยหินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกละเอียดถึงปานกลาง ซึ่งหินแกรนิตทั้งหมดจะถูกแทรกตัดโดยสายเพกมาไทต์และสายแร่ควอตซ์ จากการศึกษาทางศิลาวรรณา พบว่าเนื้อหินประกอบด้วยแร่ไมกา ทั้งชนิดไปโอไทต์และมัสโคไวต์เกิดร่วมกันในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน และพบข้อบ่งชี้ว่าลักษณะการเรียงตัวแร่ในเนื้อหินแกรนิตได้เกิดขึ้นภายหลังจากการแข็งตัวของ หินแกรนิตแล้ว ดังจะเห็นได้จากผลึกแร่ควอตซ์แสดงลักษณะการแตกเป็นผลึกเล็ก ๆ รอบผลึกเดิม (recrystallized texture) โดยมีกลุ่มผลึกแร่ไมกาเรียงตัวเป็นแนวรอบผลึกแร่ควอตซ์ดังกล่าว (รูปที่ 8ก)

จากผลการศึกษาชนิดและความสมบูรณ์ของแร่หนักจากการเลียงตัวอย่างตะกอนชั้นกะสะทางน้ำและตัวอย่างชั้นดิน/หินผุ จำนวน 34 จุด พบว่ามีปริมาณแร่หนักรวมอยู่ในช่วง 0.04–6.98 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 0.57 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ซึ่งแร่หนักที่พบส่วนใหญ่เป็นแร่ดีบุก มีความสมบูรณ์อยู่ในช่วง 0–2.08 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร รองลงมาได้แก่ แร่กา ร์เนต (0–1.16) โมนาไซต์-ซีโนไทม์ (0–1.12) เซอร์คอน (0–1.05) อิลเมไนต์ (0–0.70) และแร่ในตระกูลรูไทล์ (0–0.63



รูปที่ 8 แสดงสภาพพื้นที่โดยทั่วไปของพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น 6 พื้นที่ ได้แก่ (ก) “บ้านใหม่ร่มเย็น” (ข) “บ้านปางสวรรค์” (ค) “บ้านไซเบอร์” (ง) “บ้านอีซ่า” (จ) “บ้านโป่งสามสิบ” และ (ฉ) “เขาดิน-เขาผาแรด”



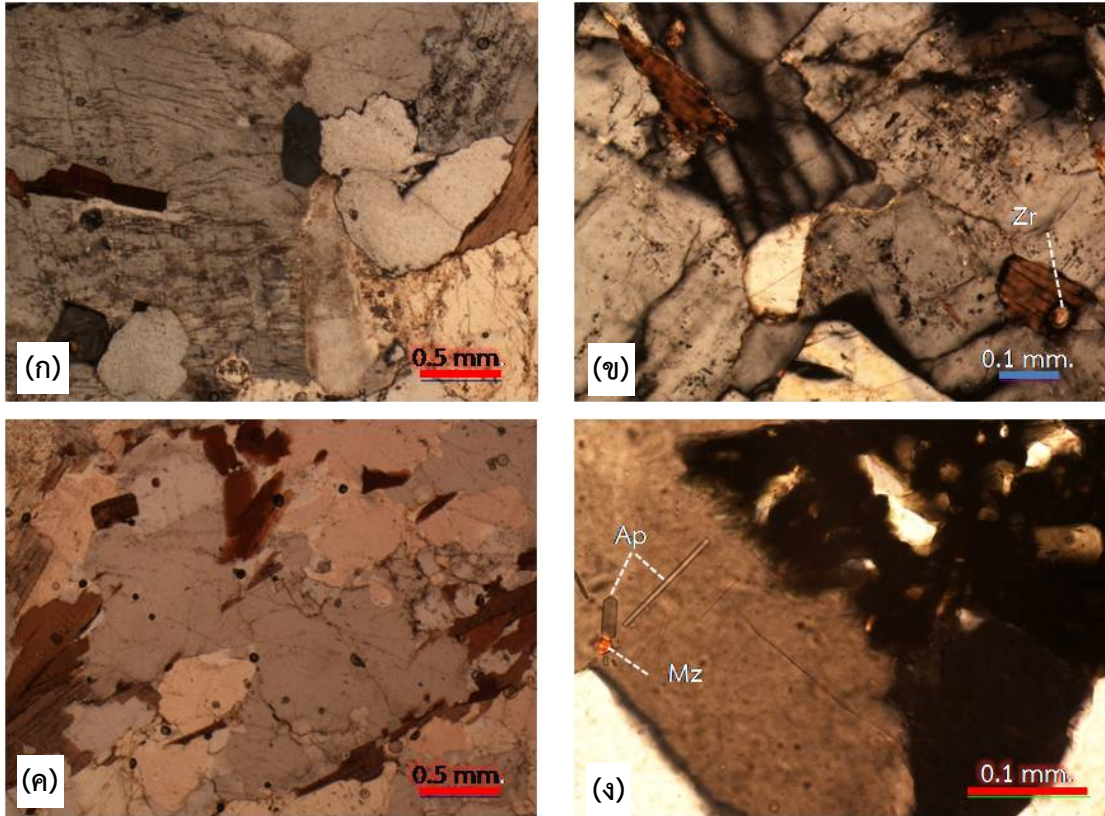
รูปที่ 9 แสดงลักษณะเนื้อหินแกรนิตภายกล้องจุลทรรศน์

- (ก) หินมีสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อ ดอกที่มีการเรียงตัวของแร่ที่เกิดจากแรงบดอัดในภายหลัง (UT12: พิกัด 1667728เหนือ/549172ตะวันออก)
- (ข) หินมีสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อ ดอกที่มีการเรียงตัวของแร่ที่เกิดจากแรงบดอัดในภายหลัง (UT15: พิกัด 1668884 เหนือ/ 549056 ตะวันออก)
- (ค) หินมีสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อริ้ว (UT19: พิกัด 1670742เหนือ/ 543766ตะวันออก)
- (ง) หินมีสโคไวต์-ไบโอไทต์แกรนิตเนื้อ เดียวขนาดผลึกหยาบ ที่มีผลึกมีสโคไวต์ขนาดหยาบ (UT13: พิกัด 1668809เหนือ/ 549418ตะวันออก)

กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ และมีแร่ทัวร์มาลีนปนอยู่บ้าง (0-0.23 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) นอกจากนี้ยังพบแร่ทอไรต์ (0-0.17 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และแทนทาลิต-โคลัมไบต์ (0-0.11 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

จากผลการวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดินทั้งสิ้น 42 จุด พบว่ามีค่าความเข้มข้นของ Th อยู่ในช่วงเทียบเท่า 21.24-88.68 ppm ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 55.20 ppm (สูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 44.43 ppm) ส่วนค่าความเข้มข้นของ K อยู่ในช่วงเทียบเท่า 4.26-9.55% ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.26% (สูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.54%) และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิตจำนวน 2 ตัวอย่างและในชั้นดิน/หินผุจำนวน 34 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) ในตัวอย่างหินแกรนิตมีค่าอยู่ในช่วง 255-495 ppm ค่าเฉลี่ย 374.85 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนปริมาณธาตุหายากเบาต่อธาตุหายากหนัก (LREE:HREY) เป็น 87.62:12.38 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 18-19 และ 50-60 ppm

ตามลำดับ สำหรับปริมาณธาตุหายากรวมในตัวอย่างชั้นดิน / หินผุมีค่าอยู่ในช่วง 115-931 ppm ค่าเฉลี่ย 410.31 ppm โดยมีค่าเฉลี่ย LREE:HREY เป็น 88.86:11.14 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 5-41 และ 20-190 ppm ตามลำดับ



รูปที่ 10 แสดงลักษณะเนื้อหินแกรนิตภายกล้องจุลทรรศน์

- (ก) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกหยาบ (UT24: พิกัด 1680982เหนือ/543166 ตะวันออก)
- (ข) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกหยาบ ที่มีผลึกเซอร์คอน (Zr) ฝังในเนื้อผลึกของไปโอไทต์ (UT03: พิกัด 1703095เหนือ/553521 ตะวันออก)
- (ค) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกหยาบ ที่มีการเรียงตัวของแร่ที่เกิดจากแรงบดอัดในภายหลัง (UT32: พิกัด 1707475เหนือ/550518 ตะวันออก)
- (ง) หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกหยาบ ที่พบผลึกแร่โมนาไซต์ (Mz) ขนาดเล็กมากเกิดในผลึกเฟลด์สปาร์ร่วมกับผลึกแร่อะพาไทต์ (Ap) (UT119: พิกัด 1720393เหนือ/553521 ตะวันออก)

ผลวิเคราะห์เคมีแสดงให้เห็นว่า พื้นที่นี้มีค่าปริมาณธาตุหายากรวมเฉลี่ยทั้งในเนื้อหิน และในชั้นดินสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ (ที่ 300 ppm) โดยเฉพาะในเนื้อดินบางจุดที่มีปริมาณธาตุหายากรวมสูงกว่า 900 ppm (ที่พิกัด 1672458 เหนือ/ 546021 ตะวันออก) ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยในเนื้อหินมาก ถือเป็นข้อบ่งชี้เบื้องต้นที่ดีว่า พื้นที่นี้มีศักยภาพของการเป็นแหล่ง ธาตุหายากแบบตกค้างสะสมได้ นอกจากนี้ชั้นดินในบางบริเวณ โดยเฉพาะ ในเขตบ้านใหม่ร่มเย็น แสดงลักษณะการผูกพันอยู่กับที่ที่เอื้อ

ต่อการสะสมตัวของธาตุหายากในรูปแบบของการดูดซับประจุ (ion adsorption) แม้ว่าจะมีแร่หนักหลงเหลือตกค้างอยู่บ้าง (0.60 กรัม/10 ลิตรตะกอน โดยเป็นแร่เซอร์คอน (0.23 กรัม) ทอไรด์ (0.08 กรัม) และแร่คาดว่าจะเป็นแอลลาไนต์ (0.16 กรัม)

4.2.2 พื้นที่ “บ้านปางสวรรค์”

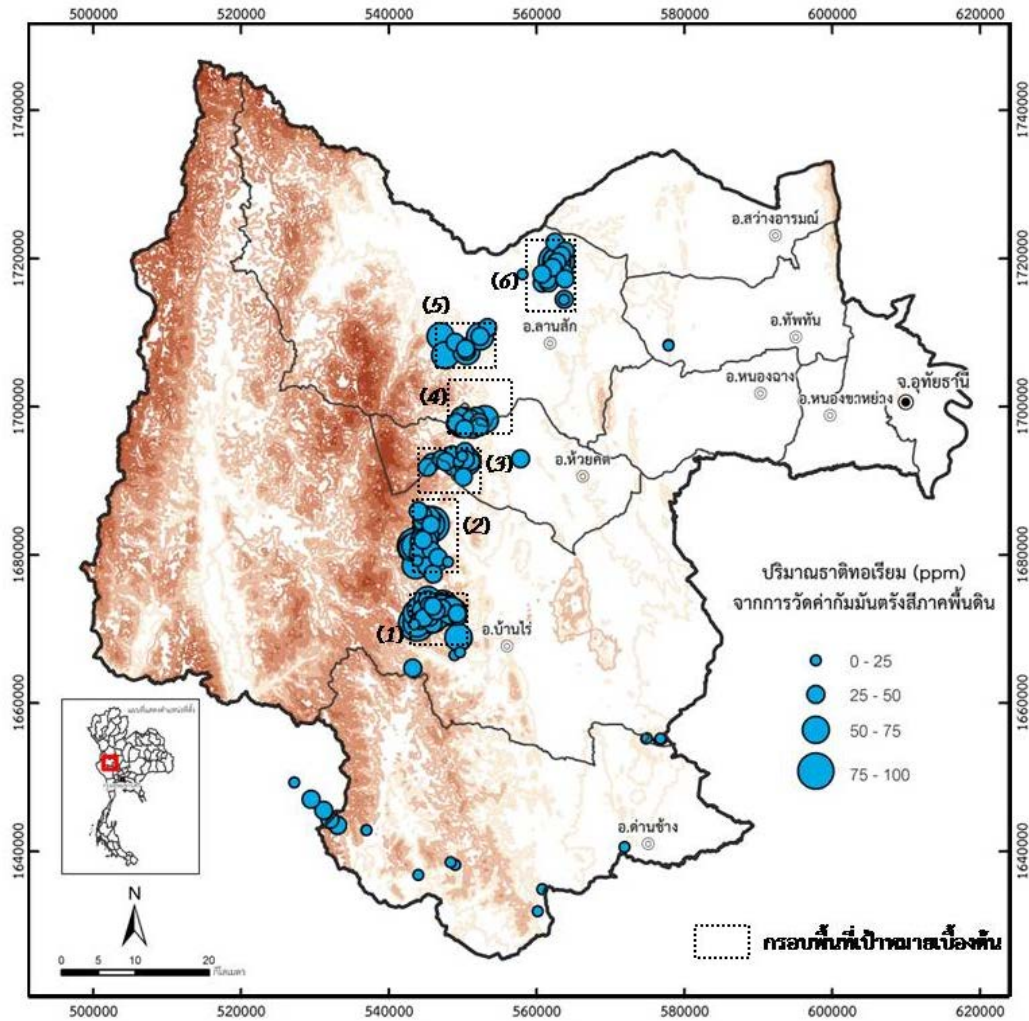
พื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นที่ 2 “บ้านปางสวรรค์” ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลคอกควาย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี มีสภาพภูมิประเทศที่เป็นที่ลาดเชิงเขาและ ภูเขาที่ราบระหว่างเทือกเขา และบางบริเวณของพื้นที่นี้เคยเป็นเหมืองแร่ดีบุก แต่ปัจจุบันหยุดดำเนินการแล้วทั้งหมด เช่นเดียวกับพื้นที่บ้านใหม่ร่มเย็น

ด้วยสภาพภูมิประเทศ และลักษณะพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองดีบุกมาก่อน จึงส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของชั้นดิน/หินผุพังอยู่กับที่ของพื้นที่โดยรวม ทำให้ความหนา ชั้นดิน/หินผุพังอยู่กับที่ไม่มากนัก จากการสำรวจความหนาชั้นดินจากหน้าตัดชั้นดิน พบว่ามีความหนาเฉลี่ยของชั้นดิน/หินผุไม่เกิน 3 เมตร

เนื้อหินแกรนิตในพื้นที่ ประกอบด้วยหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอก และหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อเดี่ยว บางบริเวณจะแสดงการเรียงตัวของผลึกแร่ในเนื้อหิน และถูกแทรกคั่นโดยหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อเดี่ยวขนาดผลึกละเอียดถึงปานกลาง ซึ่งหินแกรนิตทั้งหมดจะถูกแทรกตัดโดยสายเพกมาไทต์และสายแร่ควอตซ์ และจากวัดค่ากัมมันตรังสีในภาคพื้นดินทั้งสิ้น 23 จุด พบว่ามีค่าความเข้มข้นของ Th อยู่ในช่วงเทียบเท่า 14.46- 81.54 ppm ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 48.47 ppm (สูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 44.43 ppm เล็กน้อย) ส่วนค่าความเข้มข้นของ K อยู่ในช่วงเทียบเท่า 3.85-7.56% ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00% (สูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.54% เล็กน้อย)

จากผลการศึกษาชนิดและความสมบูรณ์ของ แร่หนักจากการเลี้ยงตัวอย่างตะกอนชั้นกาะสะทางน้ำและตัวอย่างชั้นดิน/หินผุ จำนวน 12 จุด พบว่ามีปริมาณแร่หนักรวมอยู่ในช่วง 0-12.54 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 1.38 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ซึ่งแร่หนักชนิดหลักที่พบ ได้แก่ แร่อิลเมไนต์ โมโนไซต์-ซีโนไทม์ และเซอร์คอน มีความสมบูรณ์อยู่ในช่วง 0-0.34, 0-0.31 และ 0-0.29 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ แร่การ์เนต และทัวร์มาลีน (0-0.09 และ 0-0.11 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) นอกจากนี้ยังพบแร่ดีบุก (0-0.09 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) แอลลาไนต์ (0-0.07 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ทอไรด์ (0-0.07 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) แร่ตระกูลรูทิล (0-0.05 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และแทนทาลไลท์-โคลัมไบต์บ้างเล็กน้อย (0-0.02 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ในบางจุด

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิตจำนวน 5 ตัวอย่างและในชั้นดิน/หินผุจำนวน 6 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) ในตัวอย่างหินแกรนิตมีค่าอยู่ในช่วง 117-499 ppm ค่าเฉลี่ย 357.11 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนปริมาณธาตุหายากเบาต่อธาตุหายากหนัก (LREE:HREY) เป็น 86.81:13.19 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 8-19 และ 20-140 ppm ตามลำดับ สำหรับปริมาณ ธาตุหายากรวมในตัวอย่างชั้นดิน /หินผุมีค่าอยู่ในช่วง 288-826 ppm



