

COMPARISON BETWEEN RARE EARTH ELEMENT GEOCHEMISTRY OF
GRANITIC ROCKS AND THEIR REGOLITHS AMPHOE MUEANG,
CHANGWAT RANONG

MR.APIVUT VEERAVINANTANAKUL

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE,
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE,
CHULALONGKORN UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2013

เปรียบเทียบกรณีเคมีธาตุหายากระหว่างหินแกรนิตกับเรโกลิท อำเภอมือง
จังหวัดระนอง

นายอภิวุฒิ วีรวิ้นทนกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

วันที่ส่ง/...../.....
วันที่อนุมัติ/...../.....

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปัญญา จารุศิริ)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยครั้งนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ หากไม่ได้รับคำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ และความช่วยเหลือทั้งก่อนออกภาคสนาม ระหว่างออกภาคสนาม หลังออกภาคสนาม ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง และถ่ายทอดความรู้ทางธรณีวิทยาต่างๆ จากรองศาสตราจารย์ ดร. ปัญญา จารุศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รวมถึงตัวอย่างในการศึกษาวิจัย ข้อมูลการสำรวจและผลวิเคราะห์เคมีเบื้องต้น ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมทรัพยากรธรณี ภายใต้โครงการสำรวจและประเมินศักยภาพขั้นรายละเอียดแร่หนัก-ธาตุหายาก

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ในโครงการสำรวจฯ ประกอบด้วย คุณธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช นักธรณีวิทยาชำนาญการ คุณธนัช วัชรมัย นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ และคุณวิชัย นุชนาง เจ้าหน้าที่พัสดุประจำส่วนแร่โลหะ สำนักทรัพยากรแร่ สำหรับคำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนความช่วยเหลือในการออกภาคสนาม การเก็บตัวอย่างและข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติม

ขอขอบคุณคุณปริษา สายทอง คุณกวิณ เกิดไฟโรจน์ และคุณภัณฑกริช ชาญณรงค์ นักธรณีวิทยาประจำส่วนแผนที่ ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50000 ระวังจังหวัดระนอง บ้านทรายแดง และอำเภอพะโต๊ะ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางธรณีวิทยา รวมทั้งประสบการณ์ในการออกภาคสนาม

ขอขอบคุณคุณจิระประภา เนียมปาน และคุณบรรจง พวงทอง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการตะกอนวิทยา ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานในห้องปฏิบัติการตะกอนวิทยา

ขอขอบคุณคุณวิมลรัตน์ ภาคาแพทย์ และคุณสุธาสินี ชื่อสัตย์ นักธรณีวิทยาประจำแผนกแร่ บริษัท SGS Thailand limited. ที่ช่วยรับตัวอย่างส่งไปวิเคราะห์เคมีด้วยเครื่อง ICP-MS ณ ห้องปฏิบัติการ Lake Field ประเทศแคนาดา

ขอขอบคุณนายนวัทร กลมเกลียว นายศุภมงคล โภคาอานนท์ นายจักรกฤดี วิเชียรเทียบ นางสาวศศิธร ขอนกระโทก นางสาวชญานี วงศ์พิพัฒน์ นางสาวเพชร เจนพนัส นายชุตินันท์ สิงห์โตทอง นางสาววิชาณี มณีโลกย์ นายณัฐพล รำพึงกิจ และนายธีรวัช ลาภส่งผล ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานในห้องปฏิบัติการตะกอนวิทยา รวมทั้งเพื่อน GEO54 น้อง GEO55 และน้อง GEO56 นิสิตภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือ คอยให้กำลังใจและมีส่วนร่วมในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และพี่ชาย ที่ให้กำลังใจ และความห่วงใย จนสามารถดำเนินงานได้จนบรรลุวัตถุประสงค์

COMPARISON BETWEEN RARE EARTH ELEMENT GEOCHEMISTRY OF GRANITIC ROCKS AND THEIR REGOLITHS AMPHOE MUEANG, CHANGWAT RANONG

Apivut Veeravinantanakul

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

Email Address: keroearth@gmail.com Tel. 08-5255-9246

Abstract: Three sites in the tin – granite terrain of Ranong area, southern peninsular Thailand, have been selected for REE potential areas. Six exploratory trenching have been carried out for systematic sampling to bedrock granites at 4 – 6 m depth. Field stratigraphic investigations reveal four horizons in each trench, in a descending order as structureless soil horizon (0 – 1.5 m), highly weathered horizon (1.5 – 3.5 m), moderately weathered horizon (3.5 – 5 m) and slightly weathered horizon (5 – 6 m). Petrographic investigation points to the fact that the granites at trench sites are extremely to slightly and their overlying regolith layers were collected from individual trenches. Petrographically, below the structureless soil horizon, the weathered regolith or saprolite horizons show that the alteration has been subject to several kinds of granites. A total of washed 57 samples have been subsequently analyzed for REE concentration using ICP-MS. The results reveal the average total REE (Σ REE) contents are 352 ppm, 454 ppm, 437 ppm, 346 ppm and 450 ppm for structureless soil horizon, highly weathered horizon, moderately weathered horizon, slightly weathered horizon and least weathered (granites), respectively. The Σ HREE/ Σ LREE values vary from 0.022 to 0.286 in structureless soil horizon, 0.016 - 0.247 in highly weathered horizon, 0.0196 - 0.23 in moderately weathered horizon, 0.02 - 0.226 slightly weathered horizon in, 0.045 – 1.0 in unweathered (altered and unaltered) granites.

Based on our analytical results, the Σ REE contents in analyzed samples gradually increased at depth and the highest contents seem to belong to the least weathered granites, due to acid leaching. We also consider that the dramatic increase in Σ HREE/ Σ LREE values occur when the granitic or saprolitic samples contain appreciable amount of kaolinitic clays. However, not all the granites have been subject to hydrothermal kaolinization, and some of which, based on field investigation, have been affected by greissenization. Such greissenized granites contain low values of Σ HREE/ Σ LREE which do not become good REE potentials in comparison with those of the much kaolinized granites/saprolites. However, the XRD analysis will be performed on weathered/altered granites to confirm high percentages of kaolinitic clays.

Keywords: granite, saprolite, rare earth elements, refractory, acid leaching, Ranong

เปรียบเทียบธรณีเคมีธาตุหายากระหว่างหินแกรนิตกับเรโกลิท อำเภอมือง จังหวัดระนอง

อภิวุฒิ วีรวินันทนกุล

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Email Address: keroearth@gmail.com โทรศัพท์ 08-5255-9246

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในพื้นที่หินแกรนิตซึ่งมีศักยภาพให้แหล่งแร่ดีบุก 3 พื้นที่ในจังหวัดระนอง โดยเลือกเก็บตัวอย่าง ณ ตำแหน่งศึกษา 6 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งลึกประมาณ 4- 6 เมตร จากการสำรวจทางด้านสิลาบรรณในภาคสนามในทุกตำแหน่งศึกษา สามารถแบ่งช่วงระดับการผุพังได้ตั้งแต่ระดับ extremely ถึง slightly โดยสามารถแบ่งชั้นได้คร่าวๆ 4 ชั้น ได้แก่ชั้น structureless soil horizon (ลึก 0 – 1.5 เมตร) extremely weathered horizon (ลึก 1.5 – 3 เมตร) highly weathered horizon (ลึก 3 – 4.5 เมตร) และ moderately weathered horizon (ลึก 4.5 – 6 เมตร) และหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษามีลักษณะที่แตกต่างกันไป และหินแกรนิตบางส่วนได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยเก็บตัวอย่างเรโกลิททั้งหมด 57 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินแกรนิตสด และหินแกรนิตผุ 39 ตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุหายากด้วย ICP-MS ซึ่งผล ΣREE ที่ได้ เท่ากับ 352 ppm, 454 ppm, 437 ppm, 346 ppm and 450 ppm ใน structureless soil horizon extremely weathered horizon highly weathered horizon moderately weathered horizon และหินแกรนิตผุน้อยที่สุดตามลำดับ และอัตราส่วนระหว่าง $\Sigma\text{HREE}/\Sigma\text{LREE}$ อยู่ในช่วง 0.022 ถึง 0.286 ใน structureless soil horizon 0.016 - 0.247 ใน extremely weathered horizon 0.0196 - 0.23 ใน highly weathered horizon 0.02 - 0.226 ใน moderately weathered horizon และ 0.045 – 1.0 ในหินแกรนิตที่ผุพังน้อยที่สุด

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น ΣREE จะเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และมีมากที่สุดหินแกรนิตที่ผุพังน้อยที่สุดเนื่องจากการชะล้างด้วยกรด ผู้ศึกษาคาดว่าอัตราส่วนของ $\Sigma\text{HREE}/\Sigma\text{LREE}$ จะมีค่าสูงเมื่อหินแกรนิตและหินผุคงสภาพมีแร่ kaolinite อยู่ภายใน อย่างไรก็ตามหินแกรนิตในพื้นที่บางส่วนไม่ได้ถูกกระบวนการ kaolinization แต่ถูกกระบวนการ greissenization ซึ่งทำให้อัตราส่วนของ $\Sigma\text{HREE}/\Sigma\text{LREE}$ มีค่าต่ำ ซึ่งไม่มีศักยภาพของธาตุหายากต่อการนำมาเปรียบเทียบปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิต และหินผุคงสภาพ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษา XRD เพิ่มเติมในภายหลังเพื่อบ่งบอกว่าหินแกรนิต และเรโกลิทในพื้นที่บริเวณนี้ผุพังจากกระบวนการ Kaolinization หรือ Greissenization

คำสำคัญ: หินแกรนิต, หินผุคงสภาพ, ธาตุหายาก, การคงทนต่อการผุพัง, การชะล้างด้วยกรด, จังหวัดระนอง

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
Abstract	ข
บทคัดย่อ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 ความสำคัญของโครงการ	1
บทนำ (Introduction)	2
วัตถุประสงค์ (Objective)	2
ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)	3
พื้นที่ศึกษา (Location)	3
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)	6
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	10
บทที่ 3 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล	13
ตำแหน่งและพิกัดการเก็บตัวอย่าง SDR01	14
ผลการศึกษาทางกายภาพของตำแหน่งศึกษา	14
ผลการวิเคราะห์เคมีโดยพลาสมา (ICP-MS)	19
บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา	41
อภิปรายผลการศึกษา (Discussion)	42
สรุปผลการศึกษา (Conclusion)	43
ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	45

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 - 1 ภาพถ่ายจากดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษาในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระนอง จาก Google Earth	4
รูปที่ 1 - 2 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดระนอง บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระนอง โดยมีจุดดาวสีดำ เป็นตำแหน่งพื้นที่ศึกษา (ดัดแปลงมาจาก กรมทรัพยากรธรณี, 2007)	5
รูปที่ 1 - 3 จำแนกกลุ่มของธาตุหายากน้ำหนักเบาและธาตุหายากน้ำหนักมากตามการแบ่งของ AIST ปี 2010	6
รูปที่ 1 - 4 แนวแหล่งแร่ดีบุกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แผนที่ประเทศ โดยแบ่งแนว หินแกรนิตเป็น 3 แนว ได้แก่แนวหินแกรนิตตะวันออก แนวหินแกรนิตตอนกลาง และแนวหินแกรนิตตะวันตก ในสีเขียวคือพื้นที่ศึกษาในจังหวัดระนอง (ดัดแปลงจาก Cobbing et al., 1992)	7
รูปที่ 1 - 5 รูปแบบแหล่งแร่หายากในประเทศไทย (Charusiri et al., 2006)	8
รูปที่ 1 - 6 บ่อพักแร่ดินขาว บ้านบังสาตี่ ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง	9
รูปที่ 3 - 1 ภาพถ่ายจากดาวเทียมจาก Google Earth จุดสีแดงแสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษา SDR01	14
รูปที่ 3 - 2 ภาพหน้าดินในตำแหน่งศึกษา SDR01 โดยแบ่งช่วงได้ตั้งภาพ และ Ideal stratigraphic modeling ของตำแหน่งศึกษา	15
รูปที่ 3 - 3 ลักษณะของ Structureless soil ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนาประมาณ 1.5 เมตร	16
รูปที่ 3 - 4 ลักษณะของ Extremely weathered granitic rock (without structure) ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนาประมาณ 1.5 เมตร	16
รูปที่ 3 - 5 ลักษณะของ Extremely weathered granitic rock (with structure) ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนาประมาณ 1 เมตร	17
รูปที่ 3 - 6 ลักษณะของ Weathered pegmatite vein ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนา ประมาณ 0.5 เมตร	17
รูปที่ 3 - 7 ลักษณะของ Highly weathered granitic rock ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนา ประมาณ 2 เมตร	18
รูปที่ 3 - 8 ตัวอย่างจากตำแหน่งศึกษา SDR01 โดยเก็บทุกๆ ช่วงระดับความลึก 0.5 เมตร จำนวน 13 ตัวอย่าง	18
รูปที่ 3 - 9 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total rare earth element ในแร่โกลิท กับระดับความลึก	22
รูปที่ 3 - 10 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total light rare earth element ในแร่โกลิท กับระดับความลึก	23
รูปที่ 3 - 11 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total heavy rare earth element ในแร่โกลิท กับ ระดับความลึก	24

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3 - 12 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total rare earth element ในตะกอนดินเหนียวจาก การคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท กับระดับความลึก	28
รูปที่ 3 - 13 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total light rare earth element ในตะกอนดินเหนียว จากการคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท กับระดับความลึก	29
รูปที่ 3 - 14 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total heavy rare earth element ในตะกอนดินเหนียว จากการคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท กับระดับความลึก	30
รูปที่ 3 - 15 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total rare earth element ในแร่โคลิท และในตะกอน ดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท กับระดับความลึก	31
รูปที่ 3 - 16 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total light rare earth element ในแร่โคลิท และใน ตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท กับระดับความลึก	32
รูปที่ 3 - 17 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total heavy rare earth element ในแร่โคลิท และใน ตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท กับระดับความลึก	33
รูปที่ 3 - 18 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิต กับแร่โคลิท (Structureless soil)	34
รูปที่ 3 - 19 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างแร่โคลิท กับ ตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท (Structureless soil)	34
รูปที่ 3 - 20 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิต กับแร่โคลิท (Extremely weathered granitic rock - without structure)	35
รูปที่ 3 - 21 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างแร่โคลิท กับ ตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท (Extremely weathered granitic rock - without structure)	35
รูปที่ 3 - 22 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิต กับแร่โคลิท (Extremely weathered granitic rock - with structure)	36
รูปที่ 3 - 23 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างแร่โคลิท กับ ตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท (Extremely weathered granitic rock - with structure)	36
รูปที่ 3 - 24 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิต กับแร่โคลิท (Highly weathered granitic rock)	37
รูปที่ 3 - 25 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างแร่โคลิท กับ ตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โคลิท (Highly weathered granitic rock)	37

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3 – 26 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิตผุ กับเรโกลิท (Weathered pegmatite vein)	38
รูปที่ 3 - 27 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างเรโกลิท กับ ตะกอนดินเหนียวจากการค้ำขนาดตะกอนในเรโกลิท (Weathered pegmatite vein)	38
รูปที่ 4 - 1 Greissen จากพื้นที่ตำบลบางรีน อำเภอมือง จังหวัดระนอง	43

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3 - 1 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างแร่โกลิท 13 ตัวอย่าง และหินแกรนิตผุ จากพื้นที่ศึกษา ตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (SDR01)	21
ตาราง 3 - 2 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างตะกอนดินเหนียวจากการัดขนาดตะกอนในแร่โกลิทด้วย เครื่องมือ Wet Mechanical shaker 13 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (SDR01)	27
ตาราง 5 - 1 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างแร่โกลิท 11 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (SDR02)	46
ตาราง 5 - 2 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างแร่โกลิท 10 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินแกรนิตสด 2 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง	47
ตาราง 5 - 3 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างตะกอนดินเหนียวจากการัดขนาดตะกอนในแร่โกลิทด้วย เครื่องมือ Wet Mechanical shaker 10 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (HSPR01)	48
ตาราง 5 - 4 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างแร่โกลิท 9 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินแกรนิตสด 2 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (HSPR02)	49
ตาราง 5 - 5 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างแร่โกลิท 6 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินแกรนิตสด 3 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลบางรีน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (BRR01)	50
ตาราง 5 - 6 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างแร่โกลิท 9 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินแกรนิตสด 3 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลบางรีน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (BRR02)	51
ตาราง 5 - 7 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างตะกอนดินเหนียวจากการัดขนาดตะกอนในแร่โกลิทด้วย เครื่องมือ Wet Mechanical shaker 9 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลบางรีน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (HSPR01)	52

บทที่ 1 ความสำคัญของโครงการ

- บทนำ (Introduction)
- วัตถุประสงค์ (Objective)
- ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)
- พื้นที่ศึกษา (Location)
- ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

บทที่ 1 ความสำคัญของโครงการ

บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันความต้องการของธาตุหายากเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีมีเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะธาตุหายากน้ำหนักมาก เช่น terbium (Tb) และ dysprosium (Dy) ซึ่งมีความสำคัญมากในการนำมาใช้ผลิตแม่เหล็กถาวร

ธาตุหายาก (Rare earth elements) พบได้ใน แร่หนัก เช่น โมนาไซต์ (monazite) ซีโนไทม์ (xenotime) และ เซอร์คอน (zircon) โดยมักเกิดเป็นแร่รองในหินแกรนิตชนิด S-Type (Ishihara, 1981) ซึ่งสัมพันธ์กับแหล่งแร่ดีบุก ทังสแตน ในแนวหินแกรนิตทางตะวันตกของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อายุประมาณ 80 ถึง 50 ล้านปี (ปลายยุค Cretaceous ถึงต้นยุค Paleogene) จากการหาอายุโดยใช้ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ในหินแกรนิต (Charusiri et al., 1993) โดยรูปแบบการเกิดแหล่งธาตุหายากในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบด้วยกันคือแหล่งแร่ปฐมภูมิ (primary deposits) และแหล่งแร่ทุติยภูมิ (secondary deposits) แหล่งแร่ปฐมภูมิ คือแหล่งแร่ที่มีธาตุหายากร่วมกับแร่ดีบุก แร่พลูมไมต์ ซึ่งสัมพันธ์กับหินแกรนิต หินเพกมาไทต์ สายแร่ควอตซ์ และหินสการ์น และแหล่งแร่ปฐมภูมิคือแหล่งแร่ที่มีแร่หนักจากการผุพังของหินเดิมสะสมตัวอยู่ในปริมาณสูง เช่นบริเวณตะกอนน้ำพา (alluvial deposits) บริเวณตะกอนชายฝั่ง (near and offshore deposits) และบริเวณที่มีการสะสมตัวอยู่กับที่ (residual deposits) (Charusiri et al., 2006) โดยจากการศึกษาของ Wu และคณะปี 1990 ได้ทำการศึกษาในพื้นที่มณฑลลอนาน ทางตอนใต้ของประเทศจีนพบว่าธาตุหายากน้ำหนักมากจะสะสมตัวอยู่มากในพื้นที่ที่มีศักยภาพให้แหล่งแร่ดินขาวในพื้นที่หินแกรนิตที่มีการผุพังและสะสมตัวอยู่กับที่ ในเขตร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร

จึงเป็นที่มาของงานวิจัยร่วมกับกรมทรัพยากรธรณี เพื่อศึกษาและหาพื้นที่ที่มีรูปแบบการผุพังของหินแกรนิตและสะสมตัวอยู่กับที่ซึ่งมีศักยภาพให้ธาตุหายากชนิดน้ำหนักมากในปริมาณสูง เพื่อตอบสนองความต้องการ จากความเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมเหล่านี้

วิธีการศึกษาจะนำตัวอย่างดินโคลน หินแกรนิตผุ และหินแกรนิตสด มาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุหายากโดยใช้เครื่องมือ ICP-MS โดยการศึกษาจะเปรียบเทียบปริมาณธาตุหายากในเรโกลิธ (Regolith) และหินสดทั้งหมด 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลทรายแดง ตำบลหาดส้มแป้น และตำบลบางรีน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับไอออนของแร่ดิน อันเป็นประโยชน์ต่อการสำรวจแหล่งแร่หายาก และการส่งออกในประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์ (Objective)

1. เพื่อศึกษาธรณีเคมีพื้นที่แหล่งแร่ที่ให้ธาตุหายากชนิดน้ำหนักมากในปริมาณสูง
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุหายากในเรโกลิธที่เกิดจากการผุพังของหินแกรนิต (Granitic regolith) ตะกอนดินเหนียว (clay) จากเรโกลิธที่เกิดจากการผุพังของหินแกรนิต และหินแกรนิตสด (Fresh granitic rock)

