รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์

คู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากร ธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง

กองทรัพยากรแร่

กรมทรัพยากรธรณี

รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์

คู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากร ธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง

เอลิน สุขสวัสดิ์
วิภาวี วิบูลย์อัฐพล
ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช

กองทรัพยากรแร่
กรมทรัพยากรธรณี

อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

นางอรนุช หล่อเพ็ญศรี

ผู้อำนวยการกองทรัพยากรแร่

นางสาวกฤตยา ปัทมาลัย

ผู้อำนวยการส่วนวิชาการทรัพยากรแร่

นายธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช

จัดพิมพ์โดย กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี
ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0-2621-9766

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2566
จำนวน 30 เล่ม

ข้อมูลการลงรายงานการบรรณานุกรม

เอลิน สุขสวัสดิ์ และคณะ
คู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง/ เอลิน สุขสวัสดิ์ วิภาวี วิบูลย์อัฐพล และธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช. กรุงเทพฯ: กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2566, 67 หน้า :
ภาพประกอบ : แผนที่ : ตาราง; 30 ซม.
รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ III
สารบัญรูป V
สารบัญตาราง VII
คำขอบคุณ IX
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 1
1.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับธาตุหายาก และธาตุกัมมันตรังสีแฝง 2
1.4.1 ความหมายของธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง 2
1.4.2 ศักยภาพธาตุหายากในประเทศไทย 5
บทที่ 2 หลักการพื้นฐานของการสำรวจ และการเก็บตัวอย่าง 7
2.1 หลักการพื้นฐานของการสำรวจธาตุหายาก 7
2.2 การสำรวจและเก็บตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายาก 11
2.1.1 การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ/หินสด สำหรับกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น 11
2.1.2 การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ/หินสด สำหรับการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นรายละเอียด 16
2.3 การประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง 16
บทที่ 3 หลักเกณฑ์การกำหนดชื่อตัวอย่าง 19
3.1 หลักเกณฑ์การกำหนดชื่อตัวอย่าง 19
บทที่ 4 การแบ่งประเภทตัวอย่าง 23
บทที่ 5 การเตรียมตัวอย่างดิน/หินผุ/หินสด สำหรับส่งวิเคราะห์เคมี และเก็บเป็นตัวอย่างสำหรับอ้างอิงและศึกษาต่อยอด 27
5.1 การเตรียมตัวอย่างดิน/หินผุ 27
5.2 การเตรียมตัวอย่างหิน 27
5.3 ตัวอย่างแร่หนัก 29
บทที่ 6 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (label) และจัดเก็บในบรรจุภัณฑ์ 31
6.1 ตัวอย่างดิน/หินผุ 31
6.1.1 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (label) 31
6.1.2 การจัดตัวอย่างใส่กล่องล้อเลื่อน 32
6.2 ตัวอย่างหินสด 32

6.2.1 การจัดเก็บตัวอย่างหินสด 32
6.3 การจัดเก็บตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ตัวอย่างผงบดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ (tungsten carbide: WC) และหัวบดเซรามิก (ceramic) 33
6.3.1 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (label) 33
6.3.2 การจัดเก็บตัวอย่างใส่กล่อง 35
บทที่ 7 โครงสร้างข้อมูลของตัวอย่าง 37
7.1 โครงสร้างข้อมูลตัวอย่าง 37
บทที่ 8 การจัดเก็บตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ที่ได้จากงานสำรวจในภาคสนาม ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จ.ระยอง 39
8.1 การจัดเก็บตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ที่ได้จากงานสำรวจในภาคสนาม 39
8.2 รหัสย่อยของงานสำรวจธาตุหายากแต่ละปีงบประมาณ 43
เอกสารอ้างอิง 45
ภาคผนวก 47
ภาคผนวก ก: วิธีการใช้เครื่องมือในการสำรวจธาตุหายาก 49
ภาคผนวก ข: การคำนวณปริมาตรชั้นดินเหนือระดับพื้นผิว ด้วยวิธีสร้างเส้นชั้นความสูงจาก Google earth 55
ภาคผนวก ค: การทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (Label) ด้วยโปรแกรม Microsoft word 59
ภาคผนวก ง: คลิปวีดีโอเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการสำรวจธาตุหายาก 65

สารบัญรูป

หน้า

1.1 ตารางธาตุแสดงตำแหน่งของกลุ่มธาตุหายากซึ่งอยู่ในอนุกรมธาตุแลนทาไนด์ 3
1.2 แบบจำลองของการเกิดแหล่งธาตุหายากแบบสะสมตัวในชั้นดินเหนือมวลหิน 5
2.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการสำรวจธาตุหายาก 8
2.2 แผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพธาตุหายากที่ได้จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ 9
2.3 แผนที่แสดงกลุ่มหินที่มีศักยภาพให้แหล่งธาตุหายาก 10
2.4 ลักษณะบ่อดิน หรือบริเวณที่น่าสนใจในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้ Google Earth 11
2.5 แผนผังแสดงการเก็บตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายาก 12
2.6 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ โดยวิธีการเซาะร่อง พร้อมทั้งการวัดค่าวัดค่ากัมมันตรังสี ค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของชั้นดิน และค่าความถ่วงจำเพาะของดิน 14
2.7 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างหินสด พร้อมทั้งการวัดค่าวัดค่ากัมมันตรังสี และค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของหิน 15
2.8 ขั้นตอนการสำรวจเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ ด้วยวิธีการขุดหลุมทดลอง 17
2.9 การแบ่งประเภทของปริมาตรชั้นดิน 17
3.1 รหัสการกำหนดชื่อตัวอย่าง 19
3.2 การเปรียบเทียบการแบ่งชั้นดินทางปฐพีวิทยา กับการแบ่งชั้นดิน/หินแกรนิตผุที่กำหนด 20
4.1 ชนิดของตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง 24
4.2 ตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง 25
5.1 การเตรียมตัวอย่างดิน/หินผุ 28
5.2 การคัดเลือกตัวอย่างหินสด เพื่อเตรียมส่งวิเคราะห์เคมี ศึกษาศิลาวรรณนา และเป็นตัวอย่างอ้างอิงและศึกษาต่อยอด 28
5.3 การเตรียมตัวอย่างแร่หนัก 29
6.1 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบาย และจัดใส่ถุงตัวอย่างดิน/หินผุ 31
6.2 รูปแบบการจัดทำคำอธิบาย (template label) ของตัวอย่างดิน/หินผุ 31
6.3 การเตรียม และจัดเก็บตัวอย่างดิน/หินผุใส่กล่องล้อเลื่อน 33
6.4 รูปแบบการจัดทำคำอธิบาย (template label) หน้ากล่องล้อเลื่อนของตัวอย่างดิน/หินผุ 34
6.5 การเตรียม และจัดเก็บตัวอย่างหินใส่กล่อง 34
6.6 ป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่างของตัวอย่างผงหิน และดิน/หินผุบดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์และเซรามิก 35
6.7 การเตรียม และจัดเก็บตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุที่บดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ และหัวบดเซรามิก ใส่กล่องลังใส่กล่องลัง 36

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

7.1 โครงสร้างการบันทึกข้อมูลสำหรับจัดเก็บตัวอย่าง ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง 38
8.1 อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ศูนย์ศึกษาวิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง 39
8.2 แผนผังแสดงชั้นเก็บลังตัวอย่างหลุมเจาะ ชั้นเก็บตัวอย่างแร่และหิน ตู้แผนที่และอื่นๆ ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 ศูนย์ศึกษาวิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง 40
8.3 ผังการจัดเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับอ้างอิง ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38..... 40
8.4 ผังการจัดเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับศึกษาวิจัยต่อยอด ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 39..... 41
8.5 ผังการจัดเก็บตัวอย่างหินสด และตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ที่บดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ และเซรามิก ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 41..... 41
8.6 การจัดวางตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับอ้างอิง (ฝาสีฟ้า) และศึกษาวิจัยต่อยอด (ฝาสีชมพู) ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38-39..... 42
8.7 การจัดวางตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับอ้างอิง (ฝาสีฟ้า) สำหรับศึกษาวิจัยต่อยอด (ฝาสีชมพู) ตัวอย่างหินสด ตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ที่บดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ และเซรามิก ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38, 39 และแถวที่ 41 42
8.8 การคลุมชั้นวางตัวอย่าง ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 ศูนย์ศึกษาวิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38, 39 และแถวที่ 41..... 42

สารบัญตาราง

		หน้า
1.1	ตัวอย่างแร่ให้ธาตุหายาก	3
1.2	แร่ที่มีองค์ประกอบของธาตุทอเรียม	4
1.3	แร่ที่มีองค์ประกอบของธาตุยูเรเนียม	4
3.1	รายละเอียดการกำหนดชื่อตัวอย่างตามรหัสสัญลักษณ์ (รูปที่ 3.1)	19
3.2	ตัวอย่างการกำหนดชื่อตัวอย่างของการสำรวจธาตุหายากในพื้นที่จังหวัดเชียงราย	20
3.3	การเปรียบเทียบการแบ่งชั้นดินทางปฐพีวิทยากับการแบ่งชั้นดิน/หินแกรนิตผุที่กำหนด	21
4.1	ประเภทตัวอย่าง	23
8.1	รหัสย่อยของงานสำรวจธาตุหายากแต่ละปีงบประมาณ	35

คำขอบคุณ

คู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝงนี้ได้สำเร็จลงด้วยดี ซึ่งคณะผู้จัดทำขอขอบคุณคุณขวัญใจ ยวงเดชกล้า คุณธนัช วัชรมัย ซึ่งให้คำแนะนำในการจัดทำคู่มือและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำคู่มือฉบับนี้ และขอขอบคุณคณะกรรมการตรวจสอบรายงานและเอกสารวิชาการ กองทรัพยากรแร่ ได้แก่ คุณธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช คุณขวัญใจ ยวงเดชกล้า คุณอำนวย ส่งอุไรล้ำ คุณสมชาย ประทีปเทียนทอง และคุณปัญญา จารุศิริ สำหรับข้อเสนอแนะในการจัดทำรายงานให้มีความถูกต้องทางวิชาการ และเนื้อหากระชับ ชัดเจน เข้าใจง่าย ซึ่งทำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานด้านทรัพยากรแร่หรือผู้สนใจสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง และเกิดประโยชน์สูงสุด สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคุณนพวรรณ รัตน์สันเทียะ คุณฐิติกัญ จุลรัตนมณี คุณวราภรณ์ การบุญ และคุณกานต์พิชชา พุฒิศิริ ซึ่งช่วยรวบรวมและจัดทำทะเบียนรายการตัวอย่างของงานสำรวจทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

กฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2561 กำหนดให้กรมทรัพยากรธรณี โดยกองทรัพยากรแร่ มีหน้าที่จัดทำและกำหนดมาตรฐานด้านทรัพยากรแร่ของประเทศ มีเป้าประสงค์สำคัญ คือ เพื่อกำหนดมาตรฐานทางธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันทั่วประเทศ โดยมีแหล่งข้อมูลสำหรับค้นคว้าและอ้างอิงทางวิชาการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี สำหรับนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดนโยบายในการบริหารจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีของประเทศ

กองทรัพยากรแร่ มีงานสำรวจทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จนถึงปัจจุบัน แต่ยังไม่มีการจัดทำคู่มือการสำรวจและประเมินศักยภาพธาตุหายากเพื่อเป็นคู่มือในการปฏิบัติงาน ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 กองทรัพยากรแร่ ได้เล็กเห็นถึงความสำคัญในการจัดทำคู่มือการสำรวจทรัพยากรธาตุหายาก เพื่อให้การสำรวจ ประเมิน และจัดเก็บตัวอย่างอยู่ในมาตรฐานเดียวกัน และสามารถนำไปใช้ศึกษาอ้างอิงได้ ดังนั้น กองทรัพยากรแร่ โดยส่วนมาตรฐานและข้อมูลทรัพยากรแร่ จึงได้จัดทำคู่มือการสำรวจทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝงฉบับนี้ขึ้น เพื่อนำไปสู่ความเป็นมาตรฐานในการสำรวจทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง และเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1) จัดทำคู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝงให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน และสามารถนำไปใช้ศึกษาอ้างอิงได้

2) เป็นคู่มือในการสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรธาตุหายาก และธาตุกัมมันตรังสีแฝง พร้อมทั้งการจัดเก็บตัวอย่างเข้าคลังข้อมูลด้านทรัพยากรแร่ ให้แก่บุคลากรผู้ปฏิบัติงานด้านทรัพยากรแร่

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

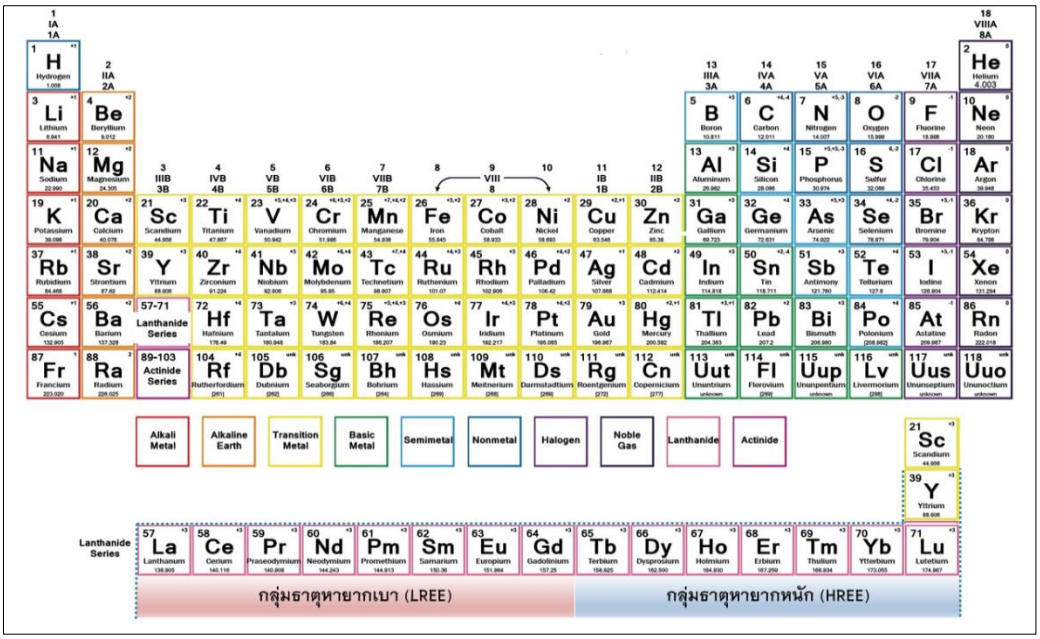
คู่มือในการสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรธาตุหายาก และธาตุกัมมันตรังสีแฝง ฉบับนี้ สามารถนำไปใช้อ้างอิงทางวิชาการได้ และบุคลากรผู้ปฏิบัติงานด้านทรัพยากรแร่ และบุคคลผู้เกี่ยวข้องในการสำรวจทรัพยากรธาตุหายาก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานได้

1.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับธาตุหายาก และธาตุกัมมันตรังสีแฝง

1.4.1 ความหมายของธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง

ธาตุหายาก หรือ "rare earths element" เป็นกลุ่มธาตุโลหะทรานซิชันหมู่ IIIB ที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 57 ถึง 71 ซึ่งอยู่ในอนุกรมธาตุแลนทาไนด์ (lanthanide series) ประกอบด้วยชนิดธาตุ 15 ธาตุ แต่โดยอนุโลมมักจะนับรวม ธาตุสแกนเดียม (scandium: ^{21}Sc) เลขอะตอม 21 และธาตุอิตเทรียม (yttrium: ^{39}Y) เลขอะตอม 39 ของหมู่ IIIB เข้าอยู่ในกลุ่มของธาตุหายากด้วย เนื่องจากมีสมบัติทางเคมีที่คล้ายคลึงมาก และมักพบเกิดอยู่ด้วยกันเสมอ (Moeller, 1963; Connelly et al., 2005) ซึ่งกลุ่มธาตุหายากสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ *กลุ่มธาตุหายากเบา* (light rare earth elements: LREE) และ *กลุ่มธาตุหายากหนัก* (heavy rare earth elements: HREE) อย่างไรก็ตามการจัดแบ่งจำนวนธาตุในกลุ่มย่อยสองกลุ่มนี้มีหลักเกณฑ์กำหนดที่หลากหลาย ซึ่งในที่นี้ใช้เกณฑ์การแบ่งกลุ่มย่อยตามหลักที่ U.S. Geological Survey (USGS) ยึดถือข้อกำหนดของสหพันธ์นานาชาติด้านเคมีบริสุทธิ์และเคมีประยุกต์ (The International Union of Pure and Applied Chemistry: IUPAC) กล่าวคือ ***กลุ่มธาตุหายากเบา*** ประกอบด้วย 8 ชนิด ได้แก่ แลนทานัม (lanthanum: ^{57}La), ซีเรียม (cerium: ^{58}Ce), เพรซีโอดิเมียม (praseodymium: ^{59}Pr), นีโอดิเมียม (neodymium: ^{60}Nd), โพรมีเทียม (promethium: ^{61}Pm), ซาแมเรียม (samarium: ^{62}Sm), ยูโรเพียม (europium: ^{63}Eu) และแกโดลิเนียม (gadolinium: ^{64}Gd) และ ***กลุ่มธาตุหายากหนัก*** ประกอบด้วย 8 ชนิดธาตุ ได้แก่ เทอร์เบียม (terbium: ^{65}Tb), ดีสโพรเซียม (dysprosium: ^{66}Dy), โฮลเมียม (holmium: ^{67}Ho), เออร์เบียม (erbium: ^{68}Er), ทูเลียม (thulium: ^{69}Tm), อิตเทอร์เบียม (ytterbium: ^{70}Yb), ลูทีเทียม (lutetium: ^{71}Lu) และอิตเทรียม (yttrium: ^{39}Y) ทั้งนี้สำหรับธาตุสแกนเดียมนั้น จะไม่จัดให้อยู่ในกลุ่มย่อยใดกลุ่มย่อยหนึ่ง แม้ว่าจะนับเป็นธาตุหายากตัวหนึ่งก็ตาม (Cordier, 2011; Haque et al., 2014) (รูปที่ 1.1)