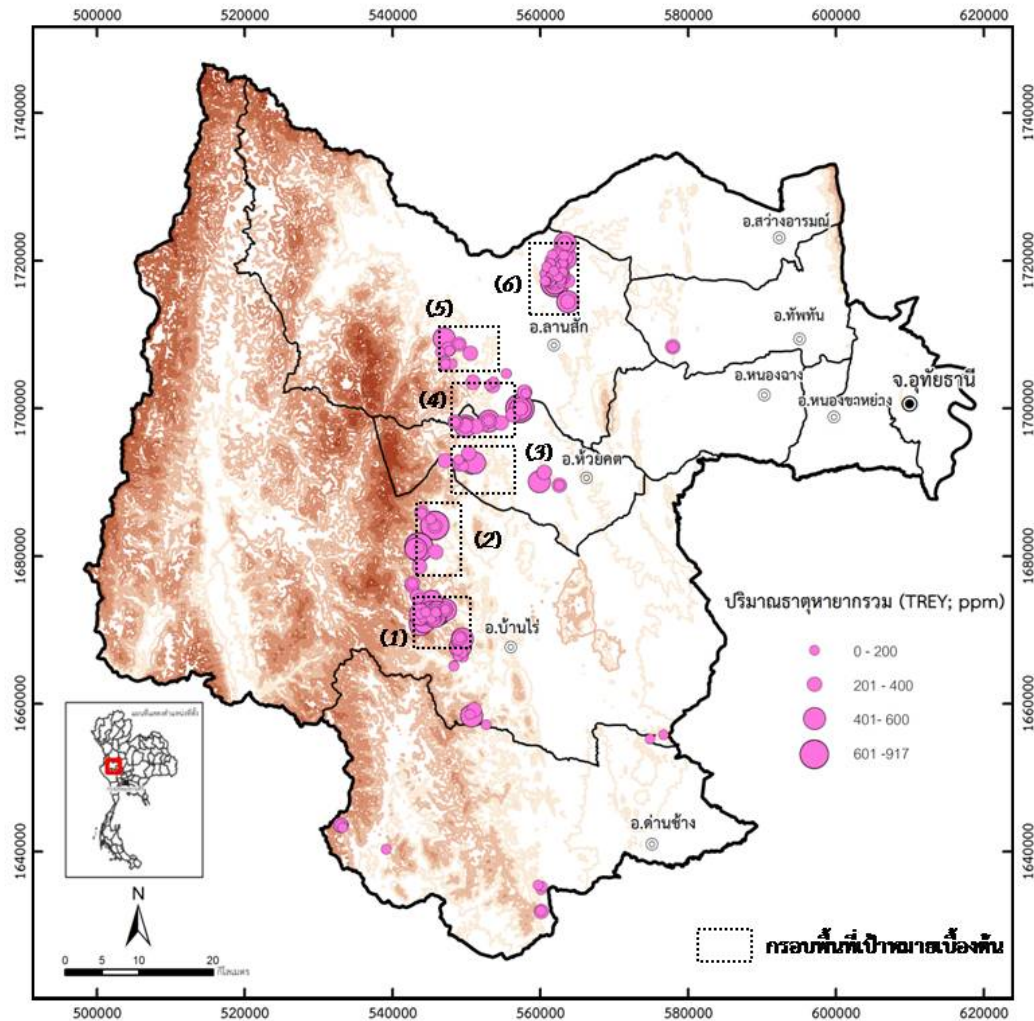
รูปที่ 12 แผนที่แสดงจุดวัดค่ากัมมันตรังสีฟิวดิน พร้อมช่วงค่าทอเรียม (Th) ที่ได้ในพื้นที่สำรวจ

4.2.3 พื้นที่ “บ้านไชเบอร์”

พื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นที่ 3 “บ้านไชเบอร์” ตั้งอยู่ในเขตคาบเกี่ยว 2 ตำบล คือ ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต และตำบลคอกควาย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี เนื้อหินแกรนิตในพื้นที่ประกอบด้วย หินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกและหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวที่มีผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ ซึ่งเนื้อหินบางบริเวณจะแสดงการเรียงตัวของผลึกแร่ในเนื้อหิน และถูกแทรกตันโดยหินไบโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกละเอียดถึงปานกลาง ซึ่งหินแกรนิตทั้งหมดจะถูกแทรกตัดโดยสายเพกมาไทต์และสายแร่ควอตซ์ บางบริเวณถูกปิดทับโดยหินตะกอนเนื้อเม็ดกึ่งแปรสภาพ ได้วัดค่ากัมมันตรังสีในภาคพื้นดินทั้งสิ้น 14 จุด พบว่ามีค่าความเข้มข้นของ Th อยู่ในช่วงเทียบเท่า 15.37-69.39 ppm ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 41.18 ppm (ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 44.43 ppm เล็กน้อย) ส่วนค่าความเข้มข้นของ K อยู่ในช่วงเทียบเท่า 3.46-7.45% ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.19% (สูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.54% เล็กน้อย)

จากผลการศึกษาชนิดและความสมบูรณ์ของแร่หนักจากการเลียงตัวอย่างตะกอนชั้นกาะสะทางน้ำและตัวอย่างชั้นดิน/หินผุ จำนวน 6 จุด พบว่ามีปริมาณแร่หนักรวมอยู่ในช่วง 0.08-1.02

กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 0.40 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ซึ่งแร่หนักที่พบหลัก ได้แก่ แร่การ์เนต (0-0.23 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) โมนาไซต์-ซีโนไทม์ (0-0.22 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) อิลเมไนต์ (0-0.21 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) เซอร์คอน (0-0.16 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และแร่ในตระกูลรูไทล์ (0-0.13 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) นอกจากนี้ยังพบแร่ทัวร์มาลีน (0-0.09 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) แอลลาไนต์ (0-0.02 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และดีบุก (0-0.02 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ส่วนแร่ทอไรด์ ยังคงพบได้ในปริมาณที่น้อยกว่า 0.01 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 13 แผนที่แสดง จุดเก็บตัวอย่างดินและหิน พร้อมช่วงค่าปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) ที่ได้ในพื้นที่สำรวจ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิตจำนวน 3 ตัวอย่างและในชั้นดิน/หินผุจำนวน 2 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) ในตัวอย่างหินแกรนิตมีค่าอยู่ในช่วง 281-424 ppm ค่าเฉลี่ย 358.37 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนปริมาณธาตุหายากเบาต่อธาตุหายากหนัก (LREE:HREY) เป็น 85.61:14.39 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 25-29 และ 40-60 ppm ตามลำดับ สำหรับปริมาณธาตุหายากรวมในตัวอย่างชั้นดิน /หินผุมีค่าอยู่ในช่วง 325-441 ppm

ค่าเฉลี่ย 382.78 ppm โดยมีค่าเฉลี่ย LREE:HREY เป็น 88.46:11.54 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 15-18 และ 10-30 ppm ตามลำดับ ซึ่งผลวิเคราะห์เคมีแสดงให้เห็นว่าชั้นดิน/หินผุของพื้นที่นี้ มีค่าปริมาณธาตุหายากรวมที่ใกล้เคียงกับค่าในเนื้อหินสด ประกอบกับลักษณะชั้นดินร่วนซุยมีเม็ดทราย คอวตซ์ตกค้างในเนื้อดินในสัดส่วนที่สูง ร่วมกับแร่หนัก (3.43 กรัม/10 ลิตรตะกอน โดยเป็นแร่โมนาไซต์-ซีโนไทม์ 1.59 กรัม และเซอร์คอน 1.62 กรัม) เป็นการบ่งชี้เบื้องต้นว่าการระดับการผุพังยังไม่สูงพอที่จะเอื้อให้เกิดการสะสมธาตุหายากในลักษณะของการดูดซับปะจุ และปริมาณการตกค้างสะสมธาตุหายากในชั้นดินน่าจะคงอยู่ในรูปของแร่หนักตกค้างเป็นหลัก

4.2.4 พื้นที่ “บ้านอีซ่า”

พื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นที่ 4 “บ้านอีซ่า” คาบเกี่ยว 2 ตำบล คือ ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต และตำบลป่าอ้อ อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี เนื้อหินแกรนิตในพื้นที่ประกอบด้วย หินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกและหินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวที่มีผลึกขนาดปานกลางถึงหยาบ ซึ่งเนื้อหินบางบริเวณจะแสดงการเรียงตัวของผลึกแร่ในเนื้อหิน และถูกแทรกดันโดยหินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวขนาดผลึกละเอียดถึงปานกลาง ซึ่งหินแกรนิตทั้งหมดจะถูกแทรกตัดโดยสายเพกมาไทต์และสายแร่ควอตซ์ ในบางบริเวณหินแกรนิตจะถูกปิดทับโดยหินตะกอนเนื้อเม็ดกึ่งแปรสภาพ ได้วัดค่ากำมันตรังสีในภาค พื้นดินทั้งสิ้น 14 จุด พบว่ามีค่าความเข้มของ Th อยู่ในช่วงเทียบเท่า 28.24-66.97 ppm ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 45.01 ppm (ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยรวมที่ 44.43 ppm) ส่วนค่าความเข้มของ K อยู่ในช่วงเทียบเท่า 4.18-7.55% ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.30% (สูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.54% เล็กน้อย)

ผลการศึกษาชนิดและความสมบูรณ์ของแร่หนักจากการเลียงตัวอย่างตะกอนชั้นกะสะทางน้ำและตัวอย่างชั้นดิน/หินผุ จำนวน 19 จุด พบว่ามีปริมาณแร่หนักรวมอยู่ในช่วง 0.01-3.96 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 0.50 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ซึ่งชนิดแร่หนักที่พบหลัก คือ โมนาไซต์-ซีโนไทม์ (0-1.97 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่ แร่การ์เนต อิลเมไนต์ เซอร์คอน และ แร่ในตระกูลรูไทล์ ที่มีช่วงค่าความสมบูรณ์ 0-0.68, 0-0.62, 0-0.37 และ 0-0.33 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนแร่ทัวร์มาลีน และดีบุก มีค่าความสมบูรณ์สูงสุดไม่เกิน 0.03 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิตจำนวน 5 ตัวอย่างและในชั้นดิน/หินผุจำนวน 14 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) ในตัวอย่างหินแกรนิตมีค่าอยู่ในช่วง 307-387 ppm ค่าเฉลี่ย 331.89 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนปริมาณธาตุหายากเบตต่อธาตุหายากหนัก (LREE:HREY) เป็น 88.52:11.48 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 8-27 และ 30-60 ppm ตามลำดับ สำหรับปริมาณธาตุหายากรวมในตัวอย่างชั้นดิน /หินผุมีค่าอยู่ในช่วง 153-451 ppm ค่าเฉลี่ย 315.22 ppm โดยมีค่าเฉลี่ย LREE:HREY เป็น 87.40:12.60 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 16-39 และ 20-50 ppm ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์เคมีแสดงให้เห็นว่าชั้นดิน/หินผุของพื้นที่นี้ โดยรวมมีค่าปริมาณธาตุหายากรวมต่ำกว่าค่าในเนื้อหินเป็นการบ่งชี้ว่าการระดับการผุพังยังไม่สูงพอที่จะเอื้อให้เกิดการสะสมของ

ธาตุหายากในชั้นดิน แม้ว่า ในบางจุดจะพบชั้นดินที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ เช่นที่ พิกัด 1697645 เหนือ/ 549841 ตะวันออก แต่เป็นชั้นดินบาง (ไม่เกิน 2 เมตร) ที่ตีกริการุสลายของแร่ยังไม่สมบูรณ์ และยังมีแร่หนักตกค้างในเนื้อดินอยู่บ้าง (ราว 0.56 กรัม/10 ลิตรตะกอน) โดยเป็นแรมโมนาไซต์-ซีโนไทม์ (0.38 กรัม) ร่วมกับแร่หนักอื่น ๆ อีกเล็กน้อย

4.2.5 พื้นที่ “บ้านโป่งสามสิบ”

พื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นที่ 5 “บ้านโป่งสามสิบ” ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลระบำ และตำบลป่าอ้อ อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี ประกอบด้วยหินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกที่มีการเรียงตัวของผลึกแร่ในเนื้อหิน ในบางบริเวณจะถูกปิดทับด้วยหินแปรแบบสัมผัสพวกหินควอตไซต์จนถึงหินแปรเกรดสูงพวกหินชีสต์ ได้ทำการวัดค่ากัมมันตรังสีในภาคพื้นดินทั้งสิ้น 9 จุด พบว่ามีค่าความเข้มข้นของ Th อยู่ในช่วงเทียบเท่า 29.56-68.50 ppm ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 46.94 ppm (สูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 44.43 ppm เล็กน้อย) ส่วนค่าความเข้มข้นของ K อยู่ในช่วงเทียบเท่า 2.26-6.19% ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.24% (ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.54%)

จากผลการศึกษานิตและความสมบูรณ์ของแร่หนักจากการเลียงตัวอย่างตะกอนชั้นกะสะทางน้ำและตัวอย่างชั้นดิน / หินผุ จำนวน 13 จุด พบว่ามีปริมาณแร่หนักรวมอยู่ในช่วง 0.2-38 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 7.16 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ซึ่งแร่หนักชนิดหลักที่พบมากเป็นพิเศษคือ การ์เนต มีค่าความสมบูรณ์อยู่ในช่วง 0-2.06 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ แร่ฮีมาไทต์ (0-3.3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และโมนาไซต์-ซีโนไทม์ (0-1.51 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ขณะที่แร่หนักชนิดอื่น เช่น แร่อิลเมไนต์ แร่ในตระกูลรูไทล์ และเซอร์คอน มีค่าความสมบูรณ์น้อยกว่า 0.69 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนแร่ดีบุกมีค่าความสมบูรณ์สูงสุดเพียง 0.04 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

จากผลการวิเคราะห์ ปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิตจำนวน 6 ตัวอย่างและในชั้นดิน/หินผุจำนวน 7 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) ในตัวอย่างหินแกรนิตมีค่าอยู่ในช่วง 248-408 ppm ค่าเฉลี่ย 247.54 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนปริมาณธาตุหายากเบตาต่อธาตุหายากหนัก (LREE:HREY) เป็น 86.24:13.76 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 7-33 และ 30-110 ppm ตามลำดับ สำหรับปริมาณธาตุหายากรวมในตัวอย่างชั้นดิน / หินผุมีค่าอยู่ในช่วง 224-683 ppm ค่าเฉลี่ย 336.38 ppm โดยมีค่าเฉลี่ย LREE:HREY เป็น 86.91:13.09 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 4-29 และ 10-40 ppm ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์เคมีแสดงให้เห็นว่าชั้นดิน / หินผุของพื้นที่นี้ โดยรวมมีค่าปริมาณธาตุหายากรวมเฉลี่ยสูงกว่าในเนื้อหิน และสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ (ที่ 300 ppm) เล็กน้อย แต่พบว่าชั้นดินบางจุดให้ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์พอควร เช่นที่บริเวณพิกัด 1699974 เหนือ/ 557268 ตะวันออกใกล้กับอ่างเก็บน้ำหนองผักแพว มีค่าใกล้เคียง 700 ppm และแสดงลักษณะชั้นดินที่เอื้อแก่การสะสมตัวของธาตุหายากแบบตกค้างสะสมพอควร แต่ยังคงมีแร่หนักตกค้างในเนื้อดินอยู่บ้าง (0.91 กรัม/10 ลิตรตะกอน) โดยเป็นแรมโมนาไซต์-ซีโนไทม์ (0.34 กรัม) และเซอร์คอน (0.31 กรัม) เป็นหลัก จากการสำรวจหน้า

ตัดชั้นดินในพื้นที่ พบว่าบางจุดมีชั้นดิน /หินผุหนาไม่ต่ำกว่า 5 เมตร โดยเฉพาะในบริเวณเขตบ้านหนองผักบุ้ง (พิกัด 1702219 เหนือ/ 557829 ตะวันออก) จึงถือได้ว่าพื้นที่นี้ยังคงมีศักยภาพของการเป็นแหล่งธาตุหายากแบบตกค้างสะสมอยู่

4.2.6 พื้นที่ “เขาดิน-เขาผาแรต”

พื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นที่ 6 “เขาดิน-เขาผาแรต” อยู่ในพื้นที่ตำบลน้ำรอบ อำเภอ ลานสัก จังหวัดอุทัยธานี บริเวณนี้ในอดีตเคยมีการทำเหมืองแร่เหล็กแต่ปัจจุบันได้หยุดดำเนินการแล้ว ทั้งหมด ลักษณะเนื้อหินแกรนิตที่พบในพื้นที่ประกอบด้วยหินไบโอไทต์ แกรนิตที่มีแร่โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์สีชมพูทั้งแบบเนื้อเดียวขนาดปานกลาง และเนื้อไม่เท่าขนาดปานกลางถึงหยาบ แทรกคั่น สัมผัสกับมวลหินปูน ทำให้หินปูนบางส่วนเกิดการแปรสภาพเป็นหินอ่อนสีขาวและบางจุดพบร่องรอย การแปรสัมผัสแบบสการ์นให้แหล่งแร่เหล็กแมกนีไทต์เกิดร่วมกับแร่ การ์เนตสีเหลืองอมเขียว นอกจากนี้ในบริเวณบ้านชินวัตพัฒนา พบว่ามีเนื้อหินแกรนิตวางตัวใต้ชั้นลูกรังแสดงลักษณะการผุพัง ทางเคมีในระดับสูงจนแร่ประกอบหินส่วนใหญ่เปลี่ยนสภาพเป็นแร่ดินและแทบไม่เหลือสภาพเนื้อหิน เดิมหลงเหลือให้สังเกตได้ และจากการวัดค่ากัมมันตรังสีในภาคพื้นดินทั้งสิ้น 31 จุด พบว่ามีค่า ความเข้มข้นของ Th อยู่ในช่วงเทียบเท่า 12.44-75.63 ppm ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 47.42 ppm (สูงกว่าค่าเฉลี่ย รวมที่ 44.43 ppm) ส่วนค่าความเข้มข้นของ K อยู่ในช่วงเทียบเท่า 0.04-5.42% ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.82% (ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.54% พอสมควร)