3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุหายากในแร่โอลิทีที่เกิดจากการผุพังของหินแกรนิต ในแต่ละระดับการผุพัง

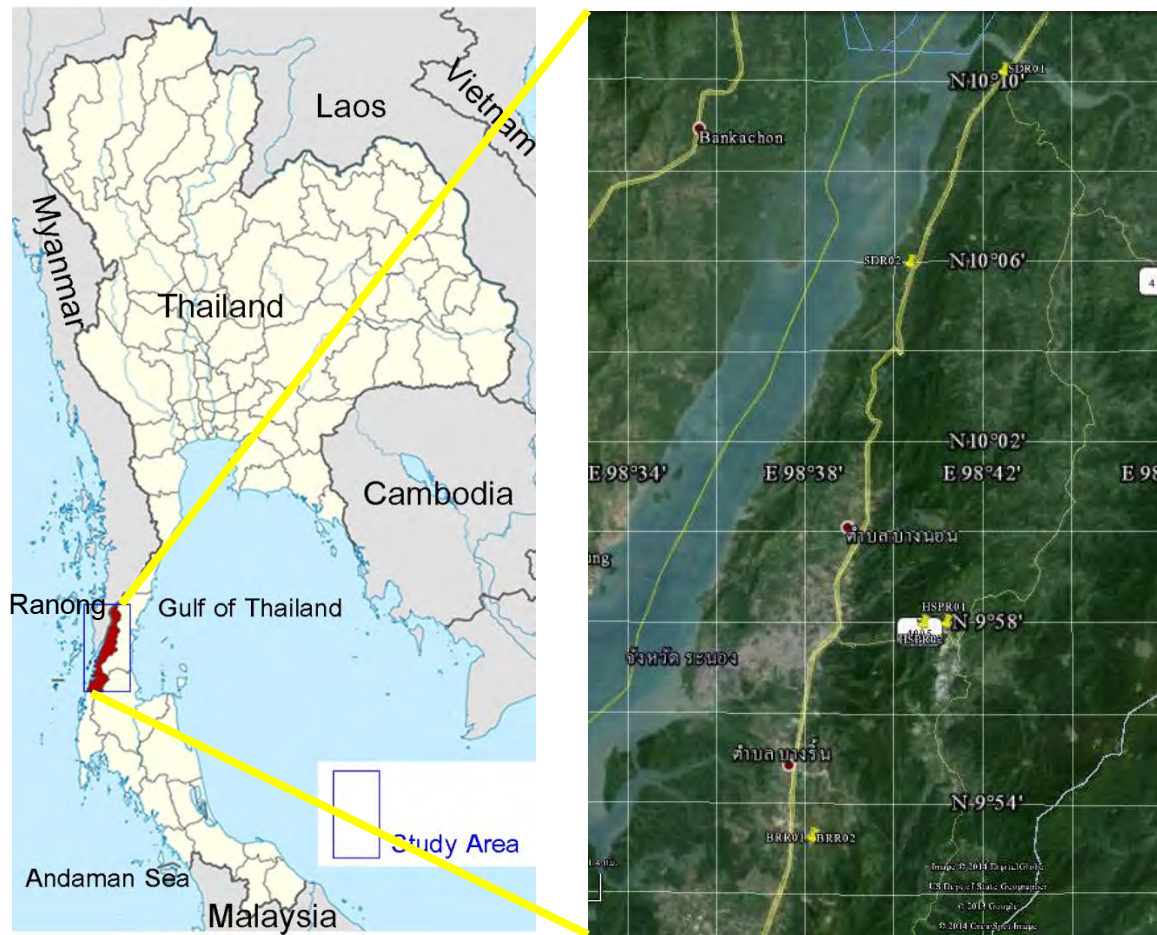
ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)

การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างตามระดับการผุพังของหินแกรนิต หินแกรนิตสด เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ธรณีเคมีด้วยเครื่อง ICP-MS โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ

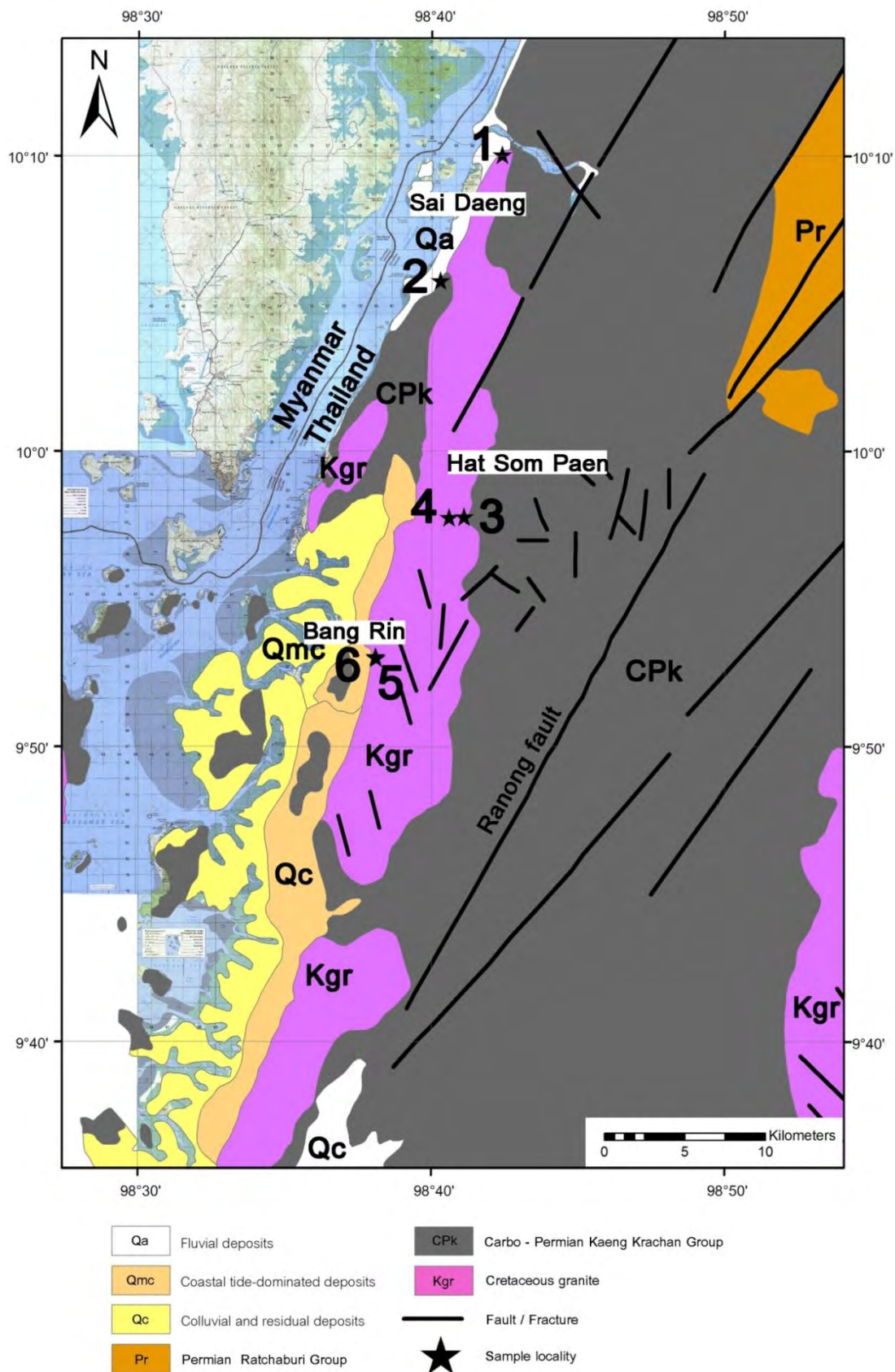
1. ข้อมูลภาคสนามได้แก่การเก็บข้อมูลช่วงระดับความรุนแรงของการผุพัง (zone of weathering degree) ข้อมูลโครงสร้างทุติยภูมิ (secondary structure) และข้อมูลลิทวิทยาหิน (lithology)
2. ศึกษาธรณีเคมีธาตุหายากในกลุ่มแลนทาไนด์ทั้งหมด 14 ตัวไม่รวมธาตุโพรมีเทียม (Pm : Promethium) ในแร่โอลิทีตามระดับความรุนแรงของการผุพังของหินแกรนิต และหินแกรนิตสด และตะกอนดินเหนียวไม่จำแนกชนิดจากการคัดขนาดตะกอนตัวอย่างแร่โอลิทีในแต่ละช่วงของการผุพัง เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณธาตุหายากระหว่างหินแกรนิตสดกับในแร่โอลิทีตามระดับความรุนแรงของการผุพังของหินแกรนิต และเปรียบเทียบปริมาณธาตุหายากระหว่างแร่โอลิทีตามระดับความรุนแรงของการผุพังของหินแกรนิตกับตะกอนดินเหนียวไม่จำแนกชนิดจากการคัดขนาดตะกอนตัวอย่างแร่โอลิทีในแต่ละช่วงของการผุพัง

พื้นที่ศึกษา (Location)

พื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณเหมืองแร่ดินขาว อำเภอเมือง จังหวัดระนอง มีจุดศึกษาทั้งหมด 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลทรายแดง ตำบลหาดส้มแป้น และตำบลบางรี้น โดยมีจุดเก็บตัวอย่างตำบลละ 2 ท้องร่อง (trenches) โดยพื้นที่ศึกษาอยู่บนแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทยมาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 4729 III (บ้านทรายแดง) ระวัง 4728 I (กิ่งอำเภอพะโต๊ะ) และระวัง 4728 IV (จังหวัดระนอง) ดัดแปลงจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่ 1-RTSD โดยกรมแผนที่ทหาร



รูปที่ 1 - 1 ภาพถ่ายจากดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษาในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระนองจาก Google Earth



รูปที่ 1 - 2 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดระนอง บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระนอง โดยมีจุดดาวสีดำเป็นตำแหน่งพื้นที่ศึกษา (ดัดแปลงมาจาก กรมทรัพยากรธรณี, 2007)

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

Charusiri et al. (2006) ธาตุหายากส่วนมากในประเทศไทย พบในแร่โมนาไซต์ ซีโนไทม์ และไมโครโคลน ซึ่งมักพบในแหล่งแร่ดีบุกและทังสแตน โดยแบ่งเป็นแหล่งแร่ปฐุมภูมิและแหล่งแร่ทุติยภูมิ

แหล่งแร่ปฐุมภูมิได้แก่ ในหินแกรนิต สายแร่ควอตซ์ หินเพกมาไทต์ และหินสการ์น

แหล่งแร่ทุติยภูมิได้แก่ลานแร่ บริเวณชายหาด หรือนอกชายฝั่ง และบริเวณที่มีการผุพังของแกรนิต

ซึ่งพื้นที่ที่มีศักยภาพในการฟื้นฟูหาแหล่งแร่หายากได้แก่ จังหวัดระนอง, ภูเก็ต, พังงา, อุทัยธานี กาญจนบุรี-ราชบุรี, เพชรบุรี-ประจวบคีรีขันธ์-ชุมพร, สุราษฎร์ธานี-นครศรีธรรมราช, สงขลา-ยะลา และลำปาง

Imai et al. (2012) ได้ศึกษาพื้นที่บริเวณตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง และบ้านนกสูก ตำบลเหล อ.ตะกั่วป่า จังหวัดพังงา พบว่าหินแกรนิตที่ติดกับสายแร่ดีบุก โดยจัดทำกราฟ Chondrite – normalized rare earth element plots ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างหินแกรนิตสด กับหินแกรนิตผุ และเปรียบเทียบระหว่างหินแกรนิตที่ผุจากสายแร่ร้อน สายแร่ดินขาว และแร่ดินขาวจากการคัดขนาด ตะกอนจากหินแกรนิตผุ ซึ่งผลที่ได้คือปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิตผุโดยรวมสูงกว่าในหินแกรนิตสด และในแร่ดินขาวมีปริมาณธาตุหายากโดยรวมสูง โดยเฉพาะสายแร่ดินขาวมีปริมาณธาตุหายากน้ำหนักมาสูงกว่าธาตุหายากน้ำหนักเบา

McDonough and Sun (1995) ได้ทำการหาปริมาณธาตุหายากในหินอุกกาบาต (chondrite) เป็นค่าอ้างอิงปริมาณธาตุหายากในหินแกรนิตบนโลก เพื่อจัดทำ Chondrite-normalized REE pattern ดังนี้

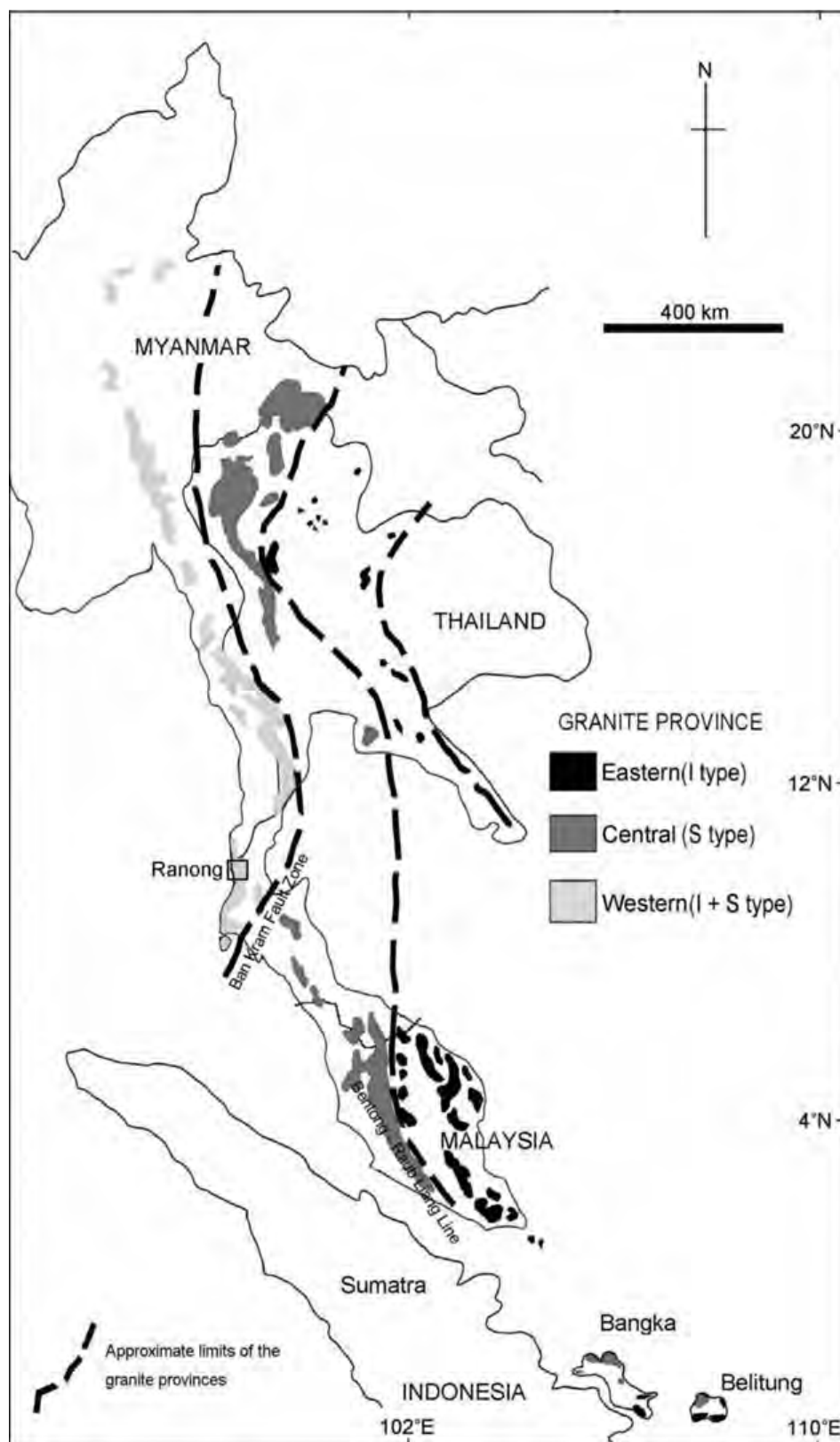
La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	La
(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
0.237	0.613	0.0928	0.457	0.148	0.0563	0.199	0.0361	0.246	0.0546	0.16	0.0247	0.161	0.0246	0.237

AIST (2000) ธาตุหายาก (Rare earth elements) คือธาตุในกลุ่มกลุ่มแลนทาไนด์ (Lanthanide series) ทั้งหมด 15 ธาตุได้แก่แลนทานัม (La : Lanthanum), ซีเรียม (Ce : Cerium), เพรซีโอดีเมียม (Pr : Praseodymium), นีโอดีเมียม (Nd : Neodymium), โพรมีเทียม (Pm : Promethium), ซาแมเรียม (Sm : Samarium), ยูโรเพียม (Eu : Europium), แกโดลิเนียม (Gd : Gadolinium), เทอร์เบียม (Tb : Terbium), ดิสโพรเซียม (Dy : Dysprosium), โฮล์เมียม (Ho : Holmium), เออร์เบียม (Er : Erbium), ทูเลียม (Tm : Thulium), อิตเทอร์เบียม (Yb : Ytterbium) และ ลูทีเทียม (Lu : Lutetium) โดยแบ่งกลุ่มของธาตุเป็นธาตุหายากน้ำหนักเบา (LREEs : Light Rare Earth Elements) กับธาตุหายากน้ำหนักมาก (HREEs : Heavy Rare Earth Elements) ดังภาพ

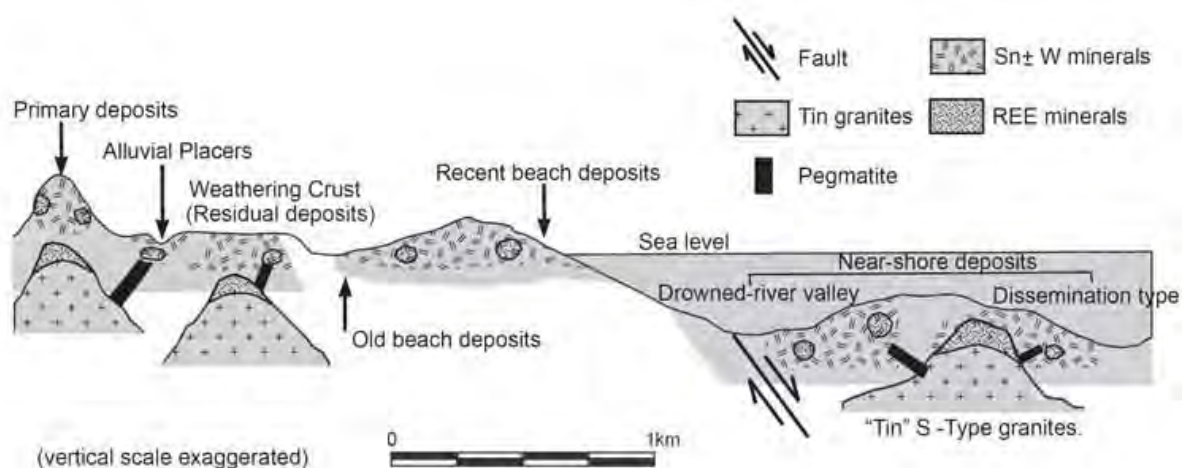
Atomic number	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Crustal abundance (ppm)	La	Ce	Pr	Nd	Pm*	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	16	33	3.9	16	—	3.5	1.1	3.3	0.60	3.7	0.78	2.2	0.32	2.2	0.30
	Light rare earth elements (LREE)							Heavy rare earth elements (HREE)							

* Pm is not included as it does not exist in nature.