ธาตุหายากสามารถพบในหินทุกชนิดที่เป็นส่วนประกอบของเปลือกโลก ในปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกัน แต่ก็เป็นการยากที่จะพบบริเวณที่มีการสะสมของกลุ่มธาตุหายากในปริมาณความเข้มข้นที่สูงมากพอจะสกัดออกมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งในธรรมชาติพบแร่ประกอบหินอยู่ราว 73 ชนิดที่เป็น "แร่ให้ธาตุหายาก (rare earth minerals)" ซึ่งมีธาตุหายากเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างผลึก โดยองค์ประกอบทางเคมีของแร่เหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีสัดส่วนปริมาณธาตุหายากเบาสูงกว่าธาตุหายากหนัก โดยแร่ส่วนน้อยมีธาตุหายากหลักเป็นชนิดธาตุหายากหนัก (ตารางที่ 1.1) ทั้งนี้มีเพียง 4 แร่หลัก ๆ ที่ทั่วโลกได้นำมาใช้เป็นสินแร่ (ore) ในการสกัดแยกธาตุหายาก ได้แก่ แบสต์นีไซต์ (bastnaesite) โมนาไซต์ (monazite) ซีโนไทม์ (xenotime) และอะพาไทต์ (apatite) นอกจากนี้ในบริเวณภาคใต้ของประเทศจีนมีการทำเหมืองจากแหล่งธาตุหายาก โดยการสกัดแยกธาตุหายากจากชั้นหินผุของมวลหินแกรนิตที่มีการสะสมตัวของแร่ดินที่เกิดจากกระบวนการผุพัง ซึ่งแร่ดินเหล่านี้เป็นตัวกลางดูดซับประจุของธาตุหายากที่ผุพังหลุดออกมาจากโครงสร้างผลึกแร่เดิมไว้ตามพื้นที่ผิวผลึกของแร่ดิน ด้วยกระบวนการดูดซับประจุ (ion-adsorption) (Wu, et al., 1990; Bao an Zhao, 2008; Sanematsu and Kon, 2013)



Modified from http://vi.aliexpress.com/popular/modernism-period.html ; REE Subgroups defined by The International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)

รูปที่ 1.1 ตารางธาตุแสดงตำแหน่งของกลุ่มธาตุหายากซึ่งอยู่ในอนุกรมธาตุแลนทาไนด์

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างแร่ให้ธาตุหายาก (คัดลอกจากธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช และคณะ, 2561)

กลุ่มแร่	ชนิดแร่หลัก
กลุ่มแร่ให้ธาตุหายากเบา	bastnaesite, monazite, allanite, loparite, ancylite, parasite, lanthanite, cerite, fluocerite, cerianite, chevinite, stillwellite, และ britholite
กลุ่มแร่ให้ธาตุหายากหนัก	xenotime, gadolinite, samarskite, euxenite, fergusonite, yttrotantalite, yttrotungstite, และ yttrialite

ธาตุกัมมันตรังสีแฝง ในที่นี้ หมายถึง ธาตุทอเรียม (thorium: ^{90}Th) และธาตุยูเรเนียม (uranium: ^{92}U) ซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีแฝงที่เกิดร่วมกับธาตุหายาก โดยธาตุทอเรียม พบได้ในดินและหินทุกชนิด มีปริมาณเฉลี่ย 6 ppm ซึ่งธาตุทอเรียมมี 25 ไอโซโทป มีน้ำหนักอะตอมตั้งแต่ 212 amu (Th-212) ถึง 236 amu (Th-236) โดยที่เกิดในธรรมชาติ มีไอโซโทปเดียวคือ Th-232 ซึ่งเป็นไอโซโทปที่เสถียรที่สุด มีการสลายตัวช้า (มีครึ่งชีวิต 14.05 พันล้านปี) สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ส่วนธาตุยูเรเนียมมีปริมาณน้อยในดิน หิน และน้ำ ซึ่งจะมีความเข้มข้นสูงกว่าปกติในบางชนิด เช่น หินฟอตเฟส ลิกไนต์ และโมนาไซต์ ซึ่งธาตุยูเรเนียมที่เกิดในธรรมชาติ มี 3 ไอโซโทป ได้แก่ U-234, U-235 และ U-238 โดย U-238 มีจำนวนมากที่สุด และมีครึ่งชีวิต 4.5x109 ปี ซึ่งธาตุทอเรียมและธาตุยูเรเนียมพบได้ในแร่หลายชนิดดังแสดงในตารางที่ 1.2 และตารางที่ 1.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 1.2 แร่ที่มีองค์ประกอบของธาตุทอเรียม (คัดลอกจากวนิดา ระงับพิศม์, 2561)

Thorium Mineral	Chemical Formula	%ThO_2
Minerals with Th as major constituent		
Huttonite	$ThsiO_4$	80
Thorite, Uranothorite	$ThSio_4$, $(Th,U)SiO_4$	50, <50
Cherelite	$(Th,Ce,Ca)(SiO_4PO_4)$	30
Thorianite, Urathorianite	ThO_2, $(Th,U)O_2$	80, <80
Common accessory minerals		
Monazite	$(REE,Th)PO_4$	10
Xenotime	YPO_4	0.4-1
Zircon	$ZrSiO_4$	0.01-1
Allanite	(Ca,Al,Fe,Mg) silicate	0.1-1
Apatite	$Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$	0.001-0.1
Sphene	$CaTiSio_5$	0.001-0.1
Epidote	$CaFe^{3+}Al_2O.OH(Si_2O_7)(Si_2O_4)$	0.005-0.05

ตารางที่ 1.3 แร่ที่มีองค์ประกอบของธาตุยูเรเนียม (คัดลอกจากวนิดา ระงับพิศม์, 2561)

Uranium Mineral	Chemical Formula	%UO_2/ppm eU
Minerals with U as major constituent		
Uraninite, (Pitchblende)	UO_2	
Betafite	$(U,Ca)(Nb,Ta,Ti)_3O_9.nH_2O$	
Huttonite	$ThSio_4$	100-20000 ppm
Uranospherite	$(Bio)(UO_2)(OH)_3$	
Thorite, Uranothorianite	$ThSio_4$, $(Th,U)SiO_4$	1-35%
Thorianite. Uranothorainite	ThO_2 $(Th,U)O_2$	5%
Common accessory rock forming minerals		
Zircon	$ZrSiO_4$	5%
Xenotime	YPO_4	5%
Monazite	$(REE,Th)PO_4$	100-20000 ppm
Allanite	(Ca,Al,Fe,Mg) silicate	10-2000 ppm
Apatite	$Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$	5-200ppm
Sphene	$CaTiSiO_5$	10-500 ppm

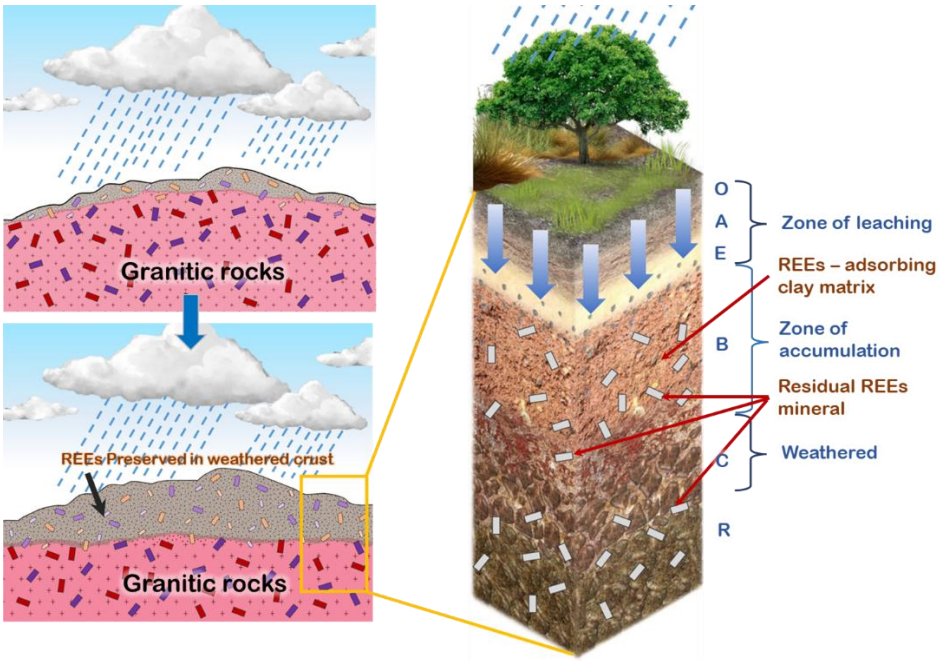
1.4.2 ศักยภาพธาตุหายากในประเทศไทย

หินที่มีศักยภาพของการเป็นแหล่งให้ธาตุหายากได้นั้นมีหลายชนิดหิน อาทิ หินอัคนีชนิดอัลคาไลน์ เช่น หินคาร์บอเนไทต์และหินไซอีไนต์ ซึ่งมีปริมาณธาตุหายากสูง อัคนีแทรกซอนประเภทหินแกรนิต หินภูเขาไฟและหินเถ้าภูเขาไฟชนิดเฟลสิก (felsic rock) เช่น ไรโอไลต์และอิคนิมไบท์ หรือหินภูเขาไฟชนิดหินบะซอลต์ประเภทอัลคาไลน์ รวมถึงหินแปรชนิดหินไนส์และหินชีสต์ ซึ่งมีพื้นที่การแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างขวาง ซึ่งส่วนใหญ่พบกระจายตัวบริเวณด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย ทั้งนี้รูปแบบการสะสมตัวของธาตุหายากที่พบได้ในประเทศไทยที่มีศักยภาพสูงพอที่จะเป็นแหล่งแร่ได้นั้นมี 2 รูปแบบหลัก คือ

1) แหล่งแร่หนักให้ธาตุหายากที่สะสมตัวแบบลานแร่

2) แหล่งธาตุหายากแบบสะสมตัวในชั้นดินเหนือมวลหิน เกิดจากกระบวนการผุพังทางเคมีอยู่กับที่ของมวลหิน ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีความชุ่มชื้นสูง มีฝนตกชุกและมีธรณีแปรสัณฐานที่เสถียรเป็นระยะเวลานาน (รูปที่ 1.2)

ทั้งนี้แหล่งแร่แบบที่สัมพันธ์กับหินอัคนีแทรกซอนชนิดหินไซอีไนต์ อาจมีความเป็นไปได้เช่นเดียวกันแต่มีโอกาสค่อนข้างน้อย เนื่องจากพบการกระจายตัวของหินชนิดนี้ในประเทศไทยน้อยมาก และส่วนใหญ่พบเป็นพลูตอนขนาดเล็ก ในขณะที่แหล่งแร่ที่สัมพันธ์กับหินคาร์บอเนไทต์นั้นมีโอกาสเป็นไปได้น้อยมาก เนื่องจากยังไม่เคยมีรายงานการพบหินชนิดนี้ในประเทศไทย



รูปที่ 1.2 แบบจำลองของการเกิดแหล่งธาตุหายากแบบสะสมตัวในชั้นดินเหนือมวลหิน

บทที่ 2
หลักการพื้นฐานของการสำรวจ และการเก็บตัวอย่าง

การสำรวจและเก็บตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายตัวและการประเมินปริมาณธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝงที่สะสมตัวในแหล่งแร่แบบผุพังอยู่กับที่ ทั้งนี้ธาตุกัมมันตรังสีแฝง เป็นธาตุที่เกิดร่วมกับธาตุหายาก ซึ่งมีวิธีการสำรวจและประมวลผลเช่นเดียวกันธาตุหายาก โดยขั้นตอนการสำรวจและเก็บตัวอย่างได้พัฒนาขึ้นโดย ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช และคณะ (2561) แสดงดังแผนผังรูปที่ 2.1 และมีรายละเอียดดังนี้

2.1 หลักการพื้นฐานของการสำรวจธาตุหายาก

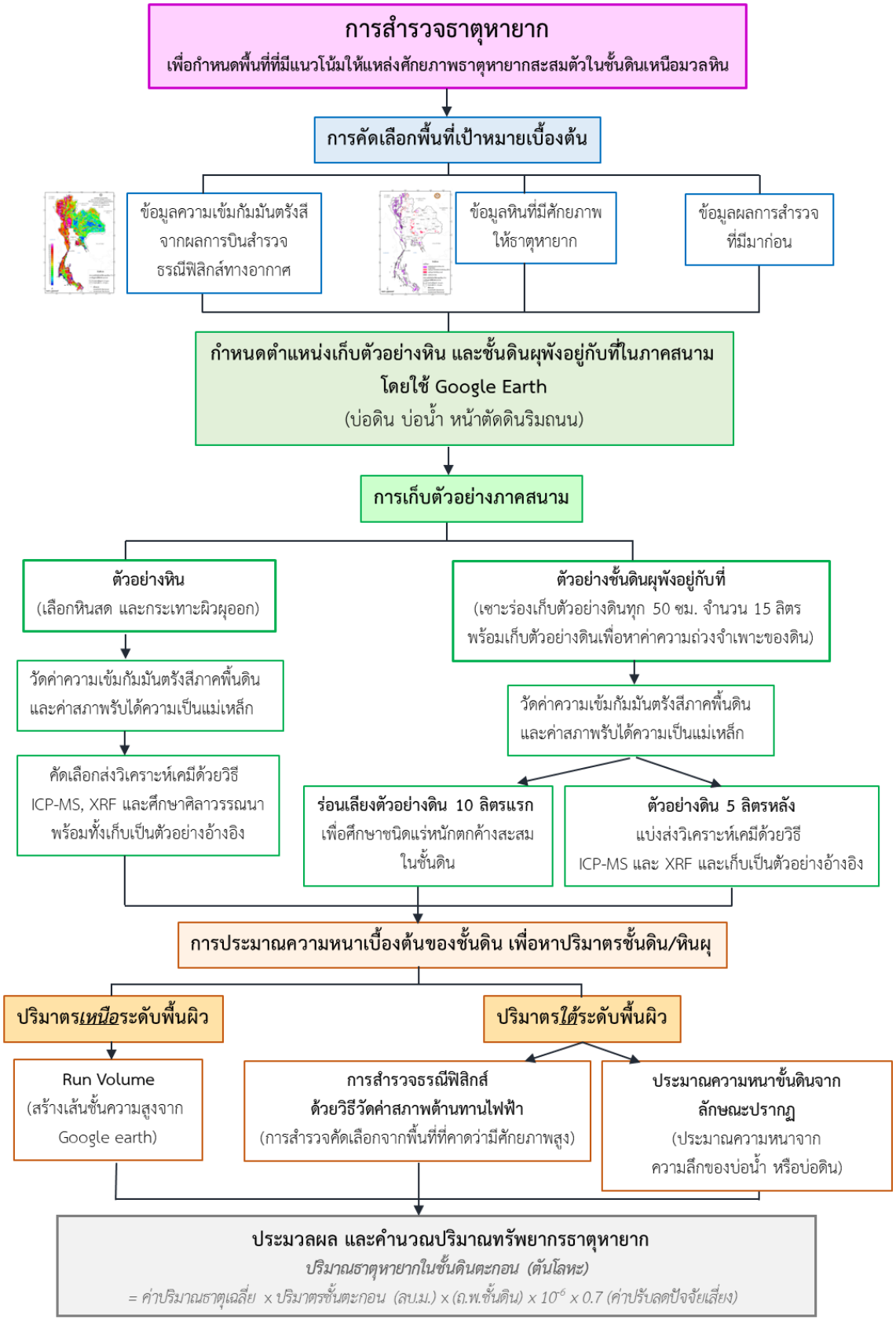
รายงานฉบับนี้ จะมุ่งเน้นไปที่การสำรวจแหล่งธาตุหายากแบบสะสมตัวในชั้นหินเหนือมวลหิน ซึ่งมีต้นแบบการศึกษาและทำเหมืองแร่ดังกล่าวจากประเทศจีน โดยแหล่งธาตุหายากรูปแบบนี้มีความเป็นไปได้ที่จะมีความสมบูรณ์ของธาตุหายากมากเพียงพอที่จะทำเหมืองธาตุหายาก โดยมีวิธีการสำรวจเพื่อคัดเลือกพื้นที่เป้าหมายในการสำรวจเบื้องต้น ดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลความเข้มกัมมันตรังสีจากผลการบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ เพื่อตรวจสอบว่าในพื้นที่ศึกษามีปริมาณธาตุทอเรียม (eTh) อยู่ในช่วงไหน ซึ่งจากข้อมูลของคุณธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช และคณะ (2561) กล่าวว่าแร่ที่ให้ธาตุหายากมักจะมีความสัมพันธ์กับธาตุทอเรียม กล่าวคือ ถ้าพื้นที่ใดมีปริมาณธาตุทอเรียมสูง ย่อมมีปริมาณธาตุหายากสูงเช่นกัน ทั้งนี้แต่ก็ไม่เสมอไปทุกพื้นที่ ขึ้นอยู่กับลักษณะธรณีวิทยา ธรณีวิทยาแปรสัณฐาน และลักษณะการแปรเปลี่ยนของหินบริเวณพื้นที่นั้น ๆ (รูปที่ 2.2)

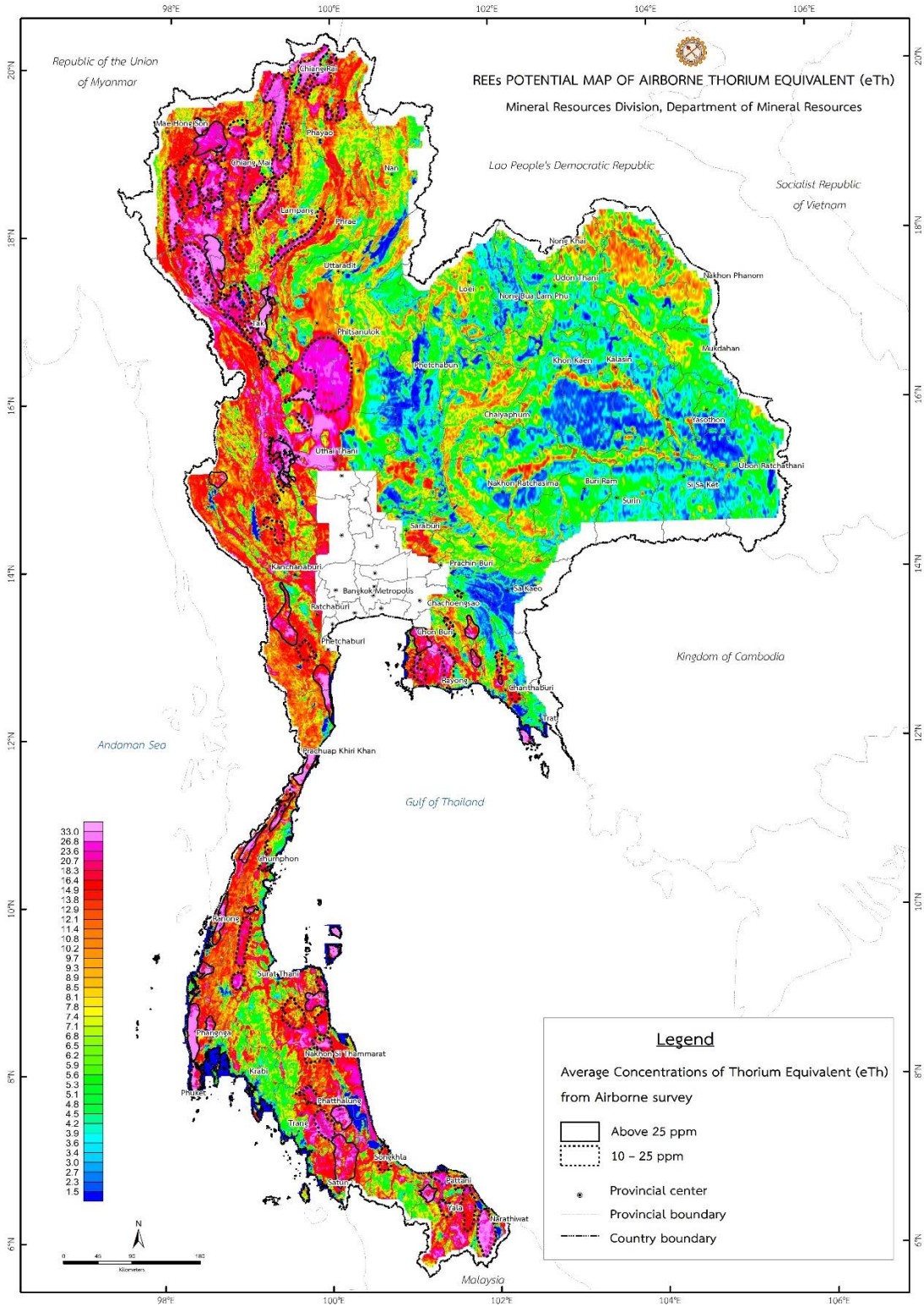
2) ศึกษาหินที่มีศักยภาพให้ธาตุหายากในพื้นที่ศึกษา เพื่อตรวจสอบว่าในพื้นที่ศึกษามีชนิดหินที่มีศักยภาพให้ธาตุหายากสอดคล้องกับค่าปริมาณธาตุทอเรียมของข้อมูลความเข้มกัมมันตรังสีจากผลการบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศหรือไม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดจุดสำรวจและเก็บตัวอย่างหินและชั้นดินผุพังอยู่กับที่ (รูปที่ 2.3)

