

วิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายบริเวณหาดทุ่งทะเล  
อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่

นางสาว ณิชากร อมรปิยะพงศ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2557

EVOLUTION OF BEACH RIDGE PLAIN AT THUNG TALAY BEACH

AMPHOE KOH LANTA, CHANGWAT KRABI

MISS NICHAKORN AMORNPIYAPONG

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE IN GEOLOGY  
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE, CHULALONGKORN UNIVERSITY  
ACADEMIC YEAR 2014

วันที่ส่ง

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

วันที่อนุมัติ

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

ลงชื่อ \_\_\_\_\_

(อาจารย์ ดร.เครือวัลย์ จันทร์แก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย: วิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายบริเวณหาดทุ่งทะเล  
อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่

นิสิตผู้ทำการวิจัย: นางสาวณิชากร อมรปิยะพงศ์

ภาควิชา: ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา: อาจารย์ ดร.เครือวัลย์ จันทร์แก้ว

ปีการศึกษา: 2557

### บทคัดย่อ

ที่ราบแนวสันทรายซึ่งประกอบด้วยสันทรายและที่ลุ่มระหว่างสันทรายจัดเป็นธรณีสัณฐานชายฝั่งที่สำคัญ และสามารถพบได้ทั่วไปตามแนวชายฝั่งทะเลทั่วโลก หากทราบอายุของสันทรายแต่ละสันก็มีความเป็นไปได้ที่จะบอกตำแหน่งของชายฝั่งในอดีตและช่วงเวลาต่างๆ ที่มีการพัฒนาของที่ราบแนวสันทราย งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายบริเวณหาดทุ่งทะเล อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ โดยใช้วิธีการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงในการกำหนดอายุของสันทรายเหล่านี้ จากการสำรวจในภาคสนามได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนจากสันทรายทั้งหมด 8 สัน มาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทั้งการศึกษาลักษณะทางกายภาพของตะกอน การวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน และการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง ผลจากการศึกษาตะกอนในห้องปฏิบัติการพบว่าตะกอนของสันทรายส่วนใหญ่มีขนาดเป็นทรายละเอียดถึงทรายละเอียดมาก มีการเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบตะกอนมีลักษณะขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบนและตะกอนมีขนาดละเอียดขึ้นไปทางด้านบน องค์ประกอบทางแร่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์เป็นส่วนมาก มีแร่หนักพวกแมกนีไทต์ปะปนบ้างเล็กน้อย ตะกอนมีความกลมสูง มีความเป็นทรงกลมสูง และมีการคัดขนาดดีถึงดีมาก และจากการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงพบว่าสันทรายที่มีอายุมากที่สุดคือประมาณ  $7,400 \pm 2,400$  ปีก่อนปัจจุบัน และสันทรายที่มีอายุน้อยที่สุดคือประมาณ  $300 \pm 2,240$  ปีก่อนปัจจุบัน การหาอายุมีค่าความผิดพลาด ( $\pm$ error) ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามสามารถสรุปวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายในบริเวณนี้ได้คร่าวๆ ว่า เริ่มมีวิวัฒนาการตั้งแต่สมัยโฮโลซีนมาจนถึงปัจจุบันด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยประมาณ 0.19 เมตร/ปี โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายนี้คือการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลตั้งแต่สมัยโฮโลซีน กระแสน้ำชายฝั่งจากทิศใต้ซึ่งคาดว่าเป็นตัวกลางหลักในการพัดพาตะกอน

**คำสำคัญ:** วิวัฒนาการที่ราบแนวสันทราย, สันทราย, การหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง

Project title: EVOLUTION OF BEACH RIDGE PLAIN AT THUNG TALAY BEACH  
AMPHOE KOH LANTA, CHANGWAT KRABI

Researcher: Miss Nichakorn Amornpiyapong

Department: Geology

Advisor: Dr. Kruawun Jankaew

Academic Year: 2014

---

### ABSTRACT

Beach ridge plains which consist of ridges and swales are a common morphological feature of coastal areas all over the world. If the age of each ridge can be determined, position of the coastline in the past and its evolution can be determined. This research aims to study the evolution of the beach ridge plain at Thung Talay beach, Amphoe Koh Lanta, Krabi, by using Optical Stimulated Luminescence dating method. From field work, sediment samples were collected from 8 ridges for laboratory analyses. The samples were subjected to particle size analysis, physical property analysis and OSL dating. All analysed beach ridges are composed of sandy material consisting of mostly fine sand and very fine sand. Quartz was found to be the main mineral composition with a small amount of heavy mineral such as magnetite. The grain shape is sub-rounded to rounded with high sphericity. Sediment are well sorted to very well sorted. Vertical variations found are coarsening-upward and fining-upward. The OSL date age of the beach ridge are as follows, the oldest beach ridge is  $7,400 \pm 2,400$  years and the youngest beach ridge is  $300 \pm 2,240$  years. It is noteworthy that the margin of  $\pm$ error is very high. From the lab result we can determined that this beach ridge plain began forming during Holocene with an average progradation rate of 0.19 m/year. The main controlling factors for this evolution are sea-level changes since Holocene and the south longshore current direction that supplies sediment to the coastal zone.

**KEY WORDS:** Evolution of beach ridge plain, ridge, Optical Stimulated Luminescence age dating

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเรื่อง วิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายบริเวณหาดทุ่งทะเล อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ (Senior Project) ซึ่งเป็นรายงานที่นิสิตชั้นปีที่ 4 โดยจัดทำเพื่อเรียนรู้เพิ่มเติมและเสริมประสบการณ์ในการทำวิจัย

ตลอดการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้รับคำแนะนำ การสนับสนุน และความช่วยเหลืออย่างดี ทำให้สามารถดำเนินงานวิจัยจนเสร็จสิ้นได้ โดยมีอาจารย์ ดร.เครือวัลย์ จันทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือตั้งแต่ก่อนเริ่มงานวิจัย การออกภาคสนาม การศึกษาในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ข้อมูล จนถึงขั้นตอนของการนำเสนอข้อมูลเป็นรายงานเล่มนี้ จึงขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทางการเงิน (ในการออกภาคสนาม และการวิเคราะห์ตัวอย่าง) จากโครงการวิจัยการศึกษาตะกอนสีนามีโบราณ เกาะพระทอง จังหวัดพังงา และชายฝั่งทะเลอันดามันของไทย ประวัติการเกิดสีนามีขนาดใหญ่ (ปีที่ 2) จากสภาวิจัยแห่งชาติของ ดร.เครือวัลย์ จันทร์แก้ว

ขอขอบคุณนางสาวชินีนานา พระไชยบุญ นายณัฐวีร์ ระวังสำโรง และนายพีรพงษ์ ศรีตั้งศิริกุล ที่ให้ความช่วยเหลือในการออกภาคสนาม ขอขอบคุณนายพีรสิทธิ์ สุรเกียรติชัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณนายชาญวิทย์ แดงอ่อน สำหรับคำแนะนำและกำลังใจที่ดี สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ธรณีวิทยา รุ่น 55 ทุกคนรวมไปถึงน้องธรณีทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ข้อความเบื้องต้น	1
1.2 นิยามปัญหา	2
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 สมมติฐาน	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
1.6 พื้นที่ศึกษา	2
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.8 ข้อมูลพื้นฐานทางของหาดทุ่งทะเล	4
1.9 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
<b>บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย</b>	<b>9</b>
2.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น	11
2.2 การสำรวจภาคสนาม	11
2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ	16
<b>บทที่ 3 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล</b>	<b>25</b>
3.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน	25
3.2 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน	28
3.3 การวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง	39
3.4 ผลการวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (OSL)	48

<b>บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผล</b>	50
4.1 อภิปรายผลการวิจัย	50
4.2 สรุปผลการศึกษา	55
4.3 ข้อเสนอแนะ	56
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	57



## สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	แสดงตำแหน่งที่ตั้งของหาดทุ่งทะเล อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่	3
รูปที่ 1.2	แผนที่ภูมิประเทศ ระวัง 4824 III “อำเภอคลองท่อม” และระวัง 4824 IV “อำเภอเกาะลันตา” ลำดับชุด L7018 มาตรฐาน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2543)	3
รูปที่ 1.3	แผนที่การแปลธรณีสัณฐานและสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8	5
รูปที่ 1.4	แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา (จากแผนที่ธรณีวิทยา ระวัง NB 47-2 จังหวัดกระบี่ มาตรฐาน 1:250,000 จัดทำโดย กรมทรัพยากรธรณีวิทยา, 2556)	5
รูปที่ 1.5	แสดงการเปรียบเทียบอายุที่หาได้ด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงและวิธีคาร์บอน-14 บริเวณอ่าววิวกวเซิน ประเทศออสเตรเลีย (Murray-Wallance et al., 2002)	8
รูปที่ 1.6	วิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายบริเวณ เกาะพระทอง ประเทศไทย สามารถแบ่งช่วงวิวัฒนาการเป็น 6 ช่วง คือ P1-P6 (Scheffer et al., 2012)	8
รูปที่ 2.1	แผนผังแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงาน	10
รูปที่ 2.2	ตำแหน่งหลุมเก็บตัวอย่าง แสดงในภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth บริเวณหาดทุ่งทะเล	12
รูปที่ 2.3	ตัวอย่างหลุม TTL1 ความลึก 100 เซนติเมตร	12
รูปที่ 2.4	การเก็บตัวอย่างสำหรับ Equivalent dose (ซ้าย) และตัวอย่างสำหรับ Annual dose (ขวา)	15
รูปที่ 2.5	เครื่อง Mastersizer (ซ้าย) และเครื่อง Mechanical Sieve (ขวา) สำหรับหาการกระจายตัวขนาดเม็ดตะกอน	17
รูปที่ 2.6	(ก) การศึกษาลักษณะทางกายภาพของตะกอนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสองตา (ข) แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของตะกอนจาก Fritz และ Moore (1988) (ค) ตารางเปรียบเทียบพื้นผิวของตะกอนซึ่งเป็นแผนภูมิของ Powers (1953)	18

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

### หน้า

รูปที่ 2.7	แผนภูมิแสดงกระบวนการปฏิบัติงานการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์และกำหนดอายุด้วยวิธีเรืองแสงความร้อน (Takashima and Honda, 1989)	21
รูปที่ 2.8	ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ Equivalent dose (ซ้าย) และวิเคราะห์ Annual dose (ขวา)	21
รูปที่ 2.9	เครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER MODEL DA-20 และส่วนประกอบเครื่อง	23
รูปที่ 2.10	“OSL decay curve” (ซ้าย) และ “Growth curve” (ขวา) จากตัวอย่าง TTL8	24
รูปที่ 3.1	ลักษณะทางกายภาพของตะกอนจากหลุม TTL1-TTL8 กำลังขยาย 4X	27
รูปที่ 3.2	ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL1 และค่าทางสถิติของตะกอน	34
รูปที่ 3.3	ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL2 และค่าทางสถิติของตะกอน	34
รูปที่ 3.4	ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL3 และค่าทางสถิติของตะกอน	35
รูปที่ 3.5	ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL4 และค่าทางสถิติของตะกอน	35
รูปที่ 3.6	ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL5 และค่าทางสถิติของตะกอน	37
รูปที่ 3.7	ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL6 และค่าทางสถิติของตะกอน	37
รูปที่ 3.8	ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL7 และค่าทางสถิติของตะกอน	38
รูปที่ 3.9	ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL8 และค่าทางสถิติของตะกอน	38
รูปที่ 3.10	OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL1	40
รูปที่ 3.11	OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL2	41
รูปที่ 3.12	OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL3	42
รูปที่ 3.13	OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL4	43
รูปที่ 3.14	OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL5	44
รูปที่ 3.15	OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL6	45
รูปที่ 3.16	OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL7	46
รูปที่ 3.17	OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL8	47
รูปที่ 4.1	กระแสน้ำชายฝั่งทิศทางจากทิศใต้ บริเวณหาดทุ่งทะเล	51
รูปที่ 4.2	แสดงความสัมพันธ์ของกระแสน้ำชายฝั่งและข้อมูลทางธรณีวิทยา	52

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

### หน้า

- รูปที่ 4.3** กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนโดยการหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 โดยใช้ตัวอย่างจากหาดกมลา จังหวัดภูเก็ต และอ่าวพังงา จังหวัดพังงา 53
- รูปที่ 4.4** กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนโดยการหาอายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง โดยใช้ตัวอย่างทรายจากสันทรายที่เกาะพระทอง จังหวัดพังงา 54

## สารบัญตาราง

## หน้า

ตารางที่ 2.1	แสดงข้อมูลตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง, ความลึกของหลุม, ระยะห่างจากชายหาด, ความลึกที่เก็บตัวอย่าง Equivalent dose และความลึกที่เก็บตัวอย่าง Annual dose	13
ตารางที่ 2.2	แสดงวิธีการคำนวณแบบ Logarithmic method of moments สูตรที่ใช้คำนวณและความหมายของค่าที่คำนวณได้	19
ตารางที่ 2.3	ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุกัมมันตภาพรังสี (หน่วย ppm หรือ %) และอัตราการแผ่รังสีต่อปี (หน่วย $\mu\text{Gy}$ ) (Bell, 1979)	22
ตารางที่ 3.1	แสดงลักษณะทางกายภาพของตะกอนตัวอย่าง TTL1-TTL8	26
ตารางที่ 3.2	แสดงขนาดตะกอนวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Mastersizer ตัวอย่าง TTL1, TTL3, TTL5 และ TTL7	29
ตารางที่ 3.3	แสดงขนาดตะกอนวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Mechanical Sieve ตัวอย่าง TTL2, TTL4, TTL6 และ TTL8	30
ตารางที่ 3.4	แสดงค่าทางสถิติจากการคำนวณทางตะกอนด้วย Logarithmic method of moments	31
ตารางที่ 3.5	ผลจากการวิเคราะห์ Annual dose, Equivalent dose และการคำนวณอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (OSL) จำนวน 8 ตัวอย่าง พื้นที่หาดทุ่งทะเล อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่	49

## บทที่ 1

### บทนำ (Introduction)

#### 1.1 ข้อความเบื้องต้น

ที่ราบแนวสันทราย (Beach ridge plain) ประกอบด้วยสันทรายหลายสันและที่ลุ่มระหว่างแต่ละสัน ซึ่งที่ราบแนวสันทรายนี้ถือเป็นธรณีสัณฐานชายฝั่งที่สำคัญ (Otvos, 2000) และสามารถพบได้ทั่วไปตามแนวชายฝั่งทะเลทั่วโลก ซึ่งที่ราบแนวสันทรายมีอัตราการพัฒนาด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 2-50 ปีต่อสันทราย (Otvos, 2000) หากเราทราบอายุของสันทรายแต่ละสัน เราอาจจะบ่งบอกถึงตำแหน่งของชายฝั่งในอดีตและช่วงเวลาต่างๆ ที่มีการพัฒนาของที่ราบแนวสันทรายในบริเวณนั้นได้

สันทรายเป็นธรณีสัณฐานที่มีอยู่ทุกแห่งและพัฒนาอยู่บนชายหาด โดยสันทรายจะเกิดอยู่ภายในหรืออยู่ติดกับชายหาดและจะแยกจากกันภายหลังด้วยกระบวนการของชายฝั่ง สันทรายจะมีลักษณะยาวขนานหรือเกือบขนานไปกับแนวชายฝั่ง (Stapor, 1975) โดยสันทรายเหล่านี้สามารถที่จะบันทึกกระบวนการชายฝั่งในอดีตและสามารถบ่งชี้ตำแหน่งของแนวชายฝั่งและรูปร่างของชายฝั่งในอดีต (Wood, 1983) และระดับน้ำทะเลในอดีต (Davies, 1957) ลำดับของสันทรายและที่ลุ่มระหว่างสันสามารถบ่งชี้ถึงช่วงเวลาของสภาพแวดล้อมในอดีตได้ (Tanner, 1988)

หาดทุ่งทะเล ตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ ด้านตะวันตกติดชายฝั่งทะเลอันดามัน ธรณีสัณฐานบริเวณหาดทุ่งทะเลส่วนใหญ่เป็นที่ราบลอนคลื่นสันทราย (Beach ridge) สลับกับที่ลุ่มต่ำ (Swale) มีความสูงไม่มากจากระดับน้ำทะเล นับได้ว่าเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างมากในการศึกษาด้านธรณีสัณฐานชายฝั่ง เนื่องจากบริเวณหาดทุ่งทะเลนี้เป็นชายหาดที่ยาวที่สุดของจังหวัดกระบี่ โดยมีความยาวประมาณ 7 กิโลเมตร อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล ซึ่งอาจสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีนตอนปลาย ในประเทศไทย ลมมรสุมทั้งลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อีกทั้งเหตุการณ์สึนามิในปีพ.ศ. 2547 ก็มีผลกระทบกับพื้นที่นี้ด้วย โดยทั้งหมดนี้อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการของธรณีสัณฐานชายฝั่งในบริเวณนี้

## 1.2 นิยามปัญหา

การศึกษาวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงในประเทศไทยพบการศึกษาแค่เพียงบริเวณเกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงาโดย Brill et al. (Submitted to Geomorphology) ยังขาดการศึกษาวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายในบริเวณอื่นๆ ของชายฝั่งทะเลอันดามันซึ่งน่าจะมีปัจจัยควบคุมวิวัฒนาการเช่นเดียวกับที่เกาะพระทอง

## 1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 หาอายุของที่ราบแนวสันทรายบริเวณหาดทุ่งทะเล อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่

1.3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงและวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายเหล่านี้

1.3.3 หาปัจจัยที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของที่ราบแนวสันทราย

## 1.4 สมมติฐาน

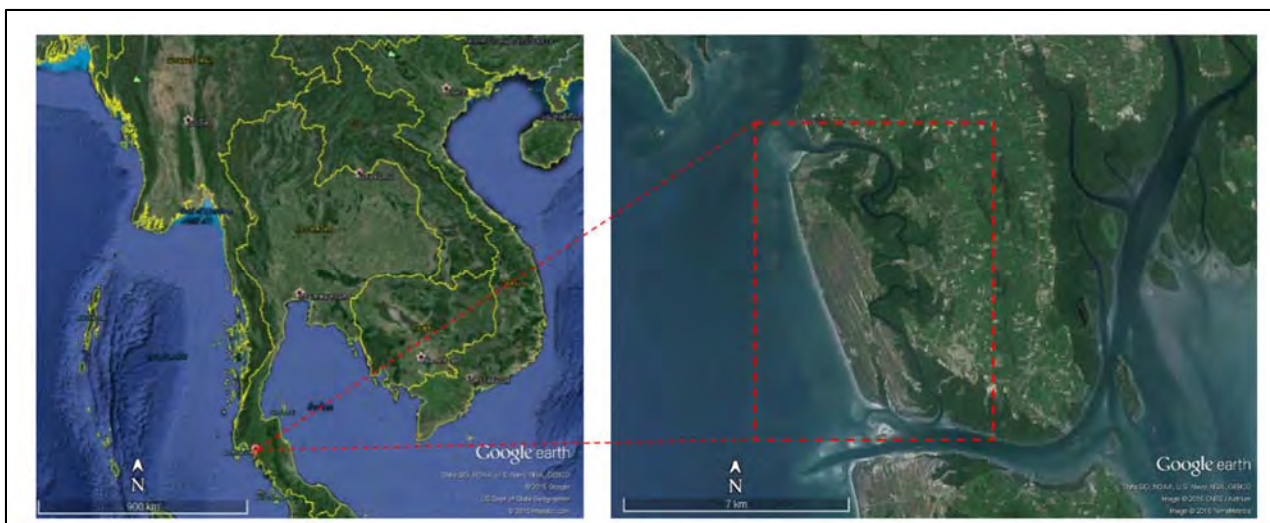
ที่ราบแนวสันทราย (Beach ridge plain) ประกอบด้วยสันทรายหลายสันและที่ลุ่มระหว่างแต่ละสัน ซึ่งที่ราบแนวสันทรายนี้ หากทราบอายุของสันทรายแต่ละสัน อาจมีความเป็นไปได้ที่จะบ่งบอกถึงช่วงเวลาและตำแหน่งของการพัฒนาที่ราบแนวสันทรายเหล่านี้

## 1.5 ขอบเขตการศึกษา

หาอายุของที่ราบแนวสันทรายบริเวณหาดทุ่งทะเล อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ ด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (OSL) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของตะกอน การกระจายตัวของตะกอนแต่ละขนาด เพื่อบอกการพัฒนาของที่ราบแนวสันทรายในบริเวณพื้นที่ศึกษา

## 1.6 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ 50 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ที่หาดทุ่งทะเล อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ ในแผนที่ภูมิประเทศระวาง 4824 III “อำเภอเกาะลันตา” และระวาง 4824 IV “อำเภอคลองท่อม” มาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในตำแหน่งลองจิจูด  $99^{\circ}0'43.15''E$  ถึง  $99^{\circ}4'3.21''E$  และละติจูด  $7^{\circ}41'37.84''N$  ถึง  $7^{\circ}46'9.72''N$  โดยทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษาติดกับทะเลอันดามัน ดังรูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของหาดทุ่งทะเล อำเภอกะลันตา จังหวัดกระบี่



รูปที่ 1.2 แผนที่ภูมิประเทศ ระบาย 4824 III “อำเภอลองท่อม” และระบาย 4824 IV “อำเภอกะลันตา” ลำดับชุด L7018 มาตราส่วน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2543)

## 1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.7.1 ทราบอายุของสันทรายในบริเวณพื้นที่ศึกษา
- 1.7.2 วิวัฒนาการของสันทรายในบริเวณพื้นที่ศึกษา
- 1.7.3 ทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของที่ราบแนวสันทรายในบริเวณพื้นที่ศึกษา