รูปที่ 1 - 3 จำแนกกลุ่มของธาตุหายากน้ำหนักเบาและธาตุหายากน้ำหนักมากตามการแบ่งของ AIST ปี 2010



รูปที่ 1 - 4 แนวแหล่งแร่ดีบุกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แผนที่ประเทศ โดยแบ่งแนวหินแกรนิตเป็น 3 แนว ได้แก่แนวหินแกรนิตตะวันออก แนวหินแกรนิตตอนกลาง และแนวหินแกรนิตตะวันตก ในสี่เหลี่ยมคือ พื้นที่ศึกษาในจังหวัดระนอง (ดัดแปลงจาก Cobbing et al., 1992)



รูปที่ 1 - 5 รูปแบบแหล่งแร่หายากในประเทศไทย (Charusiri et al., 2006)

เกณฑ์การแบ่งชั้นตัวอย่าง (ดัดแปลงจาก Chualaowanich, 2013)

S = structureless soil to extremely weathered rock strata without trace of original rock structure remained and containing iron concentration spots < 10% by area

EWR (without structure) = extremely weathered rock strata without trace of original rock structure remained and containing iron concentration spots > 10% by area

EWR (with structure) = extremely weathered rock strata with structure faintly remained but identifiable (iron concretion may or may not be developed)

HWR = highly weathered rock strata with identifiable structure remained (iron concretion may or may not be developed)

MWR-HWR = moderately to highly weathered rock strata but original rock type may ambiguously be identified (iron concretion may or may not be developed) and can be dug without too much effort

MWR = moderately weathered rock strata that original rock type is identifiable with confidence and can be dug with effort

SWR (weathered rock) = hard, slightly weathered rock strata that original rock type is identifiable with confidence



รูปที่ 1 - 6 บ่อพักแร่ดินขาว บ้านบางสังคี ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอมือง จังหวัดระนอง

บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย

บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

1. ขั้นการวางแผนการดำเนินงาน

รวบรวมและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้านธรณีวิทยาจังหวัดระนอง รูปแบบการเกิดแหล่งแร่ วิธีการสำรวจ การศึกษาในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ธรณีเคมี และการประมวลผลข้อมูล และเปรียบเทียบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน และกำหนดจุดประสงค์ และขอบเขตการศึกษา รวมทั้งระยะเวลาและวิธีการดำเนินโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษาในการปฏิบัติงาน

2. ขั้นการดำเนินงาน

2.1) การศึกษาภาคสนาม

วางแผนการสำรวจภาคสนามโดยกำหนดจุดศึกษา โดยเลือกพื้นที่ที่เป็นหินแกรนิตและมีการทำเหมืองแร่ดินขาวใน 3 ตำบล อำเภอเมือง จังหวัดระนอง ได้แก่ ตำบลทรายแดง ตำบลหาดส้มแป้น และตำบลบางรี อำเภอเมือง จังหวัดระนอง พื้นที่ละ 2 ตำแหน่ง รวม 6 ตำแหน่ง เก็บรวบรวมข้อมูลสิลาวรรณ ปริมาณแร่ที่อยู่ในดินแต่ละช่วงระดับการผุพัง และตัวอย่างดิน (top soil) และหินผุคงสภาพ (saprolite) โดยแบ่งตามระดับช่วงความรุนแรงของการผุพัง หินแกรนิตสด (fresh granitic rock) หินแกรนิตผุ (weathered granitic rock) ในแต่ละจุดศึกษา เพื่อนำมาศึกษาธรณีเคมี โดยได้ตัวอย่างทั้งหมด 57 ตัวอย่าง weathered crust และ 39 ตัวอย่างหินแกรนิตสด และหินแกรนิตผุ พร้อมบันทึกตำแหน่ง UTM Grid reference ของจุดศึกษา

2.2) การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

คัดแยกขนาดตะกอนขนาดดินเหนียวด้วยเครื่องมือ Mechanical shaker จากตัวอย่างดิน และหินผุคงสภาพ ทั้งหมด 57 ตัวอย่าง และส่งตัวอย่างตะกอนขนาดดินเหนียวอบแห้งไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุหายากด้วยเครื่อง ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry) ที่ศูนย์วิจัยและห้องปฏิบัติการ Lakefield ประเทศแคนาดา

3. วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

2.1) นำผลการวิเคราะห์เคมีมาจัดทำปริมาณธาตุหายากรวม (Total rare earth elements) ธาตุหายากน้ำหนักเบา (Total light rare earth elements) และธาตุหายากน้ำหนักมาก (Total heavy rare earth elements) ในแต่ละระดับความลึก เพื่อดูแนวโน้มและปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณธาตุหายากในแต่ละระดับความลึก และระดับความผุพัง

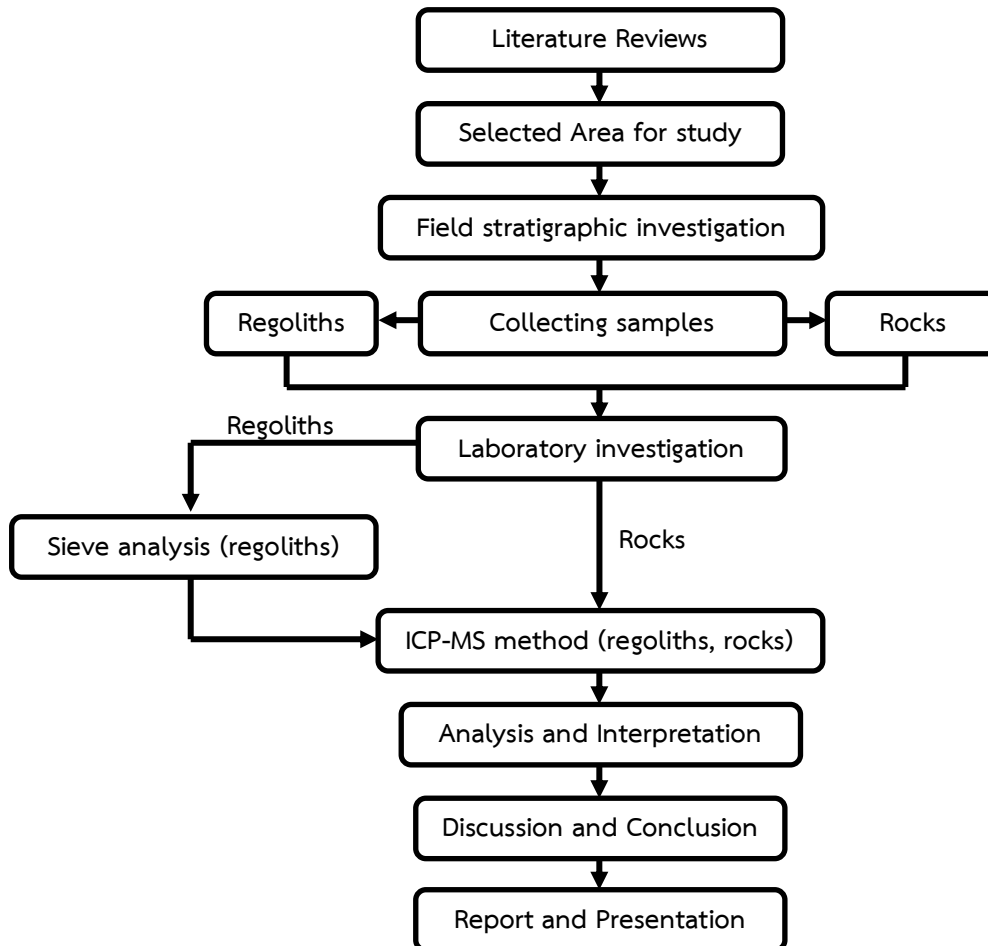
2.2) นำผลการวิเคราะห์เคมีมาจัดทำกราฟ Chondrite - normalized rare earth elements โดยอ้างอิงปริมาณธาตุหายากในอุกกาบาตของ McDonough and Sun (1995) และนำมาเปรียบเทียบกราฟ 2 รูปแบบ ในแต่ละระดับความรุนแรงของการผุพังได้แก่

3.2.1) เปรียบเทียบกราฟระหว่างธาตุหายากแต่ละธาตุในหินแกรนิตสด หินแกรนิตผุ สายแร่ psilomelane และเรโกลิท

3.2.2) เปรียบเทียบกราฟระหว่างธาตุหายากแต่ละธาตุในเรโกลิท และตะกอนดินเหนียวที่สกัดออกมาจากเรโกลิท

4. อภิปรายผล และสรุปผลการศึกษา
5. เขียนรายงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



บทที่ 3 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

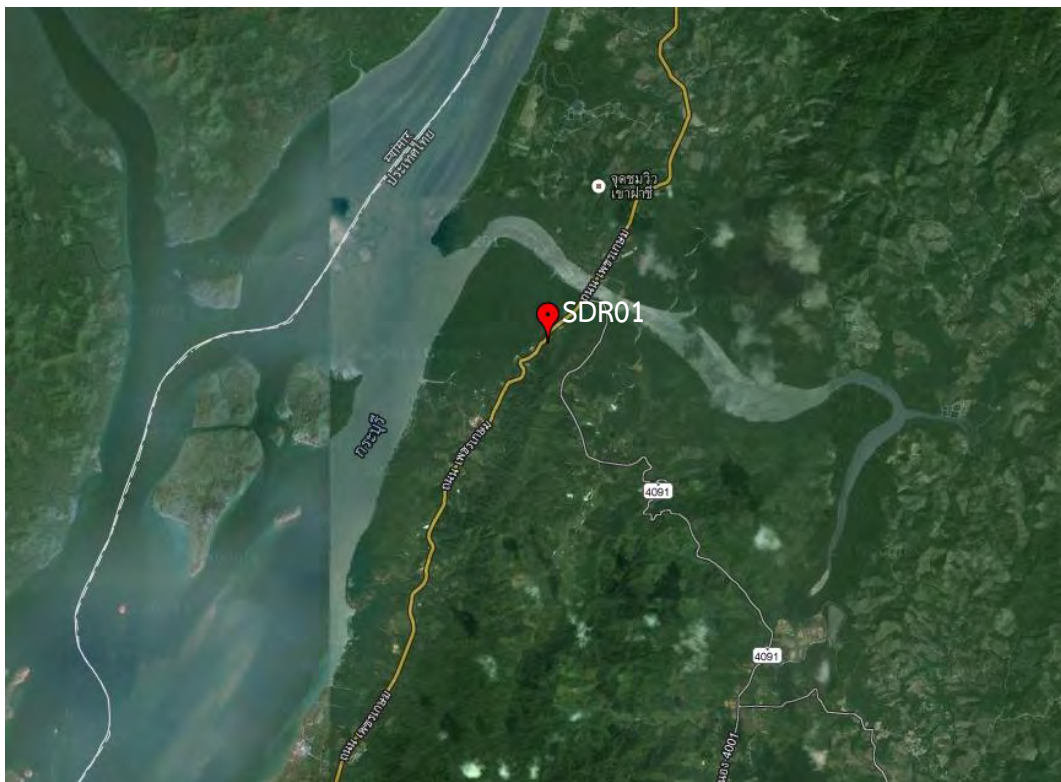
- ตำแหน่งและพิกัดการเก็บตัวอย่าง SDR01
- ผลการศึกษาทางกายภาพของตำแหน่งศึกษา
- ผลการวิเคราะห์เคมีโดยพลาสมา (ICP-MS)

บทที่ 3 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

➤ ตำแหน่งและพิกัดการเก็บตัวอย่าง SDR01

ตำแหน่ง : ตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง

พิกัด : Lat : 10°10'2.4924" N
Long : 98°42'24.5114" E



รูปที่ 3 - 1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม จุดสีแดงแสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษา SDR01

ระดับความลึกของท้องร่อง : 6.5 เมตร

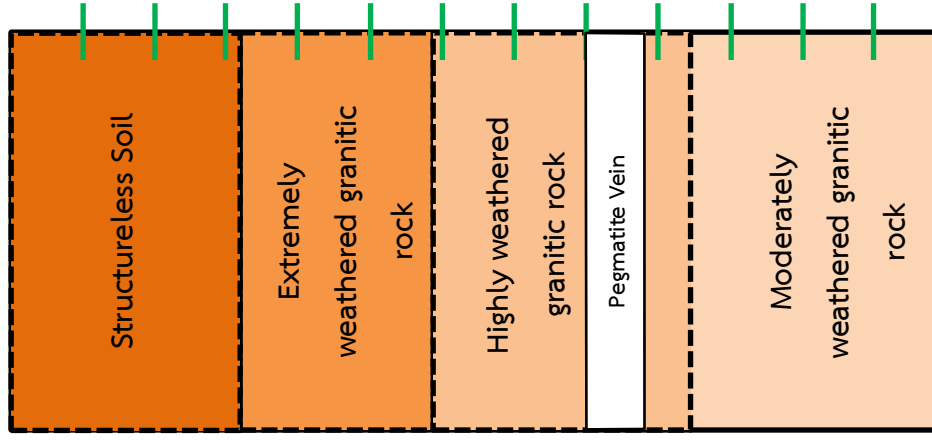
จำนวนตัวอย่าง : เรโกลิท 13 ตัวอย่าง หินแกรนิตผุ 1 ตัวอย่าง (เก็บตัวอย่างทุกความลึก 0.5 เมตร)

➤ ผลการศึกษาทางกายภาพของตำแหน่งศึกษา

จากการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามสามารถแบ่งช่วงชั้นระดับการผุพังได้ 4 ช่วงดังนี้

- Structureless soil horizon : 0 – 1.5 เมตร
- Extremely weathered horizon (without structure) : 1.5 – 3 เมตร
- Extremely weathered horizon (with structure) : 3 – 4.5 เมตร
- Highly weathered horizon : 4.5 – 6.5 เมตร

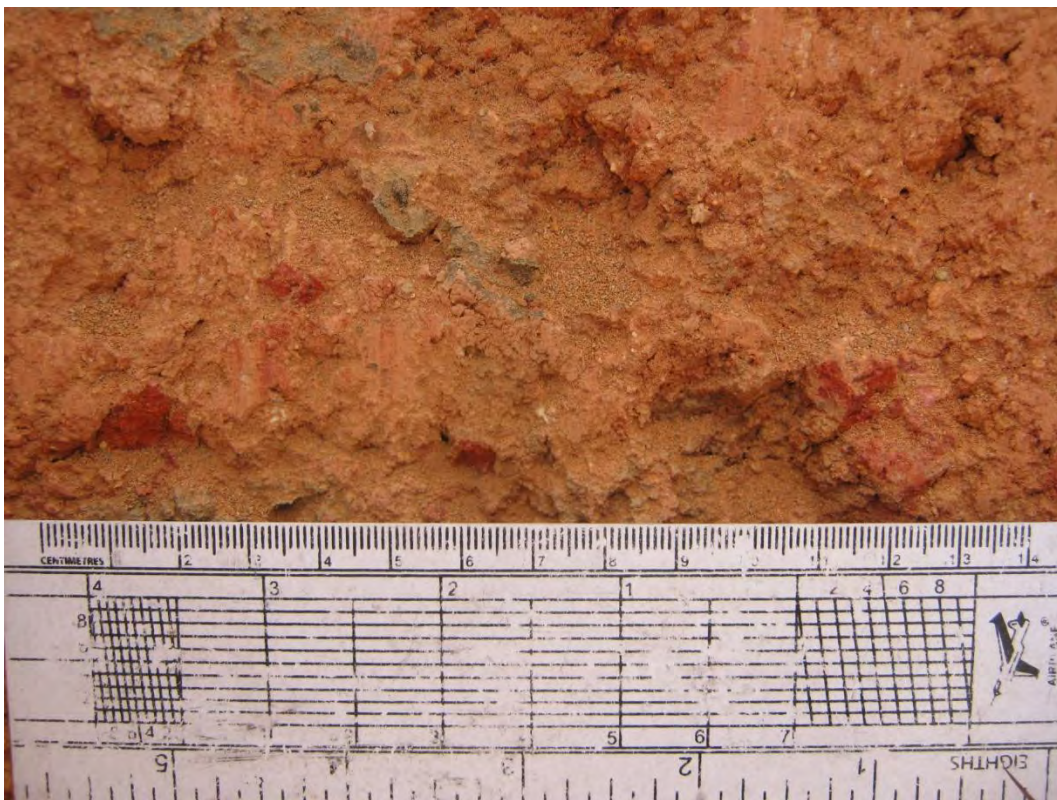
โดยมีสายเพกมาไทต์ (pegmatite vein) แทรกตัดหินในท้องถิ่น (country rock) ในชั้น Extremely weathered horizon (with structure) ที่ระดับความลึก 4 เมตร หนาประมาณ 0.4 เมตร



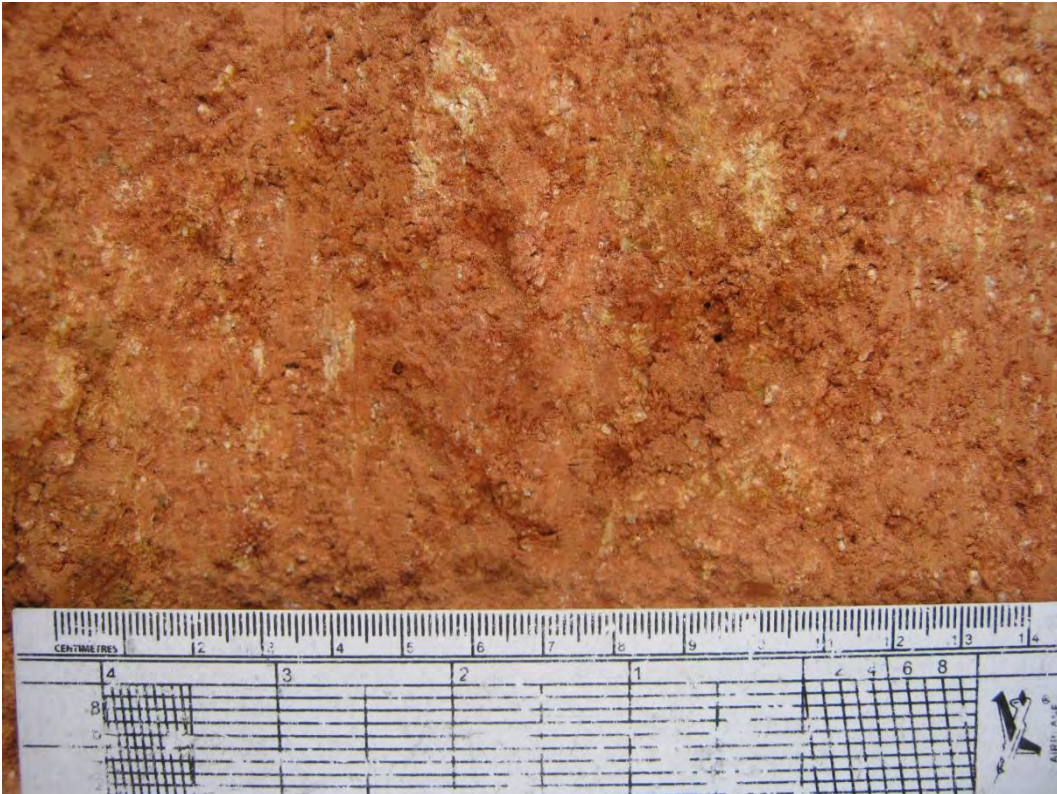
รูปที่ 3 - 2 ภาพหน้าดินในตำแหน่งศึกษา SDR01 โดยแบ่งช่วงได้ดังภาพ และ Ideal stratigraphic modeling ของตำแหน่งศึกษา



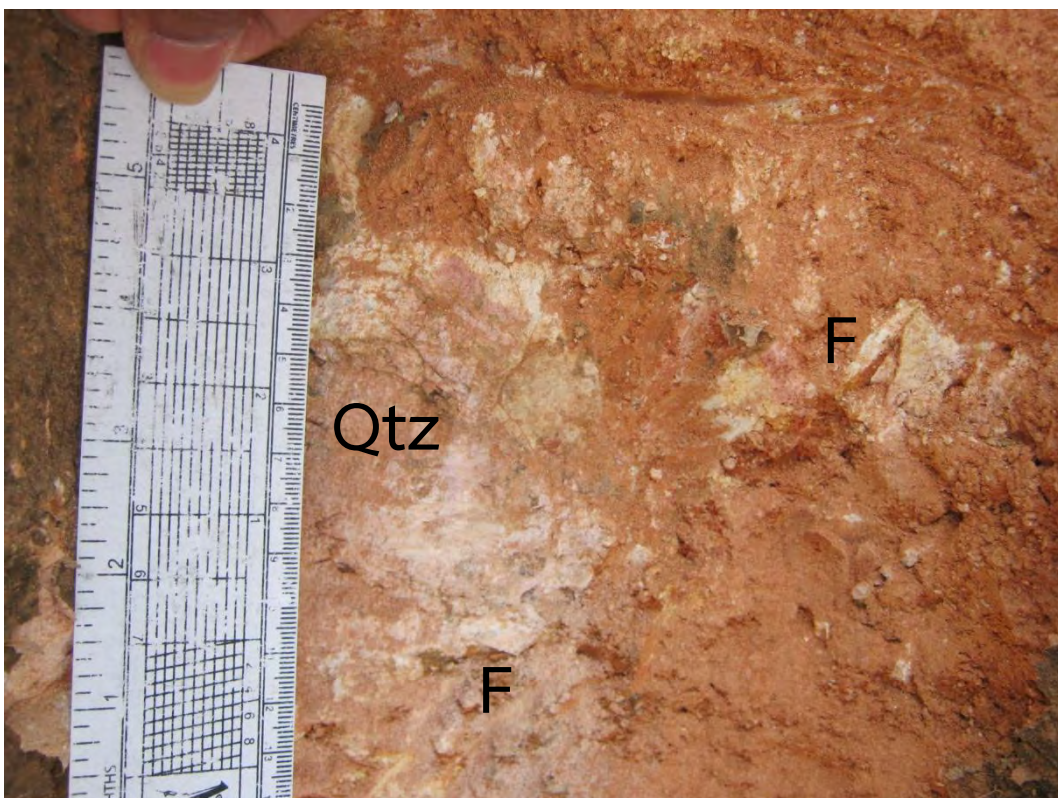
รูปที่ 3 - 3 ลักษณะของ Structureless soil ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนาประมาณ 1.5 เมตร