3) ศึกษาข้อมูลรายงานที่มีมาก่อน เพื่อตรวจสอบว่าในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียงมีข้อมูลผลการสำรวจธาตุหายากหรือไม่ และลักษณะเนื้อหินที่มีศักยภาพให้ธาตุหายากในพื้นที่ศึกษาเป็นชนิดหินอะไร

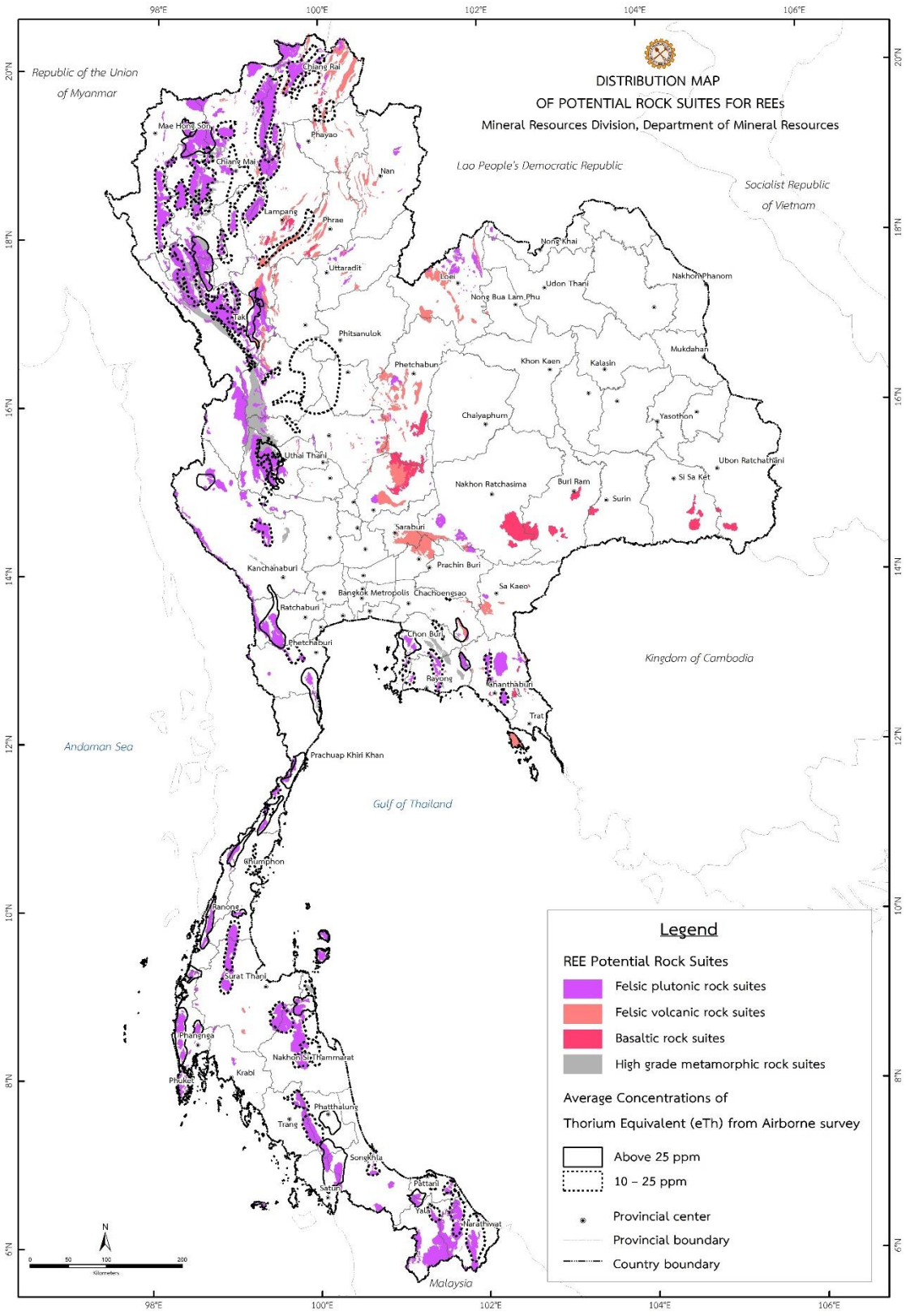
4) เมื่อทำการคัดเลือกพื้นที่เป้าหมายแล้วเสร็จ หลังจากนั้นจะทำการกำหนดตำแหน่งเก็บตัวอย่างหิน และชั้นดินผุพังอยู่กับที่ในภาคสนาม โดยใช้ Google Earth สำหรับคัดเลือกพื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง และใช้เครื่องวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดิน (gamma ray spectrometer) เป็นตัวช่วยในการคัดเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่าง โดยเลือกบริเวณที่เป็นหน้าตัดดินริมถนน บ่อดิน หรือเส้นทางขึ้นเขาที่มีถนนตัดผ่าน เพื่อจะได้เห็นโครงสร้างระดับการผุพังของชั้นดิน/หินผุ (รูปที่ 2.4)



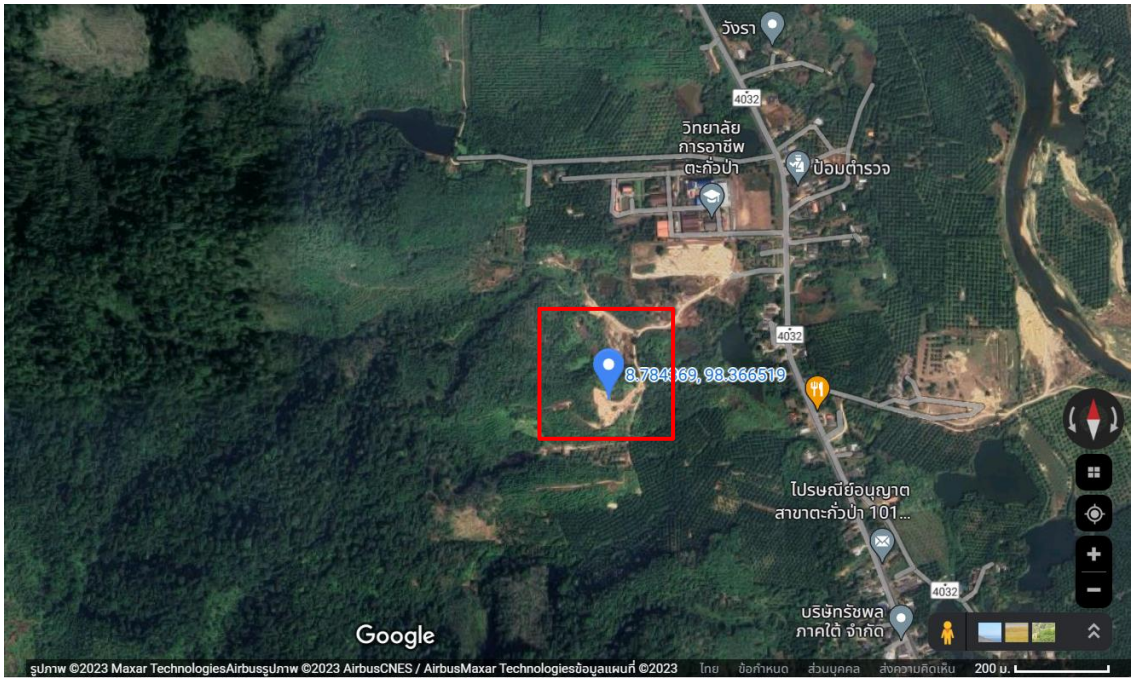
รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการสำรวจธาตุหายาก



รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพธาตุหายากที่ได้จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ



รูปที่ 2.3 แผนที่แสดงกลุ่มหินที่มีศักยภาพให้แหล่งธาตุหายาก



รูปที่ 2.4 ลักษณะบ่อดิน หรือบริเวณที่น่าสนใจในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้ Google Earth

2.2 การสำรวจและเก็บตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายาก

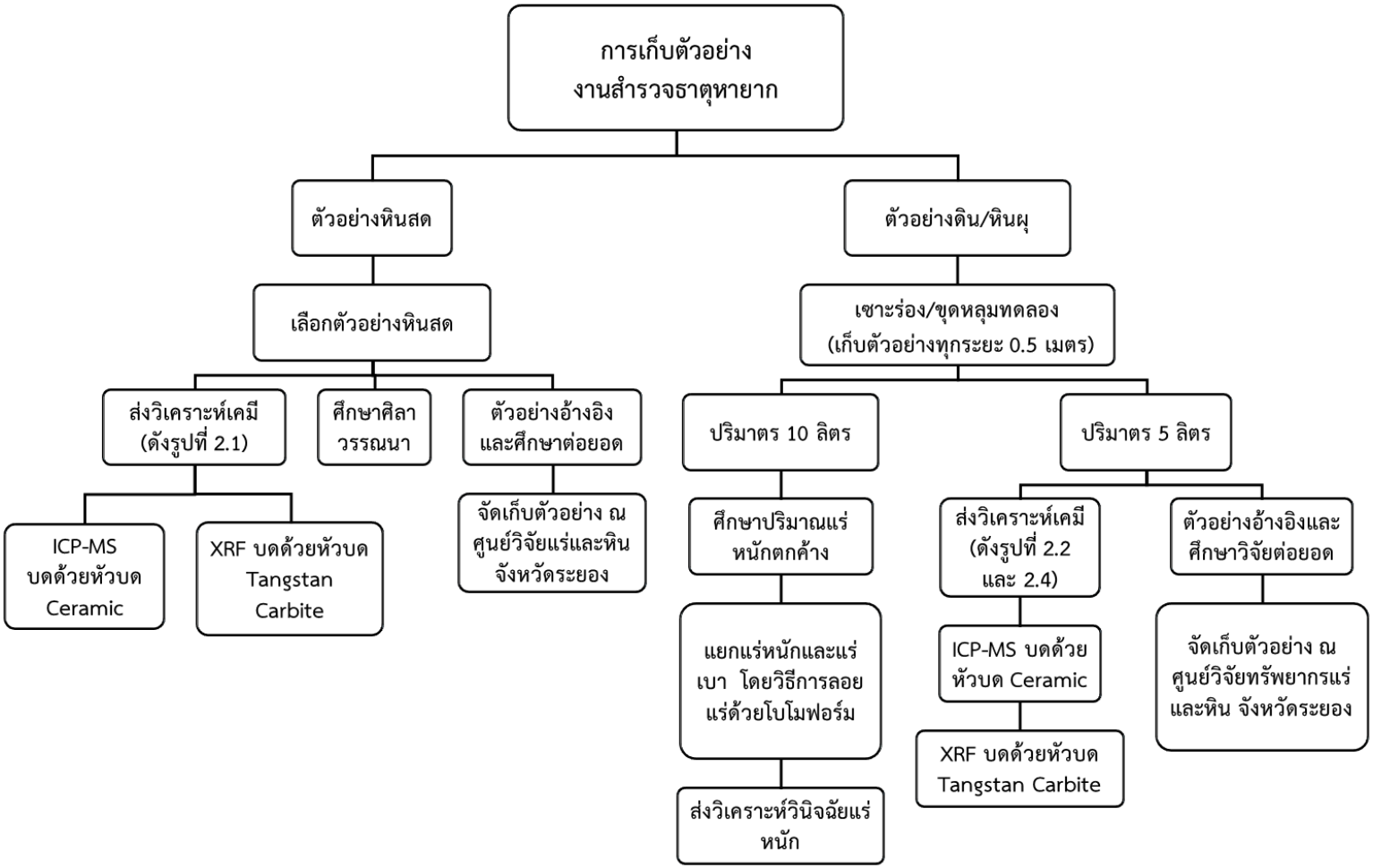
2.1.1 การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ/หินสด สำหรับกรอบพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้น

ในที่นี้เน้นพื้นที่ที่มีแนวโน้มสูงในการให้แหล่งแร่แบบผุพังอยู่กับที่ โดยใช้ข้อมูลค่าความเข้มกัมมันตรังสีจากผลการบินสำรวจเป็นปัจจัยพื้นฐาน ประกอบกับลักษณะการแผ่กระจายตัวของหินที่มีศักยภาพให้ธาตุหายากในพื้นที่ และข้อมูลผลการสำรวจที่ผ่านมาในการช่วยคัดเลือกพื้นที่ที่น่าจะมีศักยภาพธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง และทำการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่เฉพาะแหล่ง โดยให้ความสำคัญในการดำเนินการดำเนินศึกษาลักษณะชั้นดิน/หินผุเหนือหินฐานที่เป็นหินอัคนีชนิดเฟลสิก (felsic igneous rocks) เป็นลำดับต้น ๆ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ/หินสด เป็น 2 กรณี (รูปที่ 2.5) มีวิธีการเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1.1.1 การเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ โดยวิธีการเซาะร่อง (Soil profile)

มีวิธีการเก็บตัวอย่างดังนี้

1) ทำความสะอาดหน้าตัดชั้นดิน โดยการใช้จอบถากผิวด้านหน้าชั้นดินออก เพื่อกำจัดเศษใบไม้ วัชพืช และป้องกันการปนเปื้อนของตัวอย่างดิน และเห็นโครงสร้างระดับการผุพังของชั้นดินในเบื้องต้น ซึ่งนำไปสู่การกำหนดตำแหน่งในการเซาะร่องเก็บตัวอย่างดิน โดยตำแหน่งที่เซาะร่องควรเป็นบริเวณที่มีระดับการผุพังของชั้นดินสูง มีปริมาณของแร่ดินมากกว่าควอตซ์ เนื่องจากแร่ดินจะเป็นตัวดูดซับประจุของธาตุหายาก และควรหลีกเลี่ยงจุดที่มีแกนหิน (core stone) ฝังอยู่ และ/หรือมีสายแร่ตัดผ่าน เนื่องจากอาจทำให้ได้ค่าของธาตุบางตัวผิดปกติและเกิดค่าผิดปกติปลอม (false anomaly) (รูปที่ 2.6 ก)



รูปที่ 2.5 แผนผังแสดงการเก็บตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายาก

2) เมื่อกำหนดตำแหน่งเก็บตัวอย่างแล้ว เตรียมเซาะร่องกว้าง 20 เซนติเมตรโดยประมาณ ยาวตลอดหน้าตัดหรือยาวตามความต้องการของผู้สำรวจ ซึ่งเก็บตัวอย่างทุกช่วงระยะ 0.5 เมตร โดยเก็บตัวอย่างจากช่วงชั้นล่างสุดขึ้นไปสู่ส่วนบน เพื่อลดการปนเปื้อนของตัวอย่างดินในแต่ละชั้น (รูปที่ 2.6 ข-ค) ทั้งนี้ในการเก็บตัวอย่างทุกช่วงระยะ จะทำการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ ให้ได้ปริมาตร 10 ลิตร เพื่อนำไปร่อนเลียง เพื่อตรวจสอบชนิดและปริมาณแร่หนัก ส่วนที่สองเก็บตัวอย่างเพิ่มอีกประมาณ 5 ลิตร เพื่อส่งวิเคราะห์เคมีหาปริมาณธาตุหายากและธาตุร่องรอย (REE and trace elements) ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) โดยบดตัวอย่างด้วยชุดหัวบดเซรามิก และหาปริมาณธาตุองค์ประกอบหลัก (major oxides) ด้วยวิธี X-ray fluorescence (XRF) โดยบดตัวอย่างด้วยชุดหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ (*ดูรายละเอียดการเตรียมตัวอย่างเพิ่มเติมในบทที่ 5*)

3) ใช้จอบถากผิวดินในบริเวณที่ทำการเซาะร่องเก็บตัวอย่างอีกครั้ง เพื่อทำความสะอาดหน้าตัดดินแต่ละชั้น จดบันทึกข้อมูลชั้นดินที่ปรากฏ ประมาณความหนาเบื้องต้นของชั้นดิน/หินผุ และถ่ายรูป พร้อมทั้งใช้ไม้ปักไว้ทุกช่วงระยะ 0.5 เมตร เพื่อวัดค่ากัมมันตรังสีตามแนวหน้าตัดชั้นดิน จำนวนช่วงละ 3 ครั้ง โดยวัดบริเวณจุดกึ่งกลางของช่วงชั้นนั้น ๆ และวัดค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของชั้นดิน (magnetic susceptibility) ชั้นดิน จำนวนช่วงละ 5 ครั้ง และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐาน ขึ้นอยู่กับค่าที่วัดได้ เพื่อเป็นตัวแทนของหน้าตัดแต่ละชั้น (รูปที่ 2.6 ง) โดยรายละเอียดวิธีการใช้เครื่องวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดิน และเครื่องวัดค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของชั้นดินแสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก

4) เมื่อเก็บตัวอย่างชั้นดิน และบันทึกข้อมูลแล้วเสร็จ ให้เก็บตัวอย่างดินเพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะด้วยชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างสำหรับหาค่าความหนาแน่นชั้นดินและหินผุ (In-place Soil Sampler Set) จำนวนช่วงละ 2-3 ตัวอย่าง ขึ้นอยู่กับระดับการผุพังการชั้นดิน และแร่องค์ประกอบของดิน ทั้งนี้ให้หลีกเลี่ยงบริเวณที่เป็นสายแร่ควอตซ์ หรือหินแข็ง ซึ่งทำให้ปริมาตรที่ได้ไม่ใช่ปริมาตรดินที่แท้จริง และกระบอกเก็บตัวอย่างเกิดความเสียหาย ส่งผลให้การคำนวณปริมาตรดินในกระบอกเกิดความคลาดเคลื่อน (รูปที่ 2.6 จ) โดยรายละเอียดวิธีการใช้เครื่องมือในการสำรวจธาตุหายากด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างสำหรับหาค่าความหนาแน่นชั้นดินและหินผุ แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก

2.1.1.2 การเก็บตัวอย่างหินสด มีวิธีการเก็บตัวอย่างดังนี้

1) เลือกเก็บตัวอย่างหินสด ขนาดไม่น้อยกว่า 6x10 เซนติเมตร จำนวน 8-10 ก้อน หรือเก็บใส่ถุงผ้าเก็บตัวอย่าง ขนาด 15X12 นิ้วจนเต็มถุง ทั้งนี้ให้กะเทาะผิวส่วนที่ผุออก และหากบริเวณเก็บตัวอย่างมีสายแร่ กลุ่มแร่แปลกปลอม หรือหินแปลกปลอม ให้เก็บตัวอย่างแยกถุงตามชนิดของตัวอย่าง พร้อมทั้งจดบันทึกข้อมูล (รูปที่ 2.7 ก)

2) คัดเลือกตัวอย่างหินส่งวิเคราะห์เคมีเพื่อหาปริมาณธาตุหายากและธาตุร่องรอยอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี ICP-MS ส่งวิเคราะห์เคมีเพื่อหาปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักด้วยวิธี XRF และศึกษาศิลาวรรณนาและ/หรือศิลาเคมี เพื่อศึกษาแร่องค์ประกอบหินและโครงสร้างเนื้อหินเชิงลึก (*ดูรายละเอียดการเตรียมตัวอย่างเพิ่มเติมในบทที่ 5*)

(ก) การทำความสะอาดหน้าตัดชั้นดิน

(ข) การเก็บตัวอย่างดิน โดยเก็บจากชั้นล่างสุดขึ้นไปหาชั้นบน

(ค) ลักษณะการเซาะร่องเก็บตัวอย่างดินตลอดทั้งความยาวหน้าตัดชั้นดิน

(ง) การวัดค่ากัมมันตรังสี และค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของชั้นดิน

(จ) การเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะ

รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ โดยวิธีการเซาะร่อง พร้อมทั้งการวัดค่าวัดค่ากัมมันตรังสี ค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของชั้นดิน และค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

3) วัดค่ากัมมันตรังสีบริเวณหินโผล่ (outcrop) จำนวน 3 ครั้ง และวัดค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของหิน จำนวน 5 ครั้ง โดยจะเลือกวัดค่าบริเวณที่เป็นเนื้อหินสด ไม่มีสายแร่ กลุ่มแร่แปลกปลอม หรือหินแปลกปลอม (รูปที่ 2.7 ข-ค)

หากพบสายแร่ กลุ่มแร่แปลกปลอม หรือหินแปลกปลอม ให้วัดค่ากัมมันตรังสีและค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของหินเพิ่มเติม โดยแยกเป็นแต่ละประเภท เนื่องจากค่าที่ได้แต่ละจุดจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแร่ในหินนั้น ๆ หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่ามัธยฐานหรือค่าเฉลี่ย ขึ้นอยู่กับค่าที่วัดได้ เพื่อเป็นตัวแทนของค่า ณ จุดที่ทำการวัดนั้น ๆ

(ก) การเลือกเก็บตัวอย่างหินสด โดยกะเทาะผิวหินผุออก

(ข) การวัดค่ากัมมันตรังสีบริเวณหินโผล่

(ค) การค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของหินโผล่

รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างหินสด พร้อมทั้งการวัดค่าวัดค่ากัมมันตรังสี และค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กของหิน

2.1.2 การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ/หินสด สำหรับการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นรายละเอียด

การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ/หินสด สำหรับการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นรายละเอียด โดยคัดเลือกพื้นที่ที่คาดว่าจะมีศักยภาพของธาตุหายากสูง มีลักษณะทางธรณีวิทยา และลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการสะสมตัวของธาตุหายากแบบสะสมตัวในชั้นดินเหนือมวลหิน เช่น บริเวณภูเขาสูง และชั้นดินมีอัตราการผุพังสูง เป็นต้น ซึ่งการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ขั้นรายละเอียดมุ่งเน้นไปที่การสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ใต้ดินโดยใช้วิธีการสำรวจ 2 แบบ ดังนี้

(1) การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ด้วยวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก (sounding resistivity method) เพื่อประเมินความหนาและรูปแบบการแผ่กระจายตัวของชั้นดิน/หินแกรนิตผุเหนือพื้นที่หินแกรนิต (รูปที่ 2.8 ก)

(2) การเก็บตัวอย่างโดยวิธีขุดหลุมทดลอง/เซาะร่อง บริเวณตำแหน่งขุด ณ จุดเดียวกัน (หรือใกล้เคียง) กับตำแหน่งที่ได้มีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก โดยขุดหลุมทดลองเป็นหลุมสี่เหลี่ยม 1x1 เมตร ลึกไปจนถึงหินดานหรือจนกว่าแรงคนไม่สามารถขุดต่อได้ เพื่อศึกษาลักษณะของชั้นตะกอนพร้อมกับตรวจสอบผลการแปลความหมายระดับตื้นจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ณ ตำแหน่งดังกล่าว จากนั้นคัดเลือกหน้าตัดด้านนึงของหลุมเพื่อเลือกตำแหน่งเพื่อเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีการเซาะร่อง พร้อมทั้งวัดค่ากัมมันตรังสีและค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็ก เช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างโดยวิธีการเซาะร่องข้อ 2.1.1.1 (รูปที่ 2.8 ข-ค)

2.3 การประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง

การประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง นอกจากใช้ข้อมูลผลวิเคราะห์เคมี และค่าความถ่วงจำเพาะของชั้นดินเป็นข้อมูลหลักแล้ว ต้องใช้ปริมาตรชั้นดินในพื้นที่ศักยภาพนั้น ๆ ซึ่งปริมาตรชั้นดินแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) ปริมาตรชั้นดิน*เหนือ*ระดับพื้นผิว คือ ปริมาตรที่อยู่เหนือระดับพื้นผิวของแต่ละแหล่งจากระดับ Low (Z) ถึง High (รูปที่ 2.9) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากวิธีการ Run volume โดยวิธีสร้างเส้นชั้นความสูงจาก Google earth มีรายละเอียดขั้นตอนวิธีทำดังภาคผนวก ข

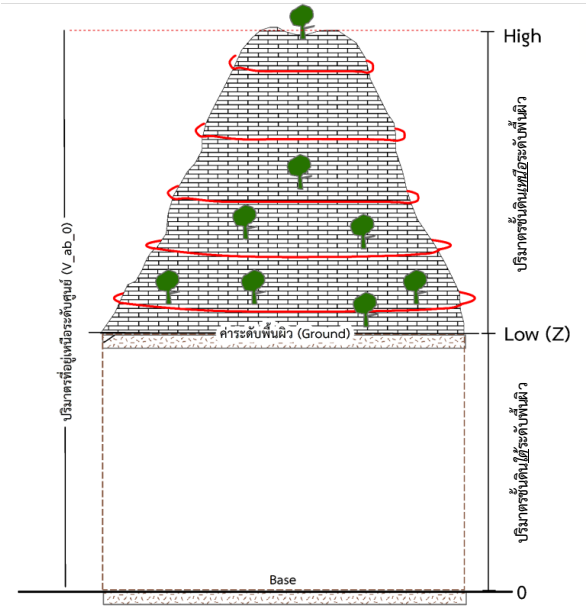
(2) ปริมาตรชั้นดิน*ใต้*ระดับผิวดิน คือ ปริมาตรที่อยู่ใต้ระดับพื้นผิวของแต่ละแหล่งจากระดับ Low (Z) ถึง 0 (รูปที่ 2.9) ซึ่งได้จากผลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก สำหรับกรณีที่พื้นที่ดังกล่าวไม่มีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ให้ใช้วิธีการประมาณความหนาชั้นดินจากลักษณะปรากฏใกล้เคียง เช่น ความลึกของบ่อน้ำ หรือบ่อดิน เป็นต้น

(ก) การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ด้วยวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหยั่งลึก

(ข) การขุดหลุมทดลองเป็นหลุมสี่เหลี่ยม ขนาด 1x1 เมตร

(ค) การเก็บตัวอย่างชั้นดินในหลุมทดลองด้วยวิธีการเซาะร่องเก็บตัวอย่างทุก 50 เซนติเมตร

รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการสำรวจเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ ด้วยวิธีการขุดหลุมทดลอง



รูปที่ 2.9 การแบ่งประเภทของปริมาตรชั้นดิน (สมคิด ไชยชนะ, 2564)

การประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง ใช้สมการในการคำนวณดังนี้

ปริมาณธาตุหายากในชั้นตะกอนดิน (ตันโลหะ) =
ค่าปริมาณธาตุหายากเฉลี่ย (ppm) x ปริมาตรชั้นตะกอน (ลบ.ม.) x ถ.พ.ชั้นดิน x 10^{-6} x ค่าปรับลดปัจจัยเสี่ยง (0.7)

ทั้งนี้ ปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก จะคัดเอาธาตุหายากเฉพาะรายชนิดที่มีค่าความสมบูรณ์เฉลี่ย (cut-off grade) ≥ 10 ppm ขึ้นไปมาใช้ในการประเมินปริมาณทรัพยากรธาตุหายาก ซึ่งปริมาณทรัพยากรธาตุหายากเมื่อเทียบกับค่าความสมบูรณ์ของแหล่งแร่แบบดูดซับไอออนที่มีการพัฒนาเป็นเหมืองแล้วมีค่าโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 300-2,000 ppm สำหรับระดับศักยภาพแหล่งแร่ของงานสำรวจธาตุหายากของกรมทรัพยากรธรณี จะใช้ระดับค่าความสมบูรณ์เฉลี่ยของธาตุหายาก (TREE + Y) เป็นเกณฑ์จำแนกดังนี้

(TREE + Y) > 1,000 ppm = ศักยภาพสูง
(TREE + Y) 500 – < 1,000 ppm = ศักยภาพปานกลาง
(TREE + Y) 300 - < 500 ppm = ศักยภาพค่อนข้างต่ำ
(TREE + Y) < 300 ppm = ศักยภาพต่ำ

<u>หมายเหตุ</u>: ปริมาณทรัพยากรธาตุหายากที่คำนวณได้นั้นเป็นเพียงศักยภาพเบื้องต้นเท่านั้น และระดับศักยภาพของแหล่งแร่*<u>ไม่ใช่</u>*ระดับศักยภาพในการทำเหมืองเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้ศึกษาข้อมูลรายละเอียดเชิงลึกเกี่ยวกับรูปแบบการสะสมตัวของธาตุหายาก และการสกัดธาตุหายากของแหล่งนั้น ๆ ว่ามีสามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้มากน้อยเพียงใด รวมทั้งต้องพิจารณาถึงสัดส่วนของปริมาณและชนิดของธาตุหายากหนักในแต่ละแหล่งต้นกำเนิดประกอบด้วย

บทที่ 3
หลักเกณฑ์การกำหนดชื่อตัวอย่าง

3.1 หลักเกณฑ์การกำหนดชื่อตัวอย่าง

หลักเกณฑ์การกำหนดชื่อตัวอย่างในการสำรวจธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.1 และตารางที่ 3.1 สำหรับตัวอย่างการกำหนดชื่อแสดงในตารางที่ 3.2 ดังนี้

$$^{(1)}\text{CRII}^{(2)}\text{NL}^{(3)}01^{(4)}(1)^{(5)}\text{WS}$$

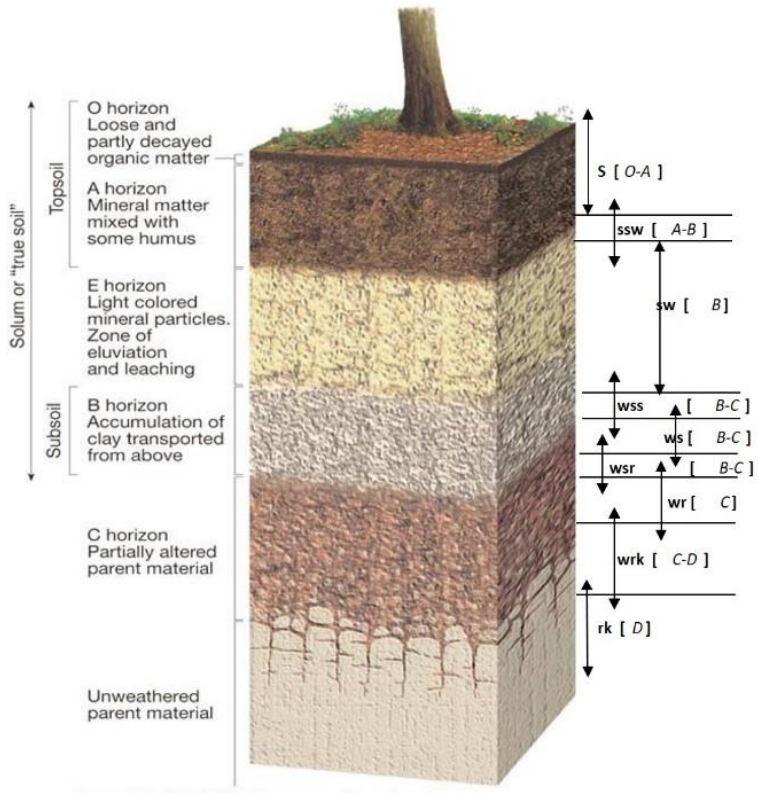
รูปที่ 3.1 รหัสการกำหนดชื่อตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการกำหนดชื่อตัวอย่างตามรหัสสัญลักษณ์ (รูปที่ 3.1)

หมายเลข	รายละเอียด	ตัวอย่าง
(1)	ชื่อจังหวัด เป็นตัวอักษรย่อภาษาอังกฤษแรกของชื่อตัวอย่าง โดยอ้างอิงจากข้อมูลของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย	จังหวัดเชียงราย ใช้เป็น CRII
(2)	ชื่ออำเภอ เป็นตัวอักษรย่อภาษาอังกฤษแรกของชื่อตัวอย่าง	อำเภอนางแล ใช้เป็น NL
(3)	จุดเก็บตัวอย่าง	01, 02, 03,.....
(4)	ประเภทตัวอย่าง ได้แก่	
	- ตัวอย่างดิน/หินผุ ที่เก็บโดยการเซาะร่อง ตามด้วยลำดับหมายเลขตัวอย่างที่เก็บ ตามความลึกจากบนลงล่าง	(1), (2), (3)...
	- ตัวอย่างดิน/หินผุ ที่เก็บโดยขุดหลุมสำรวจ ตามด้วยลำดับหมายเลขตัวอย่างที่เก็บ ตามความลึกจากบนลงล่าง	Pt(1), Pt(2)...
	- ตัวอย่างรวมของหน้าตัดดินทั้งโปรไฟล์ จำนวน n ตัวอย่าง เช่น ตัวอย่างรวมของหน้าตัดดินทั้งโปรไฟล์ จำนวน 5 ตัวอย่าง	(1)-(5) T
	- ตัวอย่างดินที่เก็บเป็นจุดสำหรับวิเคราะห์เคมี (กรณีที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินตลอดความสูงของหน้าตัด) ตามด้วยหมายเลขตัวอย่างที่เก็บ	SoC (1), SoC (2)
	- ตัวอย่างหิน	RK
	- ตัวอย่างแร่หนัก ที่ได้จากการเลียงแร่จากดิน/หินผุ	SoP(1), SoP(2)
	- ตัวอย่างแร่หนักที่ได้จากการเลียงแร่จากตะกอนทางน้ำ	StP
(5)	การแบ่งชั้นตัวอย่างดิน/หินผุ โดยอาศัยการเปรียบเทียบรูปแบบการแบ่งชั้นดิน/หินแกรนิตผุที่ทีมผู้สำรวจได้ออกแบบขึ้นมากับการแบ่งชั้นดิน/หินผุตามมาตรฐาน ซึ่ง ซึ่งได้กำหนดและพัฒนาโดยธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช และคณะ (2561)	ตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการกำหนดชื่อตัวอย่างของการสำรวจธาตุหายากในพื้นที่จังหวัดเชียงราย

รายละเอียด	ตัวอย่างการตั้งชื่อ
ตัวอย่างดิน/หินผุ ที่เก็บโดยวิธีเซาะร่อง กรณีเก็บตัวอย่างไม่ตลอดความยาวของหน้าตัดดิน ให้ใส่เครื่องหมาย “*” และ remark ความสูงของหน้าตัดดินนั้น	CRIINL01(1) WS, CRIINL01(2) WS, CRIINL01(n) WSR, CRIINL 01(1)-(n)T CRIINL02*(1) S, CRIINL02*(2) WS, CRIINL02*(n) WS, CRIINL02*(1)-(n)T
ตัวอย่างดิน/หินผุ ที่เก็บโดยวิธีขุดหลุมสำรวจ	CRIINL01Pt(1) S, CRIINL01Pt(2) WS, CRINL01Pt(n) WS, CRINL01Pt(1)-(n)T
ตัวอย่างดิน/หินผุที่เก็บเป็นจุดสำหรับวิเคราะห์เคมี (กรณีที่ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินตลอดความสูงของหน้าตัด)	CRINL03SoC(1) WS CRINL03SoC(2) WS, CRINL03SoC(3) WSR
ตัวอย่างหิน	CRINL01RK, CRINL02RK, CRINL03RK, ...
ตัวอย่างแร่หนัก ที่ได้จากการเลียงแร่จากดิน/หินผุ	CRINL01SoP(1) WS, CRINLl01SoP(2) WS, CRINL01SoP(n) WSR
ตัวอย่างแร่หนักที่ได้จากการเลียงแร่จากตะกอนทางน้ำ	CRINL01StP, CRINL02StP, CRINL03StP, ...