## 1.8 ข้อมูลพื้นฐานของหาดทุ่งทะเล

### 1.8.1 ลักษณะทางภูมิประเทศและธรณีสัณฐานชายฝั่ง

ผลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 พบว่าหาดทุ่งทะเลมีความยาวประมาณ 7.3 กิโลเมตร ตั้งอยู่ในตำบลเกาะกลาง อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ เป็นพื้นที่ที่มีธรณีสัณฐานแบบที่ราบแนวสันทราย (Beach-ridge plain) มีความกว้างประมาณ 1-2 กิโลเมตร คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 1.5 ตารางกิโลเมตรตั้งแสดงในพื้นที่สีชมพูในรูปที่ 1.3 ทางด้านตะวันออกของหาดทุ่งทะเลคือป่าทุ่งทะเลที่ประกอบไปด้วยพื้นที่ป่าชายเลน พบมีทางน้ำสองสายคือ คลองลัดลิกีทางทิศเหนือและคลองท่าทุกควายทางทิศใต้ซึ่งเป็นร่องน้ำน้ำขึ้น-น้ำลง (Tidal channel) โดยมีพื้นที่ป่าชายเลนรวมกับป่าริมชายหาดทั้งหมด 5.61 ตารางกิโลเมตรตั้งแสดงในพื้นที่สีเขียวในรูปที่ 1.3 ตะกอนละเอียดกระเจิงอยู่ในน้ำทะเลขนานไปกับชายหาดเป็นบริเวณแคบเกิดจากอิทธิพลของคลื่นทะเลคิดเป็นพื้นที่ 0.078 ตารางกิโลเมตรตั้งแสดงในพื้นที่สีน้ำตาลในรูปที่ 1.3 นอกจากนี้ด้านตะวันออกและด้านเหนือของป่าทุ่งทะเลยังพบภูเขาสูงที่มีการวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้อีกด้วย

### 1.8.2 ธรณีวิทยาของพื้นที่

หาดทุ่งทะเลประกอบด้วย 1 หน่วยหินและ 1 กลุ่มตะกอนร่วน (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) ดังรูปที่ 1.4

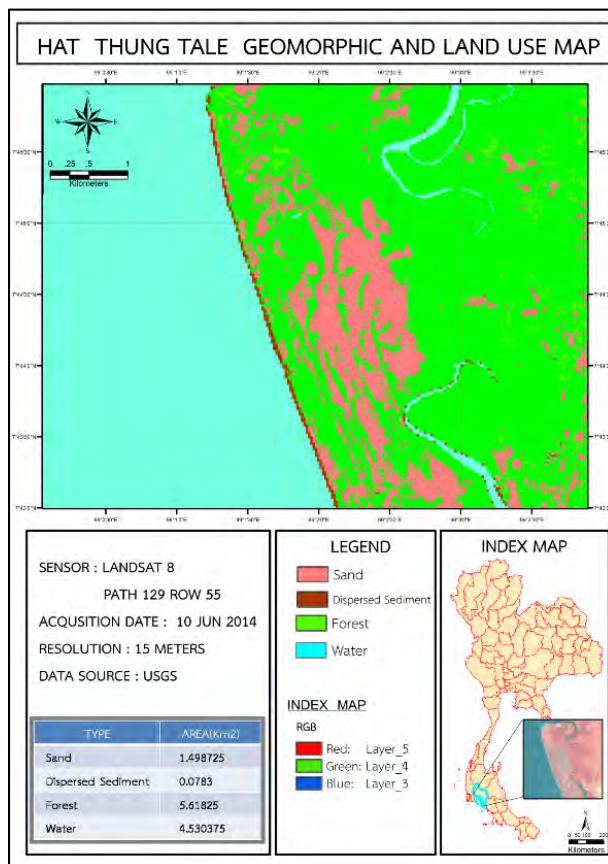
#### 1) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (CP)

ธรณีวิทยาจังหวัดกระบี่มีหินอายุคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียนซึ่งแบ่งได้เป็น (1) กลุ่มหินแก่กระเจานตอนล่าง (CPK) ประกอบด้วยหินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินทรายเนื้อซิลิกาสีเทา เทาเขียวและน้ำตาล มีซากหอยแบรคคิโอพอด ไบรโอซัว ปะการังและไครนอยด์ และ (2) กลุ่มหินแก่กระเจานตอนบน (CP) ประกอบด้วย หินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดานและหินเชิร์ตซึ่งวางตัวอย่างต่อเนื่องกับหินยุคเพอร์เมียน



## 2) กลุ่มตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี (Q)

1) ตะกอนชายหาด ( $Q_b$ ) ประกอบด้วย ทราย ทรายแป้ง มีเศษเปลือกหอย เศษปะการัง เศษซากพืชปนอยู่



รูปที่ 1.3 แผนที่การแปลธรณีสัณฐานและสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8



รูปที่ 1.4 แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา (จากแผนที่ธรณีวิทยา ระวัง NB 47-2 จังหวัดกระบี่

มาตราส่วน 1:250,000 จัดทำโดย กรมทรัพยากรธรณีวิทยา, 2556)

### 1.8.3 ฤดูกาล อุณหภูมิ ระดับน้ำฝน

ฤดูกาลในจังหวัดกระบี่แบ่งออกเป็น 2 ฤดู

- 1) ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน
- 2) ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงธันวาคม

โดยมีอุณหภูมิทั้งปีอยู่ระหว่าง  $16.9^{\circ}\text{C}$  ถึง  $37.3^{\circ}\text{C}$  และมีปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยปีละประมาณ 2,568.5 มิลลิเมตร

### 1.9 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Murray-Wallance et al. (2002) แสดงให้เห็นถึงข้อดีของการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง จากการหาอายุของที่ราบชายฝั่ง (Strand plain) ของอ่าวกิวเซนโดยเฉพาะในสันทรายที่ค่อนข้างจะอายุมาก และพบว่ามีความเหมาะสมมากกว่าการหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 ซึ่งมีค่ามากเกินความเป็นจริงเนื่องจากการสะสมตัวใหม่ของคาร์บอนในสมัยไพลสโตซีน ในรูปที่ 1.5 เปรียบเทียบอายุที่หาได้ด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงและวิธีคาร์บอน-14

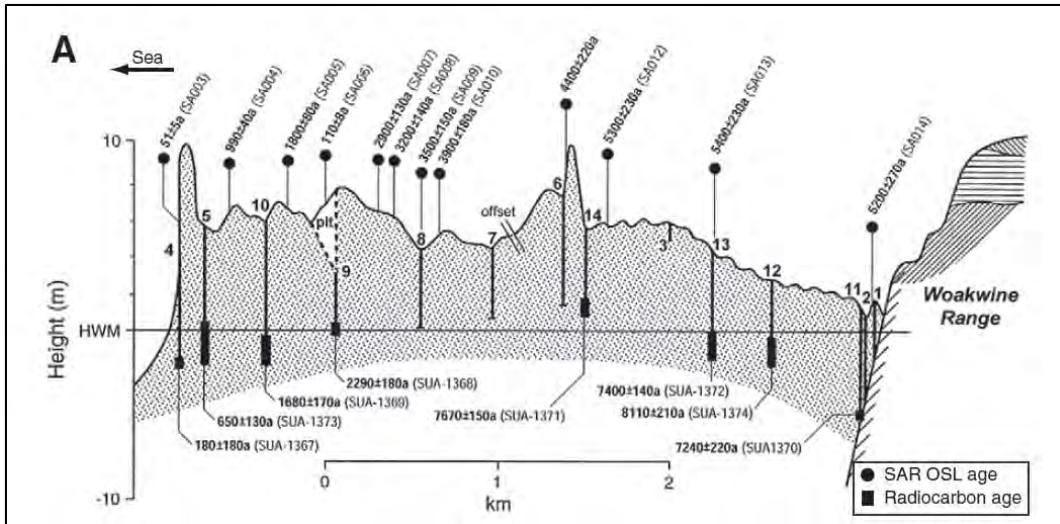
จากการศึกษาหาอายุของที่ราบแนวสันทรายในสมัยโฮโลซีนด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงของจัตแลนด์ตอนเหนือ ประเทศเดนมาร์ก โดย Neilsen et al. (2006) ซึ่งศึกษาหาอายุตัวอย่างตะกอนที่ราบแนวสันทรายหาดจิวซึ่งเป็นที่ราบแนวสันทรายที่ใหญ่ที่สุดในโลก โดยการนำเม็ดควอตซ์มาหาอายุโดยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง พบว่าที่ราบแนวสันทรายบริเวณนี้เริ่มเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 2,700-1,000 ปีก่อน และสันทรายมีอัตราการพัฒนาโดยเฉลี่ย 15 ปี/หนึ่งสัน และมีอัตราการพัฒนาในแนวราบโดยเฉลี่ย 2 เมตร/ปี การศึกษานี้เป็นการเพิ่มองค์ความรู้เกี่ยวกับศักยภาพของการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงของตะกอนชายฝั่งรวมไปถึงตะกอนของสันทราย

Brook et al. (2008) ใช้วิธีการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงในการระบุอายุของสันทราย 7 สันจากอ่าวมอริตัน เมืองควีนแลนด์ พบว่าในระหว่าง  $2,600 \pm 400$  ถึง  $1,700 \pm 130$  ปีก่อนปัจจุบัน บริเวณแนวชายฝั่งถูกกัดกร่อนและมีชายฝั่งส่วนนอกมาสะสมตัวแทนที่ชายหาดเดิม และในช่วง 1,500 ปีต่อมาเป็นช่วงของการพัฒนาของแนวชายฝั่งด้วยอัตราเร็วประมาณ 0.16 เมตร/ปี ในระหว่าง  $1,700 \pm 300$  ถึง  $1,140 \pm 80$  ปีก่อนปัจจุบัน และด้วยอัตราเร็วประมาณ 0.41 เมตร/ปี ในระหว่าง  $1,140 \pm 80$  ถึง 200 ปีก่อนปัจจุบัน ซึ่งสันทรายที่อายุอ่อนที่สุดมีการสะสมตัวเมื่อประมาณ  $230 \pm 40$  ถึง  $140 \pm 50$  ปีก่อนปัจจุบันด้วยอัตราเร็ว 1.06 เมตร/ปี และได้ระบุปัจจัยที่สัมพันธ์ต่อวิวัฒนาการของสันทรายเหล่านี้ว่าเป็นผลจากการเคลื่อนย้ายตะกอนทรายในบริเวณใกล้ชายฝั่ง จากผลการศึกษาแสดง

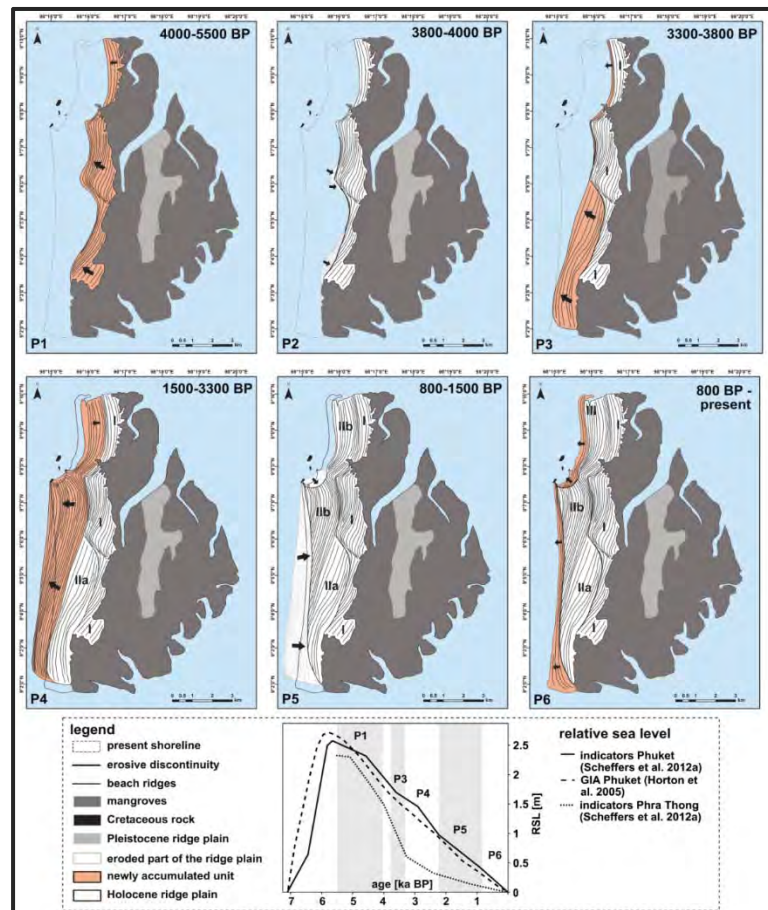
ให้เห็นถึงประโยชน์ของวิธีการหาอายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง ว่าสามารถทำให้เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งอย่างลึกซึ้งทั้งในอดีตและปัจจุบัน

Lopez et al. (2008) ได้ทำการศึกษาหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง โดยใช้ตัวอย่างเม็ดควอตซ์จากเกาะเซนทวินเซนที่ที่ตั้งอยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของอ่าวเม็กซิโกซึ่งมีธรณีสัณฐานเป็นที่ราบแนวสันทรายโดยเชื่อว่าเริ่มมีวิวัฒนาการขึ้นในช่วงตอนกลางของสมัยโฮโลซีน (มากกว่า 3,000 ปี) แต่ไม่สามารถระบุอายุที่แน่นอนได้ การศึกษานี้จึงเป็นการประเมินศักยภาพการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงเพื่อใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทราย ผลการศึกษาพบว่าชุดของสันทรายที่อายุน้อยที่สุดคือประมาณ  $370 \pm 49$  ถึง  $1,890 \pm 292$  ปีก่อนปัจจุบัน และชุดของสันทรายที่อายุเก่าแก่ที่สุดคือประมาณ  $2,733 \pm 404$  ถึง  $2,859 \pm 340$  ปีก่อนปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับการประมาณอายุด้วยวัตถุทางโบราณคดีซึ่งได้อายุประมาณ 3,000-4,000 ปีก่อนปัจจุบัน

การศึกษาวิวัฒนาการในสมัยโฮโลซีนของที่ราบแนวสันทราย บริเวณเกาะพระทอง ประเทศไทย โดย Brill et al. (submitted to Geomorphology) ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายบริเวณเกาะพระทองว่าเป็นผลจากปัจจัยหลัก ได้แก่ ลักษณะธรณีสัณฐานและปริมาณตะกอน สภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลและเหตุการณ์รุนแรง (Extreme events) และสามารถสรุปวิวัฒนาการในเชิงพื้นที่ได้เป็น 6 ช่วงหลักๆ ด้วยกัน ดังนี้ (ดังแสดงในรูปที่ 1.6) 1) Phase I : มีวิวัฒนาการเมื่อประมาณ 5,500-4,000 ปีก่อนปัจจุบัน ด้วยอัตราการสะสมตัวประมาณ 2.1-2.5 เมตร/ปี 2) Phase II : มีวิวัฒนาการเมื่อประมาณ 4,000-3,800 ปีก่อนปัจจุบัน โดยเป็นช่วงที่โดนกัดกร่อนโดยมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 3) Phase III : มีวิวัฒนาการเมื่อประมาณ 3,800-3,300 ปีก่อนปัจจุบัน มีการพัฒนาของแนวชายฝั่งด้วยอัตราเร็วมากกว่า 2 เมตร/ปี ซึ่งมีปัจจัยหลักจากปริมาณตะกอนที่มาสะสมตัวด้วยกระแสน้ำชายฝั่งจากทิศเหนือ 4) Phase IV : มีวิวัฒนาการต่อเนื่องจนมาถึง 1,500 ปีก่อนปัจจุบัน ด้วยอัตราการพัฒนาของแนวชายฝั่งลดลงจนน้อยกว่า 1 เมตร/ปี 5) Phase V : ความต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของมรสุมเมื่อประมาณ 1,600 ปีก่อนปัจจุบัน ทำให้วิวัฒนาการในช่วง 1,500-800 ปีก่อนปัจจุบัน เป็นช่วงที่ที่ราบแนวสันทรายโดนกัดกร่อน 6) Phase VI : วิวัฒนาการตั้งแต่ 800 ปีก่อนปัจจุบัน – ปัจจุบัน แนวชายฝั่งมีการพัฒนาอีกครั้งแต่ทิศทางต่างจากในช่วง Phase IV ซึ่งอาจเป็นผลจากการเปลี่ยนทิศทางของมรสุม



รูปที่ 1.5 แสดงการเปรียบเทียบอายุที่หาได้ด้วยการกระตุ้นด้วยแสงและวิธีคาร์บอน-14 บริเวณอ่าวกิวเซน ประเทศออสเตรเลีย (Murray-Wallance et al., 2002)



รูปที่ 1.6 วิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายบริเวณ เกาะพระทอง ประเทศไทย สามารถแบ่งช่วงวิวัฒนาการเป็น 6 ช่วง คือ P1-P6 (Scheffer et al., 2012)

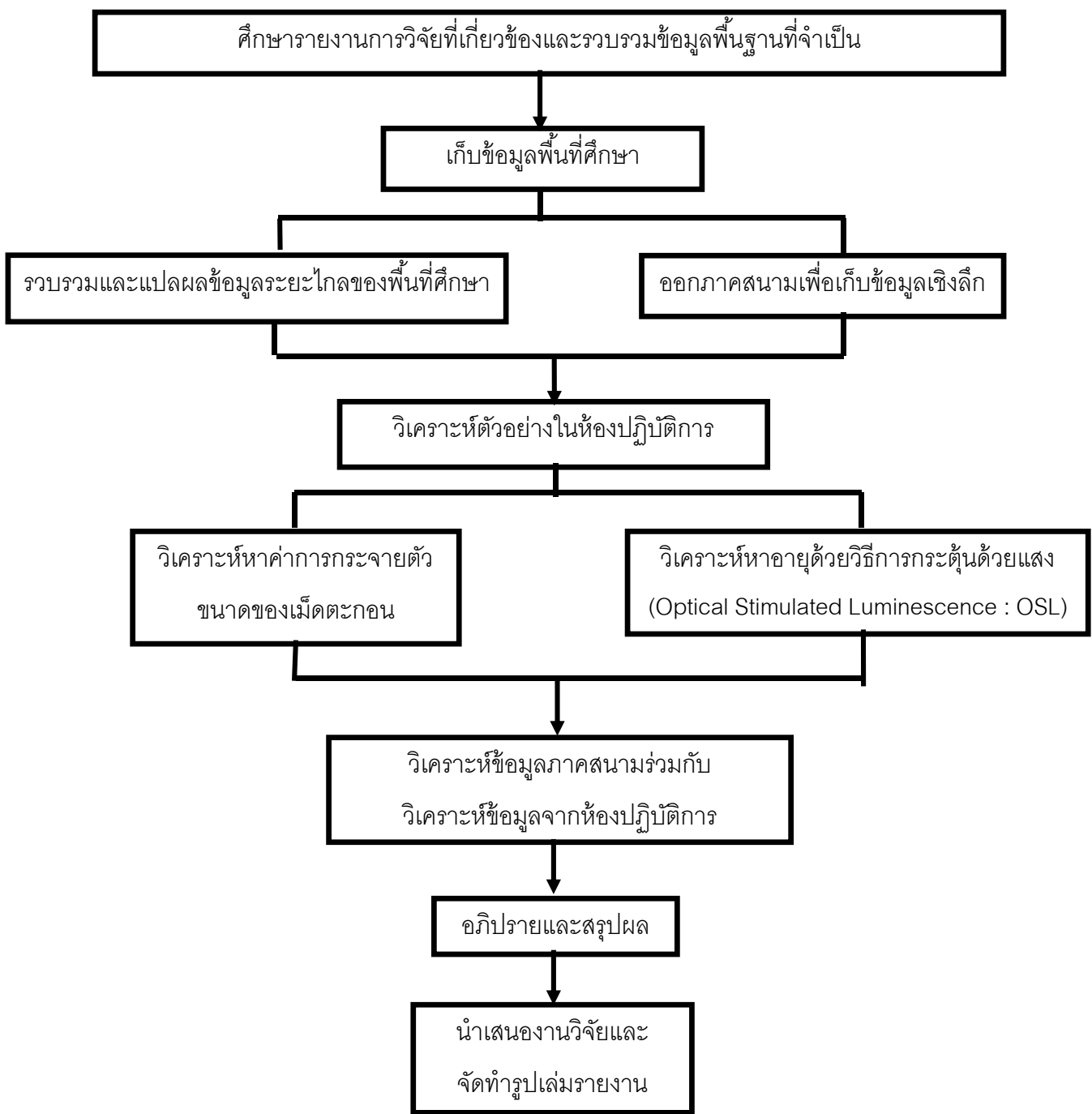
## บทที่ 2

### ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

ขั้นตอนการศึกษาในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 6 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 2.1 และมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และวิธีการศึกษาเบื้องต้น
  - 1.1 ศึกษาธรณีวิทยาทั่วไปและธรณีวิทยาชายฝั่งของพื้นที่ศึกษา
  - 1.2 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 1.3 ศึกษาการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างทราย และการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง Mastersizer, เครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER MODEL DA-20 และกล้องจุลทรรศน์แบบสองตา (Binocular microscope)
2. การสำรวจภาคสนาม
  - 2.1 ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา และเก็บข้อมูลพื้นที่ศึกษาโดยรวม
  - 2.2 เก็บตะกอนตัวอย่างในแต่ละตำแหน่งที่กำหนดไว้ ดังนี้ ตะกอนทรายสำหรับวิเคราะห์ Equivalent dose, ตะกอนทรายสำหรับวิเคราะห์ Annual dose, ตะกอนสำหรับวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน
3. ศึกษาในห้องปฏิบัติการ
  - 3.1 วิเคราะห์หาค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน (Grain Size Distribution)
  - 3.2 วิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (Optical Stimulated Luminescence : OSL)
4. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา
5. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา
6. นำเสนอในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรูปเล่มรายงาน

ขั้นตอนการศึกษา



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงาน

## 2.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น

### 2.1.1 ศึกษาธรณีวิทยาทั่วไปและธรณีวิทยาชายฝั่งของพื้นที่ศึกษา

ทำการสืบค้นข้อมูล ศึกษาธรณีวิทยาทั่วไปและธรณีวิทยาชายฝั่งของพื้นที่หาดทุ่งทะเล อำเภอกะลันตา จังหวัดกระบี่ จากหนังสือธรณีวิทยาประเทศไทย รายงานการสำรวจธรณีวิทยา โดยกรมทรัพยากรธรณี ลักษณะทางภูมิประเทศและธรณีฐานฐานชายฝั่ง เพื่อประกอบการวางแผนการศึกษาภาคสนามร่วมกับแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษา

### 2.1.2 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว

ศึกษารายงานการวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวข้องจากผู้ที่เคยศึกษาในเรื่องวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายในประเทศไทย เช่น Brill et al., 2015; Prendergast et al., 2014 ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยอื่นๆ ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายที่พบในประเทศอื่นๆ ด้วย เช่น Tamura et al., 2014

### 2.1.3 ศึกษาการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตะกอนทราย และการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (Optical Stimulated Luminescence : OSL)

ศึกษาการเก็บตัวอย่างตะกอนทราย, การใช้เครื่องมือวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (Optical Stimulated Luminescence : OSL), ศึกษาวิธีใช้เครื่องมือ, ข้อดีข้อเสียของแต่ละเทคนิค วิธีวิเคราะห์และข้อจำกัดของเครื่องมือ

## 2.2 การสำรวจภาคสนาม

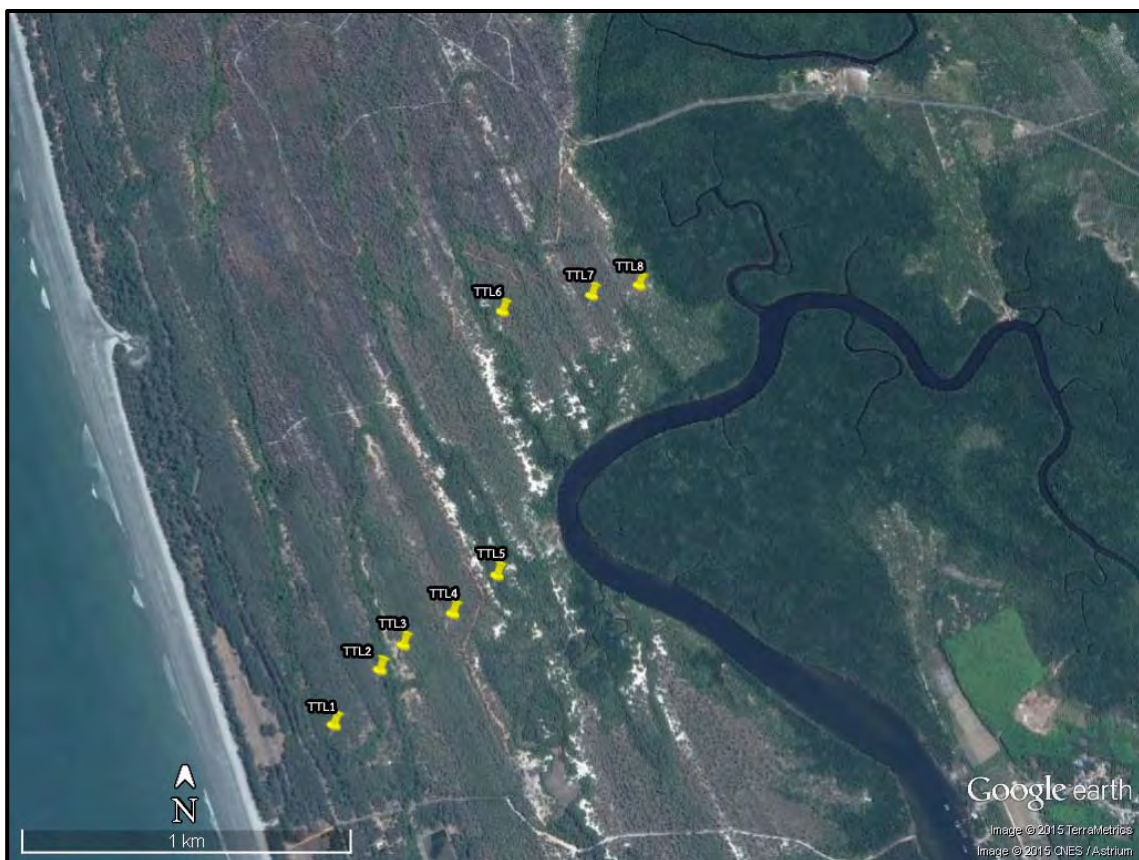
### 2.2.1 ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา และเก็บข้อมูลพื้นที่โดยรวม

สำรวจภาคสนามและเก็บข้อมูลพื้นที่โดยรวม เพื่อเลือกจุดเก็บตัวอย่างตะกอนทั้งหมด

### 2.2.2 เก็บตะกอนตัวอย่างในแต่ละตำแหน่งที่กำหนดไว้

เก็บตัวอย่างตะกอนทรายจากหลุม 8 หลุมจากการออกภาคสนามเพื่อนำมาวิเคราะห์ โดยตำแหน่งที่เก็บตะกอนตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.2





รูปที่ 2.2 ตำแหน่งหลุมเก็บตัวอย่าง แสดงในภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth บริเวณหาดทุ่งทะเล โดยรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างตะกอนแสดงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างหลุม TTL1 ความลึก 100 เซนติเมตร



ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง, ความลึกของหลุม, ระยะห่างจากชายหาด, ความลึกที่เก็บตัวอย่าง Equivalent dose และความลึกที่เก็บตัวอย่าง Annual dose

หลุมสำรวจ	ตำแหน่ง		ความลึก (ซม.)	ระยะห่างจาก ชายหาด (ม.)	ความลึกที่เก็บ ตัวอย่าง Equivalent dose (ซม.)	ตัวอย่าง Annual dose	
						ตัวอย่าง	ความลึก (ซม.)
TTL1	7°43'17.11"N	99° 2'12.52"E	100	300	95	TTL1-1	0.5-9
						TTL1-2	9-26
						TTL1-3	26-34
						TTL1-4	34-100
						TTL1-5	>100
TTL2	7°43'22.51"N	99° 2'16.94"E	120	470	94	TTL2-1	0.5-9
						TTL2-2	9-28
						TTL2-3	28-67
						TTL2-4	67-100
TTL3	7°43'24.96"N	99° 2'19.25"E	100	560	90	TTL3-1	0-7
						TTL3-2	7-35
						TTL3-3	35-61
						TTL3-4	61-100

หลุมสำรวจ	ตำแหน่ง		ความลึก (ซม.)	ระยะห่างจาก ชายหาด (ม.)	ความลึกที่เก็บ ตัวอย่าง Equivalent dose (ซม.)	ตัวอย่างสำหรับ Annual dose	
						ตัวอย่าง	ความลึก (ซม.)
TTL4	7°43'28.09"N	99° 2'24.22"E	100	750	90	TTL4-1	0-30
						TTL4-2	30-35(40)
						TTL4-3	35(40)-100
TTL5	7°43'31.98"N	99° 2'28.68"E	120	880	100	TTL5-1	0-62(66)
						TTL5-2	62(66)-74
						TTL5-3	74-100
TTL6	7°44'0.02"N	99° 2'28.90"E	120	1,250	100	TTL6-1	0-95
						TTL6-2	95-108
						TTL6-3	>108
TTL7	7°44'1.03"N	99° 2'38.62"E	100	1,540	90	TTL7-1	0-50
						TTL7-2	50-77
						TTL7-3	77-85
						TTL7-4	85-100
TTL8	7°44'2.98"N	99° 2'43.62"E	125	1,680	90	TTL8-1	0-15
						TTL8-2	15-30
						TTL8-3	30-125

### 2.2.3 การเก็บตะกอนตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์อายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง (OSL) :

#### Equivalent dose

ในการเก็บตะกอนสำหรับวิเคราะห์ Equivalent dose ตัวอย่างจะต้องไม่โดนแสง ซึ่งทำการเก็บโดยการใช้ท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วครึ่งและยาวประมาณ 25 เซนติเมตร พันด้วยเทปกาวทึบแสงบริเวณปลายด้านหนึ่ง ทำการทาบท่อพีวีซีด้านที่ยังไม่ได้ปิดเทปกาวลงไปที่ผนังของหลุมตรงตำแหน่งที่ต้องการเก็บตัวอย่าง (รูปที่ 2.4 ซ้าย) เมื่อนำท่อพีวีซีออกมาแล้วจึงทำการปิดเทปกาวอย่างแน่นหนา การศึกษานี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนเพื่อหา Equivalent dose ทั้งหมด 8 ตัวอย่าง

### 2.2.4 การเก็บตะกอนตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์อายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง (OSL) :

#### Annual dose

ในการเก็บตะกอนสำหรับวิเคราะห์ Annual dose ทำได้โดยการเก็บตะกอนในรัศมี 20-30 เซนติเมตร รอบๆ บริเวณที่เก็บตะกอนไปวิเคราะห์ Equivalent dose (รูปที่ 2.4 ขวา) โดยทำการเก็บตัวอย่างประมาณ 500-1,000 กรัม การศึกษานี้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนทั้งหมด 8 ตัวอย่าง



รูปที่ 2.4 การเก็บตัวอย่างสำหรับ Equivalent dose (ซ้าย) และตัวอย่างสำหรับ Annual dose (ขวา)

## 2.2.5 การเก็บตะกอนตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน

เก็บตะกอนสำหรับวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน ในการเก็บตะกอนตัวอย่าง ใช้ความแตกต่างของสีที่ปรากฏ ความแน่นของชั้นตะกอน ขนาดตะกอนเป็นเกณฑ์ในการแบ่งช่วงการเก็บตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างตะกอนที่เก็บทั้งหมด 29 ตัวอย่าง

## 2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

### 2.3.1 การวิเคราะห์ตะกอน

#### 2.3.1.1 การเตรียมตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ขนาดตะกอน

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างตะกอนในห้องปฏิบัติการโดยมีขั้นตอนคร่าวๆ ดังนี้

1. ทำการอบตัวอย่างในเตาอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนตะกอนแห้ง
2. ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว
3. นำตัวอย่างครึ่งหนึ่งไปละลายคาร์บอนेटและเศษซากหอยและสิ่งมีชีวิตที่มีคาร์บอนेटเป็นองค์ประกอบออกโดยการแช่ในกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เจือจาง ความเข้มข้น 10% แล้วทิ้งไว้ค้างคืนในตู้ดูดควันจนแน่ใจว่าปฏิกิริยาทางเคมีสิ้นสุดแล้ว หลังจากปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนेटในตัวอย่างกับกรดไฮโดรคลอริกสิ้นสุดลงแล้ว ทำการล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น แล้วเทน้ำออก ทำซ้ำสามารถพยายามไม่ให้ตะกอนไหลออกมาในขณะที่เทน้ำออก
4. นำตัวอย่างไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนตะกอนแห้ง
5. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือ โดยน้ำหนักที่เป็นส่วนต่างคือปริมาณคาร์บอนेट ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเปลือกหอยและฟอสซิลขนาดเล็กในตัวอย่าง
6. นำตัวอย่างในข้อที่ 5 ไปแช่ในไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) 10% เพื่อกำจัดอินทรีย์สาร ทำการแช่ค้างคืนในตู้ดูดควันจนแน่ใจว่าปฏิกิริยาทางเคมีสิ้นสุดแล้ว กรณีตัวอย่างที่มีสีเข้มเนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์สารอยู่มาก อาจต้องแช่ไว้นานกว่า และเนื่องจากไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เป็นสารระเหยอันตรายต่อระบบหายใจ จำเป็นต้องทำการทดลองนี้ในห้องปฏิบัติการที่มีการถ่ายเทอากาศดี และต้องทำการทดลองในตู้ดูดควันเท่านั้น
7. หลังจากที่สารอินทรีย์ในตัวอย่างทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์จนหมดแล้ว ทำการล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นหรือ De-ionized water 2-3 รอบแล้วเทน้ำออก พยายามไม่ให้ตะกอนไหลออกมาในขณะที่เทน้ำออก
8. นำตัวอย่างไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนตะกอนแห้ง
9. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือ โดยน้ำหนักที่เป็นส่วนต่าง คือปริมาณอินทรีย์สารในตัวอย่าง

### 2.3.1.2 วิเคราะห์ขนาดตะกอน

#### 1) การวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วยเครื่อง Mastersizer

การวิเคราะห์ขนาดของตะกอน จะอาศัยหลักการตกกระทบของแสงบนอนุภาคที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีลำแสงส่องผ่าน ผลของการตกกระทบของแสงบนอนุภาคขนาดต่างๆ กัน จะมีการรายงานผลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของช่วงขนาดตะกอนนั้นๆ ในจำนวนอนุภาคทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่าง โดยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ เครื่อง Mastersizer (ดังรูป 2.5 ซ้าย) สามารถวัดขนาดตะกอนได้ตั้งแต่ 0.0582-878.675 ไมโครเมตร

#### 2) การวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วยเครื่อง Mechanical Sieve

ใช้ตะแกรงคัดขนาด (sieve mesh) เบอร์ 18, 35, 60, 120, 230, PAN ตามมาตรฐานของ A.S.T.M. เรียงจากบนลงล่าง (ดังรูป 2.5 ขวา) จากนั้นนำตัวอย่างตะกอนที่อบแห้งและชั่งน้ำหนักแล้วใส่ลงในตะแกรงคัดขนาดอันบนสุด จากนั้นจึงนำไปวางบนเครื่องสั่น (Shaker) ใช้เวลา 15 นาที นำตัวอย่างตะกอนที่ได้ในตะแกรงแต่ละเบอร์มาใส่ในบีกเกอร์เพื่อชั่งน้ำหนัก จากนั้นจดค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกข้อมูล



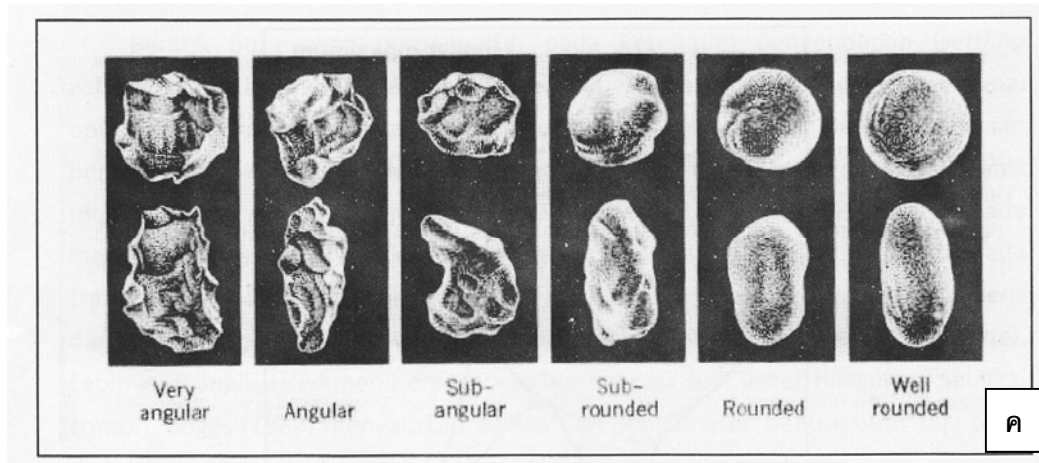
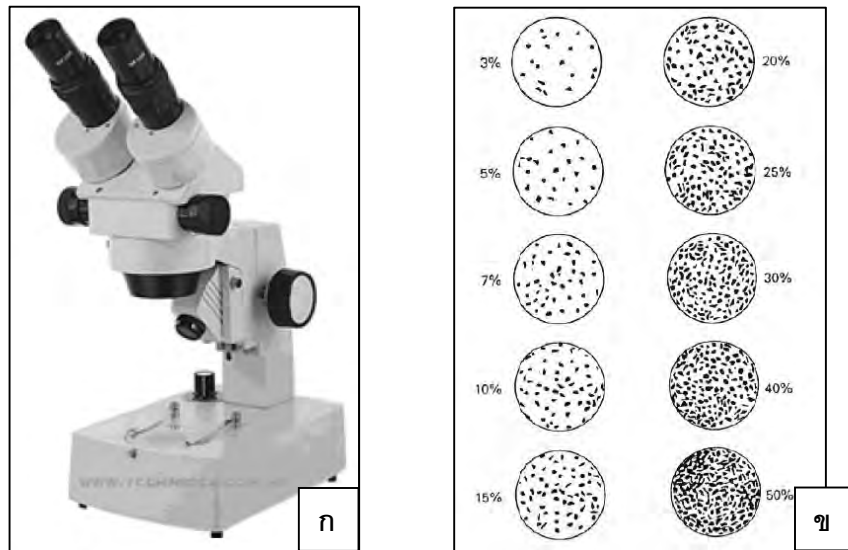
รูปที่ 2.5 เครื่อง Mastersizer (ซ้าย) และเครื่อง Mechanical Sieve (ขวา)

สำหรับการกระจายตัวขนาดเม็ดตะกอน

### 2.3.1.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเม็ดตะกอน ได้แก่ องค์ประกอบทางแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา (รูปที่ 2.6 ก) โดยทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางแร่ของตะกอน โดยเปรียบเทียบกับแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของตะกอนจากของ Fritz และ Moore (1988) (รูปที่ 2.6 ข) นอกจากนี้ยังทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของตะกอน คือ ความกลมมน และรูปร่างของเม็ดตะกอน ซึ่งลักษณะเหล่านี้เป็นตัวบอกระดับความรุนแรงของตัวกลางที่พามา และ

ระยะที่พัฒนาจากแหล่งกำเนิด โดยเปรียบเทียบกับรูปพื้นผิวมาตรฐานของ Powers (1953) (รูปที่ 2.6 ค)



รูปที่ 2.6 (ก) การศึกษาลักษณะทางกายภาพของตะกอนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสองตา  
 (ข) แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของตะกอนจาก Fritz และ Moore (1988)  
 (ค) ตารางเปรียบเทียบพื้นผิวของตะกอนซึ่งเป็นแผนภูมิของ Powers (1953)

#### 2.3.1.4 การวิเคราะห์หาค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน (Grain Size Distribution) และค่าทางสถิติ

ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอนสามารถหาได้จากข้อมูลขนาดตะกอนที่ได้จากเครื่อง Mastersizer และเครื่อง Mechanical Sieve โดยนำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตกราฟดูการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน (Grain size distribution) โดยขนาดตะกอนในหน่วย Phi นั้นสามารถหาได้จากสูตรด้านล่างนี้

Phi ( $\Phi$ ) =  $-\log_2 d$  (d คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตะกอนในหน่วยมิลลิเมตร)

และคำนวณค่าตัวแปรทางสถิติของการกระจายตัวขนาดเม็ดตะกอน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในหน่วย Phi (Mean phi), ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ซึ่งเป็นค่าที่สามารถใช้บอกการคัดขนาด (Sorting) ของตะกอน, การเบ้ของกราฟ (Skewness) และความแบนของกราฟ (Kurtosis) ซึ่งหาได้จากวิธี Logarithmic method of moments ซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณและความหมายของค่าที่คำนวณได้ (ดัดแปลงจากปฏิบัติการตะกอนวิทยา, เครือวัลย์ จันทร์แก้ว) แสดงไว้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงวิธีการคำนวณแบบ Logarithmic method of moments สูตรที่ใช้คำนวณและความหมายของค่าที่คำนวณได้

Mean	Standard deviation	Skewness	Kurtosis		
$\bar{x}_\phi = \frac{\sum f m_\phi}{100}$	$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$	$Sk_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$	$K_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4}$		
Sorting ( $\sigma_\phi$ )	Skewness ( $Sk_\phi$ )		Kurtosis ( $K_\phi$ )		
Very well sorted	<0.35	Very fine skewed	>+1.30	Very platykurtic	<1.70
Well sorted	0.35–0.50	Fine skewed	+0.43 to +1.30	Platykurtic	1.70–2.55
Moderately well sorted	0.50–0.70	Symmetrical	-0.43 to +0.43	Mesokurtic	2.55–3.70
Moderately sorted	0.70–1.00	Coarse skewed	-0.43 to -1.30	Leptokurtic	3.70–7.40
Poorly sorted	1.00–2.00	Very coarse skewed	<-1.30	Very leptokurtic	>7.40
Very poorly sorted	2.00–4.00				
Extremely poorly sorted	>4.00				

ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอน (Mean phi) ของตะกอนนั้น ถ้าข้อมูลมีค่า Phi ต่ำคืออยู่ทางด้านซ้ายของกราฟแสดงว่าตะกอนมีขนาดค่อนข้างหยาบ ในขณะที่ถ้าข้อมูลอยู่ทางด้านขวาของกราฟแสดงว่าขนาดของตะกอนค่อนข้างละเอียด

ข้อมูลการคัดขนาดตะกอน (Sorting) มีประโยชน์ในการบอกว่าตัวอย่างนั้นๆ ประกอบด้วยตะกอนที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากแค่ไหน ถ้าค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าต่ำ (ซึ่งคำนวณจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)แสดงว่าตัวอย่างนั้นมีการคัดขนาดดีคือตัวอย่างในตะกอนมีขนาดใกล้เคียงกัน ส่วนตัวอย่างที่มีค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง แสดงว่าตัวอย่างนั้นมีการคัดขนาดไม่ดี คือตะกอนในตัวอย่างมีความหลากหลาย

ข้อมูลการเบ้ของกราฟ (Skewness) ช่วยในการบอกว่ากราฟการกระจายตัวของตะกอนในตัวอย่างนั้นมีลักษณะเบ้ไปจากกราฟการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกราฟรูประฆังคว่ำอย่างไร เช่นเบ้ไปทางตะกอนที่มีขนาดละเอียดคือมีตะกอนขนาดละเอียดมากกว่า หรือเบ้ไปทางตะกอนที่มีขนาดหยาบ ข้อมูลที่เบ้ไปทางตะกอนที่มีขนาดละเอียดเรียกว่า Fine skewed ข้อมูลจะอยู่ทางด้านซ้ายของกราฟ ส่วนตัวอย่างที่มีกราฟแสดงการเบ้ไปทางตะกอนที่มีขนาดหยาบเรียกว่า Coarse skewed ข้อมูลจะอยู่ทางด้านขวาของกราฟ

ข้อมูลความแบนของกราฟ (Kurtosis) ช่วยในการบอกว่ากราฟการกระจายตัวของตะกอนในตัวอย่างนั้น มีลักษณะที่แบนหรือแหลมไปจากกราฟการกระจายตัวแบบปกติซึ่งมีลักษณะเหมือนกราฟรูประฆังคว่ำอย่างไร คือกราฟมีรูปร่างค่อนข้างแบนคือมีตะกอนหลากหลายขนาด และแต่ละขนาดมีปริมาณใกล้เคียงกันหรือรูปร่างค่อนข้างแหลมคือมีตะกอนขนาดไม่หลากหลาย และมีปริมาณตะกอนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งค่อนข้างมากกว่าตะกอนขนาดอื่นๆ ข้อมูลที่มีกราฟรูปร่างค่อนข้างแบนเรียกว่า Platykurtic ส่วนตัวอย่างที่มีกราฟรูปร่างค่อนข้างแหลมเรียกว่า Leptokurtic