รูปที่ 3 - 4 ลักษณะของ Extremely weathered granitic rock (without structure) ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนาประมาณ 1.5 เมตร



รูปที่ 3 - 5 ลักษณะของ Extremely weathered granitic rock (with structure) ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนาประมาณ 1 เมตร



รูปที่ 3 - 6 ลักษณะของ Weathered pegmatite vein ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนาประมาณ 0.5 เมตร



รูปที่ 3 - 7 ลักษณะของ Highly weathered granitic rock ณ จุดศึกษา SDR01 มีความหนาประมาณ 2 เมตร



รูปที่ 3 - 8 ตัวอย่างจากตำแหน่งศึกษา SDR01 โดยเก็บทุกๆ ช่วงระดับความลึก 0.5 เมตร จำนวน 13 ตัวอย่าง

➤ ผลการวิเคราะห์เคมีโดยพลาสมา (ICP-MS)

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างเป็นแร่โกลิธ (in situ regolith) 13 ตัวอย่าง ด้วยเครื่องมือ ICP-MS ได้ผลดังนี้

■ In situ regolith : 13 ตัวอย่าง

Σ REE	:	437 - 770 ppm
Σ LREE	:	424 - 755 ppm
Σ HREE	:	7 - 25 ppm
Average Σ REE	:	580 ppm
Average Σ LREE	:	560 ppm
Average Σ HREE	:	20 ppm
Σ HREE/ Σ LREE	:	0.036

■ Structureless Soil : 3 ตัวอย่าง

Σ REE	:	437 - 461 ppm
Σ LREE	:	418 - 447 ppm
Σ HREE	:	14 - 19 ppm
Average Σ REE	:	448 ppm
Average Σ LREE	:	432 ppm
Average Σ HREE	:	16 ppm
Σ HREE/ Σ LREE	:	0.037

■ Extremely weathered granitic rock (without structure) : 3 ตัวอย่าง

Σ REE	:	491 - 553 ppm
Σ LREE	:	476 - 538 ppm
Σ HREE	:	14 - 15 ppm
Average Σ REE	:	529 ppm
Average Σ LREE	:	514 ppm
Average Σ HREE	:	15 ppm
Σ HREE/ Σ LREE	:	0.029

■ **Extremely weathered granitic rock (with structure) : 2 ตัวอย่าง**

Σ_{REE}	:	566 – 576 ppm
Σ_{LREE}	:	548 – 563 ppm
Σ_{HREE}	:	13 – 17 ppm
Average Σ_{REE}	:	571 ppm
Average Σ_{LREE}	:	556 ppm
Average Σ_{HREE}	:	15 ppm
$\Sigma_{\text{HREE}}/\Sigma_{\text{LREE}}$:	0.027

■ **Highly weathered granitic rock : 4 ตัวอย่าง**

Σ_{REE}	:	625 – 770 ppm
Σ_{LREE}	:	590 – 745 ppm
Σ_{HREE}	:	24 – 35 ppm
Average Σ_{REE}	:	721 ppm
Average Σ_{LREE}	:	692 ppm
Average Σ_{HREE}	:	29 ppm
$\Sigma_{\text{HREE}}/\Sigma_{\text{LREE}}$:	0.041

■ **Weathered pegmatite vein**

Σ_{REE}	:	750 ppm
Σ_{LREE}	:	738 ppm
Σ_{HREE}	:	12 ppm
$\Sigma_{\text{HREE}}/\Sigma_{\text{LREE}}$:	0.016

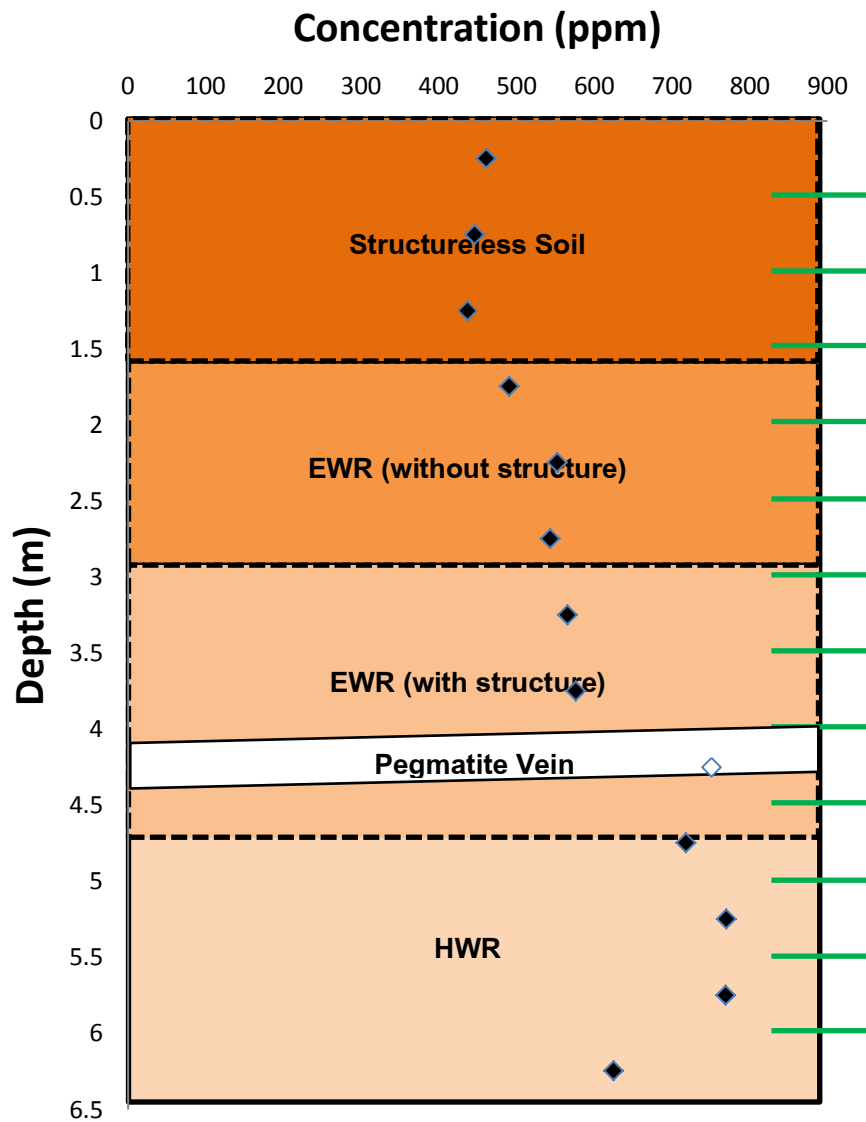
■ **Weathered granitic rock**

Σ_{REE}	:	1144 ppm
Σ_{LREE}	:	1059 ppm
Σ_{HREE}	:	84 ppm
$\Sigma_{\text{HREE}}/\Sigma_{\text{LREE}}$:	0.079

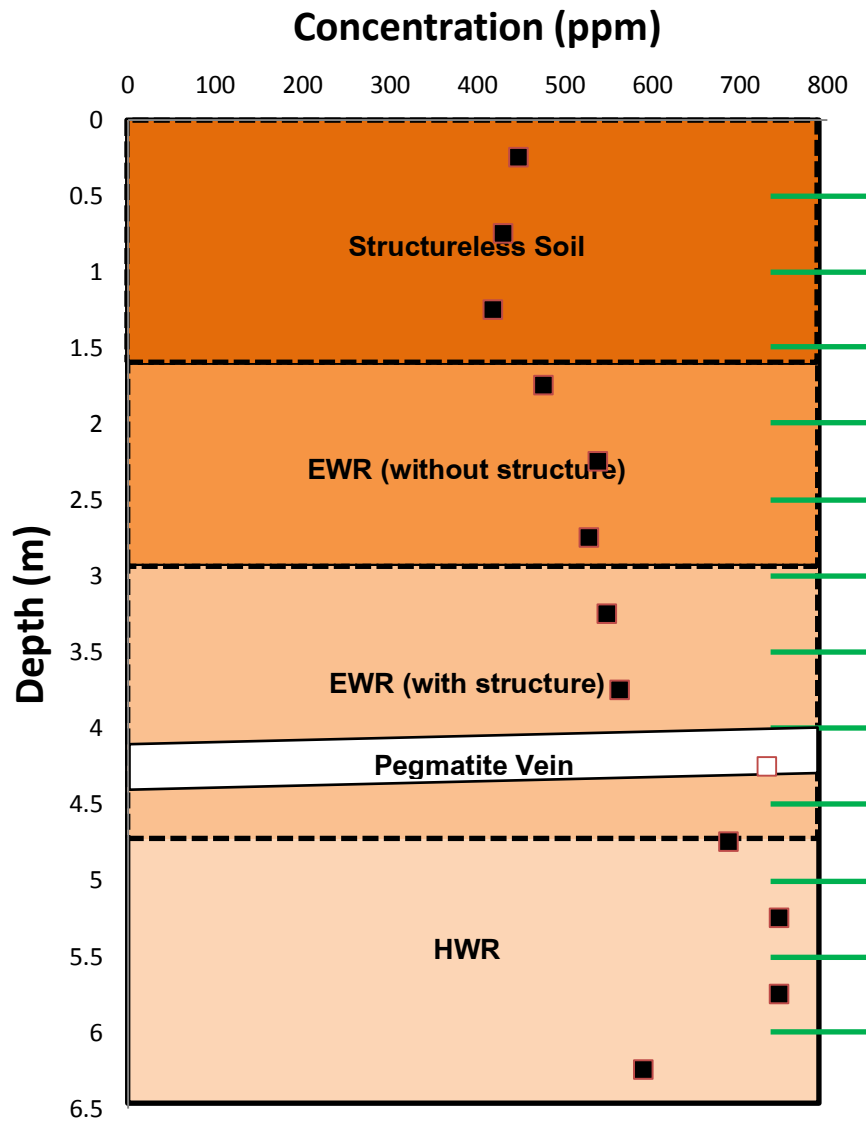
ตาราง 3 - 1 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างแร่กิลิทิ 13 ตัวอย่าง และหินแกรนิตผุ จากพื้นที่ศึกษาตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (SDR01)

Locality		Sai Daeng, Ranong													
Description	Sample ID	Highly weathered granitic rock											Pt131wvk		
		SDR01(1)	SDR01(2)	SDR01(3)	SDR01(4)	SDR01(5)	SDR01(6)	SDR01(7)	SDR01(8)	SDR01(9)	SDR01(10)	SDR01(11)		SDR01(12)	SDR01(13)
Structureless soil	77	80.5	76.3	71.4	77.4	83.7	103	95.3	120	97.5	147	166	166	301	Weathered granitic rock
Structureless soil	290	263	263	330	380	357	340	370	484	473	453	427	427	258	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	17.7	18.4	17.1	16.2	17.6	19.1	22.9	21.8	27.6	25	31.9	34	34	97.9	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	53.3	57.7	52.7	49.8	53.9	58.4	70.5	64.8	83.9	78.4	96.1	101	101	334	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	9.4	10.2	9.3	8.6	9.5	9.9	11.8	11	14.7	13.6	16.9	16.9	16.9	66	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	0.21	0.2	0.19	0.18	0.24	0.21	0.26	0.27	0.38	0.38	0.51	0.53	0.53	2.83	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	5.76	6.22	6.05	5.34	5.68	6.13	7.21	5.79	7.89	8.7	9.83	10.3	10.3	35.5	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	0.77	0.88	0.93	0.8	0.81	0.82	0.98	0.74	1.12	1.41	1.38	1.37	1.37	4.92	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	3.43	4.29	4.76	3.69	3.48	3.73	4.41	3.18	4.89	7.74	6.18	5.79	5.79	22.5	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	0.59	0.75	0.94	0.72	0.61	0.66	0.75	0.51	0.88	1.56	1.08	0.97	0.97	3.28	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	1.6	2.16	2.76	2.03	1.65	1.83	2.01	1.34	2.32	4.77	3.08	2.56	2.56	8.51	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	0.27	0.35	0.46	0.33	0.28	0.28	0.33	0.21	0.39	0.77	0.49	0.4	0.4	1.18	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	1.5	2	2.8	2	1.5	1.6	1.9	1.3	2.3	4.6	2.9	2.3	2.3	7.4	Highly weathered granitic rock
Structureless soil	0.26	0.33	0.42	0.34	0.53	0.33	0.31	0.22	0.36	0.71	0.42	0.37	0.37	0.95	Highly weathered granitic rock
ΣREE	461.79	446.98	437.71	491.43	553.18	543.69	566.36	576.46	750.73	718.14	770.77	769.49	769.49	1143.97	Highly weathered granitic rock
ΣLREE	447.61	430	418.59	476.18	538.64	528.31	548.46	563.17	730.58	687.88	745.41	745.43	745.43	1059.73	Highly weathered granitic rock
ΣHREE	14.18	16.98	19.12	15.25	14.54	15.38	17.9	13.29	20.15	30.26	25.36	24.06	24.06	84.24	Highly weathered granitic rock

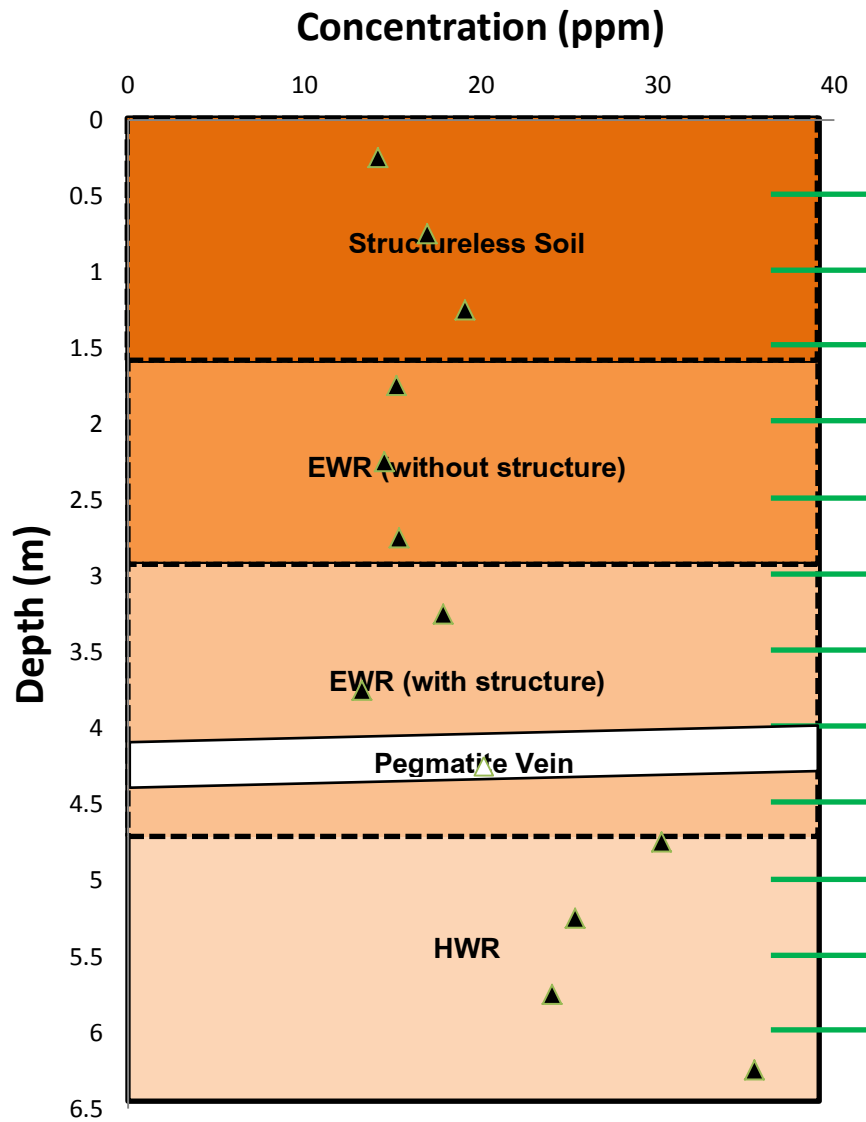
- นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างเรโกลิท กับระดับความลึก



รูปที่ 3 - 9 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total rare earth element ในเรโกลิท กับระดับความลึก



รูปที่ 3 - 10 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total light rare earth element ในแร่โคลิต กับระดับความลึก



รูปที่ 3 - 11 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total heavy rare earth element ในแร่โกไลท กับระดับความลึก

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิท (extracted clay) ด้วยเครื่องมือ Wet Mechanical shaker 13 ตัวอย่าง ด้วยเครื่องมือ ICP-MS ได้ผลดังนี้

▪ In situ regolith	:	13 ตัวอย่าง
Σ REE	:	529 – 793 ppm
Σ LREE	:	515 – 773 ppm
Σ HREE	:	11 – 24 ppm
Average Σ REE	:	647 ppm
Average Σ LREE	:	632 ppm
Average Σ HREE	:	15 ppm
Σ HREE/ Σ LREE	:	0.024
▪ Structureless Soil	:	3 ตัวอย่าง
Σ REE	:	528 - 550ppm
Σ LREE	:	515 - 536ppm
Σ HREE	:	12 – 13 ppm
Average Σ REE	:	539 ppm
Average Σ LREE	:	526 ppm
Average Σ HREE	:	13 ppm
Σ HREE/ Σ LREE	:	0.025
▪ Extremely weathered granitic rock (without structure)	:	3 ตัวอย่าง
Σ REE	:	600 – 672 ppm
Σ LREE	:	588 – 660 ppm
Σ HREE	:	12 – 13 ppm
Average Σ REE	:	627 ppm
Average Σ LREE	:	615 ppm
Average Σ HREE	:	12 ppm
Σ HREE/ Σ LREE	:	0.02

■ **Extremely weathered granitic rock (with structure)** : 2 ตัวอย่าง

Σ_{REE}	:	629 – 650 ppm
Σ_{LREE}	:	616 – 639 ppm
Σ_{HREE}	:	11 – 12 ppm
Average Σ_{REE}	:	640 ppm
Average Σ_{LREE}	:	627 ppm
Average Σ_{HREE}	:	12 ppm
$\Sigma_{\text{HREE}}/\Sigma_{\text{LREE}}$:	0.019

■ **Highly weathered granitic rock** : 4 ตัวอย่าง

Σ_{REE}	:	683 – 793 ppm
Σ_{LREE}	:	659 – 773 ppm
Σ_{HREE}	:	20 – 24 ppm
Average Σ_{REE}	:	746 ppm
Average Σ_{LREE}	:	725 ppm
Average Σ_{HREE}	:	21 ppm
$\Sigma_{\text{HREE}}/\Sigma_{\text{LREE}}$:	0.029