ผลการศึกษาชนิดและความสมบูรณ์ของแร่หนักจากการเสียดตัวอย่างตะกอนชั้นกะสะ ทางน้ำและตะกอนจากชั้นดิน /หินผุ จำนวน 6 จุด พบว่ามีปริมาณแร่หนักรวมอยู่ในช่วง 0.02-3.65 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 0.70 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) แร่หนักที่พบส่วนใหญ่ คือ การ์เนต มี ค่า ความสมบูรณ์อยู่ในช่วง 0-3.13 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ แร่ฮีมาไทต์ และ โมนาไซต์-ซี โนไทม์ (0-0.33 และ 0-27 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ) ส่วนแร่หนักอื่น ๆ เช่น เซอร์คอน แร่ ในตระกูลรูไทล์ อิลเมไนต์ และดีบุก มีค่าความสมบูรณ์น้อยกว่า 0.08 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จุดที่พบ แร่หนักปริมาณมากเป็นชั้นดินบริเวณบ่อแร่เหล็กเก่า (พิกัด 1714458 เหนือ/ 563728 ตะวันออก)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิตจำนวน 6 ตัวอย่างและในชั้น ดิน/หินผุ จำนวน 17 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) ในตัวอย่างหินแกรนิตมีค่าอยู่ใน ช่วง 300-593 ppm ค่าเฉลี่ย 369.93 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนปริมาณธาตุหายากเบตต่อธาตุหา ยากหนัก (LREE:HREY) เป็น 77.74:22.26 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 7-17 และ 30-60 ppm ตามลำดับสำหรับปริมาณธาตุหายากรวมในตัวอย่างดิน /หินผุมีค่าอยู่ในช่วง 202-698 ppm ค่าเฉลี่ย 360.97 ppm โดยมีค่าเฉลี่ย LREE:HREY เป็น 89.20:10.80 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 8-27 และ 10-30 ppm ตามลำดับ ซึ่งผลวิเคราะห์เคมีแสดงให้เห็นว่ามีค่าปริมาณธาตุหายากรวมเฉลี่ยทั้งใน เนื้อหินและในชั้นดินสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ (ที่ 300 ppm) และชั้นดินบางจุด เช่นที่บริเวณบ่อเหมืองแร่ เหล็กเก่า (พิกัด 1739639 เหนือ/ 562729 ตะวันออก) ให้ค่าประมาณ 700 ppm (โดยแทบจะไม่มีแร่

หนักตกค้างในเนื้อดินเลย) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำมากพอควร และแสดงลักษณะชั้นดิน /หินผุหนาที่มีค่ากัมมันตรังสี K ใกล้เคียงค่าศูนย์ (เป็นการชี้บ่งว่าแร่เฟลด์สปาร์และแร่ไมกาในเนื้อหินส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนสภาพเป็นแร่ดินเกือบสมบูรณ์) ถือเป็นข้อบ่งชี้เบื้องต้นที่ดีถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการสะสมตัวของธาตุหายากแบบตกค้างสะสม

สำหรับในพื้นที่หินแกรนิต บริเวณอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ได้ทำการ วัดค่ากัมมันตรังสีในภาคพื้นดินทั้งสิ้น 18 จุด พบว่ามีค่าความเข้มข้นของ Th อยู่ในช่วงเทียบเท่า 4.85-32.04 ppm ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 16.84 ppm (ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 44.43 ppm) มาก ส่วนค่าความเข้มข้นของ K อยู่ในช่วงเทียบเท่า 1.31-5.63% ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00% (ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.54%) ได้เก็บตัวอย่างดิน/หินผุและตัวอย่างตะกอนชั้นกะสะทางน้ำเพื่อทำการร่อนเลียงหาปริมาณแร่หนักเพียง 6 จุด พบว่ามีปริมาณแร่หนักอยู่ในช่วง 0.07-2.47 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 0.71 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งแร่หนักที่พบหลัก คือ อิลเมไนต์ (0-1.53 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) รองลงมา ได้แก่ แร่เซอร์คอน (0-12 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) โมนาไซต์-ซีโนไทม์ (0-11 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) เซอร์คอน (0.01-0.57 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ดีบุก (0-0.29 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ทัวร์มาลีน (0.01-0.20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และแร่ไนโตรเกอโรไทต์ (0-0.1 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ ส่วนแร่โมนาไซต์-ซีโนไทม์ มีความสมบูรณ์ไม่เกิน 0.03 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิตจำนวน 5 ตัวอย่างและในชั้นดิน /หินผุจำนวน 7 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) ในตัวอย่างหินแกรนิตมีค่าอยู่ในช่วง 135-291 ppm ค่าเฉลี่ย 214.19 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนปริมาณธาตุหายากบาทต่อธาตุหายากหนัก (LREE:HREY) เป็น 83.53:16.47 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 6-25 และ 20-60 ppm ตามลำดับ สำหรับปริมาณธาตุหายากรวมใน ตัวอย่างชั้นดิน /หินผุมีค่าอยู่ในช่วง 145-261 ppm ค่าเฉลี่ย 210.68 ppm โดยมีค่าเฉลี่ย LREE:HREY เป็น 86.54:13.46 และมีค่า Th และ U อยู่ในช่วง 2-13 และ 20-100 ppm ตามลำดับ ซึ่งผลวิเคราะห์เคมีแสดงให้เห็นว่าค่าปริมาณธาตุหายากรวมทั้งในเนื้อหินและในชั้นดิน /หินผุของพื้นที่นี้ มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ (300 ppm) พอควร สอดคล้องกับผลการบินสำรวจวัดค่ากัมมันตรังสีที่ให้ค่าพอเรียบต่ำ ในเบื้องต้นจึงประเมินว่าพื้นที่หินแกรนิตบริเวณอำเภอด่านช้างนี้ยังไม่มีศักยภาพพอที่จะเป็นแหล่งธาตุหายากแบบตกค้างสะสม

เมื่อพิจารณาจากระดับกา รุพพังอยู่กับที่ของเนื้อหินแกรนิต และความหนาของชั้นดิน/หินผุที่ปรากฏ ร่วมกับค่าผลวิเคราะห์เคมี ข้อมูลชนิด ปริมาณและลักษณะการกระจายตัวแร่หนักตกค้าง ค่ากัมมันตรังสี Th และ K ที่ได้จากการวัดค่าระดับผิวดิน สามารถจัดลำดับแนวโน้มของพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นทั้ง 6 พื้นที่ ในแง่ของระดับความมีศักยภาพในการเป็นพื้นที่ที่โอกาสเป็นแหล่งให้ธาตุหายากแบบพังอยู่กับที่จากสูงสุดไปต่ำสุดได้ ดังนี้

- (1) พื้นที่ “เขาหิน-เขาผาแรต” มีแนวโน้มในการเกิดกระบวนการดูดซับปะจสูงสุด
- (2) พื้นที่ “บ้านใหม่ร่มเย็น ” มีแนวโน้มในการเกิดรูปแบบผสมผสานระหว่างกระบวนการดูดซับประจรร่วมกับแร่หนักตกค้าง

(3) พื้นที่ “บ้านโป่งสามสิบ” มีแนวโน้มในการเกิดรูปแบบผสมผสานระหว่างแร่หนัก ตกค้างร่วมกับกระบวนการดูดซับประจุ

(4) พื้นที่ “บ้านปางสวรรค์” มีแนวโน้มในการเกิดรูปแบบผสมผสานระหว่างแร่หนัก ตกค้างร่วมกับกระบวนการดูดซับประจุ

(5) พื้นที่ “บ้านอีซ่า” มีแนวโน้มในการเกิดรูปแบบแร่หนักตกค้างเด่น และ

(6) พื้นที่ “บ้านไซเบอร์” มีแนวโน้มในการเกิดรูปแบบแร่หนักตกค้างเด่น

จากผลการประมวลผลข้อมูลการสำรวจเบื้องต้นในพื้นที่เป้าหมายข้างต้น พื้นที่ “เขา ดิน-เขาผาแรต” ได้รับการคัดเลือกให้เป็นพื้นที่สำหรับดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์ในชั้นรายละเอียด และสำรวจตรวจสอบธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดินต่อไป และได้กำหนดกรอบพื้นที่ดำเนินการขนาด ประมาณ 9 ตารางกิโลเมตร (2.25x4 กิโลเมตร) อยู่ในเขตตำบลน้ำรอบ อำเภอลานสัก โดยให้ชื่อใหม่ เป็นพื้นที่คัดสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา” (รูปที่ 12) มีบริเวณสำรวจคาบเกี่ยว 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านน้ำรอบ บ้านโกรกลีก บ้านชินวัตพัฒนา และบ้านหินเทิน ดังปรากฏในแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ระวัง 4940 III (กิ่งอำเภอชุมตาบง)

บทที่ 5

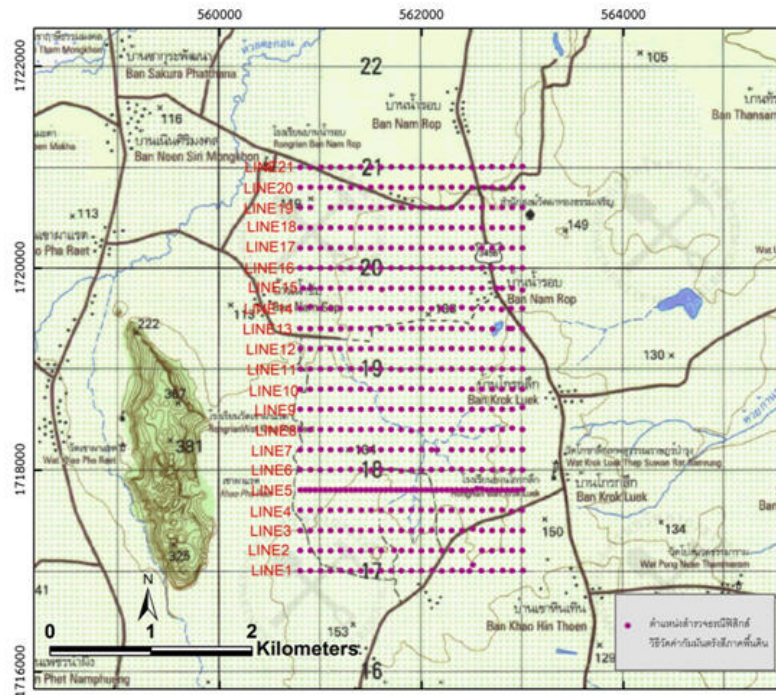
การสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ชั้นรายละเอียด

ในการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ชั้นรายละเอียด เพื่อศึกษาการกระจายตัวของธาตุหายากในขอบเขตของพื้นที่เลือกสรร ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินตามหน้าตัดชั้นดินในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นช่วง 50 เซนติเมตรตลอดระยะความสูงของแต่ละหน้าตัดชั้นดิน เพื่อวิเคราะห์เคมีหาปริมาณความเข้มข้นของธาตุหายากแต่ละชนิดด้วยวิธีICP-MS (ด้วยปริมาตรตะกอนตัวอย่าง 5 ลิตร) ควบคู่กับร่อนเลียงตะกอนชั้นดินหินผุ (ด้วยปริมาตรตะกอนตัวอย่าง 10 ลิตร เทียบเท่า 0.1 ลบ.ม. โดยปริมาตร) เพื่อหาปริมาณและชนิดแร่หนักที่ตกค้างในชั้นดินหินผุดังกล่าว ส่วนการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน ได้เลือกที่วิธีการสำรวจ 2 ลักษณะประกอบกัน คือ (1) สำรวจทางธรณีฟิสิกส์ โดยเลือกใช้ 2 วิธีการ คือ การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก(sounding resistivity method) และการวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดิน(ground radiometric method) และ (2) ขุดหลุมทดลอง/เจาะร่อง เลือกวางตำแหน่งขุด ณ จุดเดียวกัน (หรือใกล้เคียง) กับตำแหน่งที่ได้มีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก โดยทำการขุดเป็นหลุมสี่เหลี่ยม 1x1 เมตร ลึกไปจนกว่าจะไม่สามารถขุดต่อได้ เพื่อศึกษา ลักษณะของชั้นตะกอนพร้อมกับการตรวจสอบผลการแปลความหมายระดับต้นจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ณ ตำแหน่งดังกล่าว จากนั้นทำการ เก็บตัวอย่างตะกอนในหลุมทุกระยะ 0.5 เมตร ด้วยวิธีเจาะร่อง 20x10 เซนติเมตร (ด้วยปริมาตรตะกอนตัวอย่าง 10 ลิตร) ไปร่อนเลียงหาแร่หนัก ตกค้าง และเก็บตัวอย่างอีกประมาณ 5 ลิตร ทุกช่วงระยะ 50 เซนติเมตร เพื่อคัดเลือกส่งวิเคราะห์เคมีเพื่อหาปริมาณธาตุหายาก เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตพื้นที่ย่อยสำหรับดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์ เพื่อศึกษาธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน โดยให้ชื่อว่า พื้นที่เลือกสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา” พื้นที่ประมาณ 9 ตร.กม.

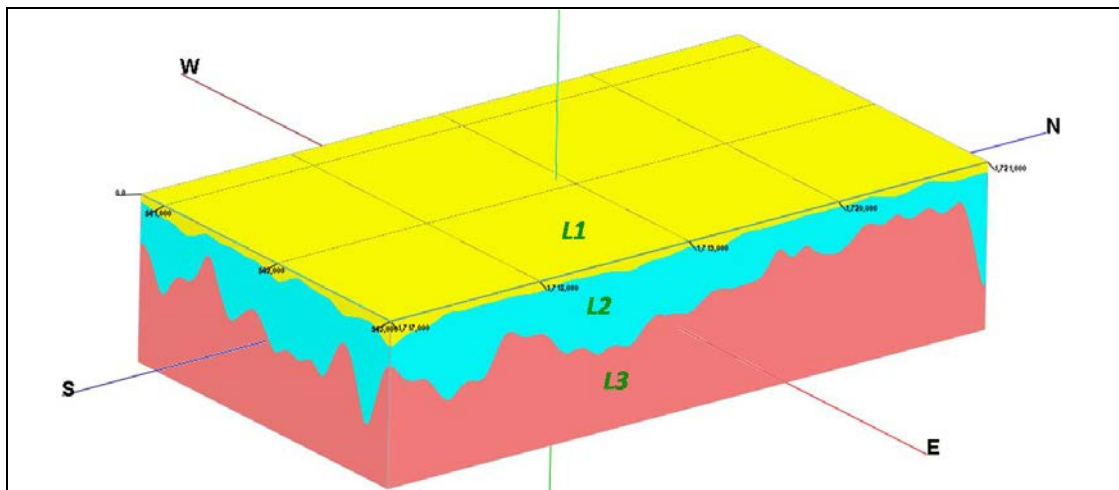
5.1 การสำรวจในพื้นที่เลือกสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา”

พื้นที่คัดสรร “บ้านน้ำรอบ -ชินวัตพัฒนา ” มีสภาพภูมิประเทศโดยรวมเป็นที่ค่อนข้างราบแผ่กว้าง มีระดับความลาดชันต่ำ พื้นผิวส่วนใหญ่ปกคลุมชั้นดินตะกอนปิดทับมวลหินแกรนิตยุคไทรแอสซิก ที่มีกโผล่กระจายเป็นจุดๆ ในลักษณะของโขดหินเทินเตี้ย ๆ ขนาดด้านข้างฝั่งตะวันตกเฉียงใต้ด้วยเขาหินปูนยุคเพอร์เมียน (เขาแรต) ยาวประมาณ 2.5 กิโลเมตร วางตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้ (รูปที่ 14) ลักษณะเนื้อหินแกรนิตในพื้นที่ ส่วนใหญ่เป็น ไบโธไทต์แกรนิตเนื้อเดียวผลึกขนาดปานกลาง ที่มีแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์สีเนื้ออมชมพู เกิดร่วมกับแร่ไบโธไทต์ที่ส่วนใหญ่แสดงลักษณะผลึกรูปทรงหกเหลี่ยมชัดเจน และเนื้อหินสดมักมีค่าความเป็นแม่เหล็กสูง นอกจากนี้ในบริเวณขอบพื้นที่ทางทิศเหนือมักพบปิดทับด้วยพืดศิลาแลงเป็นหย่อม ๆ

ค่าน้อยกว่า 1,000 โอห์ม-เมตร) โดยวางตัวอยู่ที่ช่วงระดับความลึก 1.9–22.1 เมตร มีความหนาเฉลี่ย 9.8 เมตรโดยประมาณ และชั้นล่าง (L3) ที่คาดว่าจะจะเป็นชั้นหินแข็งหรือหินดาน ซึ่งชั้นนี้จะมีลักษณะค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแปรเปลี่ยนค่อนข้างมากจากจุดหนึ่งไปยัง อีกจุดหนึ่ง โดยจะเริ่มที่ระดับช่วงความลึก 2.9-24 เมตร เฉลี่ย 11.5 เมตรลงไปโดยประมาณ



รูปที่ 15 แผนที่แสดงแนวสำรวจและตำแหน่งวัดค่าความเข้มกัมมันตรังสีระดับผิวดิน



รูปที่ 16 รูปจำลองสามมิติแสดงลักษณะโครงสร้างชั้นตะกอนที่ได้รับการประมวลผลการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก

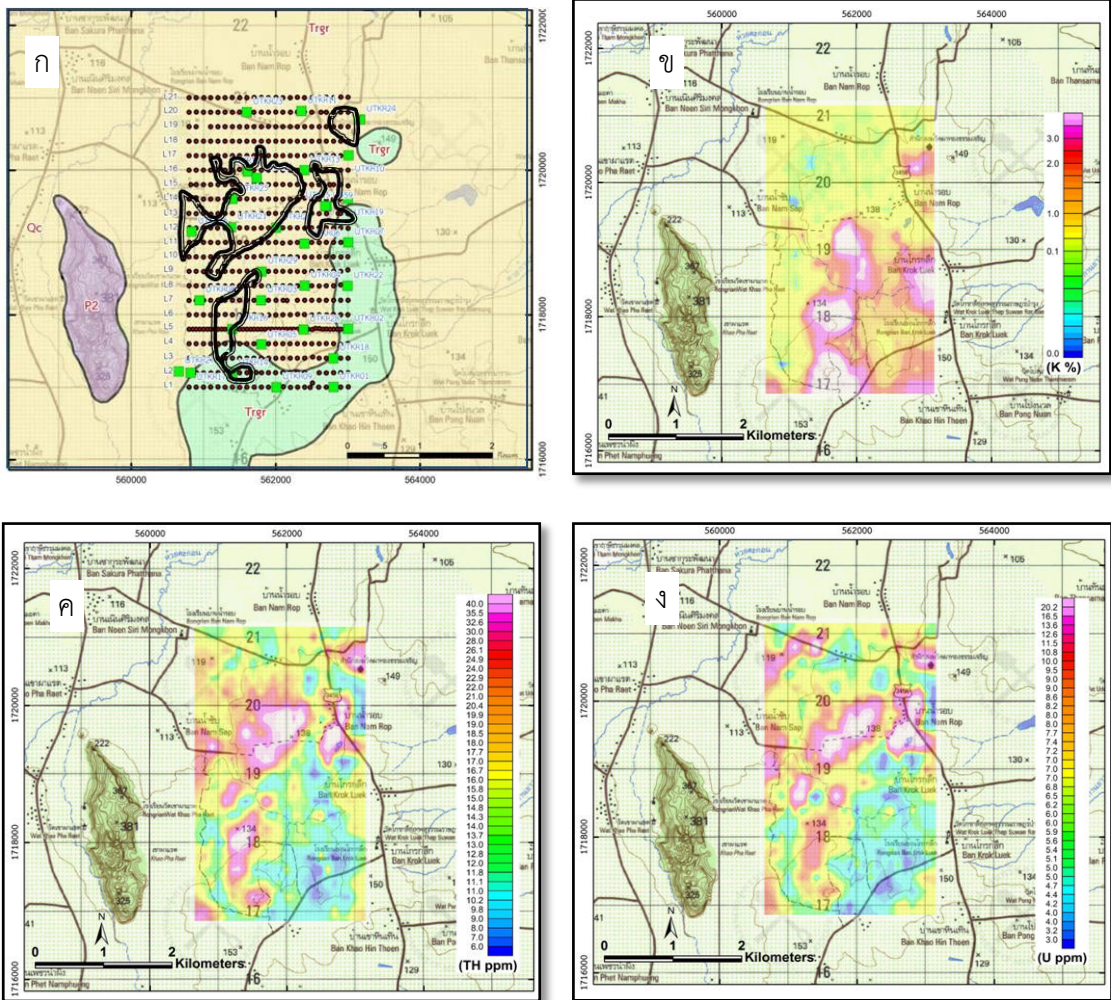
ในการคำนวณปริมาตรของตะกอนแต่ละชั้นในแต่ละพื้นที่สำรวจ ที่จะนำมาใช้ในการประเมินปริมาณทรัพยากรนั้น จะอาศัยการประมวลผลการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าร่วมกับการใช้โปรแกรม RockWork 15 คำนวณหาปริมาตรของตะกอนในแต่ละชั้นส่วนแบบสามมิติ ด้วยวิธีการคิดคำนวณแบบระยะทางผกผัน (inversed distance method) ตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงที่ระดับความลึก 32 เมตรจากผิวบน ซึ่งในกรอบพื้นที่คัดสรรบ้านน้ำรอบ- ชินวิพัฒนา ขนาดประมาณ 9 ตร.กม. ได้มีการแปลความหมายจากผลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า โดยจำแนกลักษณะชั้นตะกอน/หิน ออกเป็น 3 ชั้น ซึ่งในเบื้องต้นสามารถคำนวณปริมาตรรวมของแต่ละชั้นได้ ดังนี้

- (1) ชั้นบนสุด (L1) ที่เป็นชั้นดินส่วนบน มีปริมาตรรวมประมาณ 14.7 ล้าน ลบ.ม.
- (2) ชั้นกลาง (L2) ที่คาดว่าจะจะเป็นชั้นศิลาแลงหรือชั้นหินผุ มีปริมาตรรวมประมาณ 86.5 ล้าน ลบ.ม.
- (3) ชั้นล่าง (L3) ที่คาดว่าจะจะเป็นชั้นหินแข็ง มีปริมาตรรวมประมาณ 182.4 ล้าน ลบ.ม.

ผลการวัดค่ากัมมันตรังสีระดับผิวดิน (รูปที่ 17) พบว่าธาตุกัมมันตรังสีโพแทสเซียม (K) มีช่วงค่าเทียบเท่าร้อยละ 0.0 – 5.5 (eqv. %) เฉลี่ย 1.3% ธาตุยูเรเนียม (U) มีช่วงค่าเทียบเท่า 1.9 – 34.8 ppm (eqv. ppm) เฉลี่ย 8.2 ppm และธาตุทอเรียม (Th) มีช่วงค่าเทียบเท่า 3.2 – 66.2 ppm เฉลี่ย 18.4 ppm ซึ่งห้อยมค่าสูงผิดปกติของธาตุ K จะปรากฏในลักษณะเป็นแนวแถบ 2 แนวเกือบขนานกัน แถบแรกพบในบริเวณส่วนกึ่งกลางของพื้นที่ (กว้างประมาณ 0.6-0.8 กม.) กระจายตัวต่อลงมาทางใต้ถึงกึ่งกลาง และแถบที่สองปรากฏเลาะขอบพื้นที่ซึ่งตะวันออก สำหรับห้อยมค่าสูงผิดปกติของธาตุ U จะปรากฏเป็นแนวแถบที่แคบกว่า (กว้างประมาณ 0.3-0.5 กม.) วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ พาดผ่านบริเวณส่วนกลาง และ มุมตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่สำรวจ และห้อยมค่าสูงผิดปกติของธาตุ Th จะปรากฏเป็นแนวแถบเฉียงแบบเดียวกับธาตุ U แต่จะปรากฏตั้งแต่มุมตะวันออกเฉียงเหนือ ถึงมุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยพื้นที่ของห้อยมค่าสูงผิดปกติของธาตุ Th ส่วนใหญ่จะซ้อนทับกับห้อยมค่าสูงผิดปกติของธาตุ U และสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่เบื้องต้นได้จากห้อยมค่าสูงผิดปกติของธาตุ Th ซึ่งมี 1 ห้อยมใหญ่ และ 3 ห้อยมเล็ก โดยคิดเป็นพื้นที่แหล่งแร่รวมกันทั้งสิ้นประมาณ 2 ตร.กม.

ในส่วนการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ผิวดิน ได้ทำการขุดหลุมทดลอง จำนวน 31 ตำแหน่ง โดยเลือกวางตำแหน่งจุด ณ จุดเดียวกัน (หรือใกล้เคียง) กับตำแหน่งที่ได้มีตรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ด้วยการขุดเป็นหลุมสี่เหลี่ยม 1x1 เมตร ลึกไปจนกว่าจะถึงดานหินแข็ง หรือจะไม่สามารถขุดต่อได้ พร้อมกับทำการเก็บตัวอย่างตะกอนในหลุมตามระยะความลึกทุกช่วง 0.5 เมตร ด้วยวิธีเจาะร่อง 20x10 เซนติเมตร (เทียบเท่า 0.1 ลบ.ม. โดยปริมาตร) ไปร่อนเลียงหาแร่หนักตกค้างในชั้นดิน และเก็บตัวอย่างอีกประมาณ 5 ลิตร ทุกช่วงระยะ 0.50 เมตร เพื่อคัดเลือกส่งวิเคราะห์เคมีหาปริมาณธาตุหายาก นอกจากนี้ได้ดำเนินการวัดค่ากัมมันตรังสีเสริมเพิ่มเติมตามแนวลึกของชั้นดินในบาง

หลุมขุดทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่ากัมมันตรังสีที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละช่วงความลึกของชั้นดินด้วย



รูปที่ 17 แสดงผลการวัดค่ากัมมันตรังสีระดับผิวดิน (ก) จุดที่ทำการวัดค่ากัมมันตรังสี พร้อมขอบแหล่งแร่ ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยา 1:50,000 (Qc = ตะกอนดินและเศษหินเชิงเขา, P2 = หินปูนเนื้อ โดโลไมต์ สีเทา ที่ไม่แสดงชั้น บางส่วนถูกแปรสภาพเป็นหินอ่อนสีขาว และ Trgr = หินโปไอ ไทต์แกรนิต เนื้อปานกลางถึงหยาบ) พร้อมตำแหน่งหลุมทดลอง (สัญลักษณ์สี่เหลี่ยม) (ข) รูปแบบการแผ่กระจายของค่ากัมมันตรังสีของธาตุ K (ค) รูปแบบการแผ่กระจายของค่า กัมมันตรังสีของธาตุ Th (ง) รูปแบบการแผ่กระจายของค่ากัมมันตรังสีของธาตุ U พร้อมจุดที่มี ค่าพลิวิเคราะห์เคมี.

ผลการขุดหลุมทดลอง ได้ดำเนินการขุดหลุมทดลองและเจาะร่องเก็บตัวอย่างจาก หน้าตัดชั้นดิน รวมทั้งสิ้นจำนวน 31 ตำแหน่ง (รูปที่ 11) โดยพบว่าระยะที่มีการเปลี่ยนชั้นของลักษณะ ตะกอนส่วนใหญ่สอดคล้องใกล้เคียงกับผลการแปลความหมายที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า และส่วนใหญ่สามารถระบุชนิดหินฐานได้ ซึ่งเป็นหินโปไอไทต์แกรนิตเนื้อเดียวผลึกขนาดปานกลาง โดย

ได้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 199 ตัวอย่าง และเลือกได้ทำการวัดค่ากัมมันตรังสีในหลุมทดลอง จำนวน 15 หลุม

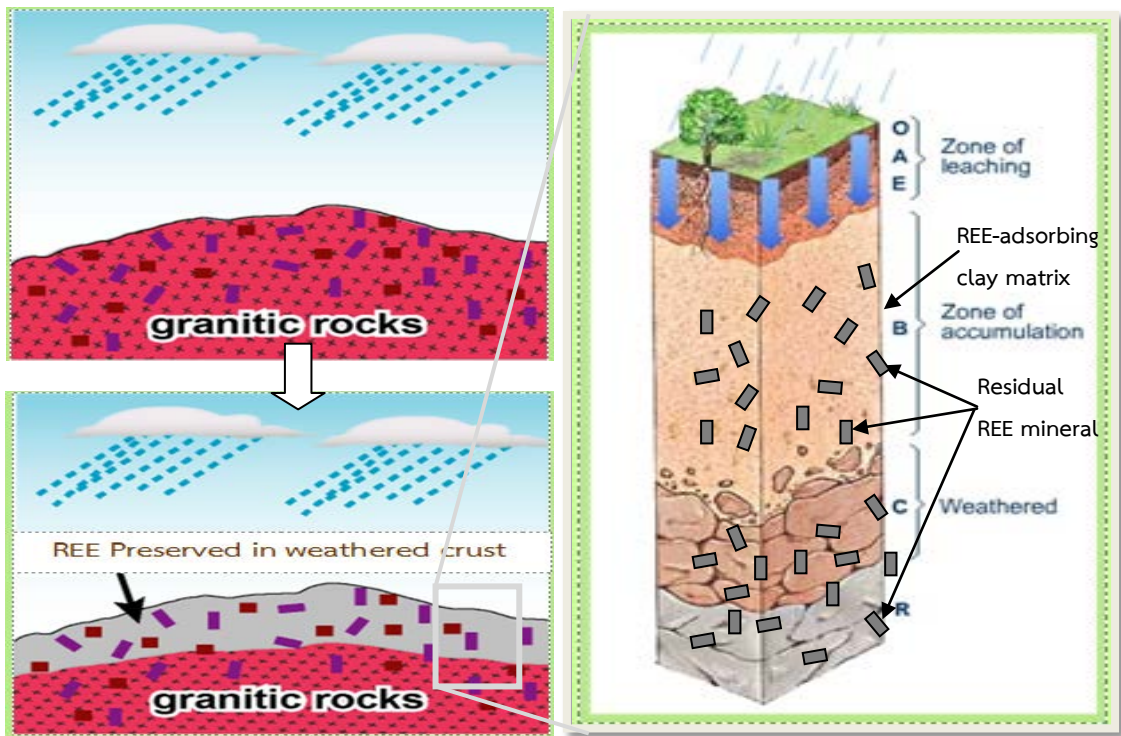
5.2 ผลวิเคราะห์เคมีธาตุหายากในพื้นที่คัดสรร

ในการสำรวจเก็บข้อมูลรายละเอียดในพื้นที่คัดสรรย่อย เพื่อศึกษาลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของธาตุหายากที่สะสมตัวอยู่ในชั้นดิน / หินผุในแต่ละบริเวณนั้น ตัวอย่างที่เก็บมาส่วนใหญ่จะมีขั้นตอนวิธีการเก็บและเตรียมตัวอย่างในรูปแบบเดียวกัน คือ แต่ละจุดเก็บจะทำการเซาะเก็บตัวอย่าง เป็นช่วงระยะ 50 ซม. ให้ได้ตัวอย่าง 2 ส่วน ส่วนแรก (ใช้ปริมาตรตะกอนประมาณ 10 ลิตรต่อตัวอย่าง) นำไปร่อนเลียงเพื่อดูชนิดและปริมาณแร่หนักที่ยังตกค้างในชั้นดิน / หินผุ และส่วนที่สอง (ใช้ปริมาตรตะกอนประมาณ 5 ลิตรต่อตัวอย่าง) สำหรับนำไปเตรียมส่งวิเคราะห์เคมี ซึ่งตัวอย่างส่วนที่สองที่เก็บมานี้จะนำมาผึ่งแห้งและผสมคลุกเคล้าตะกอนตัวอย่างให้เข้ากันก่อนจะทำการสุมซักตัวอย่างโดยใช้หลัก Quartering ให้ได้ตะกอนตัวแทน (ปริมาณเต็มถุงซิพขนาด 4"x6" น้ำหนักรวมประมาณ 600-700 กรัม) เพื่อส่งบดละเอียดทั้งหมดก่อนจะสุมซักผงตัวอย่างอีกครั้งเพื่อทำวิเคราะห์เคมีด้วยวิธี ICP-MS หาปริมาณธาตุหายากต่อไป

จากค่าผลวิเคราะห์เคมีธาตุหายาก 128 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ตัวอย่างหินแกรนิต 6 ตัวอย่าง และ ตัวอย่างดิน / หินผุ 122 ตัวอย่าง พบว่าในตัวอย่างหินแกรนิตมีปริมาณธาตุหายากรวม (TREY) อยู่ในช่วง 326-523 ppm มีค่าเฉลี่ยประมาณ 248 ppm มีค่าเฉลี่ยสัดส่วน LREE:HREY ประมาณ 56:24 โดยประมาณ ขณะที่ในตัวอย่างดิน / หินผุมีปริมาณ TREY อยู่ในช่วง 59-690 ppm มีค่าเฉลี่ยประมาณ 294 ppm มีค่าเฉลี่ย LREE:HREY เป็น 71:29 โดยประมาณ ซึ่งธาตุหายากชนิดหลักที่พบในปริมาณเฉลี่ย ประมาณ 10 ppm ขึ้นไป ได้แก่ Ce (118 ppm), Y (51 ppm), La (43 ppm), Nd (34 ppm) และ Pr (10 ppm) และมีค่าเฉลี่ยของ Th และ U เท่ากับ 32 และ 11 ppm ตามลำดับ

5.3 รูปแบบการเกิดแหล่งธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร

จากลักษณะทางธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่แสดงให้เห็นชัดเจนว่า พื้นที่คัดสรรนี้เป็นพื้นที่แหล่งแร่ของธาตุหายากที่เกิดจากกระบวนการผุพังทางเคมีอยู่กับที่ของมวลหินฐานชนิดแกรนิต (รูปที่ 18) ซึ่งผลการร่อนเลียงตะกอนตัวอย่างจากชั้นดิน/หินผุ มีแร่หนัก โดยเฉพาะแร่โมนาไซต์หลงเหลือตกค้างให้เห็นน้อยมาก ประกอบกับผลการวัดค่ากัมมันตรังสีตามความลึกของชั้นดินแสดงให้เห็นว่ามีค่ากัมมันตรังสีโปแตสเซียม (K) อยู่ในระดับต่ำมาก ที่เป็นการบ่งบอกในเบื้องต้นว่า แร่เฟลด์สปาร์ส่วนใหญ่ได้ผุสลายกลายเป็นแร่ดินแล้ว จึงเป็นข้ออนุมานได้ว่ารูปแบบหลักของการสะสมตัวของธาตุหายากในพื้นที่ น่าจะเกิดในลักษณะของการเป็นธาตุอิสระที่ถูกดูดซับไว้ด้วยผลึกแร่ดินในชั้นดิน/หินผุ ด้วยกระบวนการดูดซับไอออนเป็นหลัก ทั้งนี้การที่จะพิสูจน์ทราบยืนยันรูปแบบการสะสมตัวของธาตุหายากที่แน่ชัดนั้นจำเป็นต้องอาศัยการวิจัยต่อยอดเพื่อพิสูจน์ทราบต่อไป



รูปที่ 18 แสดงรูปแบบจำลองของการเกิดแหล่งแร่หนัก- ธาตุหายากแบบผูกพันอยู่กับที่เหนือนวล หินแกรนิตในพื้นที่สำรวจ (ดัดแปลงจาก www.agsci.psu.edu, 2012)