### 2.3.2 การหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง

#### 2.3.2.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง

การเก็บตัวอย่างของชั้นตะกอนเพื่อวัดหาอายุโดยวิธีกระตุ้นด้วยแสง ต้องเก็บตัวอย่างให้ได้น้ำหนักประมาณ 500-700 กรัมเป็นอย่างน้อย ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างนั้น เป็นการเตรียมตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ 2 ส่วน คือ 1) วิเคราะห์หัตถการการแผ่รังสีต่อปี (Annual dose) และ 2) วิเคราะห์ค่าปริมาณสัญญาณที่มีอยู่ในตัวอย่าง (Equivalent dose) ซึ่งตลอดกระบวนการนับตั้งแต่การเก็บตัวอย่างจนถึงกระบวนการวัดสัญญาณจากตัวอย่างนั้น จำเป็นต้องทำในห้องมืด (Red subdue room) เพื่อป้องกันการสูญเสียสัญญาณอันเนื่องมาจากแสงที่กระตุ้น โดยในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดเฉพาะแร่ควอตซ์ ซึ่งนิยมใช้เป็นแร่ตัวแทนในการกำหนดอายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง (Aitken, 1985) รายละเอียดการเตรียมตัวอย่างในแต่ละขั้นตอนนี้ (รูปที่ 2.7) สรุปได้ดังนี้

1. อบตัวอย่างให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส และแบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่ง นำไปหาปริมาณความชื้น (Water content) ในตัวอย่างนั้น
2. บดตัวอย่างที่แห้งเบาๆ ด้วยครกไม้ หรือครกสแตนเลส และร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 Mesh (<0.85 mm) ในปริมาณ 250-300 กรัม ใส่ภาชนะพลาสติกปิด เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดการสมดุลในตัวอย่าง
3. นำตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 Mesh ที่เหลือ บดด้วยครกไม้ต่อและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 Mesh (ขนาด 250  $\mu\text{m}$ ) และค้ำบนตะแกรงเบอร์ 200 Mesh (ขนาด 74  $\mu\text{m}$ )
4. นำตัวอย่างจากข้อ 3 ล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 10 ครั้ง จากนั้นกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 50% เป็นเวลา 30 นาที โดยใส่ไว้ในเครื่องอุ่นตัวอย่าง (Water bath) เพื่อเร่งปฏิกิริยา หลังจากนั้นเทกรดทิ้งแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีกประมาณ 10 ครั้ง
5. นำตัวอย่างที่แห้งสนิทแล้วไปแยกแรมลทินออกด้วยเครื่องแยกแม่เหล็ก Isodynamic magnetic separator โดยผ่านกระแสไฟฟ้าขนาด 1.4 แอมแปร์ ที่ความถี่ประมาณ 25 องศา
6. จากนั้นนำตัวอย่าง (ใส่ในถ้วยพลาสติก) มากัดด้วยกรดกัดแก้ว (HF) ที่ความเข้มข้นประมาณ 24% เป็นเวลา 30 นาที เพื่อกัดผิวแร่ควอตซ์ให้เรียบโดยใส่ในเครื่องอุ่นตัวอย่าง จากนั้นเท

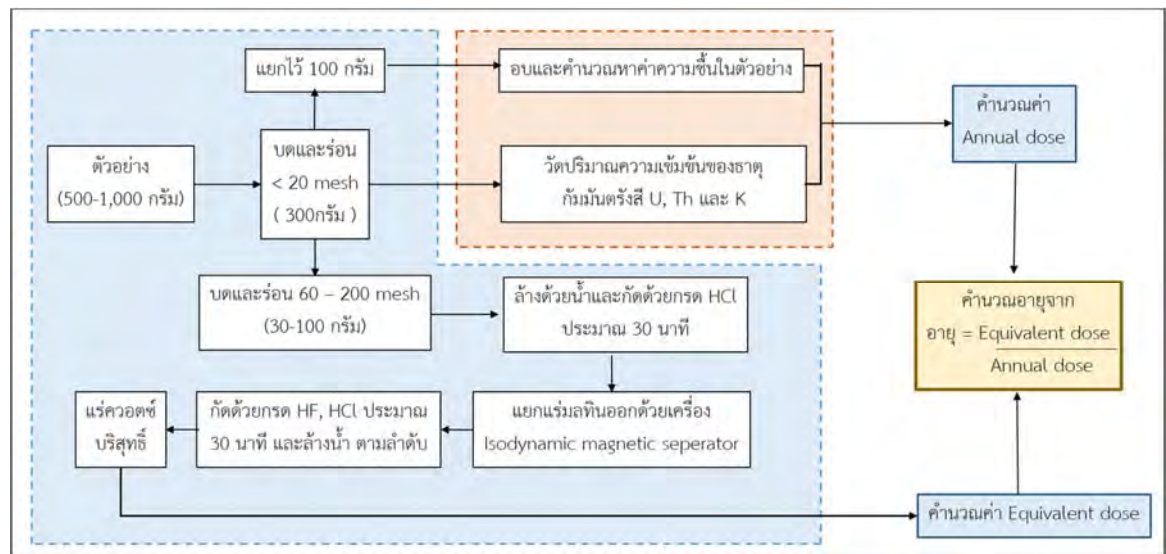


กรดทิ้ง และล้างด้วยน้ำอีกประมาณ 10 ครั้ง แล้วจึงเติมกรดเกลือ (HCl) อีกครั้ง ดำเนินการตามขั้นตอนเหมือนข้อ 4 ต่อจากนั้นบดให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการสกัดแร่ควอตซ์ จะได้ตัวอย่าง 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ตัวอย่างควอตซ์บริสุทธิ์ สำหรับนำไปวัดค่าปริมาณรังสีหรือค่าปริมาณอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในตัวอย่าง (Equivalent dose) (รูปที่ 2.8 ซ้าย)

ส่วนที่ 2 ค่าปริมาณความชื้นในตัวอย่าง ซึ่งจะใช้สำหรับการคำนวณอัตราการแผ่รังสีต่อปีของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในบริเวณรอบข้าง (Annual Dose) ในขั้นตอนการคำนวณ



รูปที่ 2.7 แผนภูมิแสดงกระบวนการปฏิบัติงานการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์และกำหนดอายุด้วยวิธีเรืองแสงความร้อน (Takashima and Honda, 1989)

ตัวอย่างสำหรับนำไปวิเคราะห์ Annual dose (รูปที่ 2.8 ขวา) ได้ทำการเตรียมตัวอย่างแยกต่างหาก โดยมีขั้นตอนการเตรียมคือ อบตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และทำการชั่งตัวอย่างที่แห้งแล้วปริมาณ 500 กรัมเพื่อนำไปวัดค่าความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ Equivalent dose (ซ้าย) และวิเคราะห์ Annual dose (ขวา)

### 2.3.2.2 การวิเคราะห์ค่า Annual dose

ในการคำนวณอัตราการแผ่กัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นตะกอน ธาตุกัมมันตรังสีที่สำคัญได้แก่ ธาตุยูเรเนียม (U), ทอเรียม (Th) และโปแตสเซียม (K) ซึ่งทั้ง 3 ธาตุนี้จะสลายตัวตามหลักการของครึ่งชีวิต (Half-Life) ของธาตุแต่ละตัว และในระหว่างการสลายตัวจะแผ่รังสีออกมาในปริมาณต่างๆ กันในรูปของรังสีแอลฟา, เบตา และแกมมา นอกจากนี้ยังมีรังสีบางส่วนที่ได้รับจากนอกโลกหรืออวกาศ เช่น รังสีคอสมิก (Cosmic ray) แต่เป็นส่วนน้อย

หลังจากเตรียมตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในดิน ด้วยวิธีทางเทคนิควิธี Gamma Spectrometry โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้ของธาตุยูเรเนียมและทอเรียมมีหน่วยความเข้มข้นเป็น ppm ส่วนธาตุโปแตสเซียมมีหน่วยความเข้มข้นเป็น % จากนั้นจึงทำการแปลงค่าที่ได้จากการวัดเป็นหน่วยที่ต้องการ คือ Gy โดยใช้ตารางมาตรฐานของ Bell (1979) ดังที่แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุกัมมันตภาพรังสี (หน่วย ppm หรือ %) และอัตราการแผ่รังสีต่อปี (หน่วย  $\mu\text{Gy}$ ) (Bell, 1979)

อนุภาค	ความเข้มข้น	ชนิด radionuclide		
		แอลฟา	เบตา	แกมมา
Thorium series	1 ppm $^{232}\text{Th}$			
-no thoron loss		738	28.6	51.4
- 100% thoron loss		309	10.3	20.8
Uranium series	1 ppm $^{238}\text{U}$			
- no radon loss		2783	146.2	114.8
-100% radon loss		1262	60.9	5.6
Natural potassium	1% $\text{K}_2\text{O}$	-	689.3	206.9
	1% K	-	830.3	249.2
Natural rubidium	100 ppm Rb	-	46.4	-

จากค่า Annual dose ที่ได้ถึงขั้นตอนนี้ เป็นค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปีในทางอุดมคติ หรือเป็นค่าที่ได้ 100% โดยที่ไม่ได้รับผลกระทบซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการลดทอนของสัญญาณแต่อย่างใด แต่ในทางปฏิบัติสาเหตุของการลดทอนของอัตราการแผ่รังสีนั้นมีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน เช่น การลดทอนของสัญญาณอันเนื่องมาจากขนาดของเม็ดตะกอน และการลดทอนอันเนื่องมาจากปริมาณน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในดินในธรรมชาติ เป็นต้น

ดังนั้น สมการอย่างง่ายของการคำนวณอัตราการแผ่รังสีต่อปี (หน่วย Gy) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$D_{\text{แอลฟา}} = K(2.783U+0.783 \text{ Th}) / (1+1.50W),$$

$$D_{\text{เบตา}} = B(0.1462U+0.0286\text{Th}+0.8303K) / (1+1.25W),$$

$$D_{\text{แกมมา}} = (0.1148U+0.0514\text{Th}+0.2492K) / (1+1.14W), \text{ และ}$$

$$D_{\text{คอสมิก}} = \text{กำหนดให้เป็นค่าประมาณคงที่ เท่ากับ } 0.15$$

กำหนดให้

K และ B ขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดตะกอน

W คือ ปริมาณน้ำหรือความชื้นคิดเป็นร้อยละที่อยู่ในช่องว่างของตะกอน

### 2.3.2.3 การวิเคราะห์ค่า Equivalent dose

เนื่องจากเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน ไม่สามารถวัดค่ากัมมันตภาพรังสี หรือ Equivalent Dose ในหน่วยกัมมันตภาพรังสี (หน่วย Gy) ได้โดยตรง ดังนั้นจึงมีการคิดค้นวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งค่ากัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ในตัวอย่าง ในหน่วยที่เราต้องการ ในที่นี้เราใช้เครื่องมือกระตุ้นด้วยแสงและตรวจวัดปริมาณการเรืองแสงของตัวอย่างเป็นเครื่องมือในการตรวจวัด ซึ่งเครื่องมือนี้เรียกว่า RISO TL/OSL CONTROLLER MODEL DA-20 (รูปที่ 2.9)

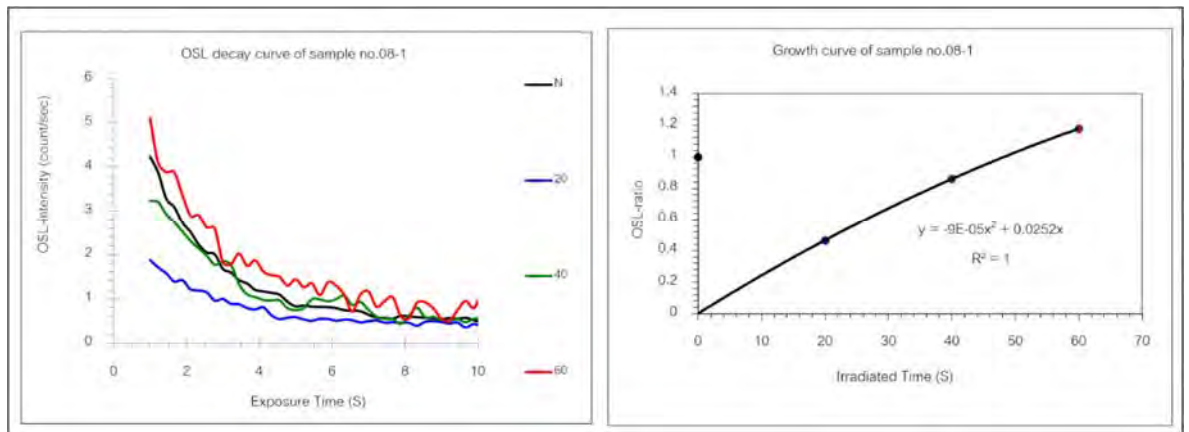


- 1 Photo detector and Photo multipliers
- 2 Radioactive Irradiation System
- 3 Heater system
- 4 Hardware control system

รูปที่ 2.9 เครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER MODEL DA-20 และส่วนประกอบเครื่อง

หลักการของการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีนั้นเริ่มต้นจากการกระตุ้นด้วยแสง ซึ่งเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง อิเล็กตรอนจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของการเรืองแสง จากนั้นวัดปริมาณฟอตตอนของแสง ด้วยหัววัดแสง (Photo detector) และขยายสัญญาณให้เด่นชัดขึ้นด้วยเครื่องขยายสัญญาณ (Photo multiplier) ผลที่ได้จากการตรวจวัด แสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่กระตุ้นด้วยแสงในหน่วยวินาที (แกนแนวนอน) ต่อปริมาณอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้ในแต่ละช่วงเวลา ในหน่วย count/sec (แกนตั้ง) กราฟความสัมพันธ์นี้เรียกว่า “OSL decay curve” (รูปที่ 2.10 ซ้าย)

ในการกำหนดอายุต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอิเล็กตรอน (หน่วย coun/sec) ที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER MODEL DA-20 และค่ากัมมันตภาพรังสีในหน่วย Gy โดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ที่เรียกว่า “Growth curve” (รูปที่ 2.10 ขวา)



รูปที่ 2.10 “OSL decay curve” (ซ้าย) และ “Growth curve” (ขวา) จากตัวอย่าง TTL8

## บทที่ 3

### ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล (Result and Interpretation)

ผลจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน ผลการวิเคราะห์ขนาดเม็ดตะกอน และผลการหาอายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง (OSL)

#### 3.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทางแร่ของตะกอน ลักษณะความกลมมน และความเป็นทรงกลมของตัวอย่างตะกอนแสดงในตารางที่ 3.1

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสองตา (Binocular microscope) พบว่าองค์ประกอบทางแร่ของตะกอนโดยรวมจากการเปรียบเทียบกับแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของตะกอนจากของ Fritz and Moore (1988) พบว่าตัวอย่างประกอบด้วยแร่ควอตซ์ประมาณ 95-99% และมีแร่หนักจำพวกแมกนีไทต์ปะปนบ้างเล็กน้อย (รูปที่ 3.1) ค่าปริมาณแร่องค์ประกอบในตัวอย่างแสดงในตารางที่ 3.1

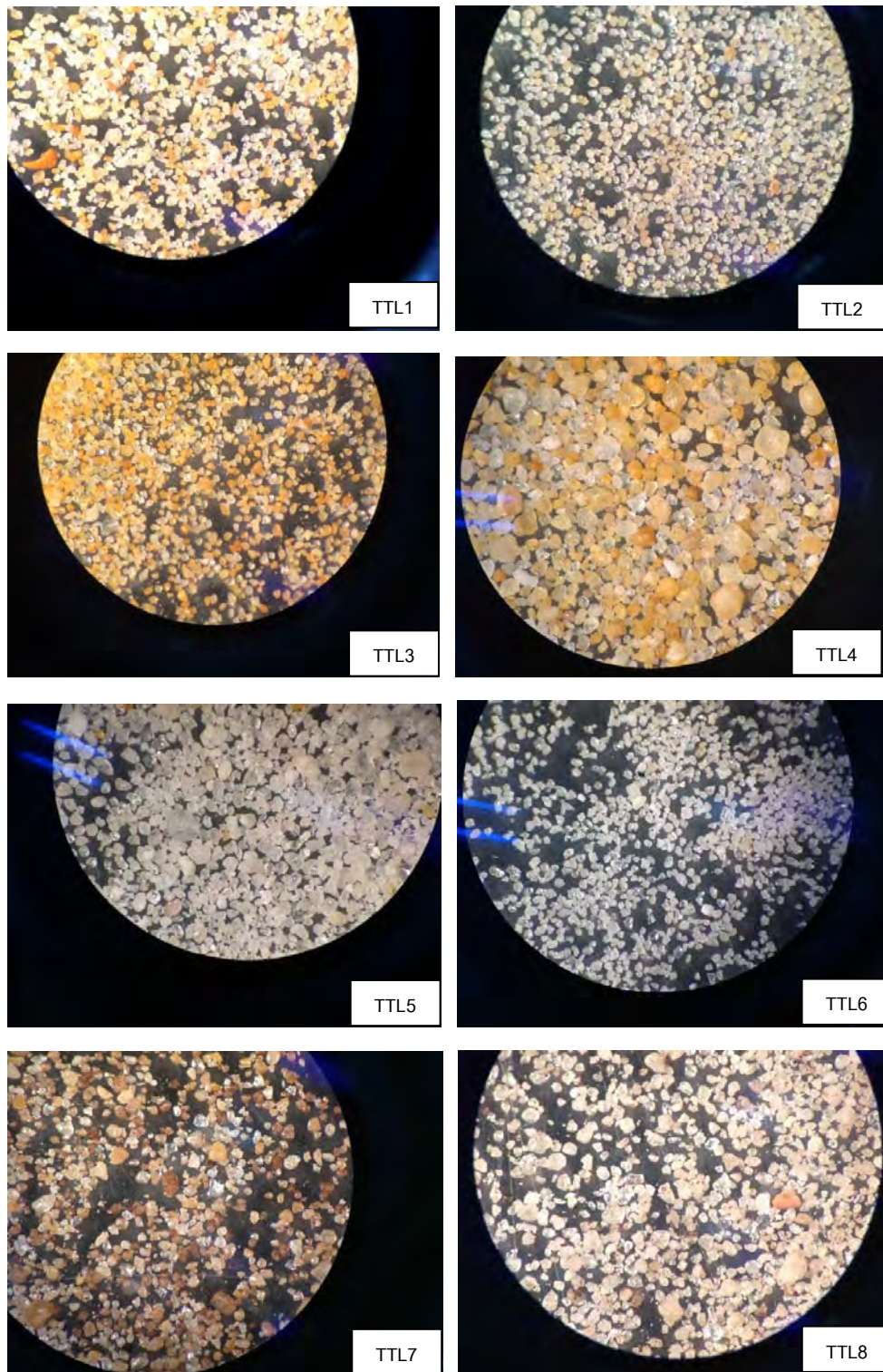
ลักษณะความกลมมน (Roundness) จากการเปรียบเทียบกับพื้นผิวมาตรฐานที่เป็นแผนภูมิของ Powers (1953) พบว่าตัวอย่างตะกอนในหลุม TTL1 และ TTL2 มีความกลมมนปานกลาง และตัวอย่างในหลุม TTL2-TTL8 มีความกลมมนสูง (รูปที่ 3.1) ซึ่งความกลมมนของตัวอย่างตะกอนแต่ละหลุมแสดงในตารางที่ 3.1

ความเป็นทรงกลมของตัวอย่างจากการเปรียบเทียบกับรูปร่างมาตรฐานที่เป็นแผนภูมิของ Powers (1953) พบว่าตัวอย่างตะกอนในหลุม TTL1-TTL8 มีความเป็นทรงกลมสูง (รูปที่ 3.1) ค่าความเป็นทรงกลมของตัวอย่างตะกอนในแต่ละหลุมแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของตะกอนตัวอย่าง TTL1-TTL8

Sample	Mineral Composition (%)		Sphericity	Roundness
	Quartz	Heavy Mineral		
TTL1-1	95	5	High	Sub-rounded
TTL1-2	97	3	High	Sub-rounded
TTL1-3	98	2	High	Sub-rounded
TTL1-4	99	1	High	Sub-rounded
TTL1-5	98	2	High	Sub-rounded
TTL2-1	99	1	High	Sub-rounded
TTL2-2	99	1	High	Sub-rounded
TTL2-3	99	1	High	Sub-rounded
TTL2-4	99	1	High	Sub-rounded
TTL3-1	99	1	High	Sub-rounded
TTL3-2	99	1	High	Sub-rounded
TTL3-3	99	1	High	Rounded
TTL3-4	99	1	High	Rounded
TTL4-1	100	0	High	Rounded
TTL4-2	99	1	High	Rounded
TTL4-3	99	1	High	Rounded
TTL5-1	100	0	High	Rounded
TTL5-2	100	0	High	Rounded
TTL5-3	99	1	High	Rounded
TTL6-1	99	1	High	Rounded
TTL6-2	99	1	High	Rounded
TTL6-3	99	1	High	Rounded
TTL7-1	99	1	High	Rounded
TTL7-2	99	1	High	Rounded
TTL7-3	99.5	0.5	High	Rounded
TTL7-4	99	1	High	Rounded
TTL8-1	99	1	High	Rounded
TTL8-2	99	1	High	Rounded
TTL8-3	99	1	High	Rounded





รูปที่ 3.1 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนจากหลุม TTL1-TTL8 กำลังขยาย 4X