รูปที่ 3.2 การเปรียบเทียบการแบ่งชั้นดินทางปฐพีวิทยา กับการแบ่งชั้นดิน/หินแกรนิตผุที่กำหนด (คัดลอกจากธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช และคณะ, 2559)

ตารางที่ 3.3 การเปรียบเทียบการแบ่งชั้นดินทางปฐพีวิทยากับการแบ่งชั้นดิน/หินแกรนิตผุที่กำหนด

ชั้นดินทางปฐพีวิทยา	การแบ่งชั้นดิน/หินแกรนิตผุที่กำหนด (Descriptive abbreviation for soil profile defined in REE work)
O - A	*S* = ชั้นดินที่ไม่เหลือร่องรอยใดๆของโครงสร้างชั้นหินเดิม ซึ่งอาจมีการพัฒนาชั้นอินทรีย์สารใหม่หรือไม่ก็ได้
A - B	*SSW* = ชั้นที่เนื้อหินมีระดับการผุสูงมากจนไม่สามารถระบุจำแนกประเภทหินดั้งเดิมได้ โดยไม่มีร่องรอยโครงสร้างภายในชั้นหินหลงเหลือให้สังเกตได้แล้ว แต่มีหย่อมกระจุกสีที่เกิดจากการสะสมของสนิมเหล็ก-แมงกานีสไฮดรอกไซด์ หรือเม็ดลูกรังฝังประกระจายในเนื้อหินผุเกิดขึ้นในสัดส่วนที่สูงไม่เกินร้อยละ 10 โดยพื้นที่
B	*SW* = ชั้นที่เนื้อหินมีระดับการผุสูงมากในลักษณะเดียวกับ “SSW” แต่มีหย่อมกระจุกสีที่เกิดจากการสะสมของสนิมเหล็ก-แมงกานีสไฮดรอกไซด์ หรือเม็ดลูกรังฝังประกระจายในเนื้อหินผุเกิดขึ้นในสัดส่วนที่มากกว่าร้อยละ 10 โดยพื้นที่
B-C	*WSS* = ชั้นที่เนื้อหินมีระดับการผุสูงมากจนไม่สามารถระบุจำแนกประเภทหินดั้งเดิมได้ แต่ร่องรอยโครงสร้างภายในชั้นหินยังคงเหลือให้พอสังเกตได้ราง ๆ ทั้งนี้อาจมีหรือไม่มีการพัฒนาหย่อมหรือกระจุกสีที่เกิดจากการสะสมของสนิมเหล็ก หรือเม็ดลูกรังประกระจายในเนื้อหินผุก็ได้
B-C	*WS* = ชั้นที่เนื้อหินมีระดับการผุมากจนไม่สามารถระบุจำแนกประเภทหินดั้งเดิมได้ แต่ยังคงเหลือโครงสร้างภายในชั้นหินให้พอสังเกตได้ ทั้งนี้อาจมีหรือไม่มีการพัฒนาหย่อมหรือกระจุกสีที่เกิดจากการสะสมของสนิมเหล็ก หรือเม็ดลูกรังประกระจายในเนื้อหินผุก็ได้
B-C	*WSR* = ชั้นที่เนื้อหินมีระดับการผุปานกลางถึงมากโดยแร่ประกอบหินส่วนใหญ่ผุสลายจนไม่สามารถระบุเรียกชื่อชนิดหินอย่างจำเพาะเจาะจงได้ แต่ยังพอที่จะระบุจำแนกประเภทกลุ่ม หรือชนิดหินอย่างกว้างๆ ได้ (เป็นต้นว่า หินอัคนีเนื้อหยาบ หินภูเขาไฟ หินแปร หินตะกอน หินแกรนิตเนื้อดอก หินทราย หรือหินโคลน เป็นต้น) โดยเนื้อหินผุยุ่ยมากพอจะขุดเจาะได้ด้วยพลั่ว ทั้งนี้อาจมีหรือไม่มีการพัฒนาหย่อมหรือกระจุกสีที่เกิดจากการสะสมของสนิมเหล็ก หรือเม็ดลูกรังประกระจายในเนื้อหินผุก็ได้
C	*WR* = ชั้นที่เนื้อหินมีระดับการผุปานกลางที่แร่ประกอบหินส่วนใหญ่ยังคงสภาพดีพอที่จะสามารถระบุเรียกชื่อชนิดหินอย่างจำเพาะเจาะจงได้ (เป็นต้นว่า หินแกรนิตเนื้อไบโอไทต์ หรือหินแกรนิตเนื้อไมกา 2 ชนิด หรือหินแกรนิตเนื้อทัวร์มาลีน-มัสโคไวต์ เป็นต้น) โดยเนื้อหินผุยังพอที่จะขุดเจาะได้ด้วยอีเตอร์ ชะแลง หรือจอบ
C-D	*WRK* = ชั้นที่เนื้อหินมีระดับการผุเล็กน้อยถึงปานกลาง ที่สามารถระบุเรียกชื่อชนิดหินได้อย่างจำเพาะเจาะจง โดยเนื้อหินผุมีความแข็งค่อนข้างมากแต่พอจะขุดเจาะด้วยอีเตอร์ ชะแลง หรือจอบได้ด้วยความลำบาก
D	*RK* = ชั้นที่เนื้อหินมีความสดถึงผุเล็กน้อยและมีความแกร่งสูงไม่สามารถขุดเจาะได้ด้วยอีเตอร์ ชะแลง หรือจอบ

หมายเหตุ

+ = ช่วงรอยต่อระหว่างชั้นดินมีการเปลี่ยนชั้นของเนื้อดินอย่างชัดเจน (abrupt changing) เช่น *S+SW, WSR+WR*

- = ช่วงรอยต่อระหว่างชั้นดินมีการเปลี่ยนชั้นของเนื้อดินแบบค่อยเป็นค่อยไป (gradual changing) เช่น *S-SW, WS-WSR*

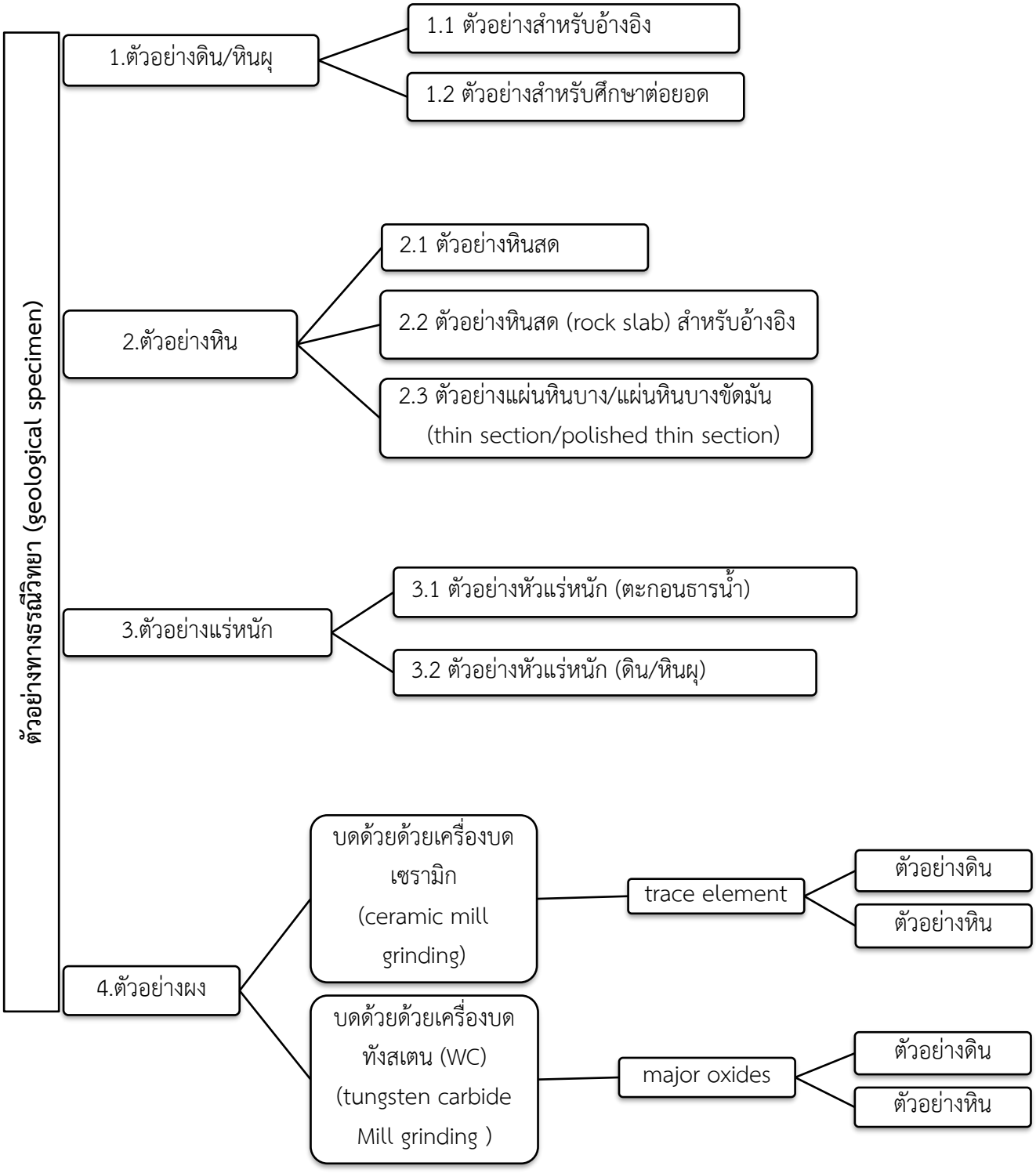
บทที่ 4

การแบ่งประเภทตัวอย่าง

ตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง แบ่งออกเป็น 4 ชนิด รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 – 4.2

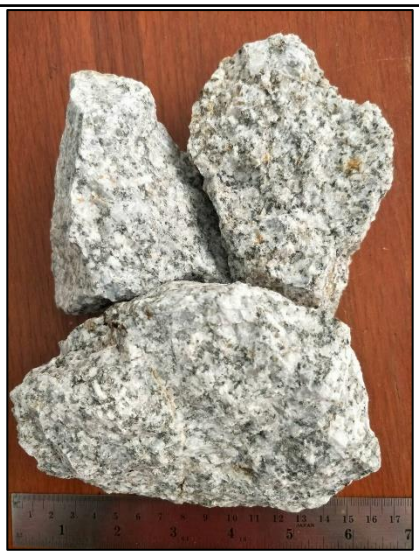
ตารางที่ 4.1 ประเภทตัวอย่าง

ชนิดตัวอย่าง	ลำดับ	ชนิดตัวอย่าง	คำอธิบาย
1.ตัวอย่างดิน/หินผุ	1.1	ตัวอย่างดิน/หินผุ (สำหรับอ้างอิง)	ตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับอ้างอิง
	1.2	ตัวอย่างดิน/หินผุ (สำหรับศึกษาต่อยอด)	ตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับศึกษาต่อยอด
2.ตัวอย่างหิน	2.1	ตัวอย่างหิน	ตัวอย่างหินสด สำหรับอ้างอิง
	2.2	ตัวอย่างแผ่น (rock slab)	ตัวอย่างหินสด (rock slab) สำหรับอ้างอิง
	2.3	ตัวอย่างแผ่นหินบาง/แผ่นหินบางขัดมัน (thin section/polished thin section)	ตัวอย่างหินที่เหลือจากการศึกษาแผ่นหินบาง/แผ่นหินบางขัดมัน
3.ตัวอย่างหัวแร่หนัก	3.1	ตัวอย่างหัวแร่หนัก (ตะกอนธารน้ำ)	ตัวอย่างตะกอนธารน้ำ (stream sediments)
	3.2	ตัวอย่างหัวแร่หนัก (ดิน/หินผุ)	ตัวอย่างจากหน้าตัดดิน/หินผุ (soil Profile)
4.ตัวอย่างผง	4.1	ตัวอย่างผง ด้วยเครื่องบดเซรามิก (ceramic mill grinding)	ตัวอย่างหินสด และดิน/หินผุบดด้วยหัวบดเซรามิก สำหรับวิเคราะห์ธาตุหายากและธาตุรองรอยอื่น ๆ ด้วยวิธี ICP-MS
	4.2	ตัวอย่างผง ด้วยเครื่องบดทังสเตน (WC) (tungsten carbide Mill grinding)	ตัวอย่างหินสด และดิน/หินผุบดด้วยหัวบดทังสเตน (WC) สำหรับวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบหลักด้วยวิธี XRF



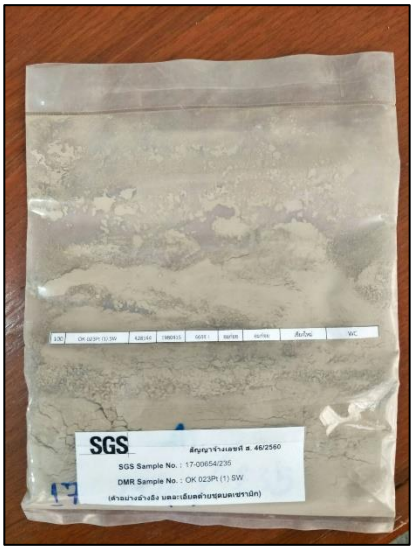
รูปที่ 4.1 ชนิดของตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง

(ก) ตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับอ้างอิง



(ข) ตัวอย่างหิน

(ค) ตัวอย่างแร่หนัก



(ง) ตัวอย่างผงบดด้วยหัวบด ceramic/wc

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างสำหรับงานสำรวจธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง

บทที่ 5
การเตรียมตัวอย่างดิน/หินผุ/หินสด สำหรับส่งวิเคราะห์เคมี และเก็บเป็นตัวอย่างสำหรับอ้างอิงและศึกษาต่อยอด

การเตรียมตัวอย่างดิน/หินผุ/หินสด สำหรับส่งวิเคราะห์เคมี และเก็บเป็นตัวอย่างสำหรับอ้างอิงและศึกษาต่อยอด แบ่งการเตรียมตัวอย่างเป็น 3 ประเภท ดังนี้

5.1 การเตรียมตัวอย่างดิน/หินผุ มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังนี้ (รูปที่ 5.1)

(1) นำตัวอย่างดินที่ได้จากการเซาะร่อง/ขุดหลุมสำรวจ ปริมาตร 5 ลิตร มาตากแดดให้แห้ง

(2) นำตัวอย่างของแต่ละจุดมาเรียงลำดับหมายเลขตัวอย่างจากมากไปน้อย

(3) ทำการแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่างดิน (sample splitter) เก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 3 ถุงย่อย (ใส่ถุงซิปขนาด 12x17 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 200-500 กรัม) ตัวอย่างดินที่เหลือให้ตั้งพักไว้ก่อน

(4) ทำตามขั้นตอนข้างต้นจนเสร็จทุกชั้น หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่เหลือของแต่ละชั้นมาผสมรวมกัน แล้วทำการแบ่งตัวอย่างอีกครั้ง ก็จะได้เป็นตัวอย่างรวม จำนวนชั้นละ 3 ถุงย่อย และตัวอย่างรวม 1 ถุงใหญ่ (น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม) สำหรับให้หน่วยงานภาคนอกศึกษาวิจัยต่อยอด

เมื่อแบ่งตัวอย่างแล้วเสร็จ ให้แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1) ตัวอย่างดิน 1 ถุง นำส่งวิเคราะห์เคมีด้วยวิธี ICP-MS และ XRF โดยขั้นตอนการวิเคราะห์เคมีได้แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วนๆ แรก นำไปบดเป็นผงด้วยชุดหัวบดเซรามิกสำหรับวิเคราะห์ด้วยวิธี ICP-MS และอีกส่วนนำไปบดด้วยชุดหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์สำหรับวิเคราะห์วิธี XRF นอกจากนี้หากมีตัวอย่างที่เหมาะสมอาจส่งวิเคราะห์ด้วยวิธี XRD เพื่อศึกษาชนิดแร่ สำหรับตัวอย่างผงที่เหลือจากการวิเคราะห์จะนำไปจัดเก็บเป็นตัวอย่างสำหรับศึกษาวิจัยต่อยอด

(2) ตัวอย่างดิน 2 ถุง จัดเก็บเป็นตัวอย่างอ้างอิงและสำหรับศึกษาต่อยอดในอนาคต

5.2 การเตรียมตัวอย่างหิน

การเตรียมตัวอย่างหิน ให้คัดเลือกหินที่สด และกะเทาะผิวส่วนที่ผุออก โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (รูปที่ 5.2) ดังนี้

1) คัดเลือกตัวอย่างหินที่เป็นตัวแทนของหน่วยหินนั้น ๆ และหลีกเลี่ยงตัวอย่างที่มีสายแร่ตัดผ่าน มีหินแปลกปลอม หรือผลึกแปลกปลอม น้ำหนักประมาณ 1-2 กิโลกรัม บรรจุใส่ถุงเพื่อเตรียมส่งวิเคราะห์เคมีโดยวิธี ICP-MS และ XRF ซึ่งนำไปบดด้วยหัวบดเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน ในกรณีเป็นหินอัคนีแทรกซอน ให้เลือกตัวอย่างที่มีแร่ดอกน้อยที่สุด หรือหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ให้เพิ่มปริมาณตัวอย่างหินที่ส่งวิเคราะห์เคมี นอกจากนี้หากมีตัวอย่างที่เหมาะสมอาจส่งวิเคราะห์ด้วยวิธี XRD เพื่อศึกษาชนิดแร่

2) คัดเลือกขนาดไม่น้อยกว่า 10x4x8 เซนติเมตร เป็นตัวอย่างหินสดสำหรับส่งศึกษาศิลาวรรณนาและ/หรือศิลาเคมี จำนวน 1 ก้อน

3) ตัวอย่างที่เหลือ จำนวน 3-4 ก้อน นำไปตัดเป็นแผ่นขนาดหนาประมาณ 1 เซนติเมตร สำหรับเป็นตัวอย่างอ้างอิงและศึกษาต่อยอด

(ก) การตากตัวอย่างดิน

(ข) การจัดเรียงหมายเลขตัวอย่างดิน/หินผุ ก่อนที่จะทำการแบ่งตัวอย่าง

(ค) การแบ่งตัวอย่างดิน/หินผุ ด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่างดิน (sample splitter)

(ง) การเตรียมตัวอย่างดิน/หินผุ ใส่ถุงซิปเพื่อเตรียมส่งวิเคราะห์เคมี และจัดเก็บเป็นตัวอย่างอ้างอิงและศึกษาต่อยอด

รูปที่ 5.1 การเตรียมตัวอย่างดิน/หินผุ

รูปที่ 5.2 การคัดเลือกตัวอย่างหินสด เพื่อเตรียมส่งวิเคราะห์เคมี ศึกษาศิลาวรรณนา และเป็นตัวอย่างอ้างอิงและศึกษาต่อยอด

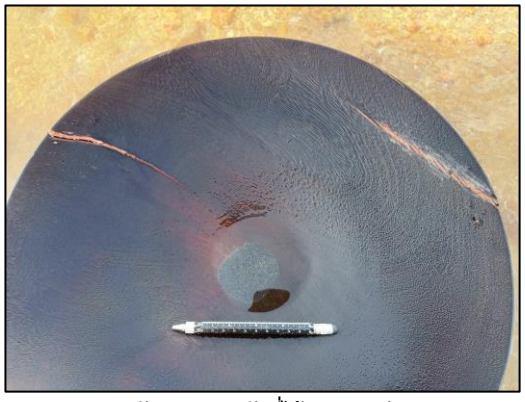
5.3 ตัวอย่างแร่หนัก มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังนี้ (รูปที่ 5.3)

1) นำตัวอย่างดินที่ได้จากการเซาะร่อง/ขุดหลุมสำรวจ ปริมาตร 10 ลิตร มาล้างดินออกด้วยวิธีการร่อนเลียง เพื่อตรวจสอบชนิดและปริมาณแร่หนัก เมื่อร่อนเลียงแล้วเสร็จจะได้ตัวอย่างแร่หนักปนกับแร่เบา

2) นำตัวอย่างที่ได้จากการเลียงมาตากแดดให้แห้ง ชั่งน้ำหนักแร่ที่ได้ และแยกแร่ที่มีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็ก (แมกนีไทต์: Magnetite) โดยการดูดด้วยแม่เหล็กคุณภาพต่ำพร้อมทั้งชั่งน้ำหนัก ทั้งนี้หากใช้แม่เหล็กคุณภาพสูงในการดูดแยกแร่ ควรส่งศึกษาและวิเคราะห์ชนิดแร่หนักอีกครั้ง เนื่องจากอาจมีแร่ที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กอ่อน ๆ ติดมาด้วย เช่น ฮีมาไทต์ อิลเมไนต์ เป็นต้น