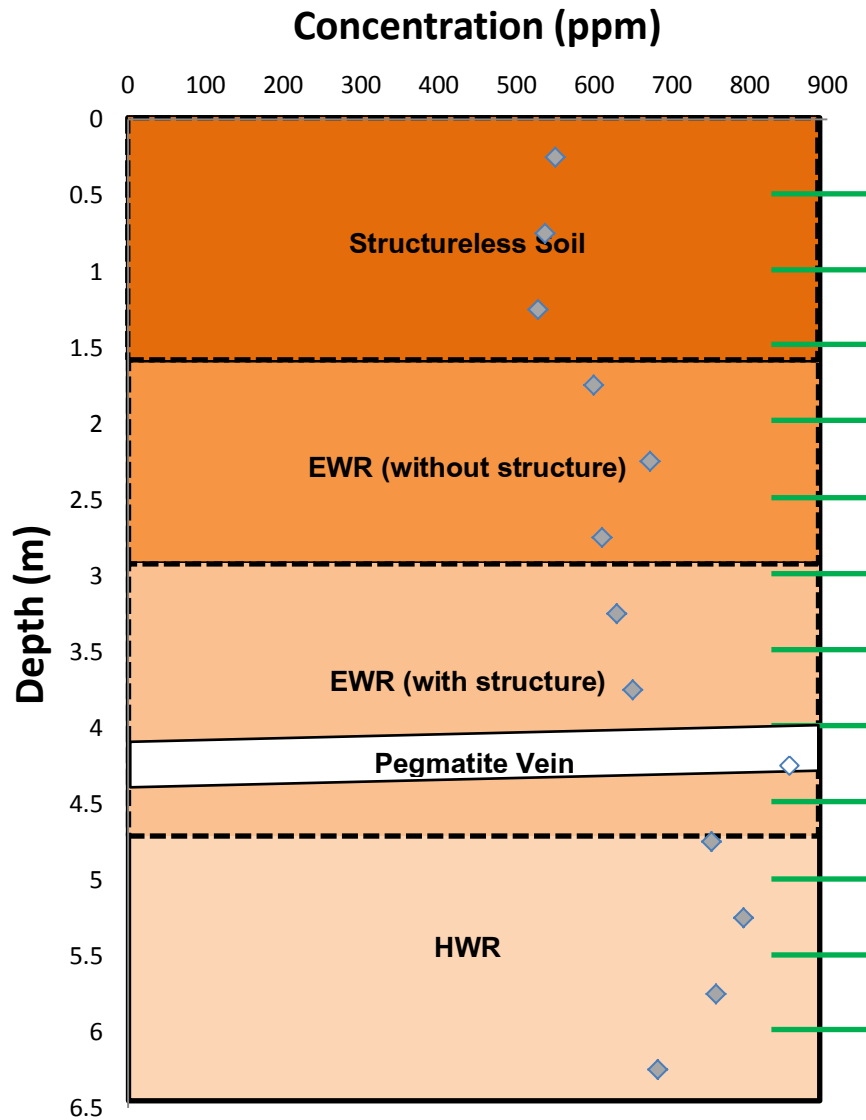
■ **Weathered pegmatite rock**

Σ_{REE}	:	851 ppm
Σ_{LREE}	:	836 ppm
Σ_{HREE}	:	15 ppm
$\Sigma_{\text{HREE}}/\Sigma_{\text{LREE}}$:	0.018

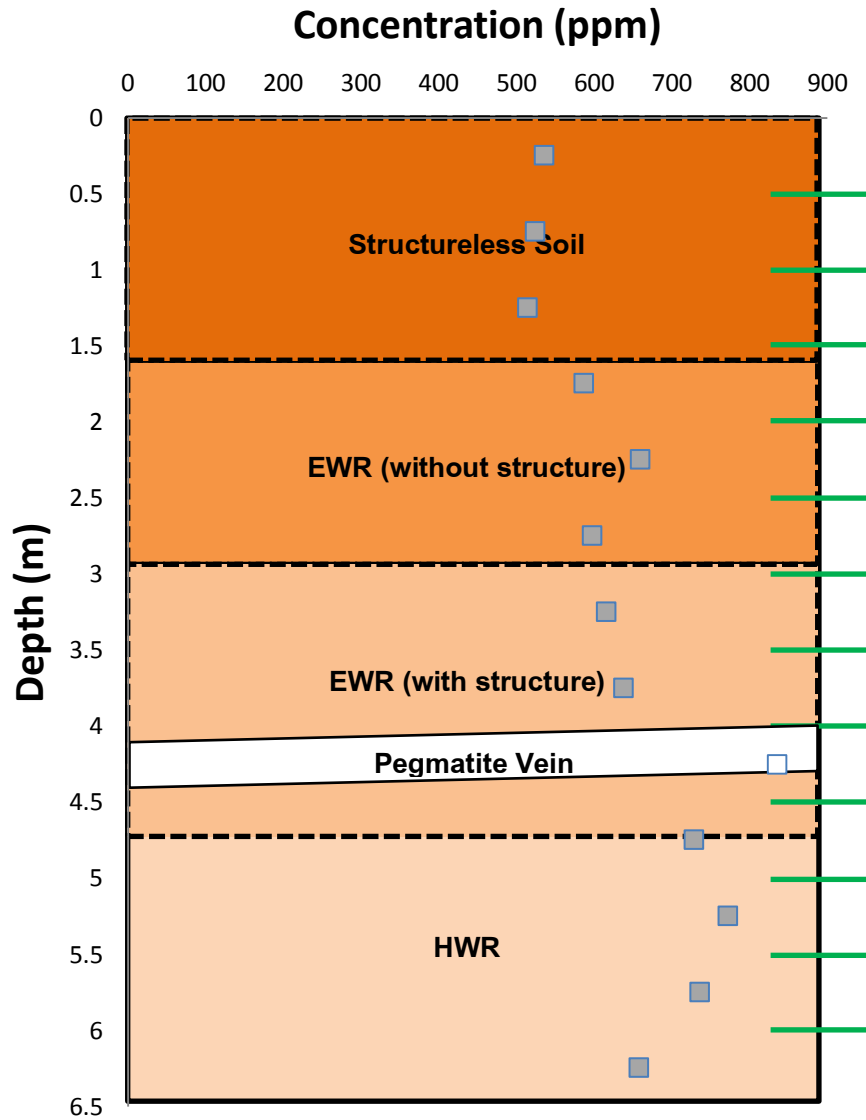
ตาราง 3 - 2 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างตะกอนดินเหนียวจากการัดขนาดตะกอนในแร่โคลิตด้วยเครื่องมือ Wet Mechanical shaker
 13 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (SDR01)

Locality		Sai Daeng, Ranong												
Sample ID	Description	SDR01(1)	SDR01(2)	SDR01(3)	SDR01(4)	SDR01(5)	SDR01(6)	SDR01(7)	SDR01(8)	SDR01(9)	SDR01(10)	SDR01(11)	SDR01(12)	SDR01(13)
		Structureless soil	Structureless soil	Structureless soil	Extremely weathered granitic rock (without structure)	Extremely weathered granitic rock (without structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Weathered pegmatite vein	Highly weathered granitic rock	Highly weathered granitic rock	Highly weathered granitic rock
La (ppm)		82.1	77.8	79.7	73.4	73.3	81.5	96.1	90.9	117	92	144	181	191
Ce		373	371	357	443	516	438	431	460	603	535	500	423	341
Pr		17.3	16.1	16.7	15	15.3	16.6	19.2	19	24.9	21.6	28	30.7	30.1
Nd		54.7	51.3	52.6	48.3	47.5	53.5	60.4	59.4	77.9	69.3	86	87.6	82.3
Sm		9.5	8.8	9.3	7.9	7.9	8.7	9.9	9.5	12.5	11.7	14.6	14.3	13.7
Eu		0.19	0.19	0.19	0.21	0.2	0.22	0.27	0.24	0.36	0.37	0.55	0.62	0.55
Gd		5.74	5.28	5.35	4.57	4.72	5.18	5.56	5.06	6.42	6.97	8.3	8.57	8.5
Tb		0.71	0.7	0.69	0.64	0.69	0.62	0.71	0.65	0.89	1.1	1.1	1.16	1.23
Dy		3.28	3.09	3.08	2.94	3.09	2.91	3.05	2.77	3.74	5.44	4.82	5.04	6.16
Ho		0.6	0.49	0.53	0.52	0.54	0.52	0.49	0.48	0.65	1.02	0.8	0.85	1.13
Er		1.57	1.41	1.47	1.55	1.52	1.36	1.32	1.19	1.75	3.11	2.14	2.13	3.12
Tm		0.25	0.2	0.21	0.22	0.23	0.2	0.17	0.16	0.26	0.46	0.31	0.32	0.47
Yb		1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.3	1.1	1.2	1.6	3.1	2	2.3	2.8
Lu		0.24	0.2	0.22	0.22	0.23	0.2	0.16	0.16	0.25	0.47	0.31	0.32	0.44
Σ _{REE}		550.58	537.86	528.44	599.87	672.72	610.81	629.43	650.71	851.22	751.64	792.93	757.91	682.5
Σ _{LREE}		536.79	525.19	515.49	587.81	660.2	598.52	616.87	639.04	835.66	729.97	773.15	737.22	658.65
Σ _{HREE}		13.79	12.67	12.95	12.06	12.52	12.29	12.56	11.67	15.56	21.67	19.78	20.69	23.85

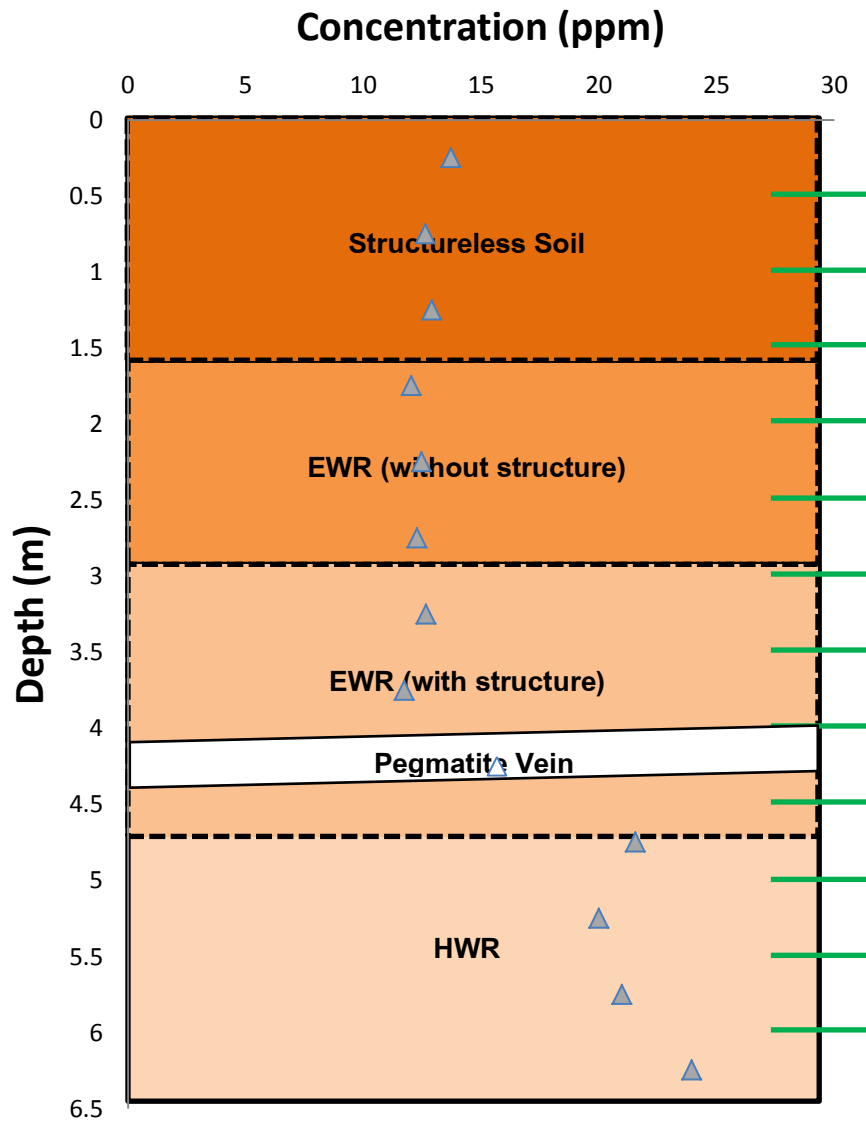
- นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิท กับระดับความลึก



รูปที่ 3 - 12 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total rare earth element ในตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิท กับระดับความลึก

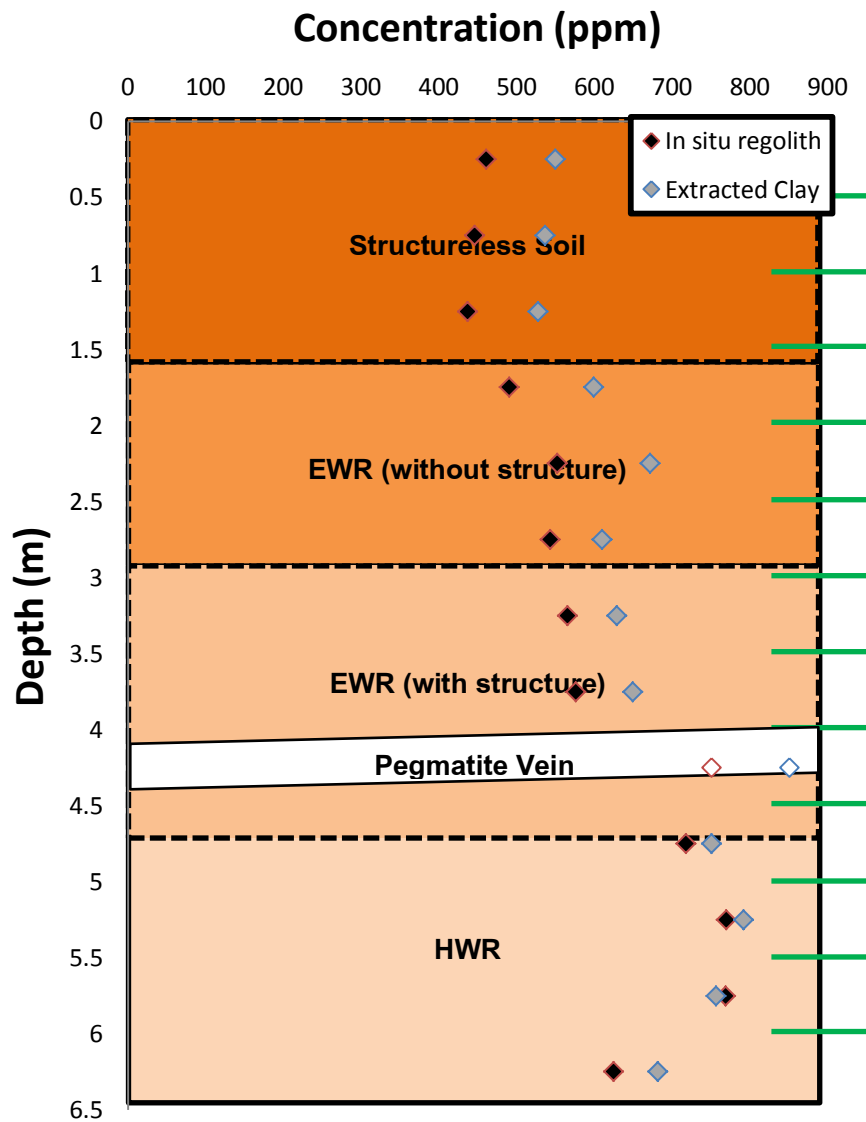


รูปที่ 3 - 13 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total light rare earth element ในตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โกลิท กับระดับความลึก

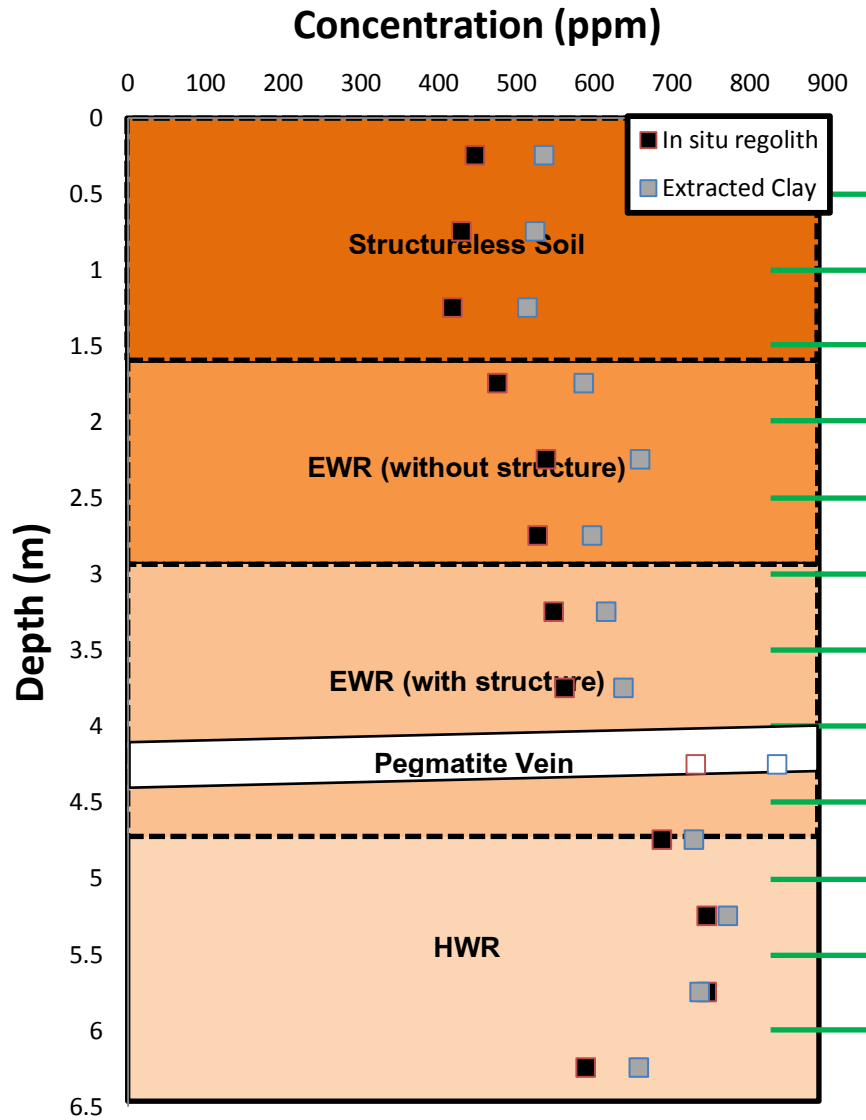


รูปที่ 3 - 14 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total heavy rare earth element ในตะกอนดินเหนียวจากการตัดขนาดตะกอนในแร่โคลิต กับระดับความลึก

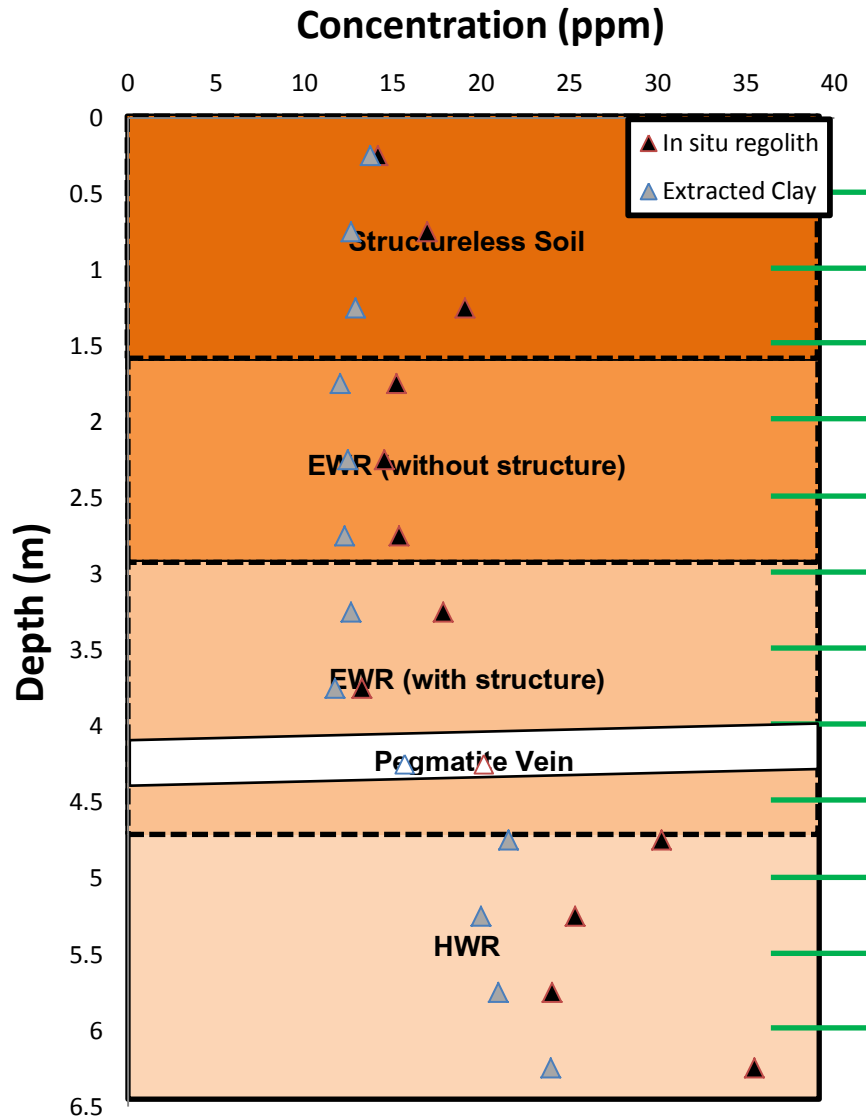
- นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างแร่โกลิท และปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างตะกอนดินเหนียวจากการคัสดขนาดตะกอนในแร่โกลิท กับระดับความลึก