### 3.2 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน

ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนจากเครื่อง Mastersizer สำหรับตัวอย่างจากหลุม TTL1, TTL3, TTL5 และ TTL7 โดยตะกอนที่แยกได้มีขนาดดังนี้ ทรายหยาบมาก, ทรายหยาบ, ทรายขนาดปานกลาง, ทรายละเอียด, ทรายละเอียดมาก, ทรายแป้งหยาบ และทรายแป้งถึงดินเหนียว น้ำหนักตะกอนแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนจากเครื่อง Mechanical Sieve สำหรับตัวอย่างจากหลุม TTL2, TTL4, TTL6 และ TTL8 โดยตะกอนที่แยกได้มีขนาดดังนี้ ทรายหยาบมาก, ทรายหยาบ, ทรายขนาดปานกลาง, ทรายละเอียด, ทรายละเอียดมาก, ทรายแป้งหยาบ และทรายแป้งถึงดินเหนียว น้ำหนักตะกอนแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 3.3

เปอร์เซ็นต์ของตะกอนขนาดต่างๆ สามารถนำไปคำนวณค่าทางสถิติ (Logarithmic method of moments; Krumbein และ Pettijohn, 1938) ผลการคำนวณค่าทางสถิติแสดงไว้ในตารางที่ 3.4

โดยในการคำนวณใช้สูตรต่อไปนี้

- 1) ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอน (Mean Phi,  $\bar{X}_\phi$ )

$$\bar{X}_\phi = \frac{\sum f_m \phi}{100}$$

- 2) ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation,  $\sigma_\phi$ )

$$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f(m_\phi - \bar{X}_\phi)^2}{100}}$$

- 3) ข้อมูลการเบ้ของกราฟ (Skewness,  $Sk_\phi$ )

$$Sk_\phi = \frac{\sum f(m_\phi - \bar{X}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$$

- 4) ข้อมูลความแบนของกราฟ (Kurtosis,  $K_\phi$ )

$$K_\phi = \frac{\sum f(m_\phi - \bar{X}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4}$$



ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดตะกอนวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Mastersizer ตัวอย่าง TTL1, TTL3, TTL5 และ TTL7

Grain Size	Phi	TTL1-1	TTL1-2	TTL1-3	TTL1-4	TTL1-5	TTL3-1	TTL3-2	TTL3-3
Very Coarse Sand	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	1	1.917	0	0	0	0	0	0	0
Medium Sand	2	35.701	29.782	2.566	0	8.719	22.499	19.349	23.258
Fine Sand	3	39.27	40.6	51.184	41.336	57.05	69.659	66.798	68.773
Very Fine Sand	4	21.327	26.694	43.649	57.024	33.301	5.985	11.534	7.286
Silt	5	1.786	2.923	2.6	1.641	0.929	1.856	2.318	0.683
Total (%)		100	100	100	100	100	100	100	100

Grain Size	Phi	TTL3-4	TTL5-1	TTL5-2	TTL5-3	TTL7-1	TTL7-2	TTL7-3	TTL7-4
Very Coarse Sand	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Medium Sand	2	17.504	12.774	3.44	2.795	16.363	22.05	13.587	22.641
Fine Sand	3	72.323	63.177	65.948	63.622	69.498	63.354	69.751	53.21
Very Fine Sand	4	10.097	22.844	29.083	32.29	13.063	14.381	16.507	21.903
Silt	5	0.076	1.204	1.525	1.294	1.074	0.216	0.155	2.246
Total (%)		100	99.999	99.996	100	99.998	100	100	100

ตารางที่ 3.3 แสดงขนาดตะกอนวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Mechanical Sieve ตัวอย่าง TTL2, TTL4, TTL6 และ TTL8

Grain Size	Phi	TTL2-1	TTL2-2	TTL2-3	TTL2-4	TTL4-1	TTL4-2	TTL4-3
Very Coarse Sand	0	0	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	1	0.239	0.222	4.422	0.154	0.134	0.228	0.115
Medium Sand	2	0.372	0.400	1.616	0.264	25.698	31.208	14.777
Fine Sand	3	40.940	30.316	27.984	30.329	67.932	62.588	79.493
Very Fine Sand	4	54.210	69.045	65.371	69.074	5.904	5.588	5.547
Silt	5	0	0	0.541	0.172	0.185	0	0
Total (%)		95.760	99.983	99.935	99.994	99.853	99.613	99.933

Grain Size	Phi	TTL6-1	TTL6-2	TTL6-3	TTL8-1	TTL8-2	TTL8-3
Very Coarse Sand	0	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	1	0	0.407	0.104	0.468	0.275	0.028
Medium Sand	2	0.532	0.734	0.482	9.698	8.098	7.048
Fine Sand	3	14.983	9.492	81.538	68.960	78.501	89.645
Very Fine Sand	4	81.950	85.064	16.476	20.849	12.761	2.900
Silt	5	1.235	1.231	0	0	0	0
Total (%)		98.699	96.928	98.601	99.976	99.634	99.622

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าทางสถิติจากการคำนวณทางตะกอนด้วย Logarithmic method of moments

Sample	$\bar{X}_\phi$	Sorting		Skewness		Kurtosis	
		$\sigma_\phi$	Sorting	$Sk_\phi$	Skewness	$K_\phi$	Kurtosis
TTL1-1	2.43	0.77	Moderately sorted	0.3	Symmetrical	2.63	Mesokurtic
TTL1-2	2.64	0.76	Moderately sorted	0.30	Symmetrical	2.59	Mesokurtic
TTL1-3	3.04	0.51	Moderately well sorted	0.45	Fine skewed	3.07	Mesokurtic
TTL1-4	3.16	0.42	Well sorted	0.40	Symmetrical	3.22	Mesokurtic
TTL1-5	2.87	0.51	Moderately well sorted	0.29	Symmetrical	2.89	Mesokurtic
TTL2-1	2.93	0.52	Moderately Well Sorted	0.17	Symmetrical	2.27	Mesokurtic
TTL2-2	3.18	0.49	Well sorted	-1.17	Coarse skewed	3.87	Leptokurtic
TTL2-3	3.06	0.74	Moderately Sorted	-1.88	Very coarse skewed	6.71	Leptokurtic
TTL2-4	3.19	0.48	Well sorted	-1.04	Coarse skewed	3.36	Mesokurtic
TTL3-1	2.51	0.59	Moderately well sorted	3.50	Very fine skewed	21.85	Very Leptokurtic
TTL3-2	2.62	0.64	Moderately well sorted	2.88	Very fine skewed	15.92	Very Leptokurtic
TTL3-3	2.47	0.48	Well sorted	2.29	Very fine skewed	17.26	Very Leptokurtic
TTL3-4	2.55	0.41	Well sorted	2.30	Very fine skewed	17.84	Very Leptokurtic
TTL4-1	2.30	0.54	Moderately Well Sorted	-0.08	Symmetrical	3.40	Mesokurtic
TTL4-2	2.23	0.56	Moderately Well Sorted	-0.39	Symmetrical	2.70	Mesokurtic

Sample	$\bar{X}_\phi$	Sorting		Skewness		Kurtosis	
		$\sigma_\phi$	Sorting	$Sk_\phi$	Skewness	$K_\phi$	Kurtosis
TTL4-3	2.40	0.45	Well sorted	-0.49	Coarse skewed	4.90	Leptokurtic
TTL5-1	2.76	0.55	Moderately well sorted	1.63	Very fine skewed	10.76	Very Leptokurtic
TTL5-2	2.89	0.53	Moderately well sorted	2.70	Very fine skewed	18.21	Very Leptokurtic
TTL5-3	2.92	0.47	Well sorted	2.10	Very fine skewed	14.88	Very Leptokurtic
TTL6-1	3.31	0.40	Well sorted	-1.26	Coarse skewed	5.50	Leptokurtic
TTL6-2	3.33	0.41	Well sorted	-2.03	Very coarse skewed	13.04	Very Leptokurtic
TTL6-3	2.62	0.39	Well sorted	1.60	Very fine skewness	5.64	Leptokurtic
TTL7-1	2.61	0.53	Moderately well sorted	2.31	Very fine skewed	14.98	Very Leptokurtic
TTL7-2	2.55	0.48	Well sorted	0.42	Fine skewed	3.13	Mesokurtic
TTL7-3	2.65	0.43	Well sorted	0.40	Symmetrical	3.17	Mesokurtic
TTL7-4	2.69	0.70	Moderately sorted	1.60	Very fine skewed	9.12	Very Leptokurtic
TTL8-1	2.60	0.56	Moderately Well Sorted	-0.13	Coarse skewed	3.76	Leptokurtic
TTL8-2	2.53	0.47	Well sorted	0.04	Coarse skewed	5.28	Leptokurtic
TTL8-3	2.45	0.31	Very well sorted	-0.91	Coarse skewed	9.87	Very Leptokurtic

- **หลุม TTL1**

ขนาดตะกอนในช่วงความลึก 0-100 เซนติเมตรจากพื้นผิวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.93-3.19 phi คือประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายละเอียดถึงทรายละเอียดมาก ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 0.42-0.77 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดดีปานกลางจนถึงดีมาก จากข้อมูลการเบ้ของกราฟแสดงในรูปที่ 3.2 แสดงถึงการเบ้ไปทางตะกอนละเอียดมากกว่า และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะแหลมไปจากกราฟการกระจายตัวแบบปกติคือมีตะกอนขนาดละเอียดในปริมาณมากในตัวอย่างนี้ การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (coarsening upward) คาดว่าน่าจะเนื่องมาจากตะกอนหน้าหาดที่มีอยู่ปัจจุบันมีปริมาณตะกอนหยาบมากกว่ามาสะสมปิดทับอยู่ด้านบน เนื่องมาจากหลุม TTL1 อยู่ไม่ไกลกับชายหาดปัจจุบัน (ประมาณ 300 เมตร)

- **หลุม TTL2**

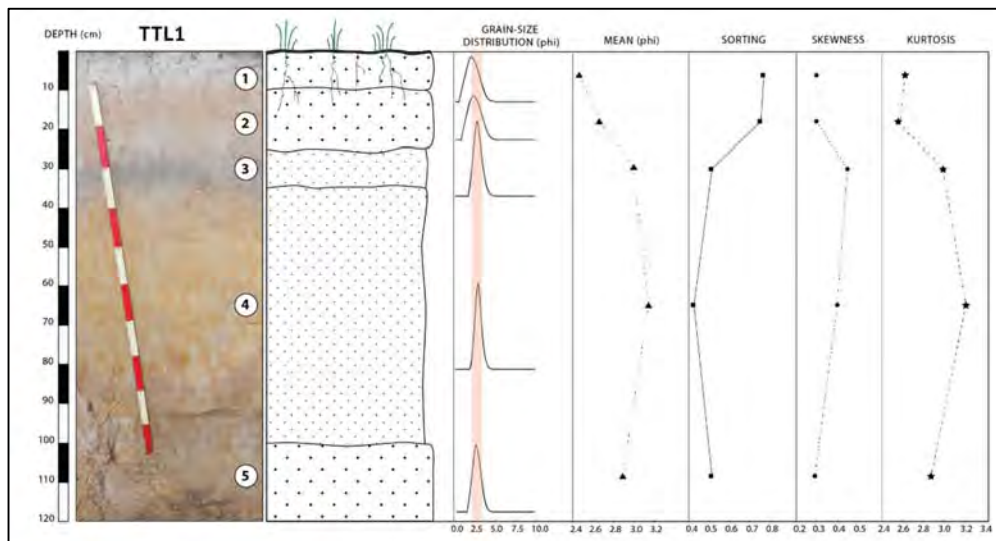
ขนาดตะกอนในช่วงความลึก 0-120 เซนติเมตรจากพื้นผิวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.4-3.16 phi คือประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายละเอียดถึงทรายละเอียดมาก ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 0.48-0.74 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดดีปานกลางจนถึงดี จากข้อมูลการเบ้ของกราฟแสดงในรูปที่ 3.3 แสดงถึงการเบ้ไปทางตะกอนละเอียดมากกว่า และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะใกล้เคียงกับกราฟการกระจายตัวแบบปกติคือมีตะกอนขนาดหยาบและตะกอนขนาดละเอียดปะปนในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (coarsening upward)

- **หลุม TTL3**

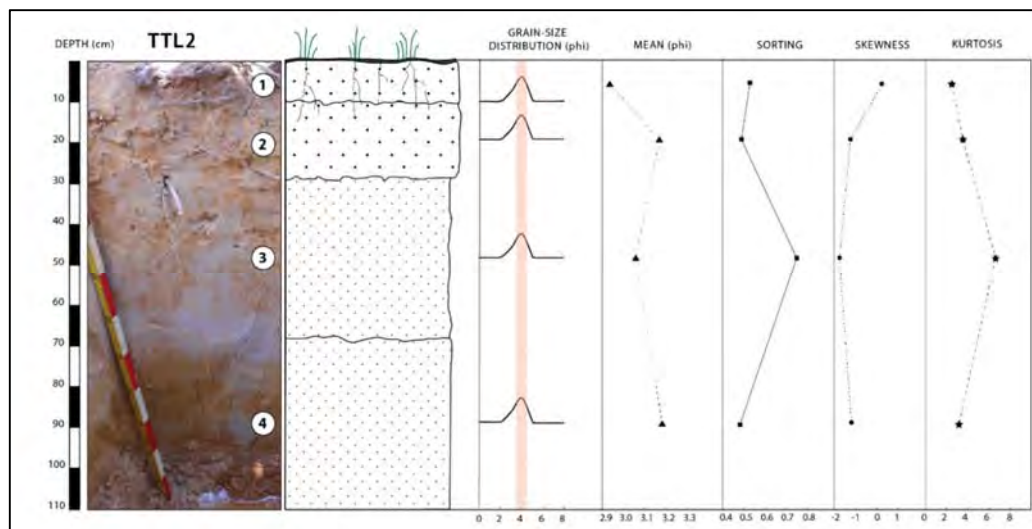
ขนาดตะกอนในช่วงความลึก 0-100 เซนติเมตรจากพื้นผิวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.47-2.62 phi คือประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายละเอียด ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 0.41-0.59 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดดี จากข้อมูลการเบ้ของกราฟแสดงในรูปที่ 3.4 แสดงถึงการเบ้ไปทางตะกอนละเอียดมากกว่า และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะแหลมไปจากกราฟการกระจายตัวแบบปกติ มีค่าข้อมูลความแบนของกราฟอยู่ในช่วง Very Leptokurtic ทั้งหมด คือตะกอนขนาดละเอียดในปริมาณมากในตัวอย่างนี้ การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (coarsening upward)

- **หลุม TTL4**

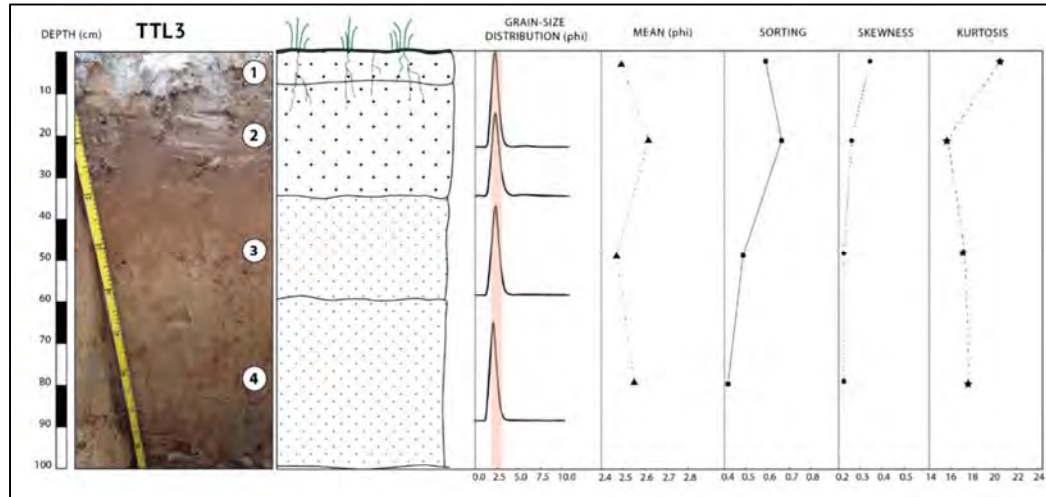
ขนาดตะกอนในช่วงความลึก 0-120 เซนติเมตรจากพื้นผิวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.23-2.4 phi คือประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายละเอียด ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 0.45-0.56 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดดีปานกลางจนถึงดี จากข้อมูลการเบี่ยงของกราฟแสดงในรูปที่ 3.5 แสดงถึงการเบี่ยงไปทางตะกอนหยาบมากกว่าหรือมีขนาดตะกอนใกล้เคียงกัน และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะใกล้เคียงกับกราฟการกระจายตัวแบบปกติ คือมีตะกอนขนาดหยาบและตะกอนขนาดละเอียดปะปนในปริมาณที่อาจจะใกล้เคียงกัน การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (coarsening upward)



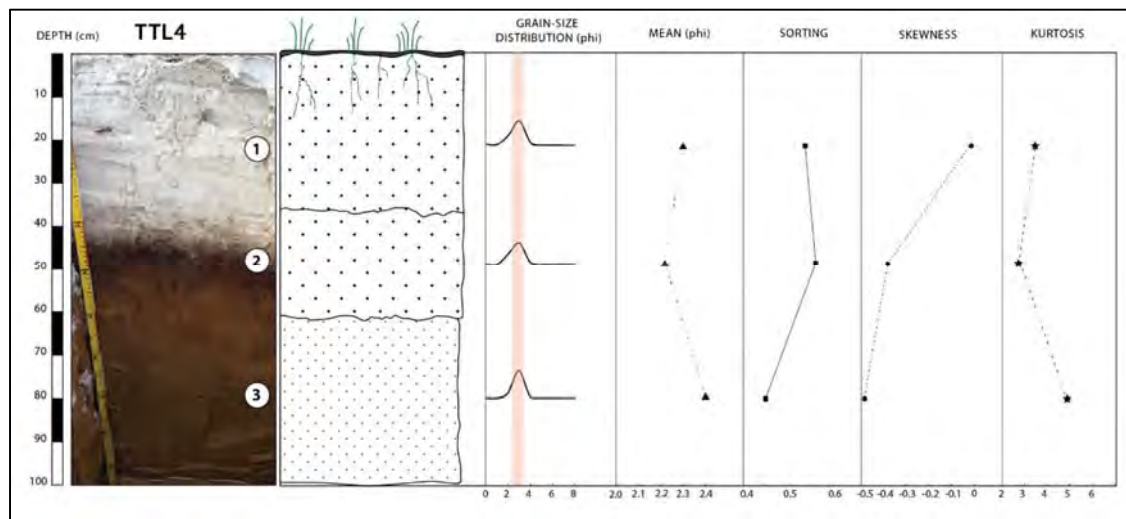
รูปที่ 3.2 ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL1 และค่าทางสถิติของตะกอน



รูปที่ 3.3 ลำดับชั้นหินจากหลุม TTL2 และค่าทางสถิติของตะกอน



รูปที่ 3.4 ลำดับชั้นหินจากหลุม TTT3 และค่าทางสถิติของตะกอน



รูปที่ 3.5 ลำดับชั้นหินจากหลุม TTT4 และค่าทางสถิติของตะกอน

- **หลุม TTT5**

ขนาดตะกอนในช่วงความลึก 0-120 เซนติเมตรจากพื้นผิวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.76-2.92 phi คือประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายละเอียด ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 0.47-0.55 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดดีปานกลางจนถึงดี จากข้อมูลการเบี่ยงเบนของกราฟแสดงในรูปที่ 3.6 แสดงถึงการเบี่ยงเบนไปทางตะกอนละเอียดมากกว่า และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะแหลมไปจากกราฟการกระจายตัวแบบปกติมีค่าข้อมูลความแบนของกราฟอยู่ในช่วง Very Leptokurtic ทั้งหมด คือมีตะกอนขนาดละเอียดในปริมาณมากในตัวอย่างนี้ การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (coarsening upward) โดยตะกอนด้านล่างของหลุม TTT5 อาจสะสมตัวพร้อมกับกับตะกอนในส่วนบนของหลุม TTT6 เมื่อพิจารณาจากขนาดเม็ดตะกอนและการคัดขนาดที่ใกล้เคียงกัน

- **กลุ่ม TTL6**

ขนาดตะกอนในช่วงความลึก 0-100 เซนติเมตรจากพื้นผิวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.62-3.33 phi คือประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายละเอียดถึงทรายละเอียดมาก ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 0.39-0.41 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดดีปานกลางจนถึงดี จากข้อมูลการเบ้ของกราฟแสดงในรูปที่ 3.7 แสดงถึงการเบ้ไปทางตะกอนหยาบมากกว่า และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะไม่แหลมไปจากกราฟการกระจายตัวแบบปกติคือมีตะกอนขนาดหยาบและตะกอนขนาดละเอียดปะปนในปริมาณที่อาจจะใกล้เคียงกัน การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดละเอียดขึ้นไปทางด้านบน (Finishing-upward) ตะกอนส่วนล่างของกลุ่ม TTL6 มีขนาดใกล้เคียงกับตะกอนในส่วนบนของกลุ่ม TTL7 คาดว่าน่าจะเกิดจากการตกสะสมตัวพร้อมกับตะกอนส่วนบนของกลุ่ม TTL7