3) นำแร่ที่เหลือไปผ่านกระบวนการลอยแร่ด้วยสารโบรโมฟอร์ม (bromoform) เพื่อแยกกลุ่มชนิดแร่หนักกว่าออกจากแร่ที่เบากว่า (กลุ่มแร่หนักคือแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 2.85) โดยแร่เบาจะลอยค้างอยู่บนผิวของสารเหลวหนัก ส่วนแร่หนักจะแยกตัวจมลงด้านล่าง หลังจากนั้นล้างตัวอย่างทั้งหมดด้วยสารอะซิโตนจนหมดกลิ่นสารเคมี และตากให้แห้ง พร้อมทั้งนำไปชั่งน้ำหนัก และส่งศึกษาและวิเคราะห์วินิจฉัยชนิดแร่หนัก โดยกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณีต่อไป

(ก) การล้างตัวอย่างดิน/หินผุ ด้วยวิธีการเลียงแร่



(ข) ตัวอย่างแร่หนักที่ได้จากการเลียงแร่

(ค) กระบวนการลอยแร่ด้วยสารโบรโมฟอร์ม (bromoform) เพื่อแยกกลุ่มชนิดแร่หนักกว่าออกจากแร่ที่เบากว่า

<u>หมายเหตุ</u>: ผู้ทำการลอยแร่ควรใส่ถุงมือและหน้ากากป้องกันสารเคมี ขณะทำการลอยแร่ด้วยสารโบรโมฟอร์ม และควรทำการลอยแร่ในตู้ดูดควันหรือหากไม่มีตู้ดูดควัน ให้ลอยแร่บริเวณสถานที่โปร่งและอากาศถ่ายเทสะดวก

รูปที่ 5.3 การเตรียมตัวอย่างแร่หนัก

บทที่ 6
การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (label) และจัดเก็บในบรรจุภัณฑ์

การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (label) และจัดเก็บในบรรจุภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

6.1 ตัวอย่างดิน/หินผุ

6.1.1 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (label) มีขั้นตอนดังนี้ (รูปที่ 6.1)

1) ทำคำอธิบายป้ายชื่อตัวอย่างขนาด 7x10 ซม. ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้ ชื่องานสำรวจ ปี พ.ศ.ที่ทำการสำรวจ หมายเลขตัวอย่าง ระยะที่เก็บตัวอย่าง ชนิดหิน พิกัดภูมิศาสตร์ ตำบล อำเภอ จังหวัด และดัชนีแผนที่ภูมิประเทศ (รายละเอียดขั้นตอนการทำดังภาคผนวก ค) โดยทำการจัดเก็บตัวอย่าง 2 ชุด คือ ชุด A เป็นตัวอย่างสำหรับอ้างอิง และชุด B เป็นตัวอย่างสำหรับศึกษาต่อยอด

2) เมื่อทำเสร็จแล้ว ซ้อนด้วยถุงร้อนใส ขนาด 4x6 นิ้ว เพื่อป้องกันน้ำหรือความชื้นจากภายนอก

(ก) ป้ายชื่อตัวอย่างคำอธิบายของตัวอย่างดิน/หินผุ

(ข) การใส่ป้ายชื่อคำอธิบายในถุงตัวอย่างดิน/หินผุ

รูปที่ 6.1 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบาย และจัดใส่ถุงตัวอย่างดิน/หินผุ

รูปแบบการจัดทำคำอธิบาย (template label) มีรูปแบบและข้อมูลตามรายละเอียดรูปที่ 6.2

รูปที่ 6.2 รูปแบบการจัดทำคำอธิบาย (template label) ของตัวอย่างดิน/หินผุ

6.1.2 การจัดตัวอย่างใส่กล่องล้อเลื่อน มีขั้นตอน ดังนี้ (รูปที่ 6.3)

1) นำตัวอย่างดิน/หินผุสำหรับอ้างอิง และวิเคราะห์เพื่อต่อยอดในอนาคต ซ้อนด้วยถุงร้อนใส ขนาด 5x8 นิ้ว พร้อมทั้งใส่ label ตัวอย่างระหว่างถุง

2) นำตัวอย่างทั้งหมดมาเรียงใส่กล่องล้อเลื่อน ขนาด 22x13x8 นิ้ว โดยจัดเรียงเป็นชั้น ชั้นล่างจัดเป็น 5 แถว แถวละ 7 ตัวอย่าง ส่วนชั้นบน จัดเป็น 5 แถว แถวละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่าง (เรียงแถวตัวอย่างจากทางด้านซ้ายไปทางด้านขวา)

3) จัดทำคำอธิบายข้างกล่องตัวอย่าง ว่าตัวอย่างอยู่ชั้นไหน แถวที่เท่าไร เพื่อสะดวกในการค้นหาต่อไปในอนาคต

4) นำคำอธิบายใส่ถุงซิป หรือถุงร้อน แล้วทำการปิดผนึก เพื่อป้องกันความชื้น และนำไปติดบนฝากล่อง และรอบกล่องทั้ง 4 ด้าน

5) นำข้อมูลเหล่านี้ไปกรอกใน ฐานข้อมูล excel เพื่อสะดวกในการค้นหาครั้งต่อไป

6) นำตัวอย่างทั้งหมดไปเก็บ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง

<u>หมายเหตุ</u>: ตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับอ้างอิงใช้ฝาสีฟ้า ส่วนตัวอย่างสำหรับศึกษาวิจัยต่อยอด ใช้ฝาสีชมพู

6.2 ตัวอย่างหินสด

6.2.1 การจัดเก็บตัวอย่างหินสด มีขั้นตอนการจัดเก็บ ดังนี้ (รูปที่ 6.5)

1) คัดเลือกตัวอย่างหิน โดยตัดหน้าผุออก และตัดตัวอย่างด้วยเครื่องตัดหิน เป็นแผ่นหินบางหนาประมาณ 1 เซนติเมตร จำนวนอย่างน้อย 3 แผ่น ส่วนที่เหลือตัดแบ่งตัวอย่างให้สามารถจัดเก็บใส่กล่องพลาสติกใส ขนาด 13.7x18.5x7.2 cm (#232) ได้เต็มกล่อง โดยจัดเก็บตัวอย่างหิน 1 ชนิด/จุดเก็บตัวอย่าง/กล่อง พร้อมทั้งถ่ายรูปตัวอย่างหินที่จัดเก็บ

2) ใส่ป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่างหินในกล่อง โดยการซ้อนด้วยถุงซิป/ถุงร้อน แล้วปิดผนึกเพื่อป้องกันความชื้น หลังจากนั้นบรรจุใส่ลัง ซึ่งบรรจุได้ 12 กล่อง แล้วปิดผนึกกล่อง

3) จัดทำคำอธิบายข้างกล่องตัวอย่าง ว่าตัวอย่างอยู่ชั้นไหน เพื่อสะดวกในการค้นหาต่อไปในอนาคต

4) นำคำอธิบายใส่ถุงซิป หรือถุงร้อน แล้วทำการปิดผนึก เพื่อป้องกันความชื้น และนำไปติดรอบกล่องทั้ง 4 ด้าน

5) นำข้อมูลเหล่านี้ไปกรอกใน ฐานข้อมูล excel เพื่อสะดวกในการค้นหาครั้งต่อไป

6) นำตัวอย่างทั้งหมดไปเก็บ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่แร่และหิน จังหวัดระยอง

<u>หมายเหตุ</u>: ป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่างหิน และป้ายคำอธิบายหน้ากล่อง ทำเช่นเดียวกับการจัดเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ

6.3 การจัดเก็บตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ตัวอย่างผงบดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ (tungsten carbide: WC) และหัวบดเซรามิก (ceramic)

6.3.1 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (label) ประกอบด้วย หมายเลขตัวอย่าง พิกัดภูมิศาสตร์ หมายเลขระวาง ตำบล อำเภอ จังหวัด และชนิดหัวบดในช่องหมายเหตุ (รูปที่ 6.6)

(ก) นำถุงตัวอย่างดิน/หินผุ มาซ้อนด้วยถุงร้อนใส

(ข) ป้ายคำอธิบายข้างกล่อง

(ค) การจัดเรียงตัวอย่างดิน/หินผุ ใส่กล่องล้อเลื่อนทั้งด้านบนและด้านล่าง

(ง) การติดคำอธิบายบนฝากล่องและรอบกล่องทั้ง 4 ด้าน

รูปที่ 6.3 การเตรียม และจัดเก็บตัวอย่างดิน/หินผุใส่กล่องล้อเลื่อน

รูปแบบการจัดทำคำอธิบาย (template label) มีรูปแบบและข้อมูลตามรูปที่ 6.4

สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี กล่องที่ 4/4 B

งานสำรวจและประเมินศักยภาพธาตุหายากและธาตุก้ำมันครั้งสีแฝงเบื้องต้นบริเวณจังหวัด.....

(ชื่อพื้นที่) ประจำปีงบประมาณ .....

ชั้นบน

แถว 1	แถว 2	แถว 3	แถว 4	แถว 5

ชั้นล่าง

แถว 1	แถว 2	แถว 3	แถว 4	แถว 5

รูปที่ 6.4 รูปแบบการจัดทำคำอธิบาย (template label) หน้ากล่องล้อเลื่อนของตัวอย่างดิน/หินผุ

(ก) การคัดเลือกตัวอย่างหิน พร้อมทั้งแบ่งตัวอย่างหินด้วยเครื่องตัดหิน

(ข) การจัดเก็บตัวอย่างหินใส่กล่องพลาสติกใส พร้อมทั้งจัดทำคำอธิบายหน้ากล่อง

(ค) การติดคำอธิบายรอบกล่องทั้ง 4 ด้าน

รูปที่ 6.5 การเตรียม และจัดเก็บตัวอย่างหินใส่กล่อง

ลำดับที่	หมายเลขตัวอย่าง	easting	northing	map sheet	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	หมายเหตุ
1	CR 002 SoC (1) S	586033	2227065	4949 II	ป่าตึง	แม่จัน	เชียงราย	CERAMIC
2	CR 002 SoC (2) WSR-WR	586033	2227065	4949 II	ป่าตึง	แม่จัน	เชียงราย	CERAMIC
3	CR 002 SoC (3) WS	586033	2227065	4949 II	ป่าตึง	แม่จัน	เชียงราย	CERAMIC
4	CR 008 Pt (1) S	548730	2135873	4847 I	บ้านโป่ง	เวียงป่าเป้า	เชียงราย	CERAMIC
5	CR 008 Pt (2) S	548730	2135873	4847 I	บ้านโป่ง	เวียงป่าเป้า	เชียงราย	CERAMIC

รูปที่ 6.6 ป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่างของตัวอย่างผงหิน และดิน/หินผุบดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ และเซรามิก

6.3.2 การจัดเก็บตัวอย่างใส่กล่อง มีขั้นตอนการจัดเก็บตัวอย่างดังนี้ (รูปที่ 6.7)

1) นำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่างมาติดบนถุงตัวอย่างด้วยสก๊อตเทปใส

2) นำตัวอย่างมาเรียงใส่กล่องพลาสติกใส (#232) ขนาด 13.7x18.5x7.2 ซม. โดยจัดเรียงให้เก็บตัวอย่างให้ได้มากที่สุด หากตัวอย่างถุงใดมีอากาศในถุงให้เจาะเอาอากาศออก เพื่อประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ แล้วปิดด้วยสก๊อตเทปใสให้มิดชิด

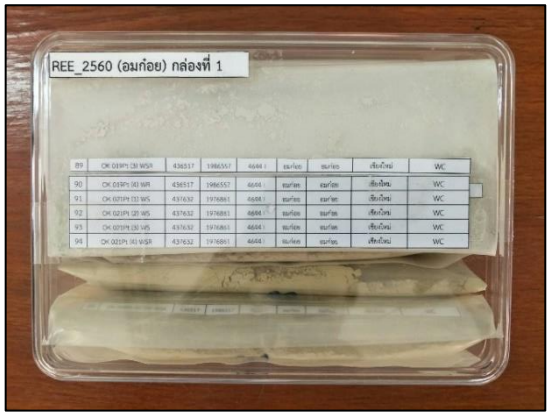
3) ติดรายการชื่อตัวอย่างที่ทำการจัดเก็บบนฝากล่อง (ด้านใน) แต่ละกล่อง

4) จัดเรียงกล่องตัวอย่างใส่กล่องลัง

5) จัดทำรายการตัวอย่างทั้งหมดใส่ไว้ในกล่อง พร้อมทั้งทำป้ายชื่อคำอธิบายหน้ากล่องลัง เพื่อความสะดวกในการค้นหา โดยเขียนชื่องาน และปีพ.ศ. ที่ทำการสำรวจ หมายเลขตัวอย่าง โดยติดทั้ง 4 ด้านของกล่องลัง พร้อมทั้งติดสติกเกอร์สีฟ้า (สำหรับตัวอย่างผงที่บดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์) และสีชมพู (สำหรับตัวอย่างผงที่บดด้วยหัวบดเซรามิก) เพื่อแยกชนิดของหัวบดตัวอย่าง

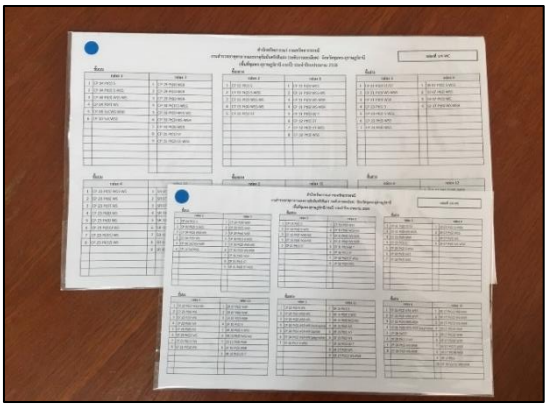
(ก) การจัดทำคำอธิบายและติดคำอธิบาย
บนถุงตัวอย่างดิน/หินผุที่บดแล้ว

(ข) การจัดเรียงตัวอย่างผงใส่กล่องพลาสติกใส



(ค) การจัดทำคำอธิบายและติดคำอธิบาย
บนฝากล่องตัวอย่างดิน/หินผุที่บดแล้ว

(ง) การจัดเรียงกล่องตัวอย่างใส่กล่องลัง



(จ) การจัดทำคำอธิบายและติดคำอธิบายทั้ง 4 ด้านของลังตัวอย่างดิน/หินผุที่บดแล้ว

รูปที่ 6.7 การเตรียม และจัดเก็บตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุที่บดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ และหัวบดเซรามิก ใส่กล่องลัง

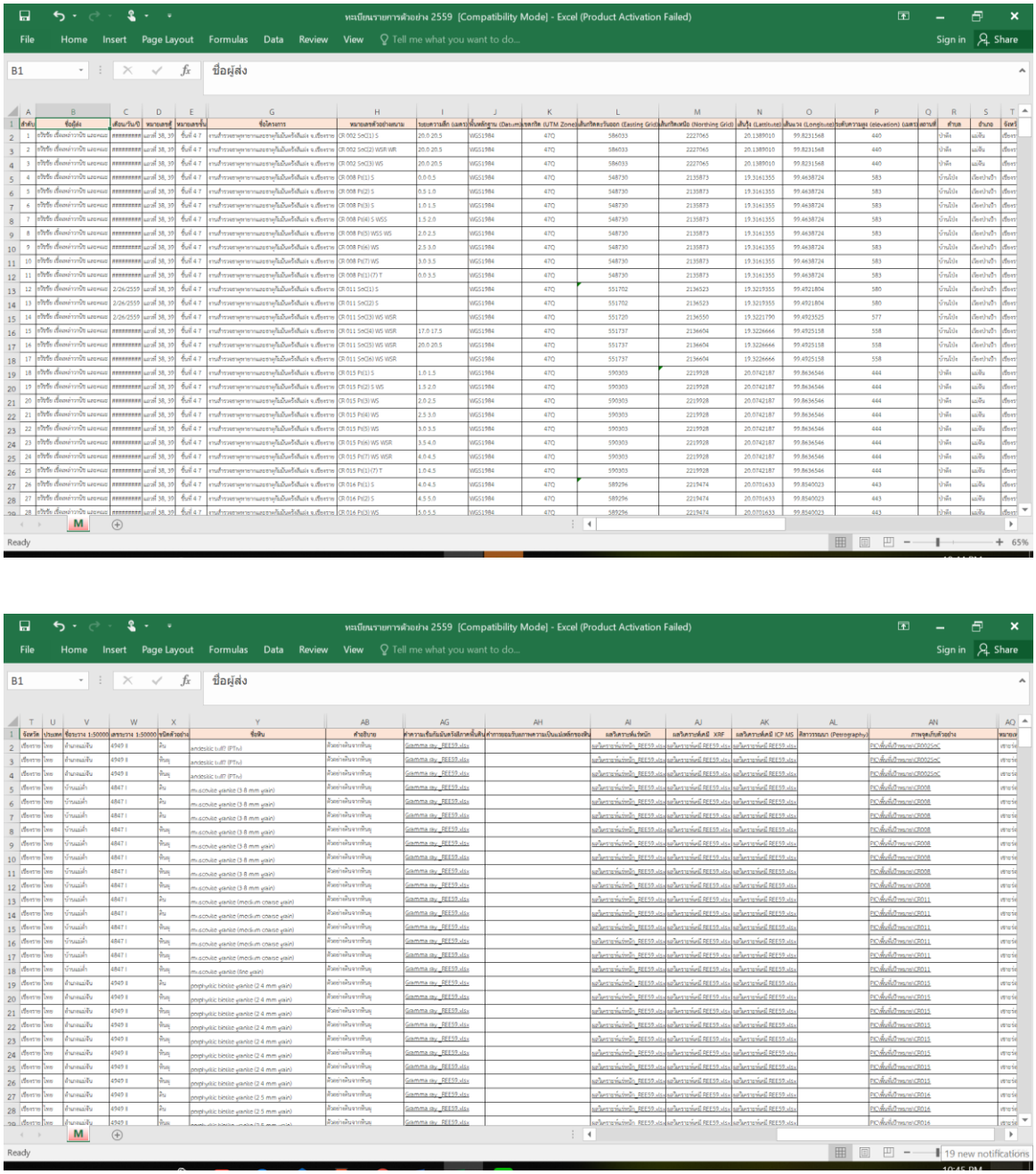
บทที่ 7
โครงสร้างข้อมูลของตัวอย่าง

7.1 โครงสร้างข้อมูลตัวอย่าง

โครงสร้างการบันทึกข้อมูลสำหรับจัดเก็บตัวอย่าง ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้ (รูปที่ 7.1)

(1) ลำดับ
(2) ชื่อผู้ส่ง
(3) เดือน/วัน/ปี
(4) หมายเลขตู้
(5) หมายเลขชั้น
(6) ชื่อโครงการ
(7) หมายเลขตัวอย่างภาคสนาม
(8) ระยะความลึก (เมตร)
(9) ระบบพิกัดตำแหน่ง (Datum)
(10) เขตพิกัดกริด (UTM Zone)
(11) เส้นกริดตะวันออก (Easting Grid)
(12) เส้นกริดเหนือ (Northing Grid)
(13) เส้นรุ้ง (Latitude)
(14) เส้นแวง (Longitude)
(15) ระดับความสูง (elevation) (เมตร)
(16) สถานที่/หมู่บ้าน
(17) ตำบล
(18) อำเภอ
(19) จังหวัด
(20) ประเทศ
(21) ชื่อระวาง 1:50,000
(22) เลขระวาง 1:50,000
(23) ชนิดตัวอย่าง
(24) ชื่อหิน
(25) คำอธิบาย
(26) ค่าความเข้มกัมมันตรังสีภาคพื้นดิน
(27) ค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็ก
(28) ผลวิเคราะห์แร่หนัก
(29) ผลวิเคราะห์เคมี XRF
(30) ผลวิเคราะห์เคมี ICP-MS
(31) ศิลาวรรณนา (Petrography)
(32) ภาพจุดเก็บตัวอย่าง
(33) หมายเหตุ