บทที่ 6

การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่

6.1 การประเมินปริมาณและมูลค่าทรัพยากรธาตุหายาก

6.1.1 การคำนวณปริมาตรของชั้นตะกอน

ในการคำนวณปริมาตรของตะกอนแต่ละชั้นในแต่ละพื้นที่สำรวจ ที่จะนำมาใช้ในการประเมินปริมาณทรัพยากรนั้น จะอาศัยการ ประมวลผลการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า ร่วมกับการใช้โปรแกรม RockWork 15 และ Surfer 8 คำนวณหาปริมาตรของตะกอนในแต่ละชั้นส่วนแบบสามมิติ ด้วยวิธีการคิดคำนวณแบบระยะทางผกผัน (inversed distance method) ตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงที่ระดับความลึก 32 เมตรจากผิวบน ได้ผลการคำนวณดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณความหนาเฉลี่ยและปริมาตรตะกอนของแต่ละชั้นตะกอนของแต่ละพื้นที่

พื้นที่เลือกสรร บ.น้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา	ช่วงความหนา (ม.)	ความหนาเฉลี่ย (ม.)	ปริมาตรตะกอน (ลบ.ม.)		
			ในเขตค่าผิดปกติ Th	นอกเขตค่าผิดปกติ Th	รวม
ชั้นดินส่วนบน	0.5 - 4.0	1.66	4,373,915	10,329,130	14,703,045
ชั้นตะกอนหินผุเหนือดาน	1.9 - 22.1	9.82	26,074,467	60,389,709	86,464,176
รวม	2.9 - 24.0	11.49	30,448,382	70,718,839	101,167,221

ในกรอบพื้นที่เลือกสรรบ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา (9 ตร.กม.) มีปริมาตรชั้นตะกอนเหนือชั้นหินแข็ง (weathered crust) รวมกันประมาณ 101.2 ล้าน ลบ.ม. โดยแบ่งเป็นส่วนของพื้นที่แหล่งแร่ที่กำหนดได้จากขอบเขตพื้นที่ค่าผิดปกติ Th (ประมาณ 2 ตร.กม.) ประมาณ 30.4 ล้าน ลบ.ม. และส่วนของพื้นที่ นอกเขตพื้นที่แหล่งแร่ (ประมาณ 7 ตร.กม.) ประมาณ 70.7 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ

6.1.2 การคำนวณปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก

สำหรับการประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากในพื้นที่ เลือกสรรนี้ จะประเมินเฉพาะในส่วนพื้นที่ประมาณ 2 ตร.กม.ที่ได้กำหนดให้เป็นพื้นที่แหล่งแร่ เท่านั้น และจะไม่นำส่วนของพื้นที่นอกเขตพื้นที่แหล่งแร่มา คำนวณ ณ ตอนนี้อยู่ แม้จะพบแล้วว่ามีธาตุหายากสะสมตัวอยู่ด้วยก็ตาม ทั้งนี้ เนื่องจากค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย ของธาตุหายากรวมที่ได้ (TREY = 131 ppm) ยังนับว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำมากเมื่อเทียบกับแหล่งที่มีการทำเหมืองในประเทศจีน ที่มีค่าความสมบูรณ์ของปริมาณธาตุหายากรวมอยู่ในช่วง 300 – 2,000 ppm (Wu et al., 1996; Bao and Zhao, 2008; Murakami and

Ishihara, 2008) พื้นที่ประมาณ 7 ตร.กม.ในส่วนนี้จึงอาจยังคงสถานะเป็นพื้นที่ศักยภาพทางแร่ของธาตุหายากระดับต่ำได้

ในการคำนวณหาปริมาณทรัพยากรธาตุหายากนั้น จะทำการคำนวณปริมาณแยกเป็นรายชนิดธาตุ (เฉพาะชนิดธาตุหายากที่มีค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของธาตุเทียบเท่า 10 ppm ขึ้นไป) ใช้สูตรคำนวณดังข้างล่าง จากนั้นจะนำค่าปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก แต่ละธาตุที่ได้จากการคำนวณ มารวมกันเป็นปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวม ที่ cut-off grade 10 ppm

ปริมาณธาตุหายากในชั้นดินตะกอน(ต้นโลหะ)

$$= \text{ค่าปริมาณธาตุเฉลี่ย} \times \text{ปริมาตรชั้นตะกอน(ลบ.ม.)} \times 1.4 (\text{ถ.พ.ชั้นดิน}) \times 10^{-6} \times 0.7 (\text{ค่าปรับลดปัจจัยเสี่ยง})$$

ผลการประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากที่ได้ ณ ขณะนี้ (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่า ในพื้นที่เลือกสรรบ้านน้ำรอบ- ชินวัตพัฒนา มีปริมาณทรัพยากรธาตุหายากเฉพาะในส่วนของ พื้นที่แหล่งแร่รวมทั้งสิ้นประมาณ 7,600 ตันโลหะ (หรือ ~3,800 ตันโลหะ ต่อพื้นที่ 1 ตร.กม.) ประกอบด้วย ซีเรียม (Ce) ประมาณ 3,530 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 118 ppm, ธาตุแลนทานัม (La) ประมาณ 1,270 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 43 ppm, ธาตุอิตเทรียม (Y) ประมาณ 1,530 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 51 ppm, ธาตุนีโอดิเมียม (Nd) ประมาณ 1,010 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 34 ppm และธาตุเพรซีโอดิเมียม (Pr) ประมาณ 290 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 10 ppm ตามลำดับ นอกจากนี้ พื้นที่แหล่งแร่ยังมีธาตุกัมมันตรังสียูเรเนียม (U) และทอเรียม (Th) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดแยกธาตุหายาก ในปริมาณประมาณ 320 และ 1,040 ตันโลหะ ที่ความสมบูรณ์เฉลี่ย 11 และ 35 ppm สะสมตัวรวมอยู่ด้วย

6.1.3 การประเมินมูลค่าทรัพยากรธาตุหายาก

สำหรับการประเมินมูลค่าเบื้องต้นของ ทรัพยากรธาตุหายากในพื้นที่ เลือกสรรนี้จะคิดเฉพาะจากปริมาณธาตุหายากเพียง 5 ตัวหลัก คือ La, Ce, Pr, Nd และ Y เท่านั้น โดยใช้ราคาตีประกาศไว้ใน <http://www.metal-pages.com> ซึ่งเป็นราคาโลหะ ณ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 โดยใช้อัตราแลกเปลี่ยนที่ 30 บาท/US\$ (ตารางที่ 4) โดยพื้นที่แหล่งแร่ขนาด 2 ตร.กม. มีมูลค่าทรัพยากรธาตุหายากเบื้องต้นแฝงอยู่ประมาณ 8,150 ล้านบาท (หรือประมาณ 4,075 ล้านบาท/ตร.กม.)

6.2 การจำแนกประเภทแหล่งแร่ตามหลัก UNFC

ในการจำแนกประเภทแหล่งแร่จะใช้ พื้นฐานการ ประเมิน ตามมาตรฐานการจำแนกประเภทปริมาณแร่ของสภาเศรษฐกิจและสังคมแห่งสหประชาชาติ ปีพ .ศ. 2540 (United Nations International Framework Classification for Reserves/Resources (UNFC), 1994) (อ้างอิงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2554) ซึ่งอาศัยปัจจัยหลักในการประเมิน 3 ปัจจัย (3 แกน) คือ การประเมิน

ตารางที่ 3 แสดงผลการคำนวณปริมาณทรัพยากรของธาตุหายากในเบื้องต้น

ชนิดธาตุ	พื้นที่แหล่งแร่ (2 ตร.กม.) (ค่าความสมบูรณ์ TREYs เฉลี่ย 294 ppm)			
	ค่าสมบูรณ์เฉลี่ย (ppm)	ปริมาณ (ตันโลหะ)		
		ชั้นดินส่วนบน	ชั้นหินมูลเหนือคาน	รวม
ธาตุหายากเบา (Light rare earths: LREEs)				
La	43	183	1,089	1,272
Ce	118	507	3,024	3,531
Pr	10	41	245	286
Nd	34	145	864	1,008
Sm	7	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
Eu	1	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
Gd	7	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
ธาตุหายากหนัก (Heavy rare earths+Y: HREYs)				
Tb	1	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
Dy	8	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
Ho	2	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
Er	5	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
Tm	1	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
Yb	6	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
Lu	1	**น้อย**	**น้อย**	**น้อย**
Y	51	219	1,307	1,527
Sc	11	46	274	320
U	11	46	274	320
Th	35	150	892	1,041
TREYs* (=La+Ce+Pr+Nd+Y)		1,095	6,529	7,624
LREEs* (=La+Ce+Pr+Nd)		876	5,222	6,098
HREY* (=Y)		219	1,307	1,527

น้อย เป็นค่าที่ไม่คำนวณเนื่องจากธาตุนั้น ๆ มีค่าความสมบูรณ์ธาตุเฉลี่ยต่ำกว่าค่า cut-off grade ที่ 10 ppm

ตารางที่ 4 แสดงราคาและมูลค่าทรัพยากรแร่ในพื้นที่ก่อสร้าง

ชนิดธาตุ (%ความบริสุทธิ์)	La ($\geq 99\%$)	Ce ($\geq 99\%$)	Pr ($\geq 99\%$)	Nd ($\geq 99.5\%$)	Y ($\geq 99.9\%$)	รวม
ราคาโลหะ ณ ส.ค. 2557 (US\$/Kg)	10.0	11.0	150.0	85.0	60.0	
ค่าสมบูรณ์เฉลี่ย (ppm)	43	118	10	34	51	256
ปริมาณทรัพยากร (ตันโลหะ)	1,272	3,531	286	1,008	1,527	7,624
มูลค่าทรัพยากรเบื้องต้น (ล้านบาท)	382	1,165	1,287	2,572	2,748	8,153

ทางธรณีวิทยา (Geological Assessment: แขน G มี 4 ระดับของการประเมิน) การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการทำเหมือง (Feasibility Assessment: แขน F มี 3 ระดับของการประเมิน) และการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของแหล่งแร่ (Economic Viability: แขน E มี 3 ระดับของการประเมิน) โดยรายละเอียดและระดับความเชื่อมั่นของการประเมินในแต่ละปัจจัยจะบ่งบอกด้วยรหัสตัวเลข ซึ่งรหัสเลข 1 ระดับความละเอียดหรือระดับความเชื่อมั่นของการประเมินสูงสุด ส่วนรหัสเลข 3 หรือ 4 ระดับความเชื่อมั่นต่ำสุดในปัจจุบันเฉพาะด้านนั้น ๆ การประเมินในแต่ละปัจจัยจะบ่งบอกด้วยรหัสตัวเลข ซึ่งรหัสเลข 1 ระดับความละเอียดหรือระดับความเชื่อมั่นของการประเมินสูงสุด ส่วนรหัสเลข 3 หรือ 4 ระดับความเชื่อมั่นต่ำสุดในปัจจุบันเฉพาะด้านนั้น ๆ ดังเช่น ตัวเลขปริมาณแร่สำรองที่กำกับด้วยรหัส 111 บ่งชี้ถึงว่าแหล่งแร่นั้น ๆ มีค่าปริมาณแร่สำรองที่ได้พิสูจน์ชัดเจนตามหลักวิชาผ่านการประเมินความเป็นในการทำเหมืองอย่างละเอียด และมีความคุ้มค่าทุนในการพัฒนาแหล่งขึ้นมาใช้ประโยชน์ เป็นต้น

จากปัจจัยในการจำแนกประเภทแหล่งแร่ดังกล่าวข้างต้น สามารถจำแนกประเภทแหล่งธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา” จากการสำรวจครั้งนี้ได้ ดังนี้

- การประเมินทางธรณี วิทยา ในการสำรวจพื้นที่แหล่งธาตุหายากทั้งสองพื้นที่นี้ ประกอบด้วย การสำรวจธรณีวิทยา ธรณีวิทยาแหล่งแร่ ธรณีฟิสิกส์ และธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดิน เพื่อกำหนดขอบเขตแหล่งแร่และประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก ดังนั้นการประเมินทางธรณี วิทยาของพื้นที่เลือกสรรนี้ จึงอยู่ในระดับ 2

- การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการทำเหมือง ในการสำรวจพื้นที่แหล่งธาตุหายากทั้งสองพื้นที่ ครั้งนี้มีเพียงการศึกษาทางด้านธรณี วิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่เท่านั้น แต่ไม่ได้ดำเนินการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการทำเหมืองในด้านอื่น ๆ ดังนั้นการประเมินในปัจจุบันนี้ จึงจัดอยู่ในระดับ 3

- การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ในการสำรวจพื้นที่แหล่งธาตุหายากครั้งนี้ได้ดำเนินการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและความเสี่ยงด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตแยกธาตุหายากจากชั้นดินในเบื้องต้นแล้ว โดยพิจารณาปริมาณและค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของชนิดธาตุหายากหลัก ได้แก่ Ce, La, Pr, Nd และ Y ที่มีอยู่ในชั้นดิน/หินผุเทียบกับระดับราคาตลาดในรูปของโลหะของธาตุดังกล่าวแล้ว พบว่าพื้นที่แหล่งธาตุหายากนี้ยังคงไม่มีความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจ ดังนั้นการประเมินในปัจจุบันด้านนี้ จึงจัดอยู่ในระดับ 3 เช่นเดียวกัน

ฉะนั้นในการจำแนกประเภทแหล่งแร่การสำรวจพื้นที่แหล่งธาตุหายากในพื้นที่เลือกสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา” จึงเทียบเท่า UNFC-1997 ที่ระดับ 332 หรือ 342 สำหรับ UNFC-2009 (ฉบับร่าง)

6.3 การประเมินและจำแนกเขตแหล่งแร่

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลที่น่าเสนอไว้ในตารางที่ 3 และในตารางที่ 4 ควบคู่กัน จะเห็นได้ว่า พื้นที่ เลือกสรร “บ้านน้ำรอบ- ชินวัตพัฒนา ” นอกจากจะมี มูลค่าทรัพยากรธาตุหายากแฝง ~8,150 ล้านบาท (~4,075 ล้านบาท/ตร.กม.) แล้วยังมีปริมาณทรัพยากร เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ แฝงในพื้นที่ แหล่งแร่ส่วน นี้ด้วย ทั้งนี้เมื่อพิจารณาข้อมูลผลสำรวจรวมกับข้อจำกัดการใช้พื้นที่ตามกฎหมายที่กำหนดในหลักเกณฑ์การจำแนกเขตทรัพยากรแร่เพื่อการบริหารจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีตามมติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ที่นำมาใช้พิจารณา ดังนี้

- 1) พื้นที่ป่าตามผลการจำแนกเขตการใช้ประโยชน์ทรัพยากรและที่ดินป่าไม้ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติโดยกรมป่าไม้ ตามมติคณะรัฐมนตรี ขอบเขตพื้นที่แหล่งธาตุหายากที่ได้ทำการประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากไว้ข้างต้นนั้นไม่ได้อยู่ภายในเขตพื้นที่หวงห้ามทางกฎหมายใด ๆ
- 2) เขตคุณภาพลุ่มน้ำ ตามผลการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ โดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ขอบเขตพื้นที่แหล่งธาตุหายาก นี้เป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมและไม่ได้อยู่ในเขตลุ่มน้ำชั้นที่ 1

จากหลักเกณฑ์ข้อจำกัดในการใช้พื้นที่ตามกฎหมายข้างต้น กล่าวได้ว่าพื้นที่แหล่งธาตุหายากนี้ อยู่ในเขตที่สามารถพัฒนาทรัพยากรแร่มาใช้ประโยชน์ได้ โดยต้องอยู่ภายใต้ การกำกับของกฎหมายแร่ และกฎระเบียบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าพื้นที่ แหล่งแร่นี้มีเป็นแหล่งทรัพยากรสำรองสำหรับธาตุหายากและเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ เพื่อความมั่นคงทางพลังงานในอนาคตของประเทศ

บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุป

พื้นที่ “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา” เป็นแหล่งธาตุหายากขนาดปานกลาง ที่มีความสมบูรณ์ระดับต่ำ อยู่ในเขตการปกครองของตำบลน้ำรอบ อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี ปรากฏอยู่ในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระวังกิ่งอำเภอชุมตาบง (4729 III) มีลักษณะทางธรณีวิทยารองรับด้วยหินบะซอลต์แกรนิต (Trgr) แทรกดันเข้ามาในชุดหินปูนของหมวดหินบ้านผาขาด (Ppk) ซึ่งเนื้อหินแกรนิตมีทั้งชนิดเนื้อสองขนาด และเนื้อผลึกเท่า ที่มีเนื้อโปแตสเฟลด์สปาร์สีเนื้ออมชมพู โดยพื้นที่แหล่งแร่เป็นแหล่งแร่แบบทุติยภูมิที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่เหนือมวลหินแกรนิต ที่คาดว่า มีรูปแบบการสะสมตัวของธาตุหายากในรูปแบบของการดูดซับไอออนด้วยแร่ดินในชั้นดิน / หินแกรนิตผุเป็นหลัก มีขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่ประมาณ 2 ตร.กม. มีปริมาณทรัพยากรธาตุหายากรวม (TREY) ประมาณ 7,600 ตันโลหะ ณ ค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยธาตุหายากรวม (TREY) 294 ppm ที่ระดับความเชื่อมั่นในการประเมินเทียบเท่า 332 ตามหลักการของ UNFC-1997 หรือ 342 สำหรับ UNFC-2009 (ฉบับร่าง) โดยมีมูลค่าทรัพยากรธาตุหายากในเบื้องต้นประมาณ 8,150 ล้านบาท และมีปริมาณทรัพยากรแฝงของยูเรเนียมและทอเรียมประมาณ 320 และ 1,040 ตันโลหะ ตามลำดับ

7.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในการดำเนินการต่อไปในพื้นที่ศักยภาพธาตุหายากจังหวัดอุทัยธานี มีดังนี้