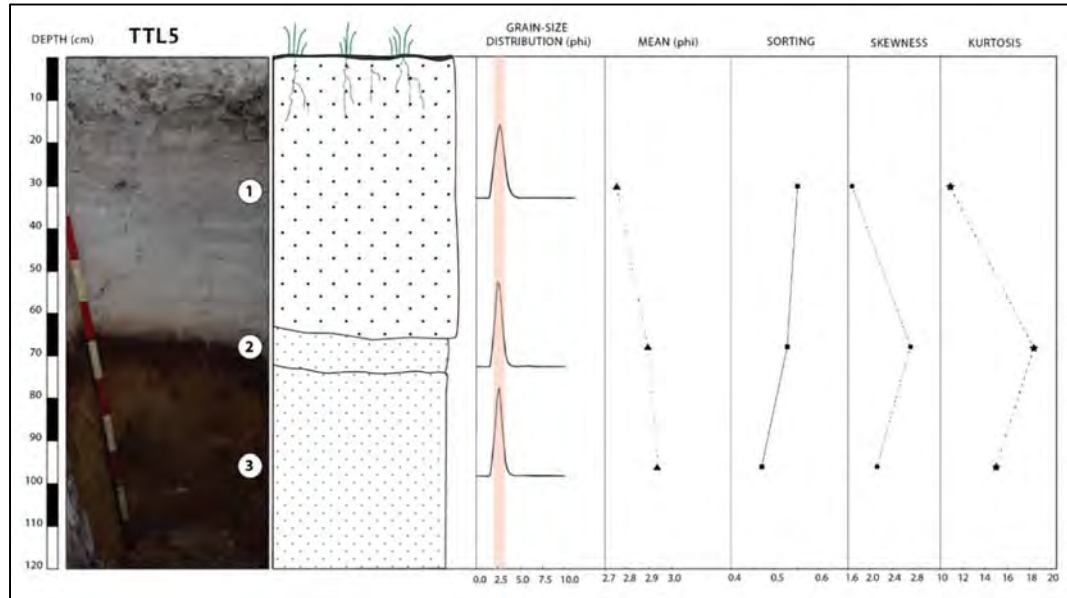
- **กลุ่ม TTL7**

ขนาดตะกอนในช่วงความลึก 0-100 เซนติเมตรจากพื้นผิวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.55-2.69 phi คือประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายละเอียด ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 0.43-0.70 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดดีปานกลางจนถึงดี จากข้อมูลการเบ้ของกราฟแสดงในรูปที่ 3.8 แสดงถึงการเบ้ไปทางตะกอนละเอียดมากกว่า และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะแหลมไปจากกราฟการกระจายตัวแบบปกติมีค่าข้อมูลความแบนของกราฟอยู่ในช่วง Very Leptokurtic ทั้งหมด คือมีตะกอนขนาดละเอียดในปริมาณมากในตัวอย่างนี้ การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (coarsening upward) โดยตะกอนส่วนล่างของกลุ่ม TTL7 มีขนาดใกล้เคียงกับตะกอนในส่วนบนของกลุ่ม TTL8

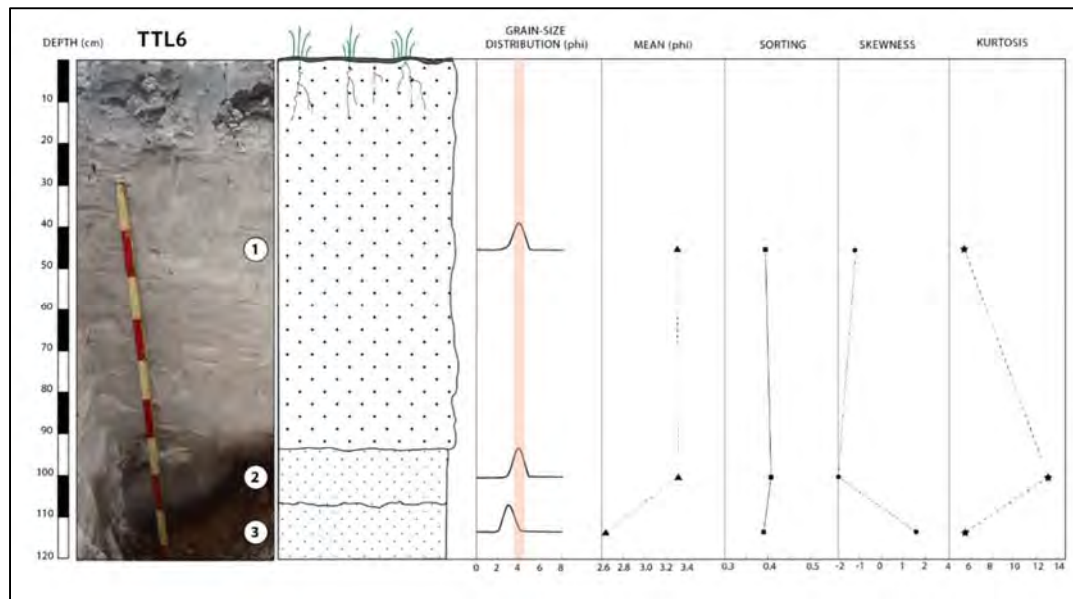
- **กลุ่ม TTL8**

ขนาดตะกอนในช่วงความลึก 0-120 เซนติเมตรจากพื้นผิวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.45-2.6 phi คือประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายละเอียด ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 0.31-0.56 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดดีปานกลางจนถึงดีมาก จากข้อมูลการเบ้ของกราฟแสดงในรูปที่ 3.9 แสดงถึงการเบ้ไปทางตะกอนหยาบมากกว่า และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะใกล้เคียงกับกราฟการกระจายตัวแบบปกติคือมีตะกอนขนาดหยาบและตะกอนขนาดละเอียดปะปนในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดละเอียดขึ้นไปทางด้านบน (Finishing-upward) เล็กน้อย

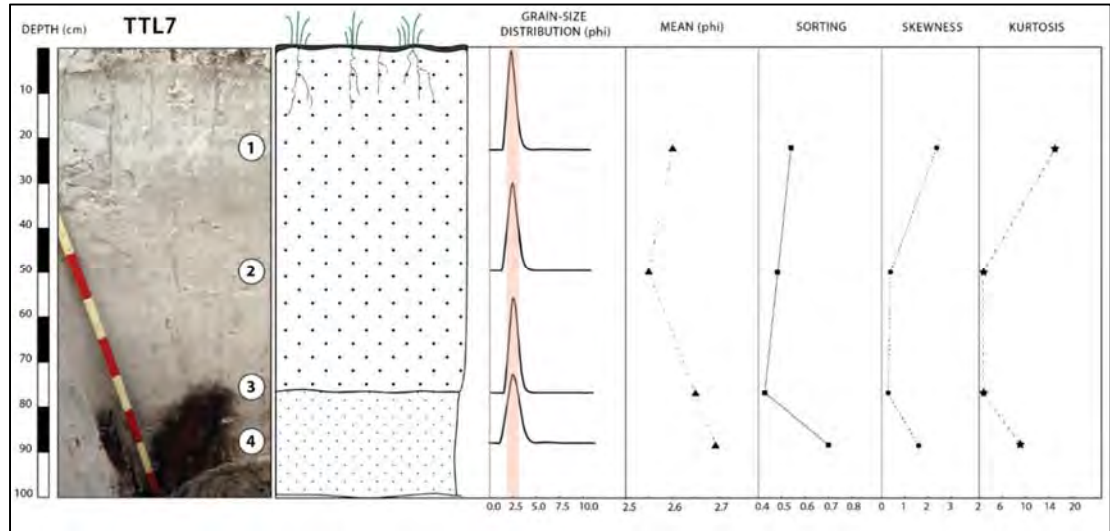




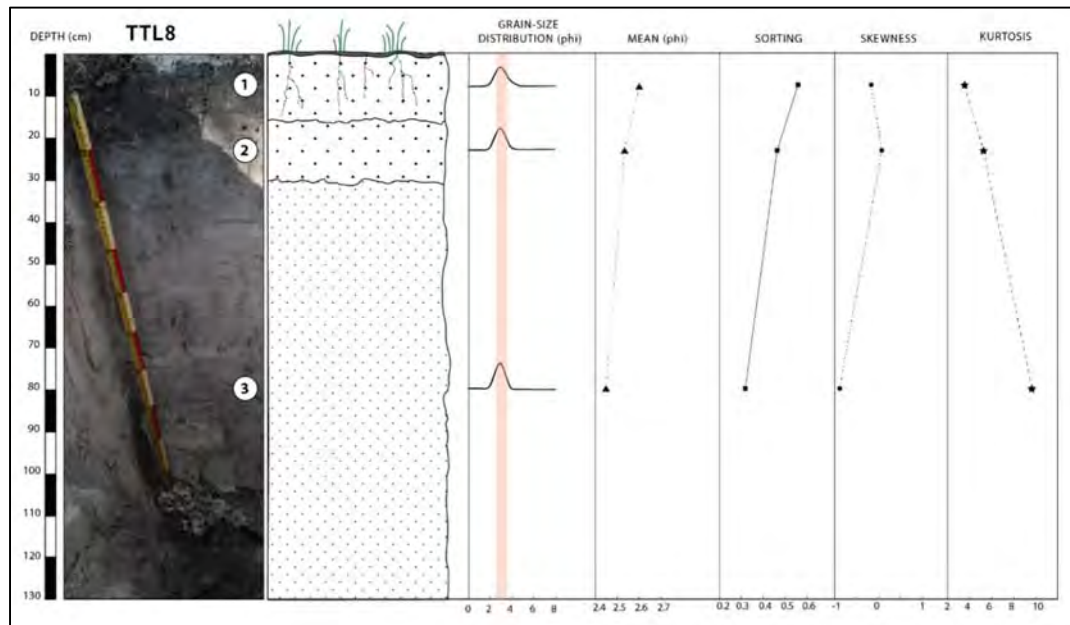
รูปที่ 3.6 ลำดับชั้นดินจากหลุม TLL5 และค่าทางสถิติของตะกอน



รูปที่ 3.7 ลำดับชั้นดินจากหลุม TLL6 และค่าทางสถิติของตะกอน



รูปที่ 3.8 ลำดับชั้นหินจากหลุม T7 และค่าทางสถิติของตะกอน



รูปที่ 3.9 ลำดับชั้นหินจากหลุม T8 และค่าทางสถิติของตะกอน

จากการศึกษาค่าทางสถิติของตะกอนในหลุม T71-T78 พบว่าหลุม T71-T77 มีการเปลี่ยนแปลงของในแนวตั้งของตะกอนโดยมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (coarsening upward) และในหลุม T78 พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงตะกอนในแนวตั้งเป็นลักษณะตะกอนมีขนาดละเอียดขึ้นไปทางด้านบน (Fining-upward) เล็กน้อย โดยแนวโน้มของการเกิดลักษณะทั้ง coarsening upward และ Fining-upward น่าจะสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนที่เข้ามาสะสมตัวในระบบโดยมีกระแสน้ำชายฝั่งและคลื่นเป็นตัวกลางในการพัดพาตะกอน เนื่องจากกระแสน้ำชายฝั่งอาจมีการพัดพาตะกอนหยาบหรือละเอียดมาสะสมในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด

ของตะกอน และทิศทางการเคลื่อนย้ายน้ำชายฝั่งที่มีอิทธิพลมากในแต่ละช่วง นอกจากนี้คลื่นและพายุซัดฝั่งก็อาจเป็นตัวการที่พัดพาเอาตะกอนหยาบมาสะสมได้ในบางช่วงเวลา

### 3.3 การวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (OSL)

#### 3.3.1 การวิเคราะห์ค่า Annual dose

ผลจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีที่สำคัญได้แก่ ยูเรเนียม (U), ทอเรียม (Th) และโปแตสเซียม (K) ในตัวอย่างตะกอน TTL1-TTL8 จากภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแสดงผลดังตารางที่ 3.5

คำนวณอัตราการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีที่สำคัญได้แก่ ยูเรเนียม (U), ทอเรียม (Th) และ โปแตสเซียม (K) ในตัวอย่างตะกอน TTL1-TTL8 ด้วยสมการ (Belle (1979) และ Aiken (1985))

ดังนั้น สมการอย่างง่ายของการคำนวณอัตราการแผ่รังสีต่อปี (หน่วย Gy) ดังนี้

$$D_{\text{แอลฟา}} = K(2.783U+0.783 \text{ Th}) / (1+1.50W),$$

$$D_{\text{เบตา}} = B(0.1462U+0.0286\text{Th}+0.8303K) / (1+1.25W),$$

$$D_{\text{แกมมา}} = (0.1148U+0.0514\text{Th}+0.2492K) / (1+1.14W), \text{ และ}$$

$$D_{\text{คอสมิก}} = \text{กำหนดให้เป็นค่าประมาณคงที่ เท่ากับ } 0.15$$

กำหนดให้

K และ B ขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดตะกอน

W คือ ปริมาณน้ำหรือความชื้นคิดเป็นร้อยละที่อยู่ในช่องว่างของตะกอนดิน

ผลจากการวิเคราะห์การแผ่รังสีธาตุกัมมันตรังสีที่สำคัญได้แก่ ยูเรเนียม (U), ทอเรียม (Th) และโปแตสเซียม (K) ในตัวอย่างตะกอน TTL1-TTL8 ในหน่วยเกรย์ต่อปี (Gy/ka) แสดงผลดังตารางที่ 3.5

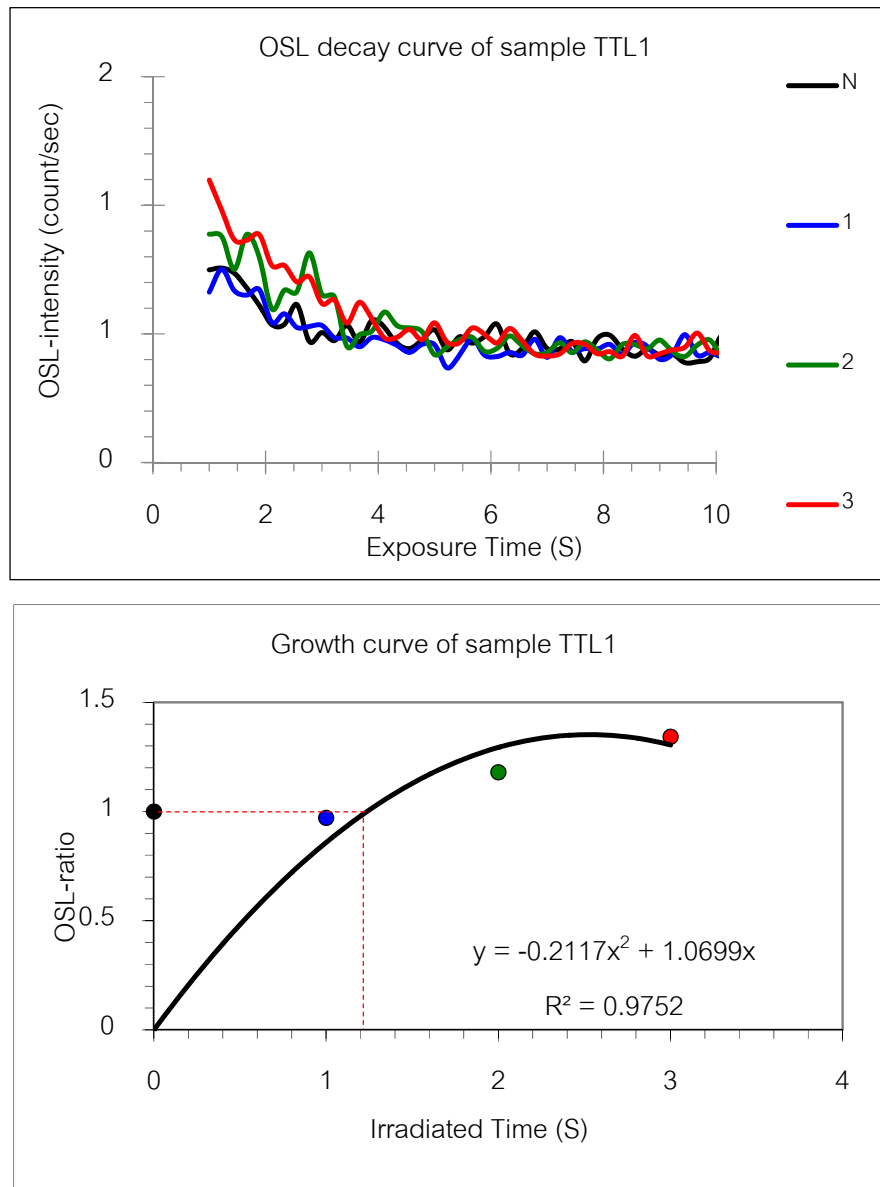
#### 3.3.2 การวิเคราะห์ค่า Equivalent dose

การวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีนั้นผลที่ได้จะแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่กระตุ้นด้วยแสงในหน่วยวินาที (แกนนอน)ต่อปริมาณอิเล็กทรอนิกส์ตรอนที่ตรวจวัดได้ในแต่ละช่วงเวลาในหน่วย count/sec (แกนตั้ง) เรียกว่า “OSL decay curve” และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนค่าปริมาณอิเล็กทรอนิกส์ตรอนต่อปริมาณไนโตรเจนชาติ (OSL-ratio) และระยะเวลาที่อาบรังสี (s) เรียกว่า “Growth curve” ซึ่งระยะเวลาที่อาบรังสีสามารถแปลงเป็นหน่วย Gy ได้ด้วยการคูณด้วย 0.141

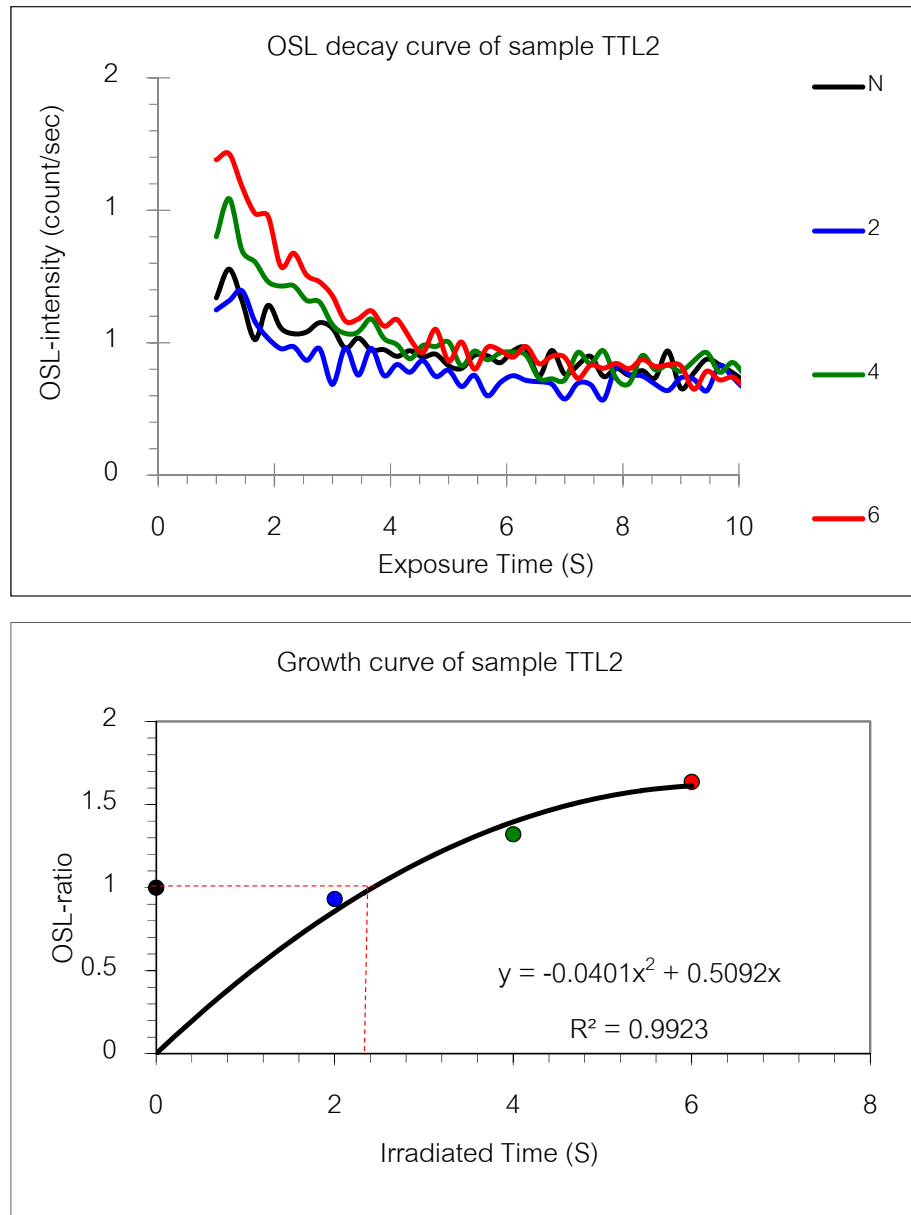
การคำนวณอายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง (OSL) สามารถคำนวณได้จากสมการ  
ความสัมพันธ์

$$\text{อายุ} = \frac{\text{Equivalent dose (Gy)}}{\text{Annual dose (Gy/ka)}}$$

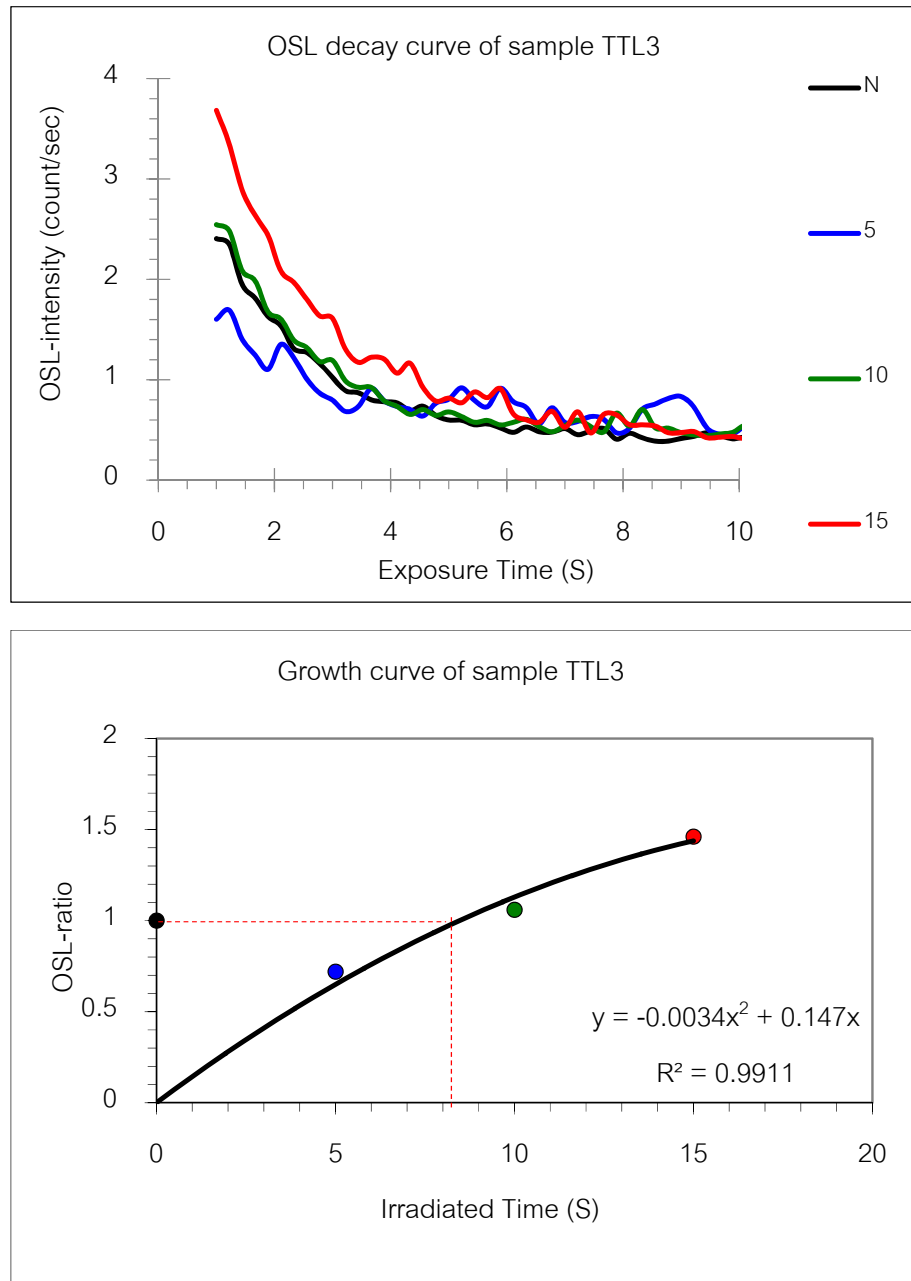
ผลการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างตะกอนทั้ง 8 ตัวอย่าง สามารถ  
แสดงผลด้วยกราฟในรูปที่ 3.10 – 3.17 สำหรับตัวอย่าง TTL1-TTL8 ตามลำดับ