หมายเหตุ ตัวอย่างหินสด ดิน หินผุ แร่หนัก และตัวอย่างที่บดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ และเซรามิก ใช้โครงสร้างฐานข้อมูลเดียวกัน



รูปที่ 7.1 โครงสร้างการบันทึกข้อมูลสำหรับจัดเก็บตัวอย่าง ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง

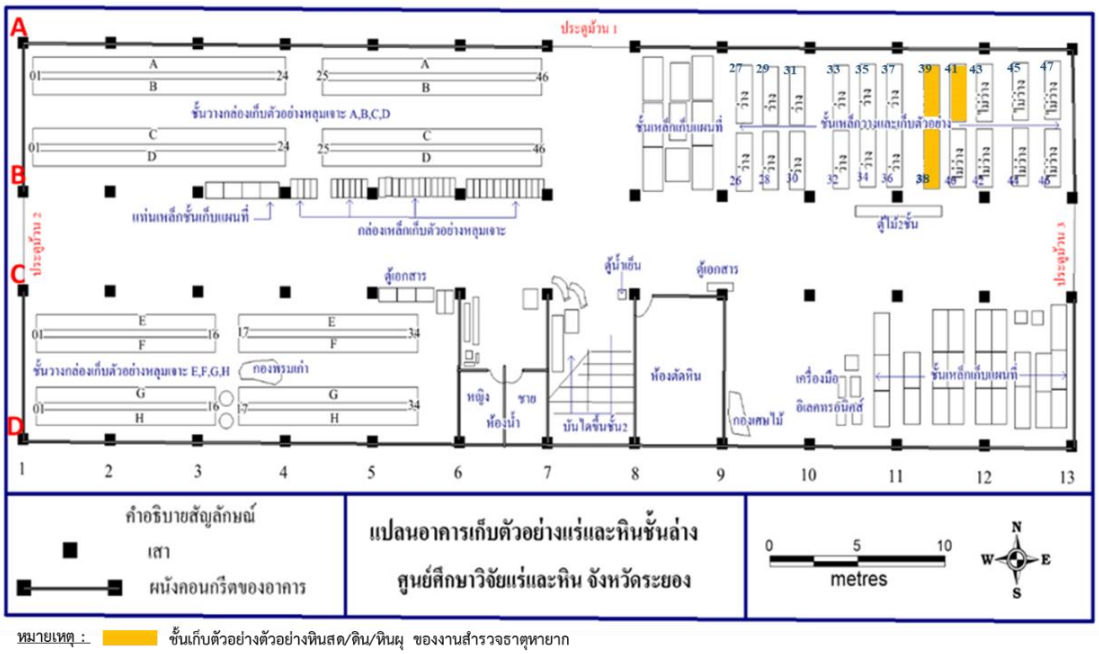
บทที่ 8
การจัดเก็บตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ที่ได้จากงานสำรวจในภาคสนาม ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง

8.1 การจัดเก็บตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ที่ได้จากงานสำรวจในภาคสนาม

ตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจในภาคสนามจะนำไปจัดเก็บให้เป็นระบบ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน หมู่ที่ 3 ตำบลแกลง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง 21160 (พิกัดตำแหน่งที่ตั้ง UTM WGS84 โซน 47 0772232 E, 1399024 N) โดยนำตัวอย่างทั้งหมดที่เตรียมไว้ ไปจัดเก็บบริเวณอาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน มีลักษณะเป็นอาคารคอนกรีต 2 ชั้น (รูปที่ 8.1) สำหรับตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ของงานสำรวจธาตุหายาก จัดเก็บไว้ที่ชั้น 1 (ชั้นล่าง) ของอาคาร บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38, 39 และแถวที่ 41 ตามแปลนอาคารเก็บตัวอย่างแร่และหินชั้นล่าง (รูปที่ 8.2) พร้อมทั้งจัดทำไฟล์ข้อมูล พร้อมทั้งผลวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสะดวกในการค้นหาข้อมูลต่อไปในอนาคต (รูปที่ 8.3 – 8.8) โดยแยกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

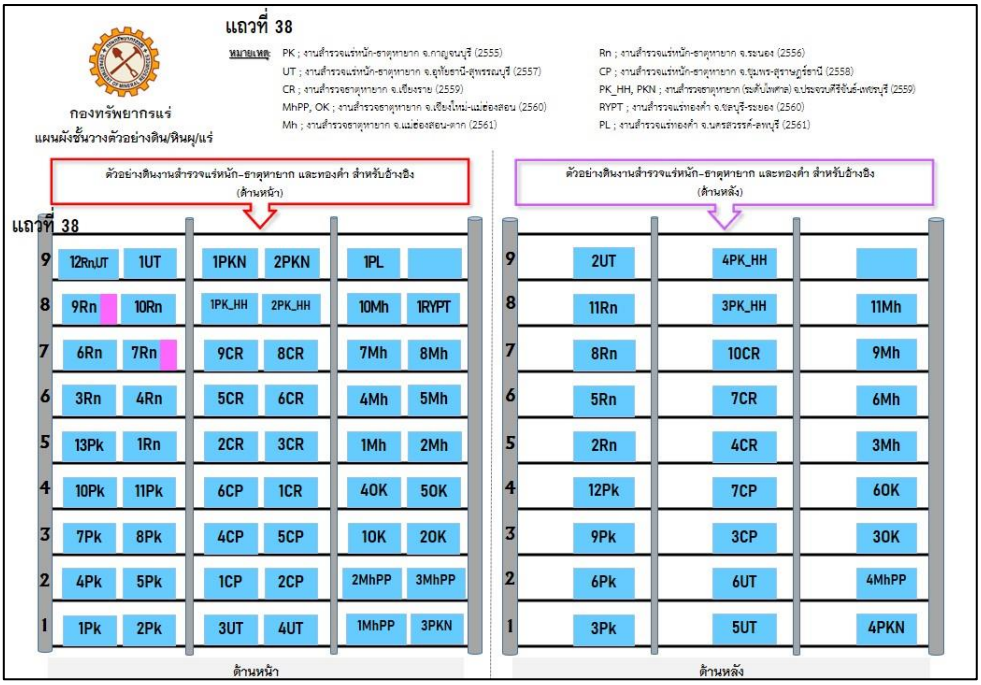
1) ตัวอย่างดิน/หินผุสำหรับอ้างอิง
2) ตัวอย่างดิน/หินผุสำหรับศึกษาวิจัยต่อยอด
3) ตัวอย่างหินสด
4) ตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ บดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ (tungsten carbide :WC)
5) ตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ บดด้วยหัวบดเซรามิก (ceramic)

รูปที่ 8.1 อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ศูนย์ศึกษาวิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง (คัดลอกจากส่วนมาตรฐานทรัพยากรแร่, 2560)



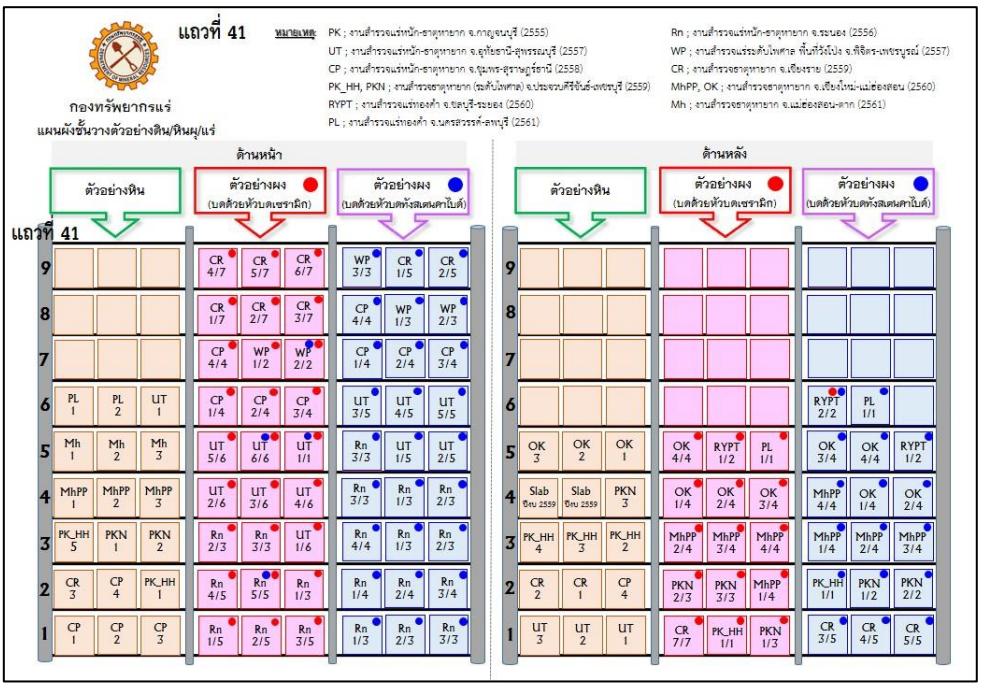
หมายเหตุ : ชั้นเก็บตัวอย่างตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ของงานสำรวจธาตุหายาก

รูปที่ 8.2 แผนผังแสดงชั้นเก็บลังตัวอย่างหลุมเจาะ ชั้นเก็บตัวอย่างแร่และหิน ตู้แผนที่และอื่นๆ ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 ศูนย์ศึกษาวิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง (คัดลอกและแก้ไขเพิ่มเติมจาก ส่วนมาตรฐานทรัพยากรแร่, 2560)



รูปที่ 8.3 ผังการจัดเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับอ้างอิง ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38

รูปที่ 8.4 ผังการจัดเก็บตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับศึกษาวิจัยต่อยอด ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 39



รูปที่ 8.5 ผังการจัดเก็บตัวอย่างหินสด และตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ที่บดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ และเซรามิก ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 41

รูปที่ 8.6 การจัดวางตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับอ้างอิง (ฝาสีฟ้า) และศึกษาวิจัยต่อยอด (ฝาสีชมพู) ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38-39

รูปที่ 8.7 การจัดวางตัวอย่างดิน/หินผุ สำหรับอ้างอิง (ฝาสีฟ้า) สำหรับศึกษาวิจัยต่อยอด (ฝาสีชมพู) ตัวอย่างหินสด ตัวอย่างหินสด/ดิน/หินผุ ที่บดด้วยหัวบดทังสเตนคาร์ไบด์ และเซรามิก ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38, 39 และแถวที่ 41

รูปที่ 8.8 การคลุมชั้นวางตัวอย่าง ณ อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 ศูนย์ศึกษาวิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38, 39 และแถวที่ 41

8.2 รหัสย่อยของงานสำรวจธาตุหายากแต่ละปีงบประมาณ บริเวณชั้นเหล็กวางและเก็บตัวอย่าง แถวที่ 38, 39 และแถวที่ 41 ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 รหัสย่อยของงานสำรวจธาตุหายากแต่ละปีงบประมาณ

ที่	รหัส (Code)	ชื่องานสำรวจแต่ละปีงบประมาณ
1	PK	งานสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก จ.กาญจนบุรี (2555)
2	Rn	งานสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก จ.ระนอง (2556)
3	UT	งานสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก จ.อุทัยธานี-สุพรรณบุรี (2557)
4	WP	งานสำรวจแร่ระดับไพศาล พื้นที่วังโป่ง จ.พิจิตร-เพชรบูรณ์ (2557)
5	CP	งานสำรวจแร่หนัก-ธาตุหายาก จ.ชุมพร-สุราษฎร์ธานี (2558)
6	CR	งานสำรวจธาตุหายาก จ.เชียงราย (2559)
7	PK_HH, PKN	งานสำรวจธาตุหายาก (ระดับไพศาล) จ.ประจวบคีรีขันธ์-เพชรบุรี (2559)
8	MhPP, OK	งานสำรวจธาตุหายาก จ.เชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน (2560)
9	Mh	งานสำรวจธาตุหายาก จ.แม่ฮ่องสอน-ตาก (2561)
10	PNA	การจัดทำบัญชีทรัพยากรธาตุหายาก จังหวัดพังงา (2566)

เอกสารอ้างอิง

ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช ธนัช วัชรมัย สมคิด ไชยชนะ และเอลิน สุขสวัสดิ์, 2559, รายงานงานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรธาตุหายากและธาตุกัมมันตรังสีแฝง (ระดับรายละเอียด) จังหวัดเชียงราย, รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์, กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 127 หน้า.

ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช เอลิน สุขสวัสดิ์ วิภาวี วิบูลย์อัฐพล และธีระชัย หน่อคำบุตร, 2561, รายงานการประเมินสถานภาพและกำหนดแหล่งแร่เพื่อใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ (ธาตุหายาก จังหวัดแม่ฮ่องสอน-ตาก), รายงานเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์, กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 104 หน้า.

วนิดา ระงับพิศม์, 2561, ลักษณะเด่นข้อมูลความเข้มกัมมันตรังสีและข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็ก ในการประยุกต์ใช้สำรวจธรณีวิทยาของประเทศไทย, รายงานวิชาการ ฉบับที่ 7/2561, กองเทคโนโลยี กรมทรัพยากรธรณี, 161 หน้า.

สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย, บทความสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย (ทอเรียม) [ออนไลน์]: แหล่งที่มา: https://www.nst.or.th/article/article494/article49409.htm [14 กุมภาพันธ์ 2566]

_____, บทความสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย (ยูเรเนียม) [ออนไลน์]: แหล่งที่มา: https://www.nst.or.th/article/article494/article49405.htm [14 กุมภาพันธ์ 2566]

ส่วนมาตรฐานทรัพยากรแร่, 2560, รายงานการสำรวจแผนผังอาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ศูนย์ศึกษาวิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง, สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี

Bao, Z., Zhao, Z., 2008, Geochemistry of mineralization with exchangeable REY in the weathering crusts of granitic rocks in South China, *Ore Geol. Rev.*, v.33. p.519-535.

Cordier, D.J., 2011, Rare Earths (Advance release). In 2009 Minerals Yearbook, Volume 1, U.S. Geological Survey, U.S. Department of the Interior, p. 60.1.

Haque, N., Hughes, A., Lim, S. and Vernon, C.. (2014). Rare earth elements: overview of mining. Mineralogy. Uses. sustainability and environmental impact. *Resources.* v.3. p.614-635

International Atomic Energy, A., 2003, Guidelines for Radioelement Mapping Using Gamma Ray Spectrometry Data.

Moeller, T., 1963, The Chemistry of the Lanthanides. New York: Reinhold Publishing Corporation.

Sanematsu, K. and Kon, Y. (2013). Geochemical characterisics determined by multiple extraction from ion-adsorption type REE ores in Dingnan County of Jiangxi Province. South China. Bull Geol. Surv. Jpn.. v.64. p.313-330.

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

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการใช้เครื่องมือในการสำรวจธาตุหายาก

ก1. เครื่องวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดิน (Gamma ray spectrometer)

ก2. เครื่องวัดค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็ก (Magnetic susceptibility)

ก3. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างสำหรับหาค่าความหนาแน่นชั้นดินและหินผุ (In-place Soil Sampler Set)

ก1. วิธีการใช้เครื่องมือในการสำรวจธาตุหายากด้วยเครื่องวัดค่ากัมมันตรังสีภาคพื้นดิน (Gamma ray spectrometer)

เปิด - ปิดเครื่อง และเลือกฟังก์ชัน

- **เปิดเครื่อง:** กดปุ่มค้างไว้ ประมาณ 1-2 วินาที
- **ปิดเครื่อง:** กดปุ่มค้างไว้ จนหน้าจอดับ
- **เลือกฟังก์ชัน:** กดปุ่มค้างประมาณ 1-2 วินาที จนตำแหน่งที่เลือกเป็นพื้นโปร่ง

ความหมายสัญลักษณ์

- **stable:** สถานะเครื่องมือ (สัญลักษณ์*ต้องไม่กระพริบ*ขณะใช้งาน)
- **record:** การบันทึกค่าด้วยวิธี tracking เครื่องมือจะทำการบันทึกค่าทุก 30 วินาที (หากวัดค่า ณ จุดใดจุดหนึ่ง ต้อง***กด stop recording*** ก่อนวัดค่า ณ จุดนั้น ๆ)
- **GPS connect:** สถานะเชื่อมต่อ GPS (สัญลักษณ์*ต้องไม่กระพริบ* ขณะใช้งาน)
- **total:** ปริมาณรังสีรวม
- **dose rate:** พลังงานที่รังสีแผ่ออกมา (หน่วยขึ้นอยู่กับการตั้งค่าขณะใช้งาน)

ฟังก์ชันเครื่องมือ (เฉพาะฟังก์ชันที่จำเป็นต้องใช้ในงานสำรวจ)

- **Assay:** ใช้สำหรับวัดค่า K, U, Th, Dose rate (180 วินาที/การวัด 1 ตำแหน่ง)
- **Reacquire bg:** การปรับค่า background (bg) ของเครื่องมือใหม่ (ค่า bg ขึ้นอยู่กับค่า bg ของสภาพแวดล้อม ณ บริเวณที่เปิดเครื่องมือในแต่ละครั้ง)
- **Start recording:** การบันทึกค่าด้วยวิธี tracking
- **Configuration:** การตั้งค่าต่าง ๆ ของเครื่องมือ เช่น วันที่ เวลา เสียง การเชื่อมต่อ GPS
- **Survey:** โหมดหน้าจอหลัก

การเชื่อมต่อ GPS

เลือกโหมด Configuration -> *Accessories* -> *GPS* -> *New GPS* -> เลือก GPS ที่เชื่อมต่อ

วิธีตรวจสอบการเชื่อมต่อ GPS -> *Test GPS* -> พิกัดจะปรากฏตามรูป

การบันทึกค่าด้วยวิธี tracking

เลือกโหมด Start recording -> *Survey*

ทั้งนี้ ก่อน Start recording ต้องเชื่อมต่อ GPS ก่อนใช้งาน

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ทั้ง 3 ดังรูป ต้องไม่กระพริบขณะใช้งาน

การวัดค่า K, U, Th, Dose rate

เลือกโหมด Assay *(ก่อนใช้งาน สัญลักษณ์ stable ต้องไม่กระพริบขณะใช้งาน)* ทั้งนี้ เครื่องมือใช้เวลาวัดค่า 180 วินาทีต่อ 1 ตำแหน่ง (วัดค่าอย่างน้อย 3 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง)

หมายเหตุ: บางกรณีอาจมีความคลาดเคลื่อนของค่าที่วัดได้ เช่น ค่า U, Th สูงผิดปกติ (ค่าสูงกว่าค่า bg มาก ๆ) เนื่องจากสภาพอากาศร้อน ให้พักเครื่องมือ และวัดค่าใหม่อีกครั้ง

ก2. วิธีการใช้เครื่องมือในการสำรวจธาตุหายากด้วยเครื่องวัดค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็ก (Magnetic susceptibility)