รูปที่ 3 - 15 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total rare earth element ในแร่โกลิท และในตะกอนดินเหนียวจากการคัสดขนาดตะกอนในแร่โกลิท กับระดับความลึก



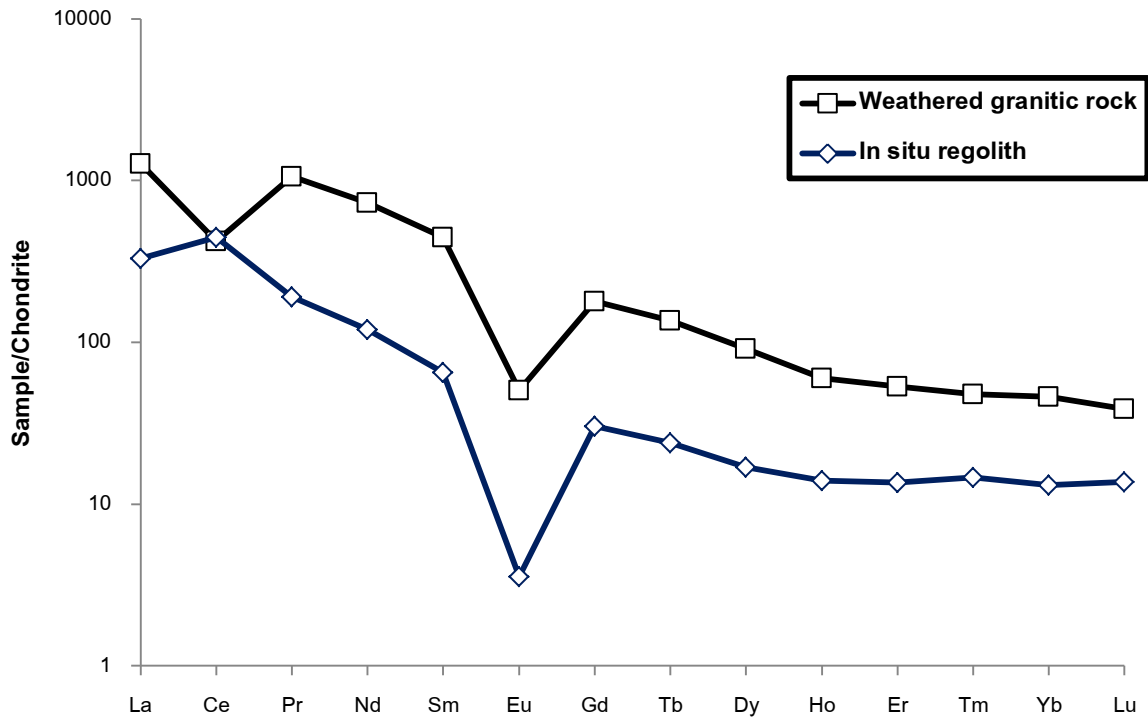
รูปที่ 3 - 16 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total light rare earth element ในเรโกลิท และในตะกอนดิน เหนือจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิท กับระดับความลึก



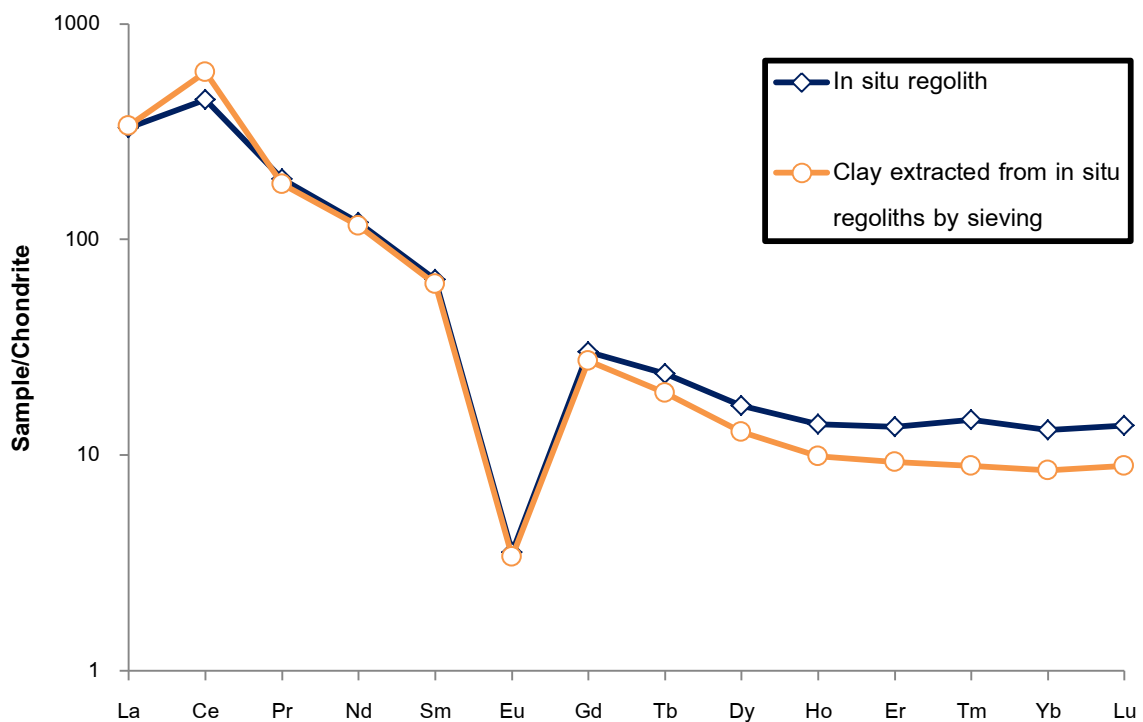
รูปที่ 3 - 17 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ total heavy rare earth element ในแร่โกลิธ และในตะกอนดิน เหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โกลิธ กับระดับความลึก

- นำผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากที่ได้จากตัวอย่างในแร่โกลิธ และตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในแร่โกลิธ มาเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุหายากในอุกกาบาต อ้างอิงจาก McDonough and Sun (1995) และจัดทำกราฟ Chondrite-normalized REE pattern

- กราฟ Chondrite-normalized REE pattern ช่วง Structureless soil ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง

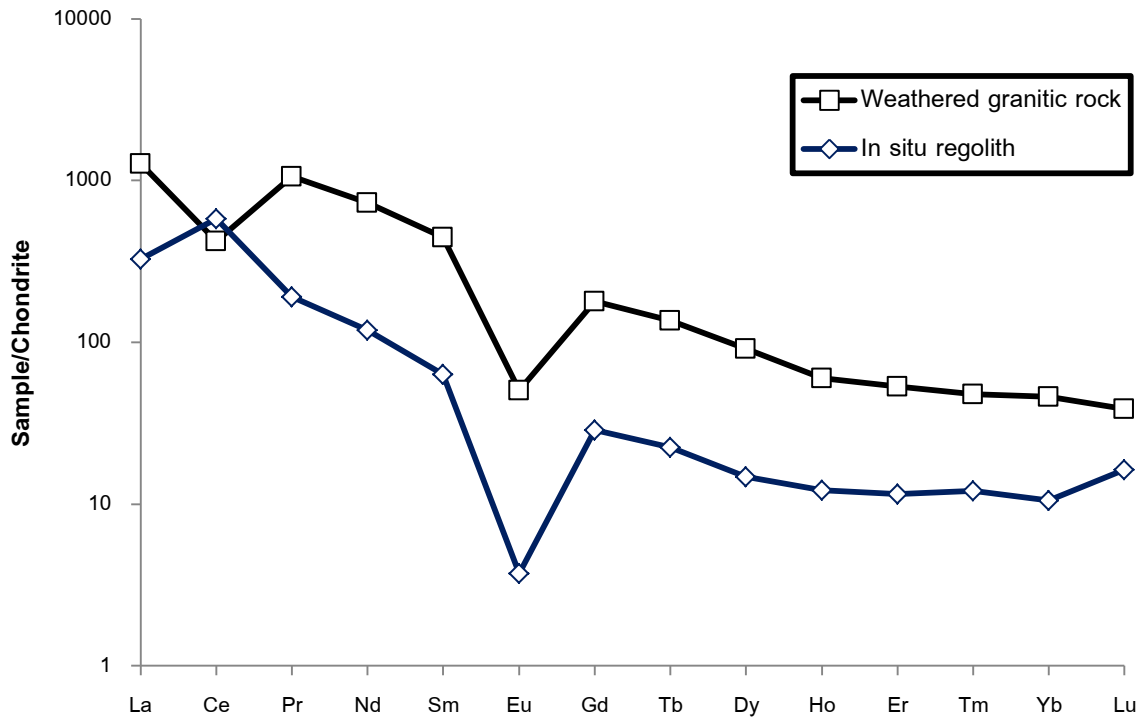


รูปที่ 3 - 18 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิตผุ กับเรโกลิท (Structureless soil)

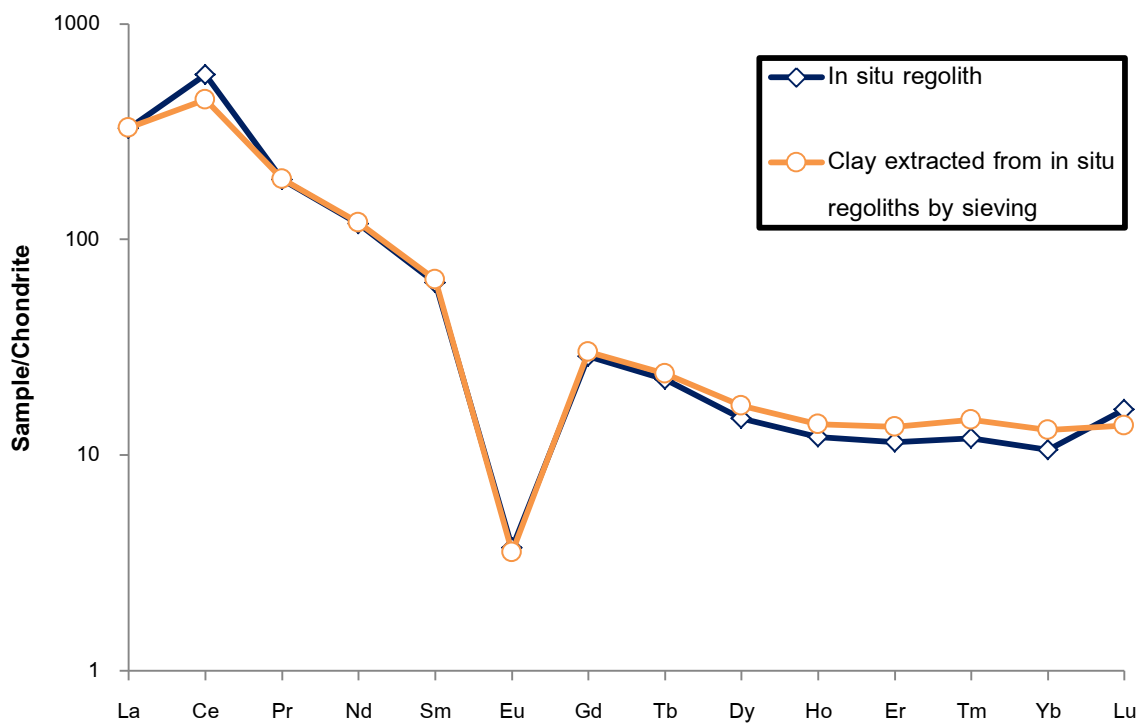


รูปที่ 3 - 19 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างเรโกลิท กับตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิท (Structureless soil)

- กราฟ Chondrite-normalized REE pattern ช่วง Extremely weathered granitic rock (without structure) ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง

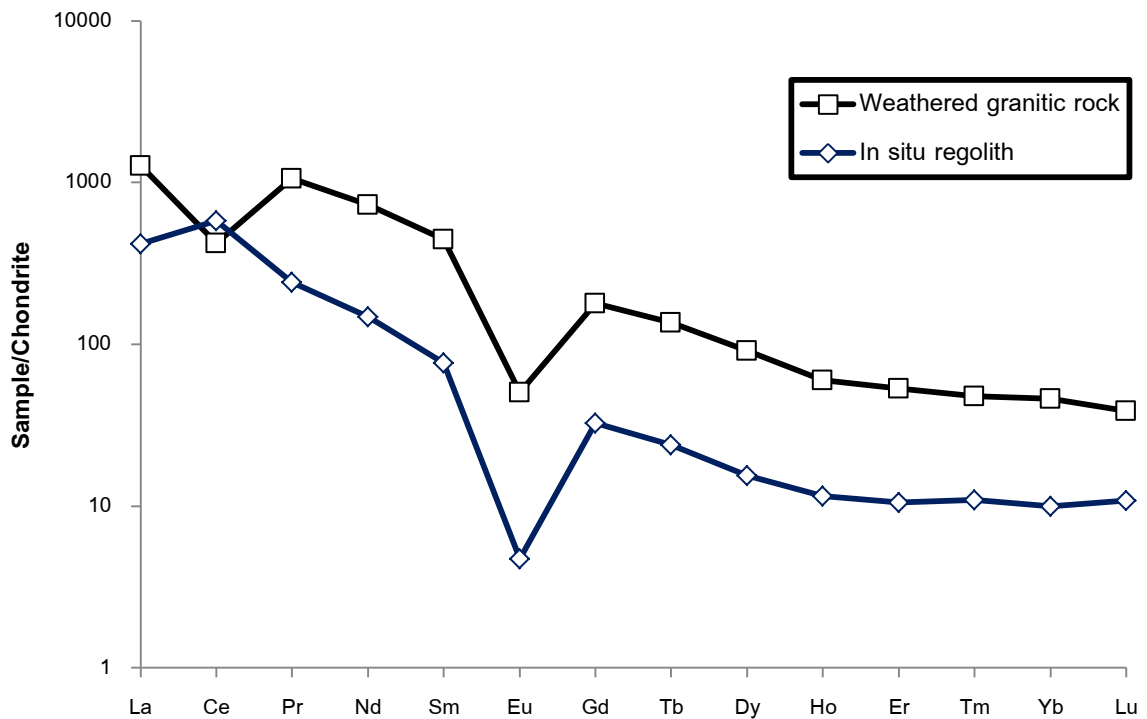


รูปที่ 3 - 20 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิตผุ กับเรโกลิท (Extremely weathered granitic rock - without structure)

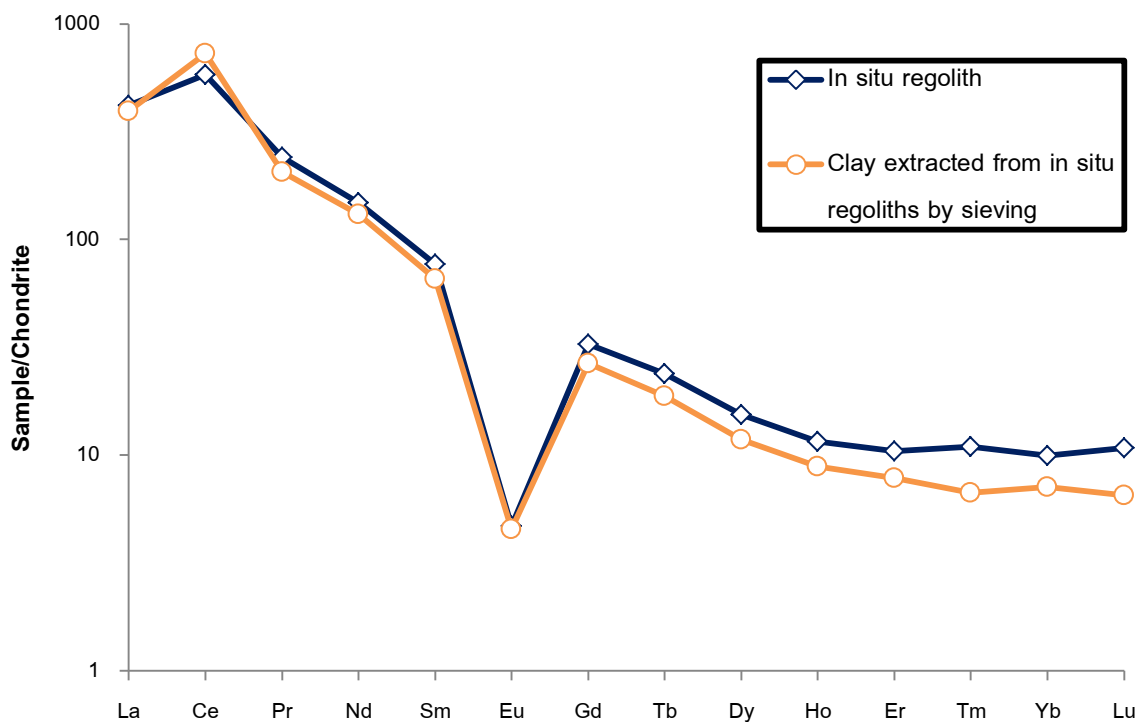


รูปที่ 3 - 21 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างเรโกลิท กับตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิท (Extremely weathered granitic rock - without structure)

- กราฟ Chondrite-normalized REE pattern ช่วง Extremely weathered granitic rock (with structure) ทั้งหมด 2 ตัวอย่าง

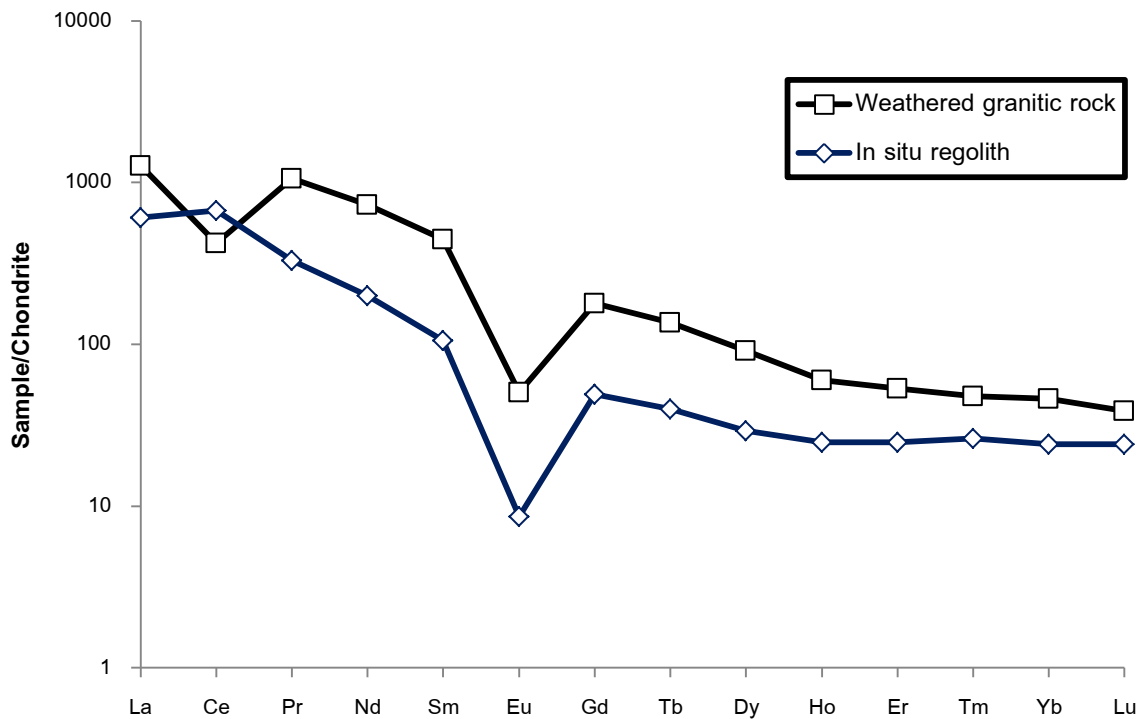


รูปที่ 3 - 22 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิตผุ กับเรโกลิท (Extremely weathered granitic rock - with structure)