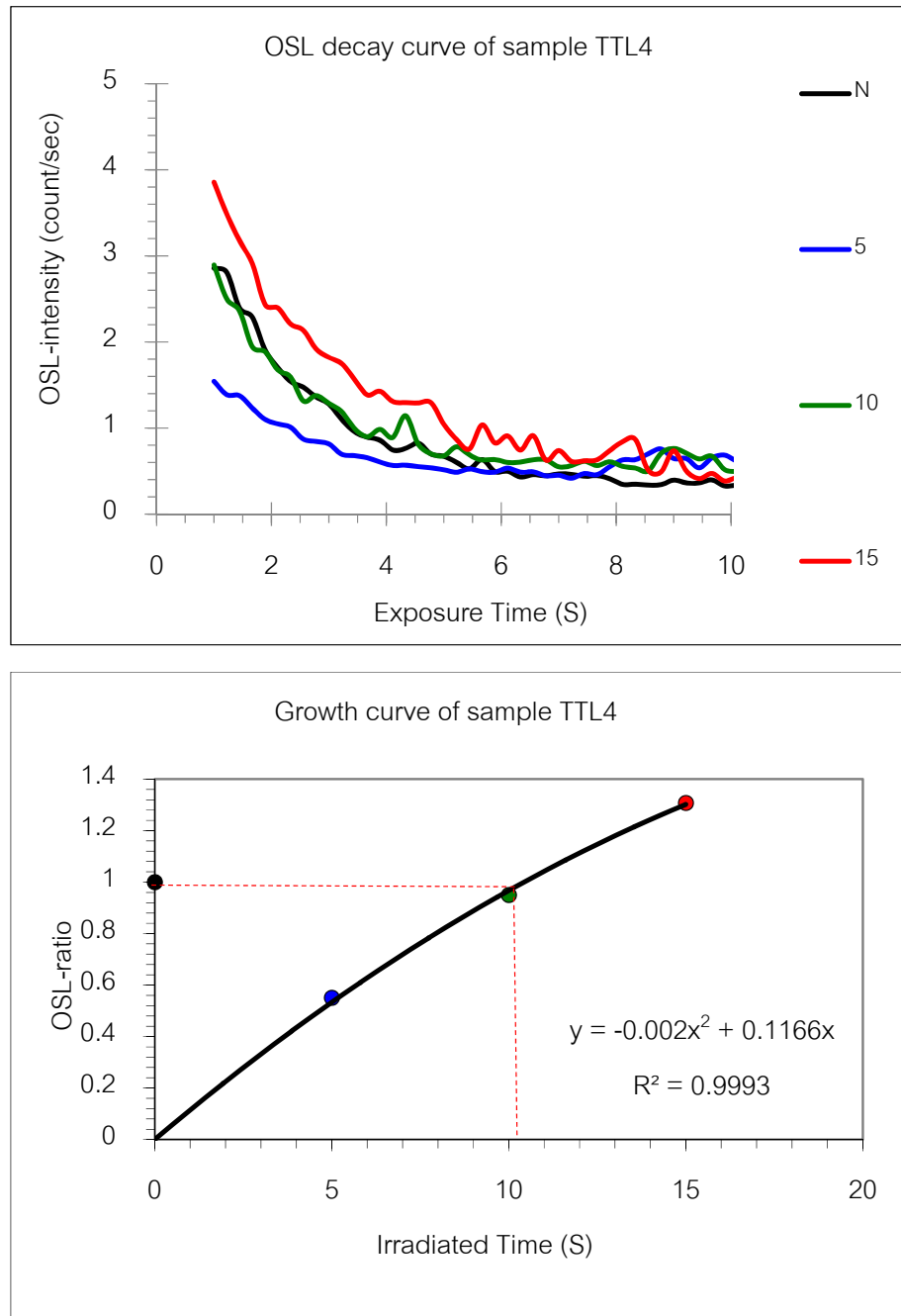
รูปที่ 3.10 OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL1  
จากกราฟแสดงค่า Natural (เส้น/จุดสีดำ) = 0.169 Gy และตัวอย่างอาบรังสีเบต้าที่ทราบค่าใน  
หน่วย s คือ จุดสีน้ำเงิน = 1s, จุดสีเขียว = 2s และจุดสีแดง = 3s



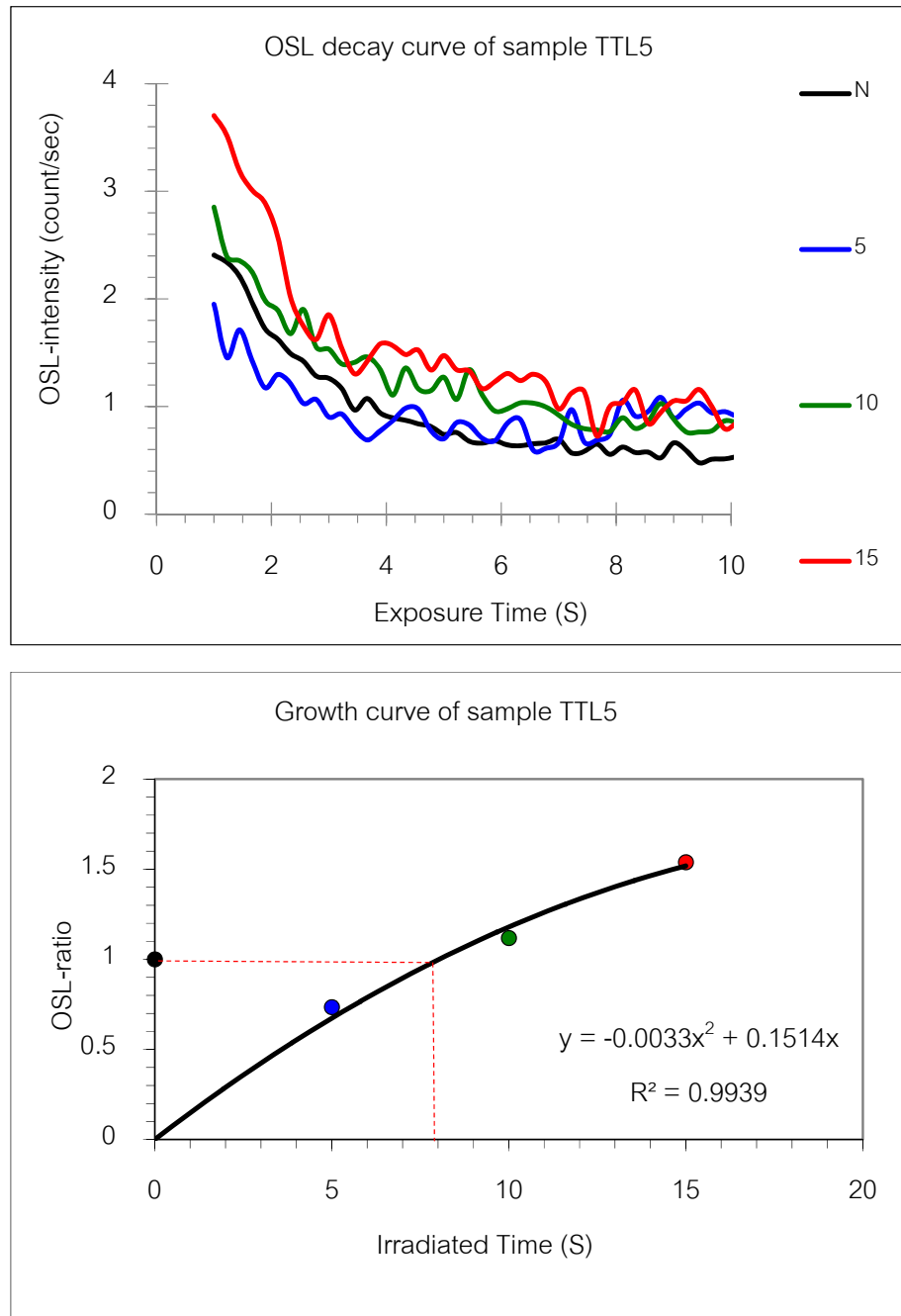
รูปที่ 3.11 OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL2 จากกราฟแสดงค่า Natural (เส้น/จุดสีดำ) = 0.310 Gy และตัวอย่างอาบรังสีเบต้าที่ทราบค่าในหน่วย s คือ จุดสีน้ำเงิน = 2s, จุดสีเขียว = 4s และจุดสีแดง = 6s



รูปที่ 3.12 OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL3 จากกราฟแสดงค่า Natural (เส้น/จุดสีดำ) = 0.792 Gy และตัวอย่างอาบรังสีเบต้าที่ทราบค่าในหน่วย s คือ จุดสีน้ำเงิน = 5s, จุดสีเขียว = 10s และจุดสีแดง = 15s

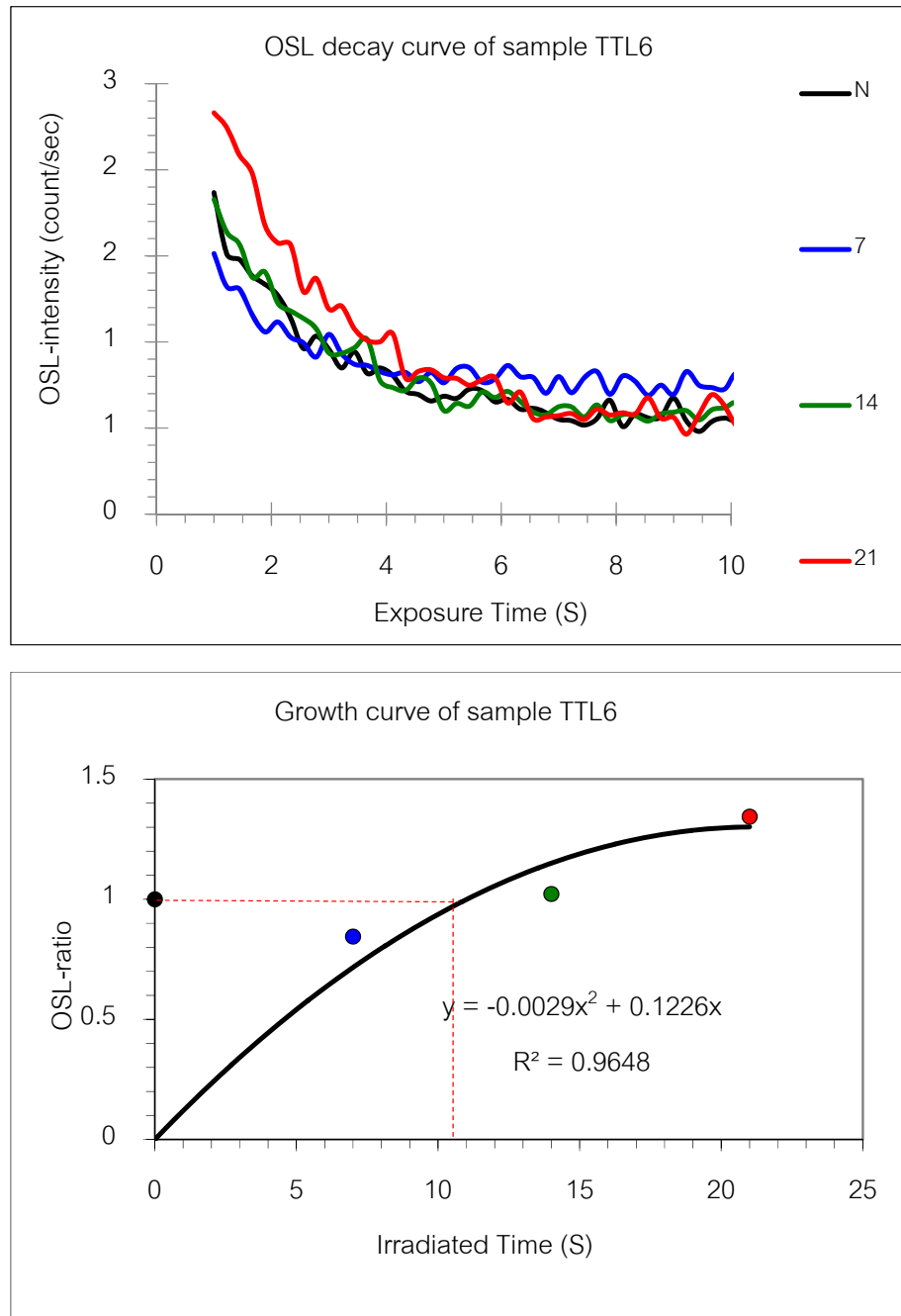


รูปที่ 3.13 OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL4 จากกราฟแสดงค่า Natural (เส้น/จุดสีดำ) = 1.417 Gy และตัวอย่างอบรังสีเบต้าที่ทราบค่าในหน่วย s คือ จุดสีน้ำเงิน = 5s, จุดสีเขียว = 10s และจุดสีแดง = 15s

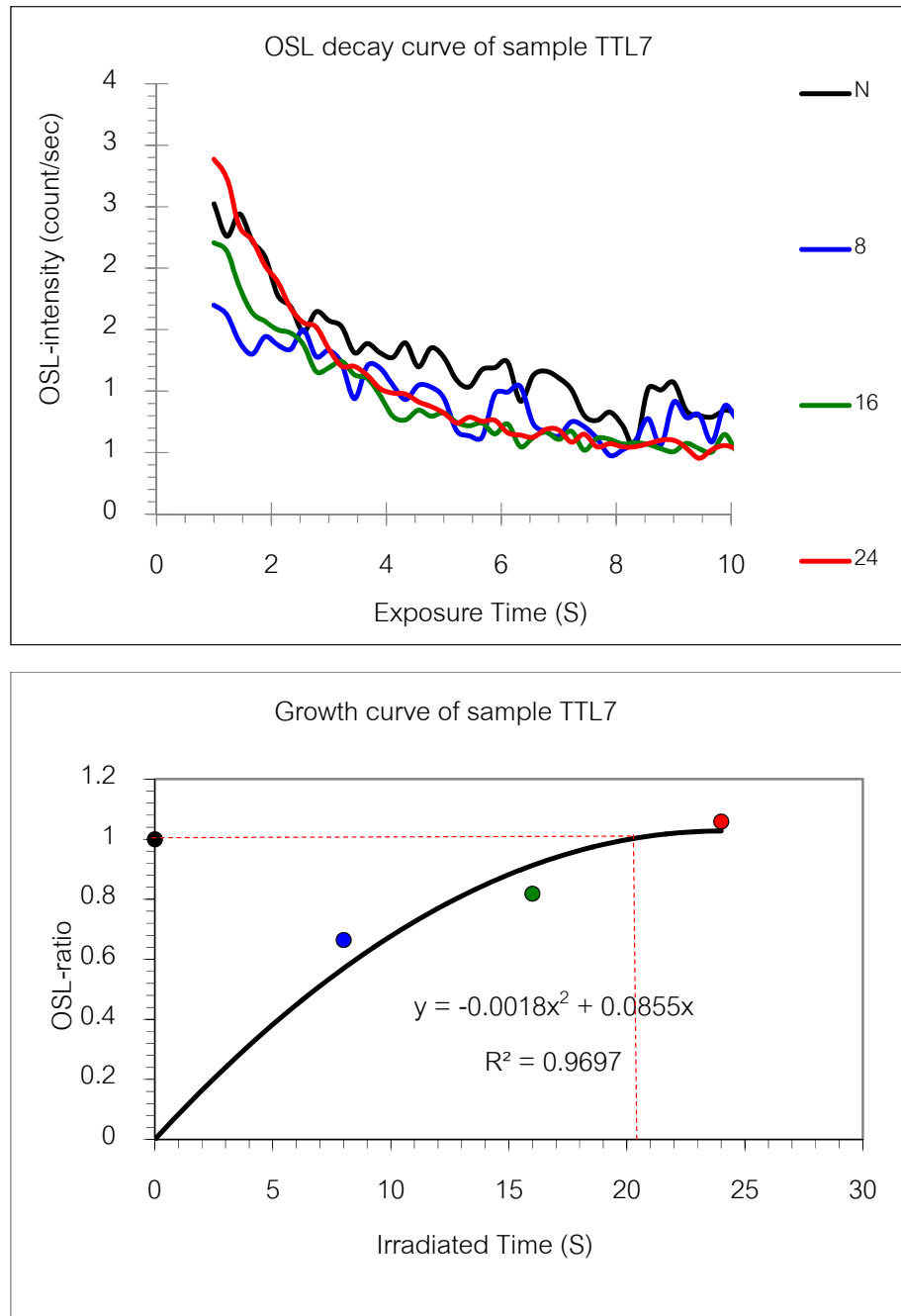


รูปที่ 3.14 OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL5 จากภาพแสดงค่า Natural (เส้น/จุดสีดำ) = 0.789 Gy และตัวอย่างอาบรังสีเบต้าที่ทราบค่าในหน่วย s คือ จุดสีน้ำเงิน = 1s, จุดสีเขียว = 2s และจุดสีแดง = 3s

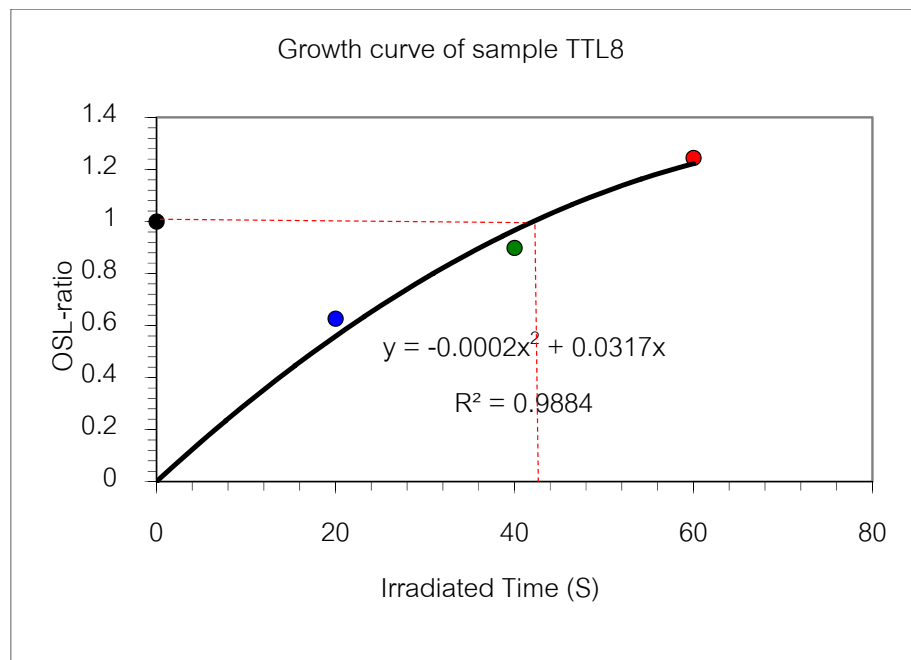
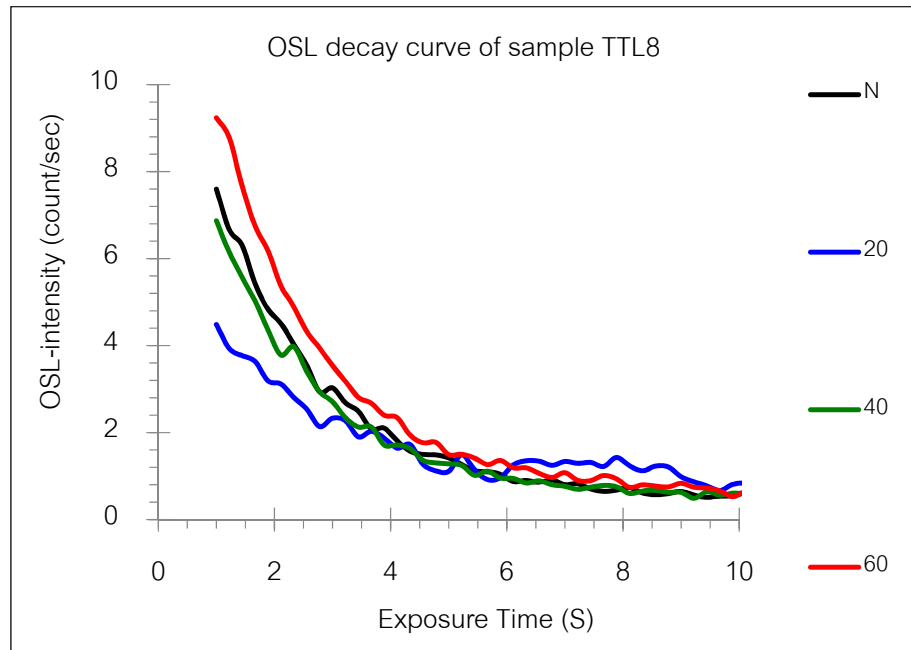




รูปที่ 3.15 OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL6 จากกราฟแสดงค่า Natural (เส้น/จุดสีดำ) = 1.424 Gy และตัวอย่างอาบรังสีเบต้าที่ทราบค่าในหน่วย s คือ จุดสีน้ำเงิน = 7s, จุดสีเขียว = 14s และจุดสีแดง = 21s



รูปที่ 3.16 OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL7 จากกราฟแสดงค่า Natural (เส้น/จุดสีดำ) = 2.834 Gy และตัวอย่างอาบรังสีเบต้าที่ทราบค่าในหน่วย s คือ จุดสีน้ำเงิน = 8s, จุดสีเขียว = 16s และจุดสีแดง = 24s



รูปที่ 3.17 OSL decay curve (บน) และ Growth curve (ล่าง) ของตะกอนตัวอย่าง TTL8 จากกราฟแสดงค่า Natural (เส้น/จุดสีดำ) = 5.665 Gy และตัวอย่างอาบรังสีเบต้าที่ทราบค่าในหน่วย s คือ จุดสีน้ำเงิน = 20s, จุดสีเขียว = 40s และจุดสีแดง = 60s

### 3.4 ผลการวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (OSL)

ผลจากการคำนวณอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงแสดงไว้ในตารางที่ 3.5 เนื่องจากค่าความผิดพลาดในการคำนวณ ( $\pm$ error) มีค่าสูงมาก ( $\pm 970$  ถึง  $\pm 4,320$  ปี คิดเป็น 30.03-746.67%) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากปริมาณความชื้นในตัวอย่างที่มีค่ามาก, ความผิดพลาดบางประการในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และเทคนิคการวัดค่าด้วยเครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER 20-MODEL DA ซึ่งแม้ว่าจะทำการทดลองซ้ำหลายครั้งแล้วก็ตาม ผลการวิเคราะห์ก็ยังคงพบค่าความผิดพลาดที่สูง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องรายงานค่าความผิดพลาดนี้ให้ทราบด้วย

อย่างไรก็ตามผลสรุปจากการหาอายุ (Date) ด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (ตารางที่ 3.5) พบว่าอายุของตะกอนในหลุม TTL8 มีค่าอายุที่สุดคือประมาณ  $7,400 \pm 2,400$  ปีก่อนปัจจุบัน และอายุของตะกอนในหลุม TTL1 มีค่าน้อยที่สุดคือประมาณ  $300 \pm 2240$  ปีก่อน แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของสันทรายจาก TTL8 ไปยัง TTL1 ในทิศทางจากตะวันออกไปตะวันตก

ตารางที่ 3.5 ผลจากการวิเคราะห์ Annual dose, Equivalent dose และการคำนวณอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (OSL) จำนวน 8 ตัวอย่าง พื้นที่หาดทุ่งทะเล อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่

Sample	Concentration			Water Content mass-%	Dose rate (Gy/ka)	Equivalent dose (Gy)	Date (Year)	% Error
	Uranium (U)	Thorium (Th)	Potassium (K)					
	ppm*	ppm*	%*					
TTL1	0.9549	2.9792	0.0733	21.1951	0.575	0.576	300±2240	746.67%
TTL2	0.6979	2.8381	0.1220	23.6562	0.548	0.834	620±1510	251.67%
TTL3	0.5096	2.4738	0.0530	22.3723	0.438	1.157	2630±3040	115.59%
TTL4	0.6470	2.2310	0.0557	21.3872	0.455	1.473	3230±970	30.03%
TTL5	0.1788	0.7336	0.1082	23.2085	0.315	1.128	3580±2930	81.84%
TTL6	0.7081	0.4502	0.0861	27.0370	0.373	1.757	4700±1720	36.60%
TTL7	0.2602	1.9882	0.0833	25.4039	0.380	2.097	5520±4320	78.20%
TTL8	1.8239	3.2327	0.0585	22.7171	0.738	5.467	7400±2400	32.43%

\*ppm คือ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ % คือ คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักต่อน้ำหนัก

## บทที่ 4

### อภิปรายผลและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

#### 4.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน การกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน และการวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (OSL) สามารถอภิปรายผลการศึกษาดังตั้งหัวข้อต่อไปนี้

##### 4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนและการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพตะกอนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา ตะกอนในตัวอย่างทั้ง 8 หลุมมีองค์ประกอบทางแร่เป็นแรควอตซ์ประมาณ 95-99% และมีแร่หนักจำพวกแมกนีไทต์ปะปนบ้างประมาณ 1-3% ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอน ( $\bar{X}_\phi$ ) อยู่ในช่วง 2.23-3.33 phi คือเป็นตะกอนทรายละเอียดถึงตะกอนทรายละเอียดมากเป็นส่วนใหญ่ มีค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\sigma_\phi$ ) อยู่ในช่วง 0.31-0.77 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดดีปานกลางจนถึงมีการคัดขนาดดีมาก

จากการศึกษาค่าทางสถิติของตะกอนในหลุม TTL1-TTL8 พบว่าหลุม TTL1-TTL7 มีการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้งของตะกอนโดยมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (coarsening upward) และในหลุม TTL8 พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงตะกอนในแนวตั้งเป็นลักษณะตะกอนมีขนาดละเอียดขึ้นไปทางด้านบน (Fining-upward) เล็กน้อย โดยแนวโน้มของการเกิดลักษณะทั้ง การเปลี่ยนแปลงของในแนวตั้งของตะกอนโดยมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (Coarsening upward) และ การเปลี่ยนแปลงตะกอนในแนวตั้งเป็นลักษณะตะกอนมีขนาดละเอียดขึ้นไปทางด้านบน (Fining-upward) น่าจะสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนที่เข้ามาสะสมตัวในระบบโดยมีกระแสน้ำชายฝั่งและคลื่นเป็นตัวกลางในการพัดพาตะกอน เนื่องจากกระแสน้ำชายฝั่งมีการพัดพาตะกอนหยาบหรือละเอียดมาสะสมในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของตะกอน และทิศทางกระแสน้ำชายฝั่งที่มีอิทธิพลมากในแต่ละช่วง นอกจากนี้คลื่นและพายุซัดฝั่งก็อาจเป็นตัวการที่พัดพาเอาตะกอนหยาบมาสะสมได้ในบางช่วงเวลา

วิวัฒนาการของแนวชายฝั่งทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไทยในสมัยโฮโลซีน คาดว่าถูกควบคุมโดยปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัยด้วยกัน โดยเฉพาะพลศาสตร์ของชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล ธรณีแปรสัณฐาน และปริมาณตะกอน

พลศาสตร์ของชายฝั่ง เช่น ระดับน้ำขึ้น-ลง โดยระดับน้ำทำนายที่สถานีปากน้ำกระบี่ จังหวัดกระบี่ จากกรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือในปี พ.ศ.2557 มีค่าต่ำสุดที่ 1.03 เมตร และสูงสุดที่ 0.94 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ส่วนกระแสน้ำชายฝั่ง (Longshore current) ในพื้นที่ศึกษานั้นเนื่องจากชายฝั่งมีทิศทางการวางตัวในแนวเกือบเหนือ-ใต้ กระแสน้ำชายฝั่งจึงมีโอกาสจะมาจากทางเหนือหรือทางใต้ก็ได้ แต่จากภาพถ่ายทางดาวเทียม Google Earth (รูปที่ 4.1) พบว่าหลักๆ แล้วกระแสน้ำชายฝั่งมีทิศทางมาจากทางทิศใต้ แต่ในบางช่วงเวลาในอดีตก็มีความเป็นไปได้ที่กระแสน้ำชายฝั่งจะมีทิศทางมาจากทิศเหนือ โดยกระแสน้ำชายฝั่งจากสองทิศทางเช่นนี้อาจเป็นสาเหตุให้พบการเปลี่ยนแปลงตะกอนในแนวตั้งของพื้นที่ศึกษาซึ่งพบทั้งการเปลี่ยนแปลงของในแนวตั้งของตะกอนโดยมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (Coarsening upward) และการเปลี่ยนแปลงตะกอนในแนวตั้งโดยมีขนาดละเอียดขึ้นไปทางด้านบน (Fining-upward) เนื่องจากการพัดพาตะกอนมาจากคนละแหล่งกำเนิด

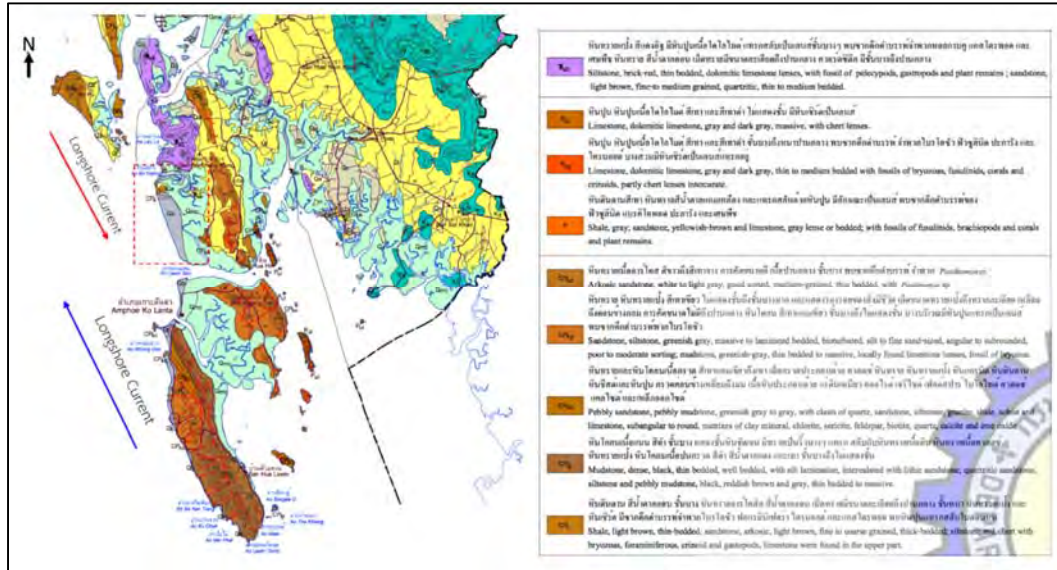


รูปที่ 4.1 กระแสน้ำชายฝั่งทิศทางจากทิศใต้ บริเวณหาดทุ่งทะเล

เมื่อเปรียบเทียบทิศทางของกระแสน้ำชายฝั่งจากทางทิศใต้ของบริเวณหาดทุ่งทะเลกับข้อมูลทางธรณีวิทยา (รูปที่ 4.2) พบว่าทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษาคือเกาะลันตา จากแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณีวิทยา, 2556) เกาะลันตาประกอบด้วยหิน 3 หมวดหินด้วยกัน ได้แก่

- 1)  $CP_{kc}$  : หินทรายเนื้ออาร์โคส สีขาวถึงเทาจาง การคัดขนาดดี เนื้อปานกลาง ชั้นบาง พบซากดึกดำบรรพ์จำพวก *Posidnomya* sp.
- 2)  $CP_{kh}$  : หินทรายและหินโคลนเนื้อกรวด สีเทาแกมเขียวถึงเทา เม็ดกรวด ประกอบด้วย ควอตซ์ หินทราย หินทรายแป้ง หินแกรนิต หินดินดาน หินชีสต์และหินปูน กรวดค่อนข้างเหลี่ยมถึงมน เนื้อหินประกอบด้วย แร่ดินเหนียว คลอไรต์ เซริไซต์ เฟลด์สปาร์ ไบโอไทต์ ควอตซ์ แคลไซต์ และเหล็กออกไซด์

- 3) CP<sub>ip</sub> : หินโคลนเนื้อแน่น สีดำ ชั้นบาง แสดงชั้นหินชัดเจน มีทรายเป็นริ้วบางๆ สลับกับ หินทรายเนื้อดิน หินทรายเนื้อควอตซ์ หินทรายแป้ง หินโคลนปนเนื้อกรวด สีดำ สีน้ำตาลแดง และเทาชั้นบางถึงไม่แสดงชั้น



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสน้ำชายฝั่งและข้อมูลทางธรณีวิทยา

เมื่อเปรียบเทียบทิศทางของกระแสน้ำชายฝั่งจากทางทิศเหนือบริเวณหาดทุ่งทะเลกับ ข้อมูลทางธรณีวิทยา (รูปที่ 4.2) พบว่ากระแสน้ำชายฝั่งอาจจะพัดพาตะกอนจากทางทิศเหนือลง มาสะสมตัวในพื้นที่ศึกษา ซึ่งทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษาคือบริเวณอ่าวหวาลาวลา อ่าวบ่อฝรั่ง จาก แผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณีวิทยา, 2556) ซึ่งบริเวณอ่าวหวาลาวลาและอ่าวบ่อฝรั่ง ประกอบด้วยหินใน 2 หมวดหินด้วยกัน ได้แก่

- 1) TR<sub>sb</sub> : หินทรายแป้ง สีแดงอิฐ มีหินปูนเนื้อโดโลไมต์ แทรกสลับเป็นชั้นบางๆ พบซาก ดึกดำบรรพ์จำพวกหอยกาบคู่ แกสโตรพอด และเศษพืช หินทรายสีน้ำตาลอ่อน เม็ด ทรายขนาดละเอียดถึงปานกลาง ควอตซ์ซีกติก มีชั้นบางถึงปานกลาง
- 2) CP<sub>k</sub> : หินดินดาน สีน้ำตาลอ่อน ชั้นบาง หินทรายอาร์โคสิค สีน้ำตาลอ่อน เม็ดทรายมี ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ชั้นหนา หินทรายแป้งและหินเชิร์ต มีซากดึกดำบรรพ์ จำพวกไบรโอซัว ฟอแรมินิเฟอรา ไครนอยด์ และแกสโตรพอด พบหินปูนแทรกสลับบน ตอนบน

จากข้อมูลลักษณะทางกายภาพ, ขนาดของตะกอนในพื้นที่ศึกษาและทิศทางของ กระแสน้ำชายฝั่งทั้งสองทิศทางนั้น มีความเป็นไปได้ว่ากระแสน้ำชายฝั่งจะกักต้อนหินจากบริเวณ เกาะลันตา (ทางทิศใต้) หรือบริเวณอ่าวหวาลาวลา อ่าวบ่อฝรั่ง (ทางทิศเหนือ) พัดพามาสะสมใน พื้นที่ศึกษา

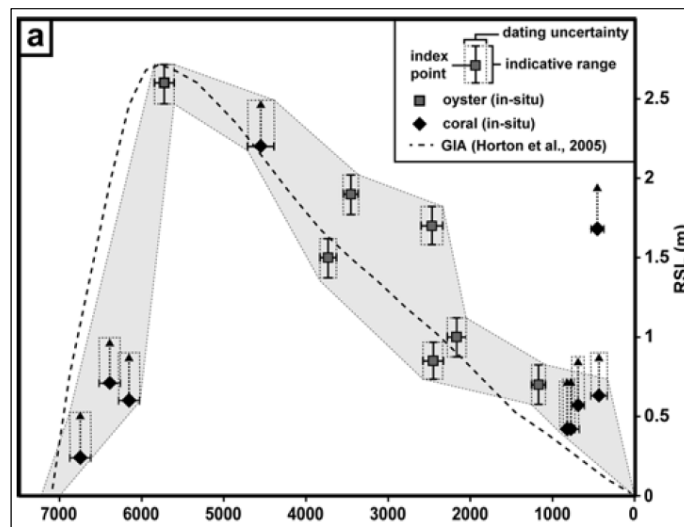


โดยเมื่อเปรียบเทียบตะกอนในพื้นที่ศึกษาซึ่งประกอบไปด้วยแร่ควอตซ์ประมาณ 95-99% ขนาดตะกอนเป็นทรายละเอียดถึงทรายละเอียดมากเป็นส่วนใหญ่ ตะกอนมีความกลมมนปานกลาง-สูง และมีความเป็นทรงกลมสูงกับหินในพื้นที่เกาะลันตา, อ่าวหลาวลา และอ่าวปอฝรั่ง ซึ่งประกอบไปด้วยหิน  $TR_{sb}$ ,  $CP_{ip}$ ,  $CP_{kc}$  และ  $CP_{kh}$  ที่เป็นหินทราย หินทรายแป้งและหินโคลนเป็นหลัก ก็มีความเป็นไปได้ว่ากระแสน้ำชายฝั่งจะกัดเซาะหินทรายเหล่านี้ และพัดพาไปสะสมตัวในพื้นที่ศึกษา

#### 4.1.2 การหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง

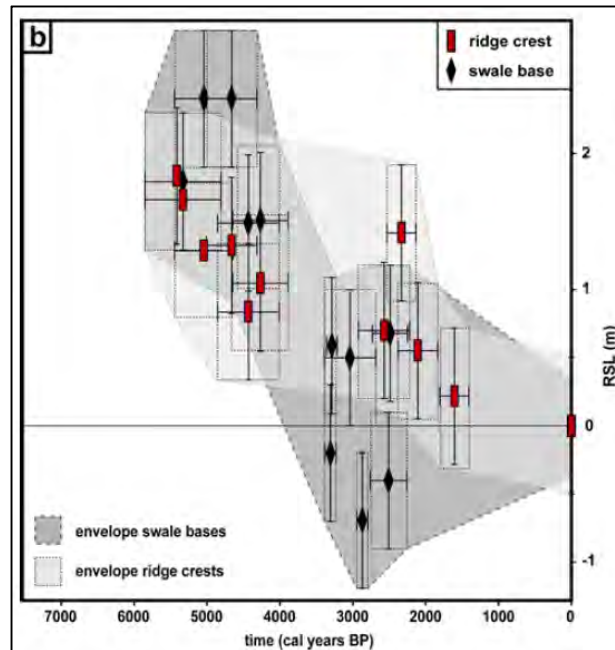
ผลจากการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสง (ดังแสดงในตารางที่ 3.5) สามารถสรุปอายุของสันทรายแต่ละสันในพื้นที่ศึกษาได้ จากอายุของสันทรายสันในสุด (หลุม TTL8) คือ  $7,400 \pm 2,400$  ปีก่อนปัจจุบัน และมีการพัฒนามาจนถึงสันทรายสันนอกสุด (หลุม TTL1) ซึ่งมีอายุ  $300 \pm 2240$  ปีก่อนปัจจุบัน ซึ่งการพัฒนาของสันทรายเหล่านี้ได้นั้นน่าจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน

จากกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนในพื้นที่อันดามันของไทยและมาเลเซีย จากการนำตัวอย่างไปหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 ( $C^{14}$ ) (รูปที่ 4.3) แสดงให้เห็นถึงระดับน้ำสูงสุด +2.5 ถึง 3 เมตรจากระดับน้ำทะเลปัจจุบันเมื่อประมาณ 5,700 ปีก่อนปัจจุบัน และกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนโดยการหาอายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสงโดยใช้ตัวอย่างจากเกาะพะงรอง (รูปที่ 4.4) แสดงถึงระดับน้ำสูงสุด +1.5 ถึง 2.5 เมตรจากระดับน้ำทะเลปัจจุบันที่ประมาณ 5,000 ปีก่อนปัจจุบัน ตามมาด้วยการลดลงของระดับน้ำทะเลเรื่อยๆ มาจนถึงปัจจุบัน อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลทั่วโลก (Scheffers et al., 2012; Horton et al., 2005)



รูปที่ 4.3 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนโดยการหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14

โดยใช้ตัวอย่างจากหาดกมลา จังหวัดภูเก็ต และอ่าวพังงา จังหวัดพังงา



รูปที่ 4.4 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนโดยการหาอายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง โดยใช้ตัวอย่างทรายจากสันทรายที่เกาะพระทอง จังหวัดพังงา

เมื่อเปรียบเทียบอายุของสันทรายในพื้นที่ที่ศึกษากับกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีนทั้ง 2 กราฟ (รูปที่ 4.3 และ 4.4) สามารถตีความหมายได้ 2 แบบด้วยกัน

1) จากการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงพบว่าสันทรายที่อายุมากที่สุด (TTL8) นั้นเกิดเมื่ออายุ  $7,400 \pm 2,400$  ปีก่อนปัจจุบัน ซึ่งอาจเป็นช่วงเวลาที่ระดับน้ำทะเลมีการลดระดับลงหลังจากที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุดมาแล้ว โดยช่วงเวลาดังกล่าวอาจไม่สัมพันธ์กับกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนทั้ง 2 กราฟ การพัฒนาของแนวสันทรายอื่นๆ เกิดขึ้นตามมา อันเป็นผลจากการลดลงของระดับน้ำทะเลมาจนถึงสันทรายที่อายุน้อยที่สุด (TTL1) เมื่อประมาณ  $300 \pm 2,240$  ปีก่อนปัจจุบัน

2) จากการหาอายุด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยแสงพบว่าสันทรายที่อายุมากที่สุด (TTL8) นั้นเกิดเมื่อ  $7,400 \pm 2,400$  ปีก่อนปัจจุบัน ซึ่งมีค่าความผิดพลาดที่สูง ทำให้เป็นไปได้ว่าผลการวิเคราะห์หา Equivalent dose และ/หรือ Annual dose ไม่น่าเชื่อถือหรือมีความผิดพลาด ทำให้อายุที่คำนวณได้ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้การศึกษานี้ยังมีอุปสรรคจากการที่ไม่สามารถวัดความสูงของสันทรายได้จึงไม่สามารถเปรียบเทียบความสูงของสันทรายแต่ละสันกับระดับน้ำทะเลปานกลาง ทำให้ไม่สามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลได้ สันทรายสันในสุดอาจจะมีอายุ

อ่อนกว่า  $7,400 \pm 2,400$  ปี และสอดคล้องกับกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสมัยโฮโลซีนทั้ง 2 กราฟก็เป็นได้

อย่างไรก็ตามข้อมูลอายุที่คำนวณได้ โดยภาพรวมแสดงให้เห็นการพัฒนาแนวชายฝั่งออกมาจากทางทิศตะวันออกมาทางทิศตะวันตกเป็นระยะทางประมาณ 1,380 เมตร ที่ราบแนวสันทรายหาดทุ่งทะเลจึงมีอัตราการพัฒนาในแนวราบเฉลี่ยประมาณ 0.19 เมตร/ปี

#### 4.2 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาวิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายบริเวณหาดทุ่งทะเล