7.2.1 มิติด้านการสำรวจและการพัฒนาทรัพยากรธาตุหายาก

แม้ว่าจากผลการสำรวจและประเมินศักยภาพ ทรัพยากร แร่หนัก- ธาตุหายาก จังหวัดอุทัยธานี-สุพรรณบุรีในปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 นี้ ซึ่งมุ่งเน้นดำเนินการในพื้นที่คัดสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา” สามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่แหล่งธาตุหายาก “บ้านน้ำรอบ” ในเบื้องต้นแล้ว ประมาณ 2 ตร.กม. แต่บริเวณโดยรอบยังคงมีศักยภาพของการเป็นแหล่งเพิ่มเติมได้อีก และพบว่า ณ บางจุดสำรวจในพื้นที่เป้าหมายอื่น ยังคงพบชั้นดินที่ให้ค่า TREY ที่ค่อนข้างสูง เช่น UT99 (1672458 เนื้อ/ 546021 ตะวันออก: 917 ppm), UT28 (1684091 เนื้อ/ 545717 ตะวันออก: 813 ppm) และ UT83 (1699974 เนื้อ/ 557268 ตะวันออก: 669 ppm) จึงควรที่จะมีการดำเนินการในอนาคตเพิ่มเติม ดังนี้

1. ขยายพื้นที่สำรวจของพื้นที่เลือกสรร “บ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา” ออกไปทั้งทางทิศเหนือ ตะวันออก และใต้ เพื่อติดตามความต่อเนื่องของการแผ่กระจายของชั้นดิน / หินผุให้ธาตุหายากพร้อมเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่การขยายขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่บ้านน้ำรอบให้มากขึ้น

2. ควรสำรวจในรายละเอียดเพิ่มเติมในพื้นที่โดยรอบจุดสำรวจ UT99, UT28 และ UT83 เพื่อหาขอบเขตการแผ่กระจายของชั้นดินให้ธาตุหายากสูง เพื่อกำหนดขอบเขตเป็นพื้นที่แหล่งธาตุหายากและประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากเพิ่มเติมในบริเวณดังกล่าว ต่อไป

3. ควรมีการศึกษาด้านแร่วิทยาอย่างละเอียด เพื่อให้ทราบลักษณะของแร่ให้ธาตุหายากว่าเกิดอยู่ในรูปแบบใดในเนื้อหินแกรนิตต้นกำเนิด รวมถึงสัดส่วนของธาตุหายากที่ถูกดูดซับด้วยแร่ดินที่ชัดเจน เพื่อข้อมูลที่จะช่วยในการประเมินความคุ้มค่าในการพัฒนาแหล่งได้ดียิ่งขึ้น

4. ควรมีการนำตัวอย่างดินในพื้นที่ที่มีค่าความสมบูรณ์ต่ำมาวิจัยทดลองหาความเป็นไปได้ในการสกัดแยกธาตุหายาก

7.2.2 มิติด้านการพัฒนาวิชาการ

1) ควรส่งเสริมให้สถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องการนำเอาผลการสำรวจและตัวอย่างที่ได้จัดเก็บมาไปใช้ศึกษาวิจัยต่อยอดในเชิงลึกถึงรูปแบบรายละเอียดของการเกิดแหล่งธาตุหายากแบบตกค้างสะสม เพื่อเปรียบเทียบกับแหล่งศักยภาพแหล่งอื่นในประเทศ รวมถึงเปรียบเทียบกับแหล่งที่พัฒนาเป็นเหมืองแล้วในประเทศจีน และแหล่งที่กำลังจะพัฒนาเป็นเหมืองในประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ลาว และ เวียดนาม เพื่อที่จะนำไปสู่การค้นพบแหล่งธาตุหายากใหม่ ๆ

2) ควรส่งเสริมให้เกิดข้อตกลงความร่วมมือ ทางวิชาการระหว่างกรมทรัพยากรธรณีและกรมอุทยาน สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่ ร่วมกันทำ บูรณาการ การสำรวจศึกษา ชั้นดินตาม เทือกหินแกรนิต ในเขตอุทยานแห่งชาติ ซึ่งโดยธรรมชาติมักเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูง เพื่อให้ได้ข้อมูลทางธรณีวิทยา รวมถึงความมีศักยภาพทางแร่ของธาตุหายากสำหรับเป็นต้นทุนสำรองของประเทศในอนาคต อีกทั้งอาจเป็นการช่วยลดอัตราเสี่ยงภัยจากดินถล่มได้อีกทางหนึ่ง

7.3 พื้นที่แหล่งแร่สำหรับการลงทุนพัฒนาเหมืองแร่ของภาคเอกชน

พื้นที่แหล่งแร่ที่พบนี้ยังไม่เหมาะสมสำหรับการลงทุนพัฒนาเหมืองแร่ของภาคเอกชน ในปัจจุบัน ทั้งนี้ควร ทำการเจาะ ะสำรวจ หาความสมบูรณ์ ของธาตุหายากในชั้นหินผุใน ระดับลึกเพิ่มเติม ร่วมกับศึกษาด้านแร่วิทยาอย่างละเอียด เพื่อให้ทราบลักษณะของแร่ให้ธาตุหายากว่าเกิด อยู่ในรูปแบบใด ในเนื้อหินแกรนิตต้นกำเนิด และสัดส่วนของธาตุหายากที่ถูกดูดซับด้วยแร่ดินที่ชัดเจน รวมถึงศึกษาวิจัยหาเทคโนโลยีในการสกัดแยกธาตุหายาก จากชั้นดินที่มีค่าความสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มมูลค่าของแหล่งแร่ให้สูงมากยิ่งขึ้น และเป็นการเพิ่มโอกาสความคุ้มค่าสำหรับการพัฒนาเป็นเหมือง ได้มากขึ้นด้วย ทั้งนี้ควรมีการประสานกับชุมชนในท้องถิ่นเพื่อชี้แจงผลได้ผลเสีย จากการทำเหมือง รวมถึงสอบถาม แนวความคิดเกี่ยวกับการฟื้นฟูและการใช้ประโยชน์พื้นที่หลังการทำเหมืองแร่

นอกจากนี้ ในบางบริเวณยังพบศักยภาพของการเป็นแหล่งแร่โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ ด้วย โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา เขตบ้านใหม่ร่มเย็น ต.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี สามารถพบผลึกแร่

โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ (ขนาด 0.5 - 3 เซนติเมตร) ที่หลุดออกมาจากหินไปโอไทต์แกรนิตเนื้อดอกฝูจำนวนมากสะสมตัวใน ชั้นเปลือกดิน (หนา 0.3-1.2 เมตร) โดยจากการสุ่มชักตัวอย่างชั้นดินไปรื่องล่างพบว่าชั้นดินในบางจุดมีปริมาณ แร่เฟลด์สปาร์ตกค้างในสัดส่วนสูงถึง 2 ใน 5 ส่วนของปริมาณดินตัวอย่าง และแร่โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ผ่านการล้างน้ำเหล่านี้แล้ว (จำนวน 4 ตัวอย่าง) มีปริมาณ Al_2O_3 15.2-16.0, K_2O 10.1-11.2 และ Na_2O 0.8-1.6% โดยน้ำหนัก ซึ่งจากการประเมินในเบื้องต้น พื้นที่แหล่งแร่โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์แบบทุติยภูมิบริเวณนี้ มีสภาพพื้นที่ที่มีความเหมาะสม สำหรับการพัฒนานำแร่มาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีลักษณะแหล่งแร่เอื้อต่อกระบวนการแต่งแร่ที่ไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีชั้น สูงใดๆ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำสามารถควบคุมกำกับดูแลได้ง่าย แต่ทั้งนี้ควรมีการสำรวจเพิ่มเติมเพื่อกำหนดขอบเขตการแผ่กระจายของชั้นดินที่มีแร่โปแตสเซียมเฟลด์สปาร์ และประเมินปริมาณแร่ที่ชัดเจน รวมถึงประเมินความคุ้มค่าในการพัฒนาต่อไป

บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรธรณี, 2548, โครงการเร่งรัดการสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ พื้นที่แปลงที่ 3/2546 “บ้านไร่” โดย บริษัท จีเอ็มที คอร์ปอเรชั่น จำกัด(สัญญาจ้างเลขที่ 11/2546): รายงานฉบับสมบูรณ์ กรมทรัพยากรธรณี, 251 หน้า.
- _____, 2550, ธรณีวิทยาประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง, กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 628 หน้า.
- _____, 2551ก, การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดอุทัยธานี, กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 92 หน้า.
- _____, 2551ข, แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดอุทัยธานี มาตรฐาน 1:250,000, กรมทรัพยากรธรณี, 1 แผ่น.
- _____, 255 4, เอกสารการประกวดราคางานสำรวจและประเมินพื้นที่ศักยภาพแร่ระดับไพศาล ; เอกสารเล่มที่สาม มาตรฐานการตรวจรับงาน มาตรฐานผลิ ตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่ต้องส่งมอบสำหรับจ้างสำรวจและประเมินพื้นที่ ศักยภาพแร่ระดับไพศาล , สำนักทรัพยากรแร่ , กรมทรัพยากรธรณี, หน้า 11-18.
- _____, 2556ก, แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย 1:50,000 F4939 3 ราวาง 4939 III (อำเภอบ้านไร่), กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 1 แผ่น
- _____, 2556ข, แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย 1:50,000 F4939 4 ราวาง 4939 IV (อำเภอลานสัก), กรมทรัพยากรธรณี , กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 1 แผ่น.
- กิ่งดาว เคลือบทอง , จำรูญ อัยศิริไพศาล และคณะทำ งานจัดทำและกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่ , 2553, การจัดทำและกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรแร่โลหะหนักและแร่โลหะหายากของ ประเทศไทย, สำนักทรัพยากรแร่ , กรมทรัพยากรธรณี, รายงานวิชาการ, 64 หน้า.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541, การประเมินศักยภาพทางธรณีวิทยาเกี่ยวกับปริมาณของแร่ซึ่งมีโลหะหายากในประเทศไทย, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สกว., 260 หน้า
- จำรูญ อัยศิริไพศาล, 2535, การสำรวจและวิจัยแร่และธาตุโลหะหายากในประเทศไทย, ฉบับที่ กศ 1/2536, กองเศรษฐธรณีวิทยา , กรมทรัพยากรธรณี, 93 หน้า.
- ปัญญา จารุศิริ, สุวิทย์ โคสุวรรณ, วัฒนา ตูตี่จิ้น และชัยยุทธ ชันธปราบ, 2537, ธรณีเคมีของธาตุหายากในหินแกรนิตของประเทศ ไทย: ความเกี่ยวเนื่องกับการสำรวจในอนาคต, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการด้านเหมืองแร่ ครั้งที่ 5 “อุตสาหกรรมแร่ และพลังงานเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ,” 24-25 พฤศจิกายน 2537 ณ โรงแรม บีพี แกรนด์ทาวเวอร์, สงขลา, หน้า 2-22-47.
- เชิงชาย ไกรคง และฤทธิไกร ภวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม , 2535, การสำรวจแร่กัมมันตรังสีและแร่หนักบริเวณอำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี, ฉบับที่ กศ 45/2533, กองเศรษฐธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, 85 หน้า
- อดุลย์ ใจตาบุตร, เมธา ยังสนอง และสถาพร กาวินทร , 2544, แผนที่ทรัพยากรแร่ ราวาง ND 47-3 (จังหวัดนครสวรรค์), ฉบับที่ กศ 16/2544, กองเศรษฐธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, 1 แผ่น.
- 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.
- Haxel, G.B., Hedrick, J.B. and Orris, G.J., 2002, Rare Earth Elements—Critical Resources for High Technology, *USGS Fact Sheet 087-02*, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, <http://pubs.usgs.gov/fs/2002/fs087-02>, 4p.
- 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.
- Nakhaphadungrat, S., 1982, The geochronology and geochemistry of the Thong Lang Granite Complex, Central Thailand, *Ph.D. thesis (unpublished)*, University of London, U.K., 336 p.

- Potitat, S., 1995, Rare-earth element resources in Thailand, เอกสารกองพัฒนาทรัพยากรธรณี ฉบับที่ 2/2538, กรมทรัพยากรธรณี, 11 หน้า
- U.S. Department of the Interior, 2007, Rare Earths. *Minerals Yearbook*, Volume 1, U.S. Geological Survey (USGS)
- 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.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ตารางบันทึกผลการเก็บตัวอย่างดิน

(ดัดแปลงจาก กศ.-P1-W3-F3)

แบบบันทึกข้อมูลตัวอย่างหิน (ทศ.-P1-W3-F3)
 แผนงาน/โครงการ: งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ซีราและเอไซด์ แห่งภาคภาคกลาง จังหวัดอุทัยธานี-สุพรรณบุรี ปริมาณ 2557
 บันทึกโดย นายวัชร วัชรน้อย

ที่	หมายเลข ตัวอย่าง	วันที่	พิกัด		โซน	Map sheet	ตาราง	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ชื่อหิน	ความลึก (ซม.)	การใช้หิน	สีของตัวอย่าง	ความสะอาด
			ตะวันออก	เหนือ											
1	UT08(2) soc	30-พ.ย.-57	548905	1666427	47P	4839 II	บ.หนองนาง	บ้านไร่	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	50	2	น้ำตาลเข้ม	L
2	UT11(2) soc	30-พ.ย.-57	548801	1667228	47P	4839 II	บ.หนองนาง	บ้านไร่	บ้านไร่	อุทัยธานี	schist	30-50	2	น้ำตาลเข้ม	L
3	UT15 soc	2-ธ.ค.-57	549056	1668884	47P	4839 II	บ.หนองนาง	บ้านไร่	บ้านไร่	อุทัยธานี	granite	30	3	น้ำตาลเข้ม	L
4	UT18 soc	4-ธ.ค.-57	543747	1670774	47P	4839 II	บ.หนองนาง	บ้านไร่	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	80	2	น้ำตาลเข้ม	M
5	UT21 soc	4-ธ.ค.-57	543777	1672140	47P	4839 II	บ.หนองนาง	บ้านไร่	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	30	3	น้ำตาลอ่อน	L
6	UT22 soc	4-ธ.ค.-57	545255	1673882	47P	4839 II	บ.หนองนาง	บ้านไร่	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	50	2	น้ำตาลเข้ม	L
7	UT25 soc	8-ธ.ค.-57	543583	1681167	47P	4839 II	บ.หนองนาง	คลองควาย	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	60-80	2	น้ำตาลเข้ม	L
8	UT26 soc	8-ธ.ค.-57	543648	1678589	47P	4839 II	บ.หนองนาง	คลองควาย	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	20-30	3	น้ำตาลเข้ม	L
9	UT28 soc	8-ธ.ค.-57	545717	1684091	47P	4839 II	บ.หนองนาง	คลองควาย	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	50-80	3	น้ำตาล	L
10	SP01 soc	12-ธ.ค.-57	539138	1640259	47P	4838 I	บ.วิชัย	องค์พระ	ด่านช้าง	อุทัยธานี	meta-sandstone	30	2	น้ำตาล	M
11	UT37 soc	13-ธ.ค.-57	549090	1692442	47P	4839 I	บ.คลองแห้ง	หนองนาง	หัวซด	อุทัยธานี	granite	100	3	น้ำตาลเข้ม	M
12	UT40 soc	13-ธ.ค.-57	550636	1692595	47P	4839 I	บ.คลองแห้ง	หนองนาง	หัวซด	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	15-30	3	น้ำตาลเข้ม	L
13	UT42 soc	13-ธ.ค.-57	553018	1698310	47P	4839 I	บ.คลองแห้ง	บ้านไร่	บ้านไร่	อุทัยธานี	granite	15	3	น้ำตาล	L
14	UT44 soc	13-ธ.ค.-57	551341	1697572	47P	4839 I	บ.คลองแห้ง	หนองนาง	หัวซด	อุทัยธานี	granite	90-100	2	น้ำตาลเข้ม	M
15	UT46 soc	14-ธ.ค.-57	545731	1671798	47P	4839 II	บ.หนองนาง	เจ้าวัด	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	30-50	2	น้ำตาล	L
16	UT63 soc	25-ธ.ค.-57	550690	1658375	47P	4839 II	บ.หนองนาง	บ้านไร่	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	5-20	3	น้ำตาลเข้ม	L
17	UT64 soc	25-ธ.ค.-57	551048	1659158	47P	4839 II	บ.หนองนาง	บ้านไร่	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	0-50	2	น้ำตาลเข้ม	M
18	UT86 soc	25-ธ.ค.-57	545190	1672426	47P	4839 II	บ.หนองนาง	เจ้าวัด	บ้านไร่	อุทัยธานี	granite	20-40	3	น้ำตาลเข้ม	L
19	UT87 soc	25-ธ.ค.-57	545383	1672556	47P	4839 II	บ.หนองนาง	เจ้าวัด	บ้านไร่	อุทัยธานี	granite	0-50	2	น้ำตาล	L
20	UT88 soc	25-ธ.ค.-57	542657	1676303	47P	4839 II	บ.หนองนาง	เจ้าวัด	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	60-80	1	น้ำตาล	L
21	UT89 soc	25-ธ.ค.-57	542639	1675915	47P	4839 II	บ.หนองนาง	เจ้าวัด	บ้านไร่	อุทัยธานี	โน้ตหินไนส์	20-50	2	น้ำตาลเข้ม	L
22	UT92 soc	26-ธ.ค.-57	559692	1635406	47P	4938 IV	บ.ด่านช้าง	ด่านช้าง	ด่านช้าง	สุพรรณบุรี	granite	20-30	2	น้ำตาลเข้ม	L
23	UT93 soc	26-ธ.ค.-57	560271	1635226	47P	4938 IV	บ.ด่านช้าง	ด่านช้าง	ด่านช้าง	สุพรรณบุรี	granite	0-50	2	น้ำตาลเข้ม	L