<u>เปิด - ปิดเครื่อง และเลือกฟังก์ชัน</u>

- **On:** เปิดเครื่อง
- **Off / Measure:** ปิดเครื่อง และวัดค่า
- **Fn:** จำนวนครั้งที่วัดค่า ซึ่งเครื่องมือบันทึกอัตโนมัติ
- **10^{-3}SI unit:** หน่วยของค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็ก

<u>วิธีการวัดค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็ก</u>

1. **กดปุ่ม On ค้างไว้ประมาณ 1-2 วินาที เพื่อเปิดเครื่อง**
2. **วิธีวัดค่า**

[1]**กดปุ่ม Measure ครั้งที่ 1:** วัดค่า background (bg) ของพื้นที่ (โดยยกเครื่องขึ้นดังรูปที่ 1)

[2]**กดปุ่ม Measure ครั้งที่ 2:** เมื่อเสียงสัญญาณเครื่องเงียบ ให้วัดค่าตัวอย่างหิน/ดิน (โดยนำเครื่องทาบบริเวณที่ต้องการวัดให้สนิท และกดปุ่ม 1 ครั้ง ดังรูปที่ 2)

[3]**เมื่อเสียงสัญญาณเครื่องเงียบ** ให้ยกเครื่องขึ้นดังรูปที่ 3 รอจนเสียงเงียบและอ่านค่าที่วัดได้ (วัดค่าอย่างน้อย 5 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง)

3. **กดปุ่ม Off ค้างไว้ประมาณ 1-2 วินาที เพื่อปิดเครื่อง**

<u>ข้อควรระวัง</u>

ก่อนวัดค่า ควรตรวจสอบบริเวณ/ตำแหน่งที่วัดค่า โดยหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีสิ่งของหรืออุปกรณ์ที่มีค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง (ค่าผิดปกติ) เช่น รถยนต์ ค้อน บันได และจอบ เป็นต้น ซึ่งตำแหน่งที่วัดค่าควรอยู่ห่างบริเวณที่เป็นค่าผิดปกติ อย่างน้อย 10 เมตร เนื่องจากเครื่องมือดังกล่าวจะบันทึกค่าการยอมรับสภาพความเป็นแม่เหล็กบริเวณรอบ ๆ ตำแหน่งที่วัดค่านั้น ๆ

ก3. วิธีการใช้เครื่องมือในการสำรวจธาตุหายากด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างสำหรับหาค่าความหนาแน่นชั้นดินและหินผุ (In-place Soil Sampler Set)

1) การเตรียมอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง

เครื่องตอกเก็บตัวอย่างดิน

กระบอกเก็บตัวอย่างดิน

นำถุงสวมกระบอกเก็บตัวอย่างดิน
เพื่อป้องกันไม่ให้ดินติดในเครื่อง
ตอกเก็บตัวอย่าง

นำกระบอกเก็บตัวอย่าง ใส่ตรงปลาย
เครื่องตอกเก็บตัวอย่าง

2) การตอกเก็บตัวอย่างดิน เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะ

ตอกเก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงที่เก็บตัวอย่าง
ชั้นละ 2 ตัวอย่าง
(ปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับ
ค่าน้ำหนักที่ได้ และลักษณะดินการเก็บในแต่ละจุด)

ตอกไปเรื่อย ๆ จนจุดนี้ถึงหน้าตัดดิน

เสร็จแล้วก็เอาเครื่องตอกออก
ก็จะได้ดินในกระบอกลักษณะแบบนี้

3) การเก็บตัวอย่างดิน ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า

นำกระบอกเก็บตัวอย่างออกมาจากหน้าตัดดิน
(ถ้าดินล้นกระบอก ให้ปาดดินออก
ให้ได้ปริมาตรพอดีกับกระบอก)

นำตัวอย่างมาชั่งทันที เพื่อดูความคลาดเคลื่อน
ของน้ำหนักตัวอย่าง
(ถ้าตัวอย่างไหนมี Qtz/pegmatite vein/อื่นๆ
ที่ทำให้น้ำหนักต่างกัน ให้ remark ด้วย)

ตัวอย่างมาตากให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง
เพื่อนำมาหาค่าความถ่วงจำเพาะต่อไป

หมายเหตุ : ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่น (density) ของวัตถุต่อความหนาแน่นของน้ำ ณ อุณหภูมิหนึ่ง ความถ่วงจำเพาะไม่มีหน่วย และเป็นสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ของวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1 วัตถุที่มีความถ่วงจำเพาะ มากกว่าน้ำ (>1) จะจมน้ำ ส่วนวัตถุที่มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 หรือน้อยกว่าน้ำจะลอยน้ำได้

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาตรชั้นดินเหนือระดับพื้นผิว ด้วยวิธีสร้างเส้นชั้นความสูงจาก Google earth

การคำนวณปริมาตรชั้นดินเหนือระดับพื้นผิว ด้วยวิธีสร้างเส้นชั้นความสูงจาก Google earth

การคำนวณปริมาตรชั้นดินเหนือระดับพื้นผิว คือ การคำนวณหาปริมาตรชั้นดินโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Run volume) ด้วยวิธีการสร้างเส้นชั้นความสูง (contour) จาก Google earth ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการคำนวณแสดงใน QR CODE

QR CODE ขั้นตอนการคำนวณการคำนวณปริมาตรชั้นดินเหนือระดับพื้นผิว ด้วยวิธีสร้างเส้นชั้นความสูงจาก Google earth (สมคิด ไชยชนะ, 2564)

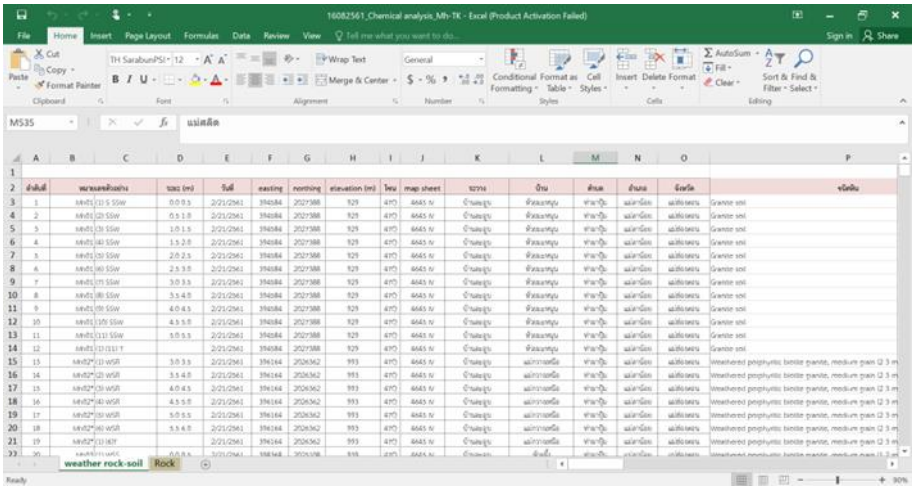
ภาคผนวก ค

การทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (Label) ด้วยโปรแกรม Microsoft word

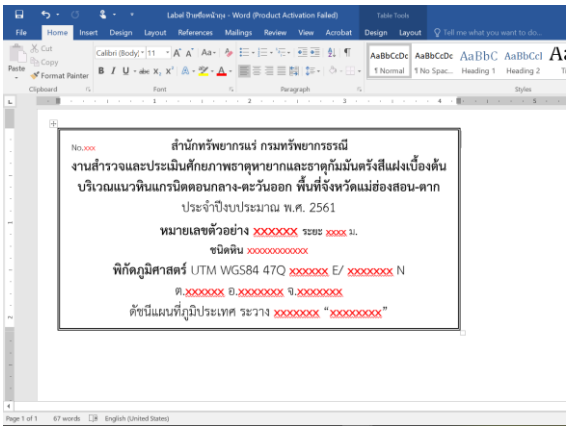
การทำป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่าง (Label) มีขั้นตอนและวิธีการทำดังนี้

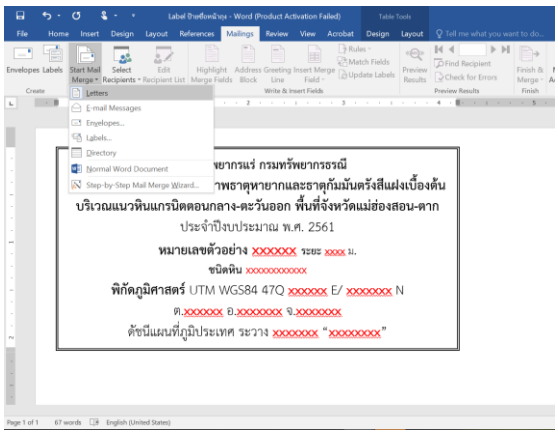
1. เตรียมข้อมูลที่ใส่ในป้ายชื่อคำอธิบายตัวอย่างในโปรแกรม Microsoft excel ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- ชื่องานสำรวจ
- ปี พ.ศ.ที่ทำการสำรวจ
- หมายเลขตัวอย่าง
- ระยะที่เก็บตัวอย่าง
- ชนิดหิน
- พิกัดภูมิศาสตร์ (เส้นกริดตะวันออก, เส้นกริดเหนือ และระบบกริด)
- ที่ตั้ง (ตำบล, อำเภอ และจังหวัด)
- ดัชนีแผนที่ภูมิประเทศ (ระวาง, ชื่อระวาง)

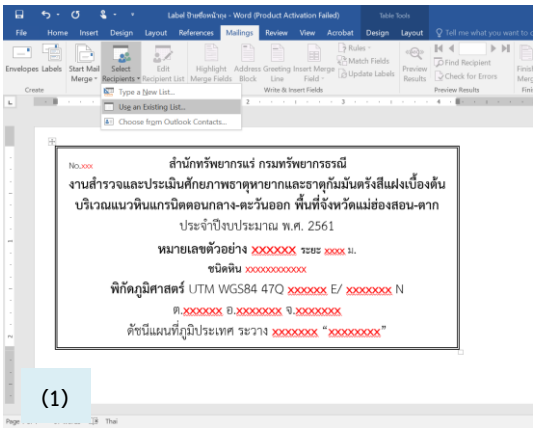


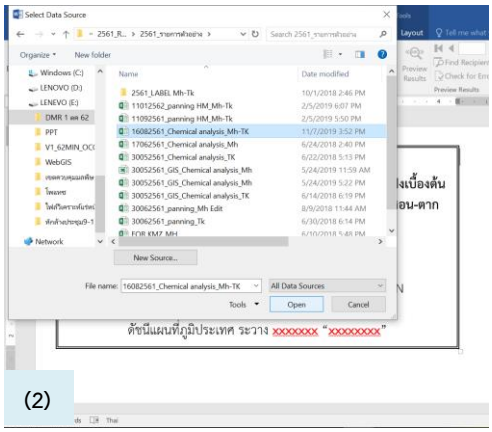
2. เปิดโปรแกรม Microsoft word และจัดเตรียมโครงสร้างของป้ายชื่อตัวอย่างดังรูป

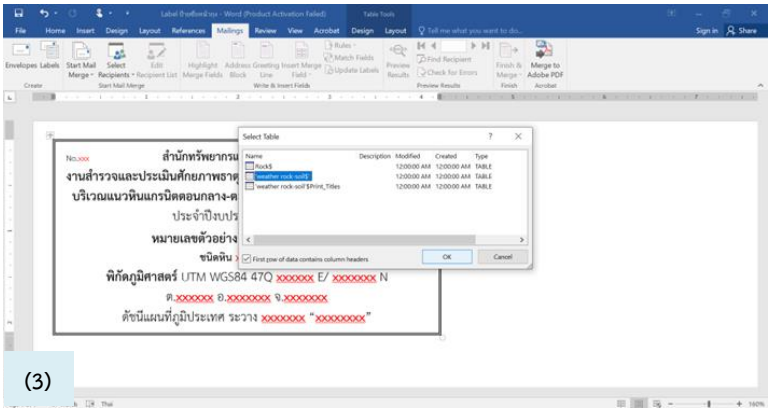




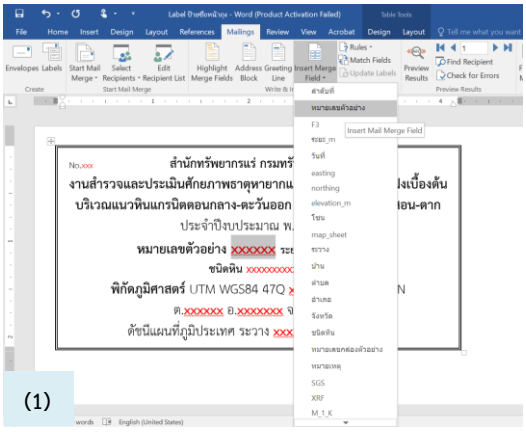
3. คลิกเลือก → **Mailings** (ตรงแถบ Manu bar) → **Start Mail Merge** → **Letters** เพื่อลิงค์ข้อมูลกับไฟล์ Excel ที่ได้เตรียมไว้

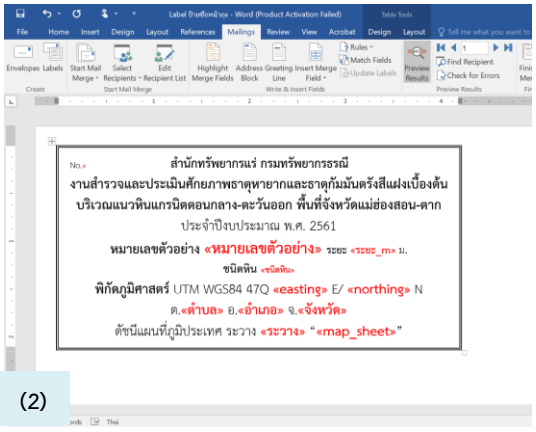


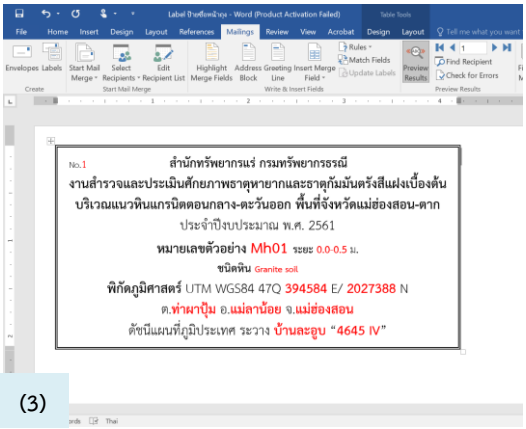




4. เลือก **Select Recipients** เพื่อทำการเลือกไฟล์ Excel ที่ได้จัดเตรียมข้อมูลไว้ดังรูป

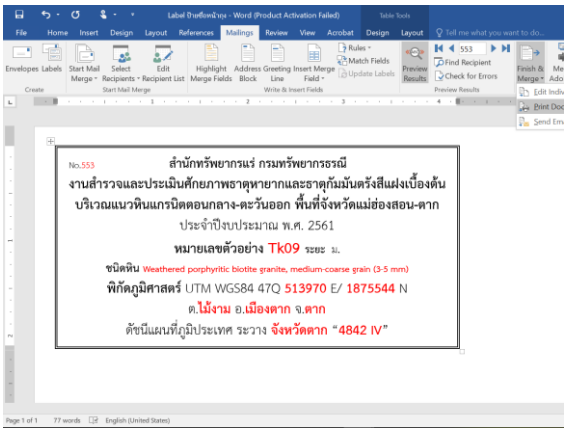






5. เลือกตำแหน่งที่ต้องการลิงค์ข้อมูล โดยการกดคลุมตำแหน่งนั้น และคลิกเลือก **Insert Merge Field** → เลือกชื่อ column ที่ต้องการ เมื่อทำการลิงค์ครบตามข้อมูลที่ต้องการให้คลิก **Preview Results**

6. ทำการปริ้นไฟล์ออกมาในรูปแบบ PDF.file โดยคลิกเลือก **Finish&Merge → Print Documents...**
เมื่อเสร็จแล้วจะได้ไฟล์ออกมาตามต้องการ



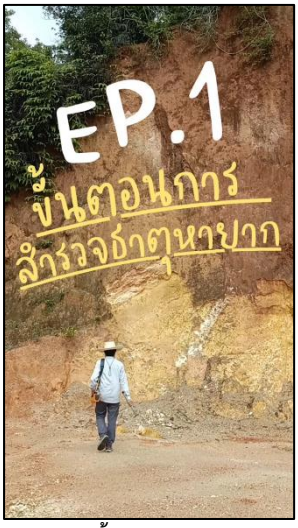
ภาคผนวก ง

คลิปวีดีโอเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการสำรวจธาตุหายาก

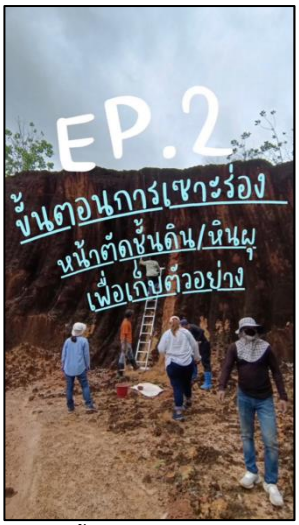
คลิปวีดีโอเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการสำรวจธาตุหายาก

พากย์เสียง: กานต์พิชชา พิมพ์ลภัส และวราภรณ์ ถ่าย และตัดต่อ: กานต์พิชชา

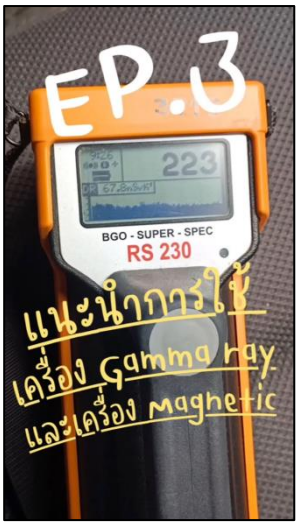
QR CODE คลิปวีดีโอเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการสำรวจธาตุหายาก



EP.1 ขั้นตอนการสำรวจ



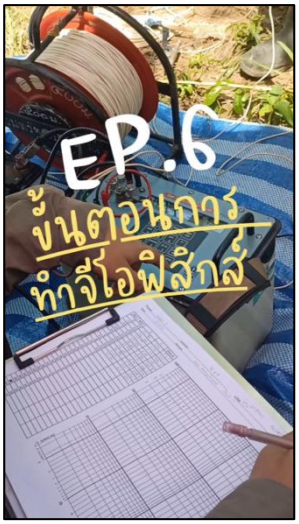
EP.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง



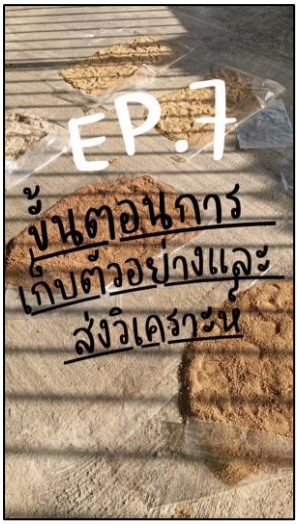
EP.3 การใช้เครื่องมือ Gamma ray spectrometer และ Magnetic susceptibility

EP.4 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะ

EP.5 การร่อนเลียงแร่



EP.6 การสำรวจธรณีฟิสิกส์



EP.7 การเตรียมตัวอย่าง