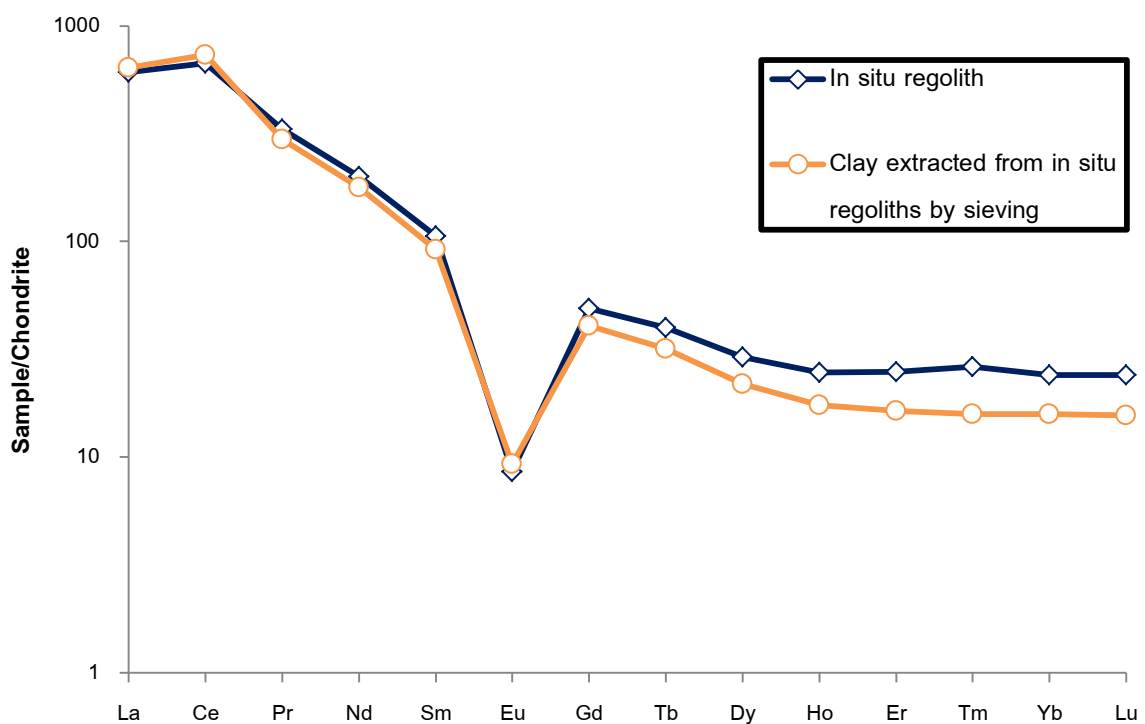


รูปที่ 3 - 23 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างเรโกลิท กับตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิท (Extremely weathered granitic rock - with structure)

- กราฟ Chondrite-normalized REE pattern ช่วง highly weathered granitic rock ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง

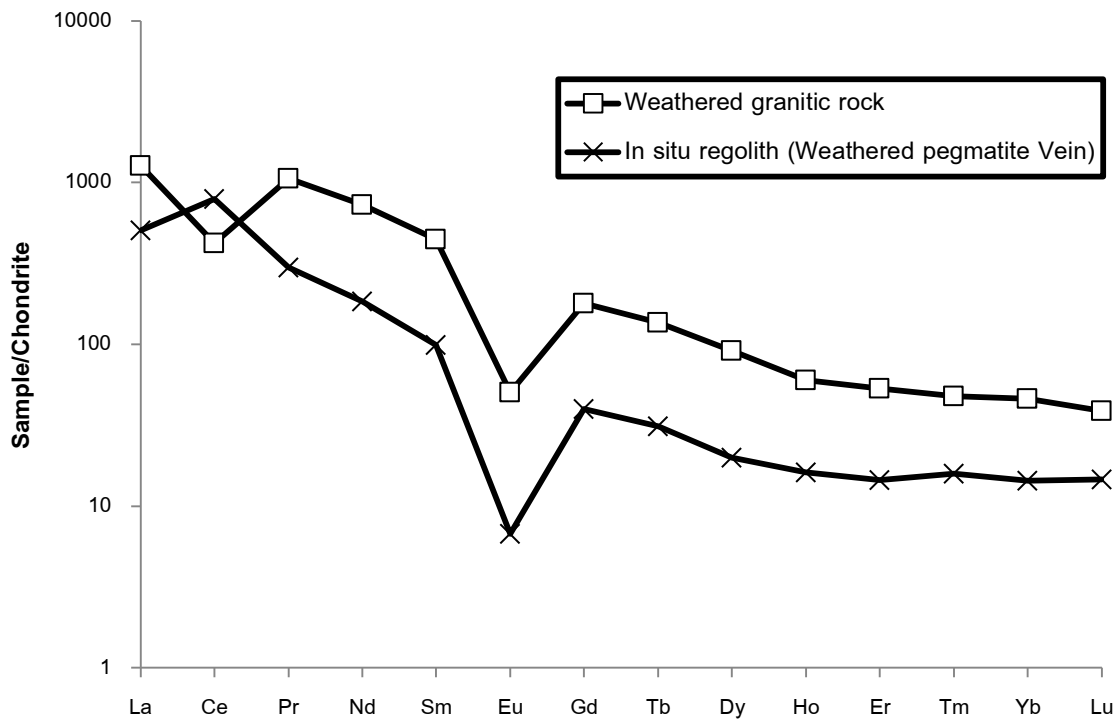


รูปที่ 3 - 24 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิตผุ กับเรโกลิท (Highly weathered granitic rock)

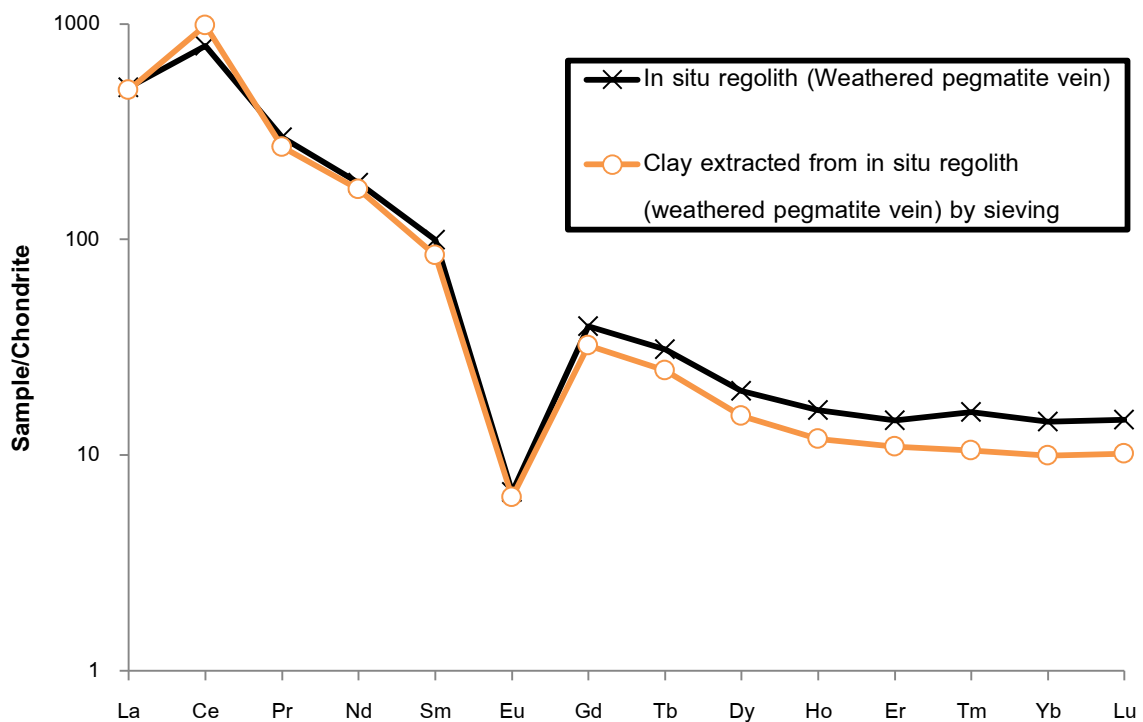


รูปที่ 3 - 25 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างเรโกลิท กับตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิท (Highly weathered granitic rock)

- กราฟ Chondrite-normalized REE pattern ช่วง weathered pegmatite vein ทั้งหมด 1 ตัวอย่าง



รูปที่ 3 - 26 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างหินแกรนิตผุ กับเรโกลิท (Weathered pegmatite vein)



รูปที่ 3 - 27 กราฟเปรียบเทียบ Chondrite-normalized REE pattern ระหว่างเรโกลิท กับตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิท (Weathered pegmatite vein)

➤ การแปลผลจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากโดยพลาสมา (ICP-MS) ตามระดับความลึก

การแปลความหมายของข้อมูลได้พิจารณาจากปริมาณการเพิ่มขึ้นและการลดลงของปริมาณธาตุหายากรวม ธาตุหายากน้ำหนักเบา รวม และธาตุหายากน้ำหนักมากรวม ในแต่ละช่วงระดับการผุพัง ตามระดับความลึก พบว่ามีการกระจายตัวดังนี้

ในส่วนของตัวอย่างแร่โกลิธ ธาตุหายากน้ำหนักรวม (ΣREE) ส่วนที่มีความผุพังมากที่สุด คือชั้น structureless soil มีปริมาณ ΣREE ประมาณ 448 ppm และส่วนที่มีความผุพังน้อยที่สุดคือชั้น highly weathered granitic rock มีปริมาณ ΣREE ประมาณ 721 ppm โดยปริมาณ ΣREE จะเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ลึกขึ้น หรือมีความรุนแรงของการผุพังลดลง ในขณะเดียวกัน ธาตุหายากน้ำหนักเบา รวม (ΣLREE) สอดคล้องกับปริมาณ ธาตุหายากรวมคือ ส่วนที่ผุพังมากที่สุด คือชั้น structureless soil มีปริมาณ ΣLREE ประมาณ 432 ppm และส่วนที่มีความผุพังน้อยที่สุดคือชั้น highly weathered granitic rock มีปริมาณ ΣLREE ประมาณ 692 ppm โดยปริมาณ ΣLREE จะเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ลึกขึ้น หรือมีความรุนแรงของการผุพังลดลงเช่นเดียวกัน ส่วนธาตุหายากน้ำหนักมากรวม (ΣHREE) สอดคล้องกับผลของปริมาณธาตุหายากรวม และธาตุหายากน้ำหนักเบา รวม บางส่วนกล่าวคือ ส่วนที่ผุพังมากที่สุด คือชั้น structureless soil มีปริมาณ ΣHREE ประมาณ 16 ppm และส่วนที่มีความผุพังน้อยที่สุดคือชั้น highly weathered granitic rock มีปริมาณ ΣHREE ประมาณ 29 ppm แต่ปริมาณ ΣHREE ไม่ได้ไล่ตามระดับการผุพังเช่นเดียวกับข้างต้นเสมอไป ซึ่งปริมาณ ΣHREE ในแต่ละชั้นค่อนข้างมากน้อยสลับกันไป ดังรูป 2-7

ในตัวอย่างที่มีสายเพกมาไทต์ตัดในหินแกรนิตท้องที่ พบว่ามีปริมาณ ΣREE สูงถึง 750 ppm ΣLREE เท่ากับ 738 ppm และ ΣHREE เท่ากับ 12 ppm และหินแกรนิตผุ (weathered granitic rock) มีปริมาณ ΣREE สูงถึง 1144 ppm ΣLREE เท่ากับ 1059 ppm และ ΣHREE เท่ากับ 84 ppm

โดยมีค่าอัตราส่วน $\Sigma\text{HREE}/\Sigma\text{LREE}$ ในชั้น structureless soil เท่ากับ 0.037 ในชั้น highly weathered granitic rock เท่ากับ 0.041 ในสายเพกมาไทต์เท่ากับ 0.016 และในหินแกรนิตผุเท่ากับ 0.079

ในส่วนของตัวอย่างตะกอนดินเหนียวที่คัดแยกออกมาจากแร่โกลิธ ธาตุหายากน้ำหนักรวม (ΣREE) ส่วนที่มีความผุพังมากที่สุด คือชั้น structureless soil มีปริมาณ ΣREE ประมาณ 539 ppm และส่วนที่มีความผุพังน้อยที่สุดคือชั้น highly weathered granitic rock มีปริมาณ ΣREE ประมาณ 746 ppm โดยปริมาณ ΣREE จะเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ลึกมากขึ้น หรือมีความรุนแรงของการผุพังลดลง ในขณะเดียวกัน ธาตุหายากน้ำหนักเบา รวม (ΣLREE) สอดคล้องกับปริมาณ ธาตุหายากรวมคือ ส่วนที่ผุพังมากที่สุด คือชั้น structureless soil มีปริมาณ ΣLREE ประมาณ 526 ppm และส่วนที่มีความผุพังน้อยที่สุดคือชั้น highly weathered granitic rock มีปริมาณ ΣLREE ประมาณ 725 ppm โดยปริมาณ ΣLREE จะเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ลึกมากขึ้น หรือมีความรุนแรงของการผุพังลดลงเช่นเดียวกัน ส่วนธาตุหายากน้ำหนักมากรวม (ΣHREE) ส่วนที่ผุพังมากที่สุด คือชั้น structureless soil มีปริมาณ ΣHREE ประมาณ 13 ppm และส่วนที่มีความผุพังน้อยที่สุดคือชั้น

highly weathered granitic rock มีปริมาณ ΣHREE ประมาณ 21 ppm ซึ่งจากรูป 2- 10 พบว่าปริมาณ ΣHREE ลดลงจากตัวอย่างก่อนคัดแยกตะกอน และมีแนวโน้มการไล่ระดับปริมาณ ΣHREE ตามระดับการผุพังเช่นเดียวกับ ΣREE และ ΣLREE

ในตัวอย่างที่มีสายเพกมาไทต์ตัดในหินแกรนิตท้องที่ พบว่ามีปริมาณ ΣREE สูงถึง 851 ppm ΣLREE เท่ากับ 836 ppm และ ΣHREE เท่ากับ 15 ppm

โดยมีค่าอัตราส่วน $\Sigma\text{HREE}/\Sigma\text{LREE}$ ในชั้น structureless soil เท่ากับ 0.025 ในชั้น highly weathered granitic rock เท่ากับ 0.029 และในสายเพกมาไทต์เท่ากับ 0.018

➤ **การแปลผลจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหายากเทียบกับปริมาณธาตุหายากในอุกกาบาตของ McDonough and Sun (1995) โดยการจัดทำกราฟ Chondrite-normalized REE pattern**

การแปลความหมายของข้อมูลได้พิจารณาจากการเปรียบเทียบ 2 รูปแบบได้แก่ การเปรียบเทียบเรโกลิทในแต่ละช่วงระดับการผุพังกับหินแกรนิตผุซึ่งเป็นตัวแทนของหินที่ยังถูกกระบวนการแปรสภาพน้อยที่สุด และการเปรียบเทียบเรโกลิทในแต่ละช่วงระดับการผุพังกับตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิทของแต่ละช่วงระดับการผุพังนั้น โดยมีผลที่ได้ดังนี้

ในชั้น Structureless soil, extremely weathered granitic rock (with structure) และ highly weathered granitic rock พบว่าเมื่อหินผุมากขึ้น ปริมาณ ΣLREE และ ΣHREE จะลดลง กล่าวคือในหินแกรนิตผุจะมีปริมาณ ΣLREE และ ΣHREE มากกว่าในเรโกลิทของหินแกรนิตเดิม และเมื่อพิจารณาความชันของกราฟในช่วง ΣHREE กราฟของเรโกลิทของหินแกรนิตเดิมจะมีความชันราบกว่ากราฟของหินแกรนิตผุเล็กน้อย และปริมาณ ΣLREE และ ΣHREE ในตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิทน้อยกว่าในเรโกลิทเล็กน้อย และความชันกราฟในช่วง ΣHREE กราฟตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิทชันกว่ากราฟของเรโกลิท

ส่วนชั้น extremely weathered granitic rock (without structure) พบว่าเมื่อหินผุมากขึ้น ปริมาณ ΣLREE และ ΣHREE จะลดลง กล่าวคือในหินแกรนิตผุจะมีปริมาณ ΣLREE และ ΣHREE มากกว่าในเรโกลิทของหินแกรนิตเดิม และเมื่อพิจารณาความชันของกราฟในช่วง ΣHREE กราฟของเรโกลิทของหินแกรนิตเดิมจะมีความชันราบกว่ากราฟของหินแกรนิตผุเล็กน้อย และปริมาณ ΣLREE และ ΣHREE ในตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิทมากกว่าในเรโกลิทเล็กน้อย และความชันกราฟในช่วง ΣHREE กราฟตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิทราบกว่ากราฟของเรโกลิท

บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

- อภิปรายผลการศึกษา (Discussion)
- สรุปผลการศึกษา (Conclusion)

บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

อภิปรายผลการศึกษา (Discussion)

จากการศึกษาธรณีวิทยาของหินแกรนิตในพื้นที่ตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง พบว่า หินแกรนิตในพื้นที่ที่มีอัตราการผุพังสูงอันเกิดจากลักษณะภูมิประเทศที่อยู่ติดกับทะเล ประกอบกับภูมิอากาศที่มีลักษณะอากาศร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร จึงทำให้มีฝนตกชุกตลอดเกือบทั้งปี จึงส่งผลให้หินแกรนิตในพื้นที่ที่มีการผุพังที่สูง และกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากสายแร่ น้ำร้อน (hydrothermal alteration) และ กระเปาะแมกมาในช่วงหลัง (late stage of magma) ยังส่งผลให้เกิดการผุพังของหินแกรนิตในพื้นที่ที่เกิดสภาวะเป็นกรด ทำให้เกิดเป็นแหล่งแร่ดินขาวหรือ kaolinitic clay

จากผลธรณีเคมีของหินแกรนิตผุ และแร่โคลิทในพื้นที่ตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง พบว่าปริมาณธาตุหายากมีผลต่อระดับการผุพัง กล่าวคือยิ่งมีการผุพังมาก ยิ่งมีปริมาณธาตุหายากลดลง โดยเฉพาะธาตุหายากน้ำหนักเบา ส่วนธาตุหายากน้ำหนักมาก จะมีความคงทนต่อการถูกชะล้างด้วยความเป็นกรด (acid leaching) มากกว่าธาตุหายากน้ำหนักเบา

ในส่วนที่เป็นชั้น extremely weathered granitic rock ที่ไม่เห็นโครงสร้างของหินเดิมจะมีปริมาณธาตุหายากน้ำหนักมากในตะกอนดินเหนียวจากการตัดขนาดตะกอนในแร่โคลิทที่สูงกว่าในแร่โคลิท เนื่องจากแร่ที่ให้ธาตุหายาก (REE-bearing mineral) ซึ่งเป็นแร่หนัก (heavy mineral) และเป็นแร่ที่มีความคงทนต่อการผุพังสูง (refractory mineral) จะถูกกระบวนการแรงโน้มถ่วง (gravitational process) จากดินชั้นบนคือ structureless soil ตกมาอยู่ในช่วงรอยต่อระหว่างชั้นที่ไม่มีโครงสร้างของหินเดิมเหลืออยู่กับชั้นที่มีโครงสร้างของหิน และถูกดูดซับไว้ในแร่ดินชนิด Kaolinite และในหินแกรนิตที่มีการผุพังน้อยที่สุด จะมีปริมาณธาตุหายากทั้ง 2 ชนิด มากกว่าหินแกรนิตที่ผุพังมากเนื่องจากแร่ที่มีธาตุหายากนั้นจะยังคงอยู่ในสภาวะปกติ ซึ่งยังคงทนต่อการผุพัง

ในหินแกรนิตช่วงหลัง (late stage of granite) เช่นสายเพกมาไทต์ (pegmatite vein) และ สาย แอปไฟไลต์ (Aplite vein) ที่แทรกตัดจะมีปริมาณธาตุหายากที่สูงโดยเฉพาะธาตุหายากชนิดน้ำหนักเบา เพราะยังมีการผุพังที่น้อยกว่าหินแกรนิตในท้องที่

การผุพังของหินแกรนิตในพื้นที่ เกิดจากกระบวนการ 2 กระบวนการ คือกระบวนการ Kaolinization ซึ่งจะให้ Kaolinite และกระบวนการ Greissenization ซึ่งจะให้ Sericite โดยหลักฐานพบ Greissen ในพื้นที่เช่นกัน (รูปที่ 4-1)



รูปที่ 4 - 1 Greissen จากพื้นที่ตำบลบางริน อำเภอมือง จังหวัดระนอง

สรุปผลการศึกษา (Conclusion)

จากการสำรวจภาคสนาม และการศึกษาธรณีเคมี โดยนำมาวิเคราะห์และอภิปรายผลร่วมกับกระบวนการผุพัง และกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี สามารถสรุปได้ดังนี้

1. หินแกรนิตที่เกิดกระบวนการ kaolinization จะมีปริมาณธาตุหายากน้ำหนักรวมในปริมาณที่สูง โดยอัตราส่วนระหว่าง HREE/LREE จะสูงขึ้น เนื่องจาก Kaolinite มีคุณสมบัติในการดูดซับธาตุหายากชนิดน้ำหนักรวมได้ดี ซึ่งบ่งบอกถึงพื้นที่บริเวณนี้มีศักยภาพให้ธาตุหายากชนิดน้ำหนักรวม
2. หินแกรนิตที่เกิดกระบวนการ greissenization จะมีปริมาณธาตุหายากน้ำหนักรวมในปริมาณที่ต่ำ โดยอัตราส่วนระหว่าง HREE/LREE จะต่ำ เนื่องจาก Serecite มีคุณสมบัติในการดูดซับธาตุหายากชนิดน้ำหนักรวมที่ไม่ดี ซึ่งบ่งบอกถึงพื้นที่บริเวณนี้มีศักยภาพให้ธาตุหายากชนิดน้ำหนักรวมที่ไม่ดี
3. ปริมาณธาตุหายาก เพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และมีมากที่สุดในพื้นที่ผุพังน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะ

หลังจากนี้ควรมีการศึกษา XRD และการทำ Orientated เพิ่มเติมในภายหลังเพื่อบ่งบอกว่าหินแกรนิตผุ และเรโกลิทในพื้นที่บริเวณนี้ผุพังจากกระบวนการ Kaolinization หรือ Greissenization

เอกสารอ้างอิง

- สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี. (2556). เอกสารประกอบการระดมความคิดเห็นและเผยแพร่องค์ความรู้เรื่อง "งานสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ชั้นรายละเอียด แร่หนัก-ธาตุหายาก จังหวัดระนอง" 31 กรกฎาคม พ.ศ.2556, กรุงเทพมหานคร. หน้า 1-1 ถึง 1-7, 3-1 ถึง 3-25
- Charusiri, P., Clark, A. H., Farrar, E., Archibald, D. and Charusiri, B. (1993) Granite belts In Thailand: evidences from the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological and geological syntheses. *J. Southeast Asian Earth Sci.*, 8, 127–136.
- Charusiri, P., Pungrassami, T. and Sinclair, G. (2006) Classification of rare-earth element (REE) deposits in Thailand: a genetic model. *J. Geol. Soc. Thail.*, 1, 57–66.
- Imai, A., Yonezu, K., Sanematsu, K., Ikuno, T., Ishida, S., Watanabe, K., Pisutha-Arnond, V., Nakapadungrat, S. and Boosayasak, J. (2012) Rare Earth Elements in Hydrothermally Altered Granitic Rocks in the Ranong and Takua Pa Tin-Field, Southern Thailand. *Resource Geology* Vol.63, No.1, 84-98.
- Ishihara, S. (1981) The granitic rock series and mineralization. *Econ. Geol.* 75th Anniv. Vol., 458–484.
- McDonough, W. F. and Sun, S. (1995) Composition of chondirite, the composition of the Earth. *Chem. Geol.*, 120, 223–253.
- Mitchell, A. H. G. (1977) Tectonic settings for the emplacement of the Southeast Asian tin granites. *Geol. Soc. Malays. Bull.*, 9, 123–140.
- Wu, C.-Y., Huang, D.-H. and Guo, Z.-X. (1990) REE geochemistry in the weathered crust of granites, Longnan area, Jiangxi province. *Acta Geol. Sin.*, 3, 193–210.