การใช้หิน ; 1 = บ้านไร่, 2 = บ้านไร่, 3 = ไร่ และพืชมรก, 4 = พืชมรก, 5 = ที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง
 ความสะอาด ; L = ส้ำ (1-30 องศา), M = ปานกลาง (31-60 องศา), H = สูง (>60 องศา)

ภาคผนวก ข. ตารางบันทึกผลการเก็บตัวแร่หนัก
(ดัดแปลงจาก กศ.-P1-W3-F2)

แบบบันทึกข้อมูลสำรวจทางธรณีวิทยาภาคใต้ (ท.ป1-พ5-F2)
 แผนงาน/โครงการ : งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่และปิโตรเลียมภาคใต้ จังหวัดปัตตานี-สงขลา/ งบประมาณ 2557
 พื้นที่/โซน : มอตะยัง /มอตะยัง

ที่	หมายเลข จุดสำรวจ	พื้นที่	จุด		Map sheet	บริเวณ	ลักษณะ	สีของ	จำนวน พลาต(เมตร)	จำนวน จุด	ลักษณะ พลาต(เมตร)	ชนิดหิน
			ตะวันออก	เหนือ								
1	UT01 sp	28-พ.ค.-57	553291	1704688	47P	4939 IV	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5-7	ป่าดิบ	gneissic granite, quartz schist, schist, chlorite schist, phyllitic schist, gneiss	
2	UT02 sp	28-พ.ค.-57	553089	1703159	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	1-2	ป่าดิบ	gneissic granite, granite	
3	UT07 sp	30-พ.ค.-57	549489	1666330	47P	4839 II	ป่าดิบ	ป่าดิบ	1-2	ไม้	milky quartz, feldspar	
4	UT08(I) sp	30-พ.ค.-57	548905	1666427	47P	4839 II	ป่าดิบ	ป่าดิบ	2-3	ไม้	milky quartz	
5	UT09 sp	30-พ.ค.-57	549479	1666867	47P	4839 II	ป่าดิบ	ป่าดิบ	2-3	ป่าดิบ	quartz	
6	UT11(I) sp	30-พ.ค.-57	548801	1667228	47P	4839 II	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5-7	ไม้	quartz, feldspar, schist, pegmatitic granite, limestone/marble	
7	UT16 sp	2-ค.ค.-57	549163	1668930	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5	ไม้	quartz, granite, foliated/gneissic granite, schist, feldspar, pegmatite	
8	UT16 sp	3-ค.ค.-57	548290	1665104	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ไม้	sandstone, slate, phyllite, mudstone, quartz	
9	UT17 sp	3-ค.ค.-57	548298	1665094	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ป่าดิบ	sandstone, slate, mudstone, slate, phyllite, quartz	
10	UT20 sp	4-ค.ค.-57	544160	1671671	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ป่าดิบ	meta-sandstone, meta-mudstone, schist, fine-medium grain granite, quartz	
11	UT21 sp	6-ค.ค.-57	543777	1672160	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ป่าดิบ	porphyritic granite (3-5 mm grain), granite (1-2 mm grain)	
12	UT23 sp	4-ค.ค.-57	543545	1674301	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ไม้	porphyritic granite (2-5 mm grain), granite (1-2 mm grain), feldspar, quartz, meta-sedimentary rock	
13	UT24 sp	8-ค.ค.-57	543166	1680902	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	8-10	ไม้	gneissic granite, porphyritic biotite granite, pegmatite, fine grain granite, quartz, feldspar	
14	UT25 sp	8-ค.ค.-57	543983	1681167	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	1-2	ไม้	gneissic granite, porphyritic biotite granite, pegmatite, fine grain granite, quartz, feldspar	
15	UT33 sp	11-ค.ค.-57	548975	1708702	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ป่าดิบ	gneissic granite, pegmatite, quartz, feldspar	
16	UT38 sp	13-ค.ค.-57	547096	1692907	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5-7	ป่าดิบ	gneissic granite, porphyritic biotite-muscovite granite, pegmatite, quartz, fine grain granite	
17	UT42 sp	13-ค.ค.-57	553018	1698310	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5	ป่าดิบ	gneissic granite, granite	
18	UT47(I) sp	14-ค.ค.-57	545294	1671583	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ป่าดิบ	gneissic porphyritic granite, meta-sedimentary rock, slate, schist, phyllite, quartz, fine grain granite	
19	UT47(II) sp	14-ค.ค.-57	545294	1671583	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ไม้	gneissic porphyritic granite, meta-sedimentary rock, slate, schist, phyllite, quartz, fine grain granite	
20	UT48 sp	14-ค.ค.-57	544658	1672415	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	2-3	ไม้	granite	
21	UT49 sp	14-ค.ค.-57	545812	1672363	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5	ไม้	foliated porphyritic granite, meta-sedimentary rock, slate, schist, quartz, feldspar	
22	UT54 sp	16-ค.ค.-57	545838	1672590	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	2-3	ป่าดิบ	gneissic porphyritic granite, quartz, feldspar, pegmatite	
23	UT62(I) sp	23-ค.ค.-57	550610	1658559	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	1	ไม้	mudstone, silty mudstone, calc. siltstone, meta-siltstone, meta-sandstone	
24	UT65 sp	27-ค.ค.-57	549829	1697725	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	8-10	ไม้	gneissic porphyritic granite, granite (1-2 mm), gneissic granite, quartz	
25	UT95 sp	26-พ.พ.-57	560062	1631936	47P	4938 IV	ป่าดิบ	ป่าดิบ	2	ไม้	porphyritic biotite granite (2-5 mm grain), quartz, feldspar	
26	UT98 sp	26-พ.พ.-57	533239	1643200	47P	4838 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	1-2	ไม้	porphyritic granite (medium grain), schist, quartz	
27	UT100 sp	28-พ.พ.-57	548009	1705995	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5	ไม้	foliated/gneissic granite, biotite granite (1 mm grain)	
28	UT101 sp	28-พ.พ.-57	547142	1706021	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5-7	ไม้	foliated/gneissic granite, porphyritic biotite granite, biotite granite	
29	UT102 sp	28-พ.พ.-57	546657	1707584	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5-7	ไม้	biotite granite (1-2 mm grain), porphyritic biotite granite (2-4 mm grain), pegmatite	
30	UT103 sp	28-พ.พ.-57	547713	1707809	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3	ไม้	porphyritic biotite, biotite granite (1-3 mm grain), pegmatite, quartz	
31	UT105 sp	1-ค.ค.-57	549580	1692179	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	5-7	ป่าดิบ	foliated biotite granite (2-3 mm grain), biotite-muscovite granite (1 mm grain), quartz	
32	UT106 sp	1-ค.ค.-57	548923	1693034	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	8-10	ป่าดิบ	biotite granite (2-4 mm grain), porphyritic biotite granite (1-3 mm grain), quartz, pegmatite, feldspar	
33	UT107 sp	1-ค.ค.-57	543951	1685800	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ไม้	porphyritic biotite granite, biotite-muscovite granite (1 mm grain), quartz, pegmatite, feldspar	
34	UT109 sp	1-ค.ค.-57	545159	1686964	47P	4839 I	ป่าดิบ	ป่าดิบ	3-5	ไม้	porphyritic biotite granite (2-4 mm grain), quartz, feldspar, pegmatite	

สัญลักษณ์ : ไม้ = ป่าดิบเขา/ป่าดิบชื้น, ป่าดิบเขา = ป่าดิบเขา, ไม้ = พืชพรรณและสัญลักษณ์ตามตาราง
 สัญลักษณ์ : การที่พื้นที่สำรวจพบแร่/ปิโตรเลียม เช่น เหล็ก, ทองคำ เป็นต้น

ภาคผนวก ค. ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและดินระดับต้น
ด้วยวิธี ICP-MS ในพื้นที่เป้าหมายเขาดิน-เขาผาแรต
และพื้นที่เลือกสรรบ้านน้ำรอบ-ชินวัตพัฒนา
(ตัวอย่างบดละเอียดด้วยหัวบดเซรามิกส์)

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและดินระดับต้น ด้วยวิธี ICP-MS

หมายเลขตัวอย่าง	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	U	Th
UT61Rk	49.5	99.7	12.1	43.7	8.7	1.2	8.2	53.7	1.4	8.8	1.9	5.6	0.9	6.0	1.0	7.0	10.3	29.7
UT69rk	51.6	101.0	11.5	40.3	7.7	1.2	7.3	46.1	1.2	7.3	1.6	4.8	0.8	5.3	0.8	6.0	8.4	39.9
UT118RK	52.6	112.0	12.0	42.7	8.4	1.3	7.4	50.6	1.3	8.2	1.6	5.0	0.9	5.5	0.9	8.0	7.1	33.4
UT119Rk(1)	67.7	103.0	19.4	71.0	17.2	0.7	16.8	175.0	3.0	18.2	3.6	10.6	1.9	12.5	2.1	<5	17.0	57.2
UT119Rk(2)	29.3	60.6	7.5	27.4	6.5	0.7	7.0	77.6	1.4	9.6	2.1	7.0	1.3	8.3	1.4	<5	11.9	34.9
UT120RK	48.3	97.4	11.0	37.8	7.4	1.0	7.0	49.0	1.2	7.5	1.6	4.8	0.9	5.8	1.0	<5	9.5	45.3
UT121Rk	42.7	88.4	10.5	37.6	7.8	0.7	7.2	55.7	1.3	8.1	1.7	5.5	0.9	6.2	1.0	<5	11.1	42.8
UT122Rk	57.4	119.0	13.9	49.0	10.3	1.1	9.6	64.7	1.6	10.0	2.2	6.5	1.0	6.8	1.1	6.0	9.3	43.3
UT116rk_Mn+Fe	37.6	202.0	13.5	53.9	13.3	2.7	11.5	50.7	2.2	13.7	2.6	7.9	1.5	10.0	1.6	22.0	8.1	2.1
UT52(1)	64.3	145.0	13.9	51.1	10.2	2.2	11.1	108.0	1.8	11.7	2.8	8.7	1.4	9.2	1.5	12.0	9.7	27.5
UT52(2)	60.2	172.0	13.3	48.8	9.6	2.1	9.9	92.0	1.7	10.7	2.5	7.7	1.2	8.0	1.3	10.0	8.3	29.2
UT52(3)	64.5	163.0	14.1	52.0	10.3	2.2	10.6	96.6	1.8	11.0	2.5	7.8	1.2	8.0	1.3	11.0	8.5	27.6
UT117Pt(1)	51.3	202.0	9.9	32.7	5.8	1.2	4.7	25.3	0.8	4.5	0.9	2.6	0.5	3.1	0.5	15.0	15.9	42.7
UT117Pt(2)	51.2	189.0	9.8	32.4	5.9	1.2	4.8	26.2	0.8	4.7	0.9	2.7	0.5	3.3	0.6	15.0	14.9	41.6
UT117Pt(3)	52.8	207.0	10.4	35.4	6.3	1.4	5.4	27.6	0.9	4.8	0.9	2.8	0.5	3.3	0.6	14.0	13.9	41.3
UT117Pt(4)	50.4	161.0	10.2	35.0	6.2	1.4	5.3	27.7	0.8	5.0	1.0	2.9	0.5	3.2	0.6	17.0	16.7	41.4
UT74s	47.6	100.0	10.8	39.3	7.9	1.2	7.8	49.1	1.3	7.7	1.8	5.3	0.9	6.4	1.0	9.0	8.7	29.4
UT115Pt(1)	36.7	43.2	7.3	25.0	4.5	0.7	3.9	29.8	0.7	4.4	0.9	2.8	0.5	3.5	0.5	14.0	12.8	55.5
UT115Pt(2)	34.3	37.7	6.7	22.6	4.1	0.6	3.7	28.6	0.7	4.1	1.0	2.6	0.5	3.3	0.6	14.0	10.0	50.4
UT115Pt(3)	36.2	42.2	7.1	25.3	4.5	0.8	4.2	35.8	0.8	4.9	1.2	3.5	0.6	4.1	0.7	14.0	8.3	49.9
UT58(1)	53.2	222.0	10.2	34.0	6.2	1.1	5.3	27.9	0.9	5.0	1.1	3.1	0.5	3.6	0.6	15.0	21.2	45.5
UT58(1)	54.6	304.0	10.6	35.4	6.6	1.2	5.8	31.0	1.0	5.8	1.2	3.5	0.6	3.9	0.6	16.0	24.7	45.1
UT58(3)	49.3	534.0	10.1	33.9	6.3	1.1	5.8	32.5	1.0	5.7	1.3	3.7	0.6	4.0	0.7	16.0	27.4	53.8
UT58(4)	41.4	88.1	8.7	30.3	5.5	1.0	5.1	33.7	0.9	5.3	1.2	3.6	0.6	4.0	0.7	14.0	24.5	53.5

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและดินระดับต้น ด้วยวิธี ICP-MS (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	U	Th
UT58(5)	46.2	72.4	9.7	33.9	6.1	1.1	5.6	37.5	0.9	5.8	1.3	3.8	0.6	4.2	0.7	14.0	21.2	52.2
UT59(1)	47.2	55.7	8.8	29.7	5.1	0.8	4.6	30.3	0.8	4.6	1.0	3.0	0.5	3.3	0.5	14.0	16.0	46.4
UT59(2)	47.2	55.6	9.2	30.8	5.4	0.9	4.9	33.4	0.8	5.2	1.2	3.4	0.6	3.7	0.6	17.0	16.4	56.2
UT59(3)	42.8	53.2	8.4	28.4	5.1	0.8	4.9	35.0	0.9	5.2	1.2	3.5	0.6	3.7	0.6	16.0	12.1	49.9
UTKR12(1)	37.2	74.4	7.4	23.9	4.5	0.5	4.4	33.2	0.8	5.1	1.1	3.7	0.6	4.6	0.8	13.0	8.4	48.6
UTKR12(2)	48.2	84.9	9.2	29.3	5.3	0.7	4.5	30.4	0.8	4.8	1.1	3.3	0.5	3.6	0.6	15.0	6.9	47.1
UTKR13(1)	21.7	49.2	5.4	19.0	4.3	0.5	3.8	28.2	0.7	4.2	0.9	3.0	0.5	3.8	0.6	<5	5.8	17.2
UTKR13(2)	33.6	70.2	8.3	30.5	6.5	0.9	6.2	42.9	1.0	6.8	1.4	4.5	0.7	5.1	0.8	7.0	7.6	24.2
UTKR13(3)	36.3	68.3	9.1	33.8	7.3	1.0	6.6	47.0	1.1	7.1	1.5	4.7	0.8	5.6	0.9	8.0	8.6	23.8
UTKR13(4)	35.0	63.0	8.4	31.3	6.3	0.9	6.0	40.2	1.1	6.6	1.3	4.3	0.7	4.8	0.8	7.0	7.9	21.9
UTKR13(5)	38.1	68.3	8.8	31.6	5.8	0.9	5.7	39.6	1.0	6.4	1.3	4.4	0.7	4.8	0.8	8.0	9.8	25.6
UTKR13(6)	44.8	75.7	9.7	35.0	6.2	0.9	6.1	43.4	1.1	6.8	1.4	4.5	0.7	4.9	0.8	10.0	13.6	30.6
UTKR14(1)	34.6	85.5	8.1	29.7	6.6	0.6	8.7	80.8	1.8	11.8	2.6	8.5	1.3	9.0	1.5	<5	8.3	26.0
UTKR14(2)	39.7	93.4	9.7	36.8	7.9	0.7	9.5	76.1	1.8	11.7	2.5	8.0	1.2	8.5	1.4	<5	8.4	27.7
UTKR14(3)	34.6	73.6	8.2	31.3	6.3	0.6	7.7	63.1	1.4	9.8	2.0	6.4	1.0	6.9	1.1	<5	7.1	23.7
UTKR14(4)	39.3	86.9	9.7	36.8	7.2	0.7	8.2	66.3	1.5	10.0	2.1	6.8	1.1	7.1	1.2	<5	7.6	24.9
UTKR14(5)	29.4	68.5	7.3	27.3	5.5	0.6	6.2	49.7	1.2	7.3	1.6	5.2	0.8	5.4	0.9	<5	6.5	21.6
UTKR14(6)	27.4	148.0	6.7	25.5	5.4	0.5	6.8	57.9	1.3	8.5	1.8	6.1	0.9	6.6	1.1	<5	7.6	22.8
UTKR14(7)	40.3	424.0	9.6	35.8	7.8	0.6	9.8	88.7	2.0	13.5	2.9	9.2	1.4	10.2	1.6	6.0	11.6	36.6
UTKR14(8)	37.0	123.0	8.4	31.4	6.5	0.6	9.1	88.2	1.8	12.8	2.8	9.3	1.4	9.9	1.6	6.0	10.7	30.8
UTKR14(9)	38.7	109.0	8.4	31.6	6.5	0.5	8.5	86.1	1.8	12.1	2.6	8.9	1.4	9.4	1.6	7.0	10.4	32.4
UTKR14(10)	36.0	82.0	8.1	30.3	6.2	0.6	8.4	82.4	1.7	11.5	2.6	8.5	1.3	8.7	1.4	8.0	9.4	31.3
UTKR14(11)	40.1	74.2	9.4	35.2	7.2	0.6	8.4	69.5	1.6	10.3	2.2	7.2	1.1	7.3	1.2	9.0	8.8	35.2
UTKR16(1)	37.6	96.3	8.8	33.3	7.6	0.4	10.6	105.0	2.1	14.9	3.2	10.8	1.7	12.0	1.9	<5	10.6	32.8

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและดินระดับต้น ด้วยวิธี ICP-MS (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	U	Th
UTKR16(2)	43.5	109	10.5	40.1	8.9	0.5	10.7	98.3	2.08	14.4	3.04	10.2	1.52	10.9	1.77	5	10.9	34.1
UTKR16(3)	38.7	100	9.37	35.6	7.9	0.42	9.64	89.2	1.94	12.8	2.72	9.14	1.44	9.8	1.63	5	10.4	33.1
UTKR16(4)	29.1	72.1	6.9	26.3	5.5	0.37	7.13	64.6	1.43	9.41	2.03	6.69	1.04	7.4	1.19	<5	7.92	24.5
UTKR16(5)	40.7	172	9.82	38.5	8.2	0.49	9.8	92.3	2	13.5	2.88	9.64	1.45	10.2	1.65	6	11.4	33.7
UTKR16(6)	48.4	159	11.6	42.9	9.8	0.61	12.6	121	2.5	17.6	3.82	12.5	1.95	13.3	2.12	7	14.3	41.1
UTKR16(7)	40.7	123.0	9.4	35.9	7.7	0.6	9.2	89.9	1.9	13.0	2.7	9.0	1.5	10.2	1.6	7.0	13.2	38.5
UTKR16(8)	55.7	143.0	14.6	54.0	11.4	0.9	12.4	103.0	2.4	15.7	3.3	10.7	1.6	11.1	1.8	9.0	12.0	43.5
UTKR03(1)	20.6	45.9	4.1	14.0	2.9	0.5	3.6	41.2	0.8	5.8	1.4	4.6	0.9	6.7	1.1	<5	10.4	27.9
UTKR03(2)	27.0	59.0	6.2	21.6	4.9	0.7	5.1	51.8	1.1	7.3	1.7	5.6	1.0	7.2	1.3	<5	11.2	29.6
UTKR03(3)	26.3	56.0	6.2	22.5	4.6	0.7	4.9	44.8	0.9	6.3	1.5	4.8	0.9	6.6	1.2	<5	10.8	30.1
UTKR03(4)	28.6	61.5	7.1	25.9	5.4	0.8	5.5	53.1	1.1	7.8	2.0	5.7	1.2	8.0	1.5	<5	12.5	29.1
UTKR03(5)	28.1	285.0	7.2	26.6	5.6	0.8	5.7	51.1	1.2	8.1	1.8	5.9	1.1	7.8	1.3	<5	15.0	31.3
UTKR03(6)	23.9	103.0	5.4	19.7	3.9	0.6	4.5	52.5	1.0	7.4	1.8	5.8	1.1	8.5	1.5	<5	12.9	25.6
UTKR03(7)	23.3	65.1	5.1	17.4	3.6	0.6	4.2	49.3	0.9	6.8	1.7	5.4	1.0	7.4	1.3	<5	13.0	31.4
UTKR04(1)	17.1	38.9	4.0	13.8	2.8	0.4	2.6	25.9	0.5	3.5	0.9	3.1	0.6	4.9	0.9	<5	9.5	23.8
UTKR04(2)	15.8	30.7	3.5	11.9	2.3	0.4	1.8	17.4	0.4	2.5	0.6	2.1	0.4	2.9	0.5	7.0	15.2	25.8
UTKR04(3)	51.2	103.0	13.8	48.8	9.3	1.5	6.7	33.9	1.2	7.0	1.5	4.0	0.7	5.3	0.9	9.0	10.2	32.1
UTKR04(4)	90.4	173.0	21.4	77.1	14.0	2.1	11.4	47.5	1.8	10.2	2.0	5.1	0.8	5.6	0.9	9.0	8.3	34.5
UTKR05	17.9	176.0	4.8	17.4	3.8	0.4	4.0	42.2	0.8	6.2	1.5	5.1	0.9	7.0	1.2	<5	11.1	26.3
UTKR08(1)	28.9	64.0	7.1	26.3	5.4	0.5	5.4	43.9	1.1	6.8	1.5	4.7	0.8	5.4	0.9	7.0	7.5	23.3
UTKR08(2)	34.1	70.9	8.8	32.2	6.8	0.8	6.4	44.9	1.1	7.3	1.6	4.5	0.8	5.1	0.8	9.0	7.8	22.9
UTKR08(3)	32.8	67.2	7.9	29.2	5.8	0.7	5.5	38.7	0.9	6.1	1.3	3.8	0.7	4.3	0.7	10.0	7.4	21.9
UTKR08(4)	40.7	82.7	9.8	36.0	6.8	0.8	6.3	41.9	1.1	6.4	1.5	4.3	0.7	4.8	0.8	11.0	8.5	28.9
UTKR08(5)	39.9	79.0	9.4	34.9	6.5	0.8	6.2	44.4	1.0	6.9	1.5	4.2	0.7	4.9	0.8	10.0	8.2	28.9

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและดินระดับต้น ด้วยวิธี ICP-MS (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	U	Th
UTKR08(6)	38.1	74.2	9.0	32.2	6.4	0.7	5.8	39.6	1.0	6.3	1.4	3.9	0.7	4.7	0.7	9.0	7.5	26.2
UTKR08(7)	42.6	79.9	10.0	34.3	7.0	1.1	6.4	43.5	1.4	7.3	1.9	4.9	1.1	5.4	1.1	10.0	8.7	27.6
UTKR08(8)	52.3	105.0	12.0	41.6	7.8	0.9	7.6	57.9	1.4	9.1	2.0	5.7	1.0	7.1	1.0	10.0	9.3	31.9
UTKR08(9)	61.8	132.0	14.2	47.2	9.3	1.0	8.4	59.6	1.4	9.3	2.1	6.1	1.0	6.9	1.1	12.0	9.6	36.5
UTKR08(10)	71.9	132.0	15.7	53.1	9.4	1.2	7.9	55.3	1.5	9.3	1.9	5.6	0.9	6.2	1.0	14.0	9.1	37.1
UTKR08(11)	75.4	121.0	15.3	51.0	9.4	1.3	8.1	53.7	1.4	8.8	1.8	5.4	0.8	5.7	1.0	14.0	8.4	37.2
UTKR09(1)	34.0	70.6	7.3	24.6	4.8	0.9	4.6	41.6	0.9	6.1	1.4	4.3	0.8	5.7	1.0	6.0	8.2	28.4
UTKR09(2)	21.2	61.7	4.9	17.7	3.9	0.8	3.7	43.3	0.8	5.9	1.5	5.1	1.0	7.0	1.3	<5	8.8	23.1
UTKR09(3)	22.4	46.8	5.3	19.0	4.0	0.8	4.2	43.2	0.9	6.1	1.5	4.9	0.9	6.8	1.1	<5	8.7	26.8
UTKR09(4)	21.4	131.0	5.1	18.0	4.0	0.8	3.9	40.5	0.8	5.9	1.4	4.9	1.0	7.4	1.3	<5	11.6	26.7
UTKR09(5)	22.8	511.0	6.0	21.0	4.6	0.9	4.4	41.1	1.0	6.1	1.5	4.9	1.0	7.3	1.3	<5	14.1	32.0
UTKR09(6)	28.4	148.0	6.2	21.3	4.3	0.9	4.2	43.0	0.9	6.2	1.5	5.0	1.0	7.7	1.3	<5	13.4	33.9
UTKR09(7)	49.4	73.1	10.6	36.4	6.9	1.0	6.2	48.5	1.1	7.1	1.6	4.9	1.0	6.1	1.0	8.0	9.9	37.9
UTKR09(8)	98.1	192.0	27.9	101.0	20.6	2.1	15.9	72.3	2.6	14.4	2.8	7.5	1.2	8.2	1.2	9.0	10.3	56.5
UTKR11(1)	27.5	60.6	5.9	18.9	3.3	0.4	3.0	23.3	0.5	3.6	0.8	2.6	0.5	3.6	0.7	<5	6.2	22.5
UTKR11(2)	38.1	77.3	8.6	29.5	5.4	0.8	4.5	28.5	0.7	4.6	1.0	3.3	0.5	3.7	0.6	7.0	5.9	24.4
UTKR11(3)	50.0	101.0	11.3	38.9	6.9	1.0	5.5	33.0	0.9	5.4	1.2	3.6	0.6	4.0	0.7	9.0	6.4	30.0
UTKR11(4)	63.8	121.0	13.4	44.4	7.8	1.1	6.4	42.4	1.0	6.4	1.4	4.3	0.7	4.8	0.8	11.0	7.9	41.1
UTKR11(5)	65.8	124.0	13.7	44.7	7.8	1.1	6.4	41.1	1.0	6.3	1.3	4.1	0.7	4.6	0.8	13.0	10.7	43.7
UTKR11(6)	69.3	125.0	13.8	44.6	7.6	1.0	5.9	36.6	1.0	5.8	1.2	3.8	0.6	4.4	0.7	12.0	11.0	43.5
UTKR11(7)	70.3	126.0	14.0	42.9	7.4	1.1	5.4	35.3	0.9	5.8	1.2	3.8	0.6	4.3	0.7	13.0	11.2	44.8
UTKR11(8)	68.1	121.0	13.1	39.7	6.6	1.0	5.2	32.9	0.8	5.2	1.1	3.4	0.6	4.0	0.6	14.0	11.8	45.2
UTKR11(9)	62.2	112.0	11.9	36.5	5.9	0.9	4.6	29.8	0.8	4.9	1.1	3.2	0.5	3.7	0.6	13.0	12.4	43.9
UTKR11(10)	70.9	128.0	13.3	39.3	6.1	0.9	4.7	30.0	0.8	4.8	1.0	3.1	0.5	3.6	0.6	12.0	10.6	46.8

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและดินระดับต้น ด้วยวิธี ICP-MS (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	U	Th
UTKR11(11)	72.5	132.0	13.4	38.0	5.7	0.8	4.4	29.4	0.7	4.6	1.0	3.1	0.5	3.5	0.6	12.0	11.4	48.1
UTKR15(1)	44.4	225.0	8.7	29.6	5.3	0.7	4.8	30.1	0.9	4.9	1.0	3.3	0.5	3.6	0.6	18.0	7.7	52.4
UTKR15(2)	47.1	204.0	9.4	33.7	5.7	0.8	5.4	35.3	1.0	5.8	1.2	3.8	0.6	4.0	0.7	18.0	8.1	56.9
UTKR15(3)	49.3	165.0	9.7	33.3	6.2	0.8	5.3	35.2	1.0	6.2	1.2	3.8	0.6	4.1	0.7	17.0	7.8	52.8
UTKR15(4)	50.7	137.0	9.6	33.5	5.8	0.8	5.3	34.8	0.9	5.9	1.2	3.8	0.6	4.1	0.7	17.0	7.9	52.2
UTKR17(1)	34.0	79.6	8.9	33.7	7.6	0.4	8.6	62.6	1.6	10.6	2.2	7.2	1.1	7.5	1.2	<5	8.5	29.2
UTKR17(2)	45.3	92.6	12.3	47.4	10.9	0.7	12.2	86.8	2.4	14.9	3.0	9.6	1.5	9.7	1.6	8.0	10.3	37.4
UTKR17(3)	50.6	106.0	13.1	52.3	11.3	0.8	12.1	80.1	2.2	13.9	2.8	8.9	1.4	8.9	1.4	10.0	10.2	39.9
UTKR17(4)	49.4	101.0	12.7	48.9	10.5	0.8	11.2	75.3	2.1	12.7	2.5	8.2	1.2	8.1	1.3	10.0	10.7	40.7
UTKR01(1)	14.9	31.8	2.8	9.2	1.8	0.4	1.8	19.0	0.4	2.6	0.6	2.2	0.5	3.3	0.6	<5	5.9	18.5
UTKR01(2)	25.2	59.9	4.9	15.8	2.9	0.6	3.1	29.7	0.6	4.1	0.9	3.2	0.6	4.2	0.8	<5	7.6	28.8
UTKR01(3)	21.6	42.3	4.4	14.6	2.9	0.5	2.6	22.6	0.5	3.4	0.8	2.5	0.5	3.3	0.6	<5	5.7	20.9
UTKR01(4)	26.3	53.1	5.2	16.6	3.2	0.5	2.9	25.5	0.6	3.7	0.9	2.9	0.6	4.1	0.7	<5	8.7	27.9
UTKR01(5)	25.6	45.0	4.9	15.8	3.2	0.6	2.7	24.3	0.6	3.7	0.9	2.8	0.6	3.9	0.8	<5	8.6	28.2
UTKR01(6)	26.6	47.0	5.1	16.1	2.9	0.5	2.6	23.2	0.5	3.5	0.7	2.5	0.5	3.5	0.6	<5	7.6	33.6
UTKR01(7)	32.3	57.4	6.3	20.3	3.6	0.7	3.4	25.1	0.6	3.8	0.8	2.5	0.5	3.2	0.6	6.0	7.1	44.6
UTKR02(1)	30.4	62.5	6.4	21.4	4.3	0.6	4.2	40.0	0.8	5.5	1.2	4.1	0.8	5.8	1.1	<5	8.6	23.4
UTKR02(2)	32.5	68.5	7.1	24.1	4.7	0.7	4.6	41.7	0.9	5.9	1.3	4.3	0.9	6.1	1.1	<5	9.2	25.4
UTKR02(3)	35.5	76.0	7.7	26.6	5.2	0.7	5.1	46.5	1.0	6.7	1.4	4.9	1.0	7.1	1.3	<5	10.2	28.5
UTKR02(4)	30.0	64.0	6.6	22.2	4.4	0.6	4.4	40.7	0.9	5.8	1.3	4.4	0.9	6.0	1.1	<5	9.3	24.4
UTKR02(5)	26.2	55.5	5.8	19.4	4.0	0.5	4.0	35.6	0.8	5.2	1.2	3.9	0.8	5.6	1.0	<5	8.6	24.5
UTKR02(6)	20.9	39.7	4.4	14.7	3.0	0.4	2.9	29.9	0.6	4.3	1.0	3.4	0.7	5.3	1.0	<5	7.8	20.5
UTKR02(7)	22.5	42.3	4.6	15.1	3.0	0.4	2.9	29.3	0.6	4.2	1.0	3.6	0.8	5.5	1.0	<5	8.6	20.6
UTKR06(1)	7.0	13.9	1.7	5.8	1.1	0.2	1.3	17.6	0.3	2.2	0.6	2.3	0.5	4.1	0.8	<5	5.5	9.2

ตารางผลวิเคราะห์เคมีตัวอย่างหินและดินระดับต้น ด้วยวิธี ICP-MS (ต่อ)

หมายเลขตัวอย่าง	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sc	U	Th
UTKR06(2)	7.7	14.9	1.7	6.5	1.2	0.2	1.3	16.6	0.2	2.2	0.6	2.1	0.4	3.5	0.7	<5	4.9	9.1
UTKR06(3)	8.1	15.5	1.9	6.7	1.4	0.2	1.4	19.6	0.3	2.5	0.7	2.4	0.5	4.3	0.8	<5	5.8	10.7
UTKR06(4)	10.4	19.7	2.3	8.3	1.6	0.2	1.7	22.5	0.4	2.9	0.8	2.9	0.6	4.8	0.9	<5	6.7	13.0
UTKR06(5)	9.5	17.8	2.1	7.5	1.6	0.2	1.5	21.4	0.3	2.8	0.7	2.7	0.5	4.4	0.9	<5	6.5	13.3
UTKR06(6)	11.4	37.4	2.7	9.7	2.0	0.3	2.0	25.6	0.4	3.4	0.9	3.1	0.6	5.1	1.0	<5	7.1	14.0
UTKR06(7)	6.9	13.8	1.6	5.7	1.2	0.2	1.4	17.5	0.3	2.2	0.6	2.2	0.5	3.7	0.8	<5	5.3	10.0
UTKR07(1)	11.3	22.9	2.8	9.9	2.2	0.2	2.2	31.2	0.5	3.9	1.0	3.8	0.8	6.3	1.2	<5	10.3	22.1
UTKR07(2)	12.6	27.1	3.1	11.1	2.4	0.2	2.7	33.1	0.6	4.4	1.1	4.0	0.8	6.5	1.2	<5	10.8	26.0
UTKR07(3)	16.9	35.6	4.4	16.7	3.9	0.3	4.0	42.9	0.8	5.8	1.5	4.9	1.0	7.3	1.3	<5	10.8	28.9
UTKR07(4)	17.1	39.4	4.3	16.2	3.4	0.2	3.5	37.8	0.7	5.1	1.3	4.3	0.8	6.3	1.2	<5	10.4	26.4
UTKR07(5)	15.0	34.1	4.0	14.6	3.1	0.3	3.4	37.5	0.7	5.1	1.2	4.3	0.8	6.6	1.2	<5	9.7	24.8
UTKR07(6)	17.3	38.2	4.9	18.0	4.2	0.3	4.3	43.3	0.9	6.3	1.4	4.9	0.9	7.6	1.3	<5	10.4	29.8
UTKR07(7)	19.1	50.8	5.4	19.7	4.8	0.4	4.7	49.4	1.0	7.1	1.7	5.8	1.1	8.5	1.5	<5	11.2	32.3
UTKR07(8)	21.4	65.2	6.0	22.1	4.9	0.4	5.1	50.9	1.0	7.3	1.8	5.8	1.1	8.6	1.5	<5	10.6	34.3
UTKR10(1)	9.5	19.9	2.3	8.0	1.6	0.5	1.6	15.8	0.3	2.2	0.5	1.8	0.4	2.8	0.5	<5	7.2	16.6
UTKR10(2)	12.6	25.1	2.9	9.8	1.9	0.5	1.7	15.3	0.3	2.3	0.6	1.7	0.4	2.7	0.5	<5	9.4	17.4
UTKR10(3)	32.7	53.5	5.9	19.4	3.2	0.6	2.7	20.4	0.5	3.0	0.7	2.3	0.4	2.7	0.5	8.0	15.6	40.3
UTKR10(4)	27.5	42.2	4.9	15.5	2.8	0.5	2.5	17.9	0.4	2.8	0.6	2.0	0.4	2.4	0.4	9.0	18.3	43.1