ภาคผนวก

ตาราง 5 - 1 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างเป็นตัวอย่างแร่โลหิต 11 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลทรายแดง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (SDR02)

Locality		Sai Daeng, Ranong										
Description	Structureless soil	Extremely weathered granitic rock (without structure)	Extremely weathered granitic rock (without structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Weathered pegmatite vein	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Weathered pegmatite vein
Sample ID	SDR02 (1)	SDR02 (2)	SDR02 (3)	SDR02 (4)	SDR02 (5)	SDR02 (6)	SDR02 (7)	SDR02 (8)	SDR02 (9)	SDR02 (10)	SDR02 (11)	
La (ppm)	88.4	103	126	112	130	170	122	96.2	119	68.6	76.1	
Ce	338	487	426	462	402	510	387	336	567	289	332	
Pr	20.6	24.7	30.4	27.1	29.7	38.7	27.2	22.3	27.2	15.9	17.5	
Nd	69	83.4	101	89.4	96.1	123	85.8	72	84.3	51.7	56.7	
Sm	12.5	14.8	17.5	14.9	17	21	14.9	12.5	14.5	10.3	10.8	
Eu	0.39	0.45	0.54	0.58	0.51	0.69	0.53	0.4	0.52	0.3	0.31	
Gd	8.55	10.3	10.8	9.04	11.1	13.9	9.58	8	8.88	8.34	8.91	
Tb	1.24	1.54	1.36	1.12	1.52	1.92	1.31	1.08	1.18	1.48	1.53	
Dy	6.63	8.44	5.88	4.91	6.57	8.32	6.07	5.43	5.05	9.14	9.67	
Ho	1.19	1.57	0.96	0.79	1.03	1.28	1	0.97	0.77	1.82	1.95	
Er	3.23	4.18	2.24	1.99	2.39	3	2.42	2.47	1.75	5.19	5.53	
Tm	0.5	0.67	0.34	0.3	0.36	0.44	0.35	0.39	0.26	0.81	0.91	
Yb	3.3	4.3	2.1	1.8	2.1	2.7	2.2	2.5	1.6	5.2	5.6	
Lu	0.48	0.68	0.3	0.25	0.3	0.4	0.3	0.36	0.25	0.75	0.84	
ΣREE	554.01	745.03	725.42	726.18	700.68	895.35	660.66	560.6	832.26	468.53	528.35	
ΣLREE	528.89	713.35	701.44	705.98	675.31	863.39	637.43	539.4	812.52	435.8	493.41	
ΣHREE	25.12	31.68	23.98	20.2	25.37	31.96	23.23	21.2	19.74	32.73	34.94	

ตาราง 5 - 2 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างโรกลีท 10 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินแกรนิตสด 2 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (HSPR01)

Locality		Haad Som Paen, Ranong										
Description	Highly weathered granitic rock	Highly weathered granitic rock	Highly weathered granitic rock	Moderately to Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Weathered pegmatite vein	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Fresh granitic rock	Fresh granitic rock
Sample ID	HSPR01 (1)	HSPR01 (2)	HSPR01 (3)	HSPR01 (4)	HSPR01 (5)	HSPR01 (6)	HSPR01 (7)	HSPR01 (8)	HSPR01 (9)	HSPR01 (10)	Pt053(1)rk	Pt056rk
La (ppm)	17.8	24.3	19.5	28	27.4	22.5	27	28.1	29.7	32.7	23.2	20.3
Ce	45.9	60.2	50	75.6	75.8	62.1	76	79.4	81	93.6	69.8	53.5
Pr	4.68	6.41	5.06	7.34	7.41	5.95	7.26	7.5	8.04	8.93	9.14	7.69
Nd	17.9	24.5	19.4	28.2	28.1	22.9	27.6	27.8	30.7	34.1	38.9	30.6
Sm	5.2	7.3	5.6	7.7	8	6.4	7.9	8.1	8.6	9.8	17.8	13.3
Eu	0.11	0.12	0.12	0.15	0.13	0.13	0.12	0.13	0.1	0.08	0.17	0.05
Gd	6.75	8.05	6.46	8.57	9.06	7.74	8.95	9.06	9.38	10.7	22.1	14.7
Tb	1.51	1.73	1.49	1.82	1.94	1.69	1.84	1.88	1.92	2.22	4.38	3.1
Dy	10.2	11.7	9.92	12.3	12.8	10.9	12.3	12.7	12.7	14.5	29.1	19.5
Ho	2.09	2.4	1.98	2.47	2.58	2.23	2.45	2.56	2.49	2.86	5.45	3.74
Er	6.31	6.98	6.03	7.44	7.65	6.73	7.27	7.62	7.57	8.55	17.6	12.3
Tm	1.11	1.3	1.05	1.32	1.39	1.19	1.27	1.35	1.29	1.57	3.6	2.47
Yb	8.1	9.1	7.8	9.7	10	8.5	9.3	9.6	9.5	11.1	24.8	20.1
Lu	1.28	1.42	1.23	1.44	1.57	1.35	1.45	1.54	1.48	1.75	3.86	3.15
ΣREE	128.94	165.51	135.64	192.05	193.83	160.31	190.71	197.34	204.47	232.46	269.9	204.5
ΣLREE	91.59	122.83	99.68	146.99	146.84	119.98	145.88	151.03	158.14	179.21	159.01	125.44
ΣHREE	37.35	42.68	35.96	45.06	46.99	40.33	44.83	46.31	46.33	53.25	110.89	79.06

ตาราง 5 - 3 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิทด้วยเครื่องมือ Wet Mechanical shaker 10 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษา ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (HSPR01)

Locality		Haad Som Paen, Ranong								
Description	Highly weathered granitic rock	Highly weathered granitic rock	Highly weathered granitic rock	Moderately to Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Weathered pegmatite vein	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock
Sample ID	HSPR01 (1)	HSPR01 (2)	HSPR01 (3)	HSPR01 (4)	HSPR01 (5)	HSPR01 (6)	HSPR01 (7)	HSPR01 (8)	HSPR01 (9)	HSPR01 (10)
La (ppm)	31.1	36.2	37	38.1	40.2	38.7	43.2	46.4	53.4	60.8
Ce	90.7	103	109	120	127	123	135	151	175	245
Pr	8.2	9.58	10.1	10.3	10.7	10.3	11.6	12.4	14.5	16.9
Nd	27.2	32.4	34.5	34.9	35.8	34.2	39	41.7	48.7	57.1
Sm	7.3	8.4	8.9	9	9.3	8.8	10.1	10.8	12.5	15.5
Eu	0.23	0.23	0.24	0.24	0.21	0.22	0.23	0.27	0.27	0.2
Gd	7.11	7.61	8.42	7.88	8.78	8.57	9.36	9.94	11.5	14.2
Tb	1.53	1.58	1.74	1.69	1.81	1.77	1.97	2.08	2.28	3
Dy	9.57	9.76	10.9	10.6	11.4	11.3	12.1	12.9	14.3	18.1
Ho	2	2.02	2.23	2.19	2.35	2.36	2.52	2.66	2.88	3.73
Er	5.66	5.73	6.48	6.17	6.68	6.65	7.05	7.44	8.02	10.4
Tm	1.04	1.02	1.18	1.12	1.23	1.23	1.27	1.36	1.47	1.91
Yb	7.1	7	7.9	7.6	8.4	8.5	8.8	9.1	10.3	13.1
Lu	1.06	1.06	1.26	1.16	1.28	1.25	1.33	1.43	1.52	1.96
Σ REE	199.8	225.59	239.85	250.95	265.14	256.85	283.53	309.48	356.64	461.9
Σ LREE	164.73	189.81	199.74	212.54	223.21	215.22	239.13	262.57	304.37	395.5
Σ HREE	35.07	35.78	40.11	38.41	41.93	41.63	44.4	46.91	52.27	66.4

ตาราง 5 - 4 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างเรโกลิท 9 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินแกรนิตสด 2 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง (HSPR02)

Locality											
Haad Som Paen, Ranong											
Description	Moderately to highly weathered granitic rock	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Highly weathered granitic rock	Highly weathered granitic rock	Highly weathered granitic rock	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Fresh granitic rock	Fresh granitic rock
Sample ID	HSPR02 (1)	HSPR02 (2)	HSPR02 (3)	HSPR02 (4)	HSPR02 (5)	HSPR02 (6)	HSPR02 (7)	HSPR02 (8)	HSPR02 (9)	Pt053(1)rk	Pt056rk
La (ppm)	74.2	55.9	66.4	181	91.4	61.6	73.8	68.9	54.4	23.2	20.3
Ce	145	111	160	379	274	167	177	149	107	69.8	53.5
Pr	17.2	12.5	15.9	42.4	24.7	15.1	18.3	16.6	13.1	9.14	7.69
Nd	62.4	45.6	57.9	158	88.2	55	65.9	60.6	49	38.9	30.6
Sm	12.8	9.5	11.5	27.8	18.8	10.8	13.4	12.4	10.3	17.8	13.3
Eu	0.53	0.35	0.45	0.86	0.66	0.34	0.43	0.38	0.38	0.17	0.05
Gd	11.9	8.12	8.82	20.2	13.3	8.43	10.3	9.94	9.1	22.1	14.7
Tb	2	1.42	1.49	2.81	2.14	1.4	1.65	1.63	1.58	4.38	3.1
Dy	11.3	8.19	8.16	14.8	11.3	7.7	8.71	9.14	9.03	29.1	19.5
Ho	2.11	1.52	1.57	2.75	1.87	1.41	1.56	1.67	1.71	5.45	3.74
Er	5.64	4.16	4.28	7.13	4.7	3.93	4.2	4.44	4.73	17.6	12.3
Tm	0.87	0.66	0.67	1.08	0.74	0.61	0.67	0.69	0.72	3.6	2.47
Yb	5.6	4.2	4.4	7	4.8	4	4.2	4.5	4.8	24.8	20.1
Lu	0.79	0.66	0.67	1.09	0.76	0.63	0.69	0.68	0.72	3.86	3.15
Σ_{REE}	352.34	263.78	342.21	845.92	537.37	337.95	380.81	340.57	266.57	269.9	204.5
Σ_{LREE}	312.13	234.85	312.15	789.06	497.76	309.84	348.83	307.88	234.18	159.01	125.44
Σ_{HREE}	40.21	28.93	30.06	56.86	39.61	28.11	31.98	32.69	32.39	110.89	79.06

ตาราง 5 - 5 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างเรโกลิท 6 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินแกรนิตสด 3 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลบางริน อำเภอมือง จังหวัดระนอง (BRR01)

Locality		Bang Rin, Ranong							
Description	Structureless soil	Structureless soil	Extremely weathered granitic rock (without structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Extremely weathered granitic rock (with structure)	Fresh granitic rock	Fresh granitic rock	Fresh granitic rock
Sample ID	BRR01 (1)	BRR01 (2)	BRR01 (3)	BRR01 (4)	BRR01 (5)	BRR01 (6)	Pt093rk	Pt108rk	Pt095rk
La (ppm)	56.7	38.6	31.7	27.3	25.4	31.4	40.8	14	2.3
Ce	126	97	82	78.1	72.8	89.9	92.4	34.4	5.9
Pr	14.2	10.2	8.37	7.44	6.31	8.79	11.2	4.32	0.73
Nd	50.5	36.6	29.8	27.8	23.1	30.8	40.1	16.9	2.8
Sm	9.9	8.1	6.1	6	5.3	7.1	9.7	6.9	1.2
Eu	0.14	0.08	0.08	0.07	0.05	0.07	0.38	0.05	0.05
Gd	7.25	6.11	5.03	5.27	4.48	5.92	8.76	8.02	2.08
Tb	1.01	0.97	0.78	0.87	0.66	0.96	1.49	1.67	0.57
Dy	5.65	5.44	4.74	5	3.96	5.35	8.72	10.4	4.34
Ho	1.06	1.09	0.96	1.05	0.71	1.06	1.66	2.03	0.95
Er	3.06	3.2	2.79	3.18	2.35	3.35	4.94	6.74	3.25
Tm	0.57	0.55	0.49	0.56	0.37	0.56	0.79	1.24	0.57
Yb	3.9	4.1	2.6	4.1	2.9	3.9	5.6	9.1	3.7
Lu	0.66	0.7	0.54	0.67	0.52	0.57	0.81	1.43	0.51
Σ REE	280.6	212.74	175.98	167.41	148.91	189.73	688.27	306.67	261.8
Σ LREE	257.44	190.58	158.05	146.71	132.96	168.06	666.02	292.15	249.33
Σ HREE	23.16	22.16	17.93	20.7	15.95	21.67	22.25	14.52	12.47

ตาราง 5 - 6 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างเป็นแร่โกลิท 9 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินแกรนิตสด 3 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษาตำบลบางริน อำเภอมือง จังหวัดระนอง (BRR02)

Locality		Bang Rin, Ranong												
Description	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Weathered aplite vein	Moderately weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Fresh granitic rock	Fresh granitic rock	Fresh granitic rock
Sample ID	BRR02 (1)	BRR02 (2)	BRR02 (3)	BRR02 (4)	BRR02 (5)	BRR02 (6)	BRR02 (7)	BRR02 (8)	BRR02 (9)	BRR02Mn	Pt093rk	Pt108rk	Pt095rk	
La (ppm)	37.5	45.3	49.4	42	41	35.8	35.5	26.3	11.7	24.7	40.8	14	2.3	
Ce	130	113	140	138	256	317	580	229	221	96.6	92.4	34.4	5.9	
Pr	9.68	12.7	12.3	10.8	10.1	9.02	9.6	6.92	3.1	7.97	11.2	4.32	0.73	
Nd	35	45.6	44.1	37.9	36	31.4	33.3	24.3	10.8	30.9	40.1	16.9	2.8	
Sm	8	9.7	10	8.3	8.2	6.7	7.4	5.4	2.6	9.5	9.7	6.9	1.2	
Eu	0.22	0.37	0.34	0.29	0.33	0.28	0.22	0.23	0.13	0.43	0.38	0.05	0.05	
Gd	6.99	7.89	8.08	6.71	6.59	5.37	6.12	4.08	2.78	13.9	8.76	8.02	2.08	
Tb	1.11	1.28	1.14	1	1.03	0.88	1.06	0.66	0.56	4.6	1.49	1.67	0.57	
Dy	6.26	7.01	6.64	5.73	5.48	4.72	5.73	3.72	3.34	37.8	8.72	10.4	4.34	
Ho	1.15	1.39	1.15	1.1	0.93	0.91	1.17	0.75	0.71	8.12	1.66	2.03	0.95	
Er	3.57	4.08	3.5	3.11	3.01	2.51	3.25	2.06	1.96	29.2	4.94	6.74	3.25	
Tm	0.56	0.67	0.53	0.54	0.45	0.46	0.53	0.36	0.34	7.91	0.79	1.24	0.57	
Yb	4.1	3.9	3.8	3.8	3.3	3	3.8	2.5	2.4	84.6	5.6	9.1	3.7	
Lu	0.64	0.75	0.56	0.59	0.5	0.49	0.59	0.39	0.38	14.3	0.81	1.43	0.51	
Σ REE	244.78	253.64	281.54	259.87	372.92	418.54	688.27	306.67	261.8	370.53	227.35	117.2	28.95	
Σ LREE	220.4	226.67	256.14	237.29	351.63	400.2	666.02	292.15	249.33	170.1	194.58	76.57	12.98	
Σ HREE	24.38	26.97	25.4	22.58	21.29	18.34	22.25	14.52	12.47	200.43	32.77	40.63	15.97	

ตาราง 5 - 7 ปริมาณธาตุหายากในตัวอย่างเป็นตัวอย่างตะกอนดินเหนียวจากการคัดขนาดตะกอนในเรโกลิทด้วยเครื่องมือ Wet Mechanical shaker 9 ตัวอย่าง จากพื้นที่ศึกษา ตำบลบางรีน อำเภอมือง จังหวัดระนอง (HSPR01)

Locality									
Bang Rin, Ranong									
Description	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately to highly weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock	Weathered aplite vein	Moderately weathered granitic rock	Moderately weathered granitic rock
Sample ID	BRR02 (1)	BRR02 (2)	BRR02 (3)	BRR02 (4)	BRR02 (5)	BRR02 (6)	BRR02 (7)	BRR02 (8)	BRR02 (9)
La (ppm)	34.8	39.6	29	27.4	34.7	25.1	29.2	19.7	12.3
Ce	297	275	303	310	771	1230	1610	707	373
Pr	9.15	9.69	7.76	7.06	9.3	6.45	7.39	5.38	3.4
Nd	30.8	33.7	26.7	25.2	31.8	21.6	25.1	18.4	12.1
Sm	6.3	6.7	5.6	5.4	7	4.6	5.5	4.1	3
Eu	0.22	0.3	0.25	0.26	0.25	0.25	0.26	0.24	0.22
Gd	4.46	5.05	4.29	4.04	5.27	3.4	4.36	3.33	2.97
Tb	0.69	0.77	0.71	0.68	0.91	0.67	0.91	0.64	0.6
Dy	3.67	4.3	3.92	3.79	4.73	3.21	4.16	3.32	3.39
Ho	0.76	0.82	0.83	0.76	0.94	0.66	0.82	0.71	0.72
Er	2.08	2.3	2.23	2.35	2.54	1.79	2.26	1.95	2.04
Tm	0.35	0.39	0.38	0.37	0.44	0.31	0.37	0.35	0.36
Yb	2.5	2.9	2.7	2.6	3	2.2	2.7	2.4	2.3
Lu	0.39	0.47	0.4	0.42	0.47	0.34	0.4	0.38	0.36
Σ REE	393.17	381.99	387.77	390.33	872.35	1300.58	1693.43	767.9	416.76
Σ LREE	378.27	364.99	372.31	375.32	854.05	1288	1677.45	754.82	404.02
Σ HREE	14.9	17	15.46	15.01	18.3	12.58	15.98	13.08	12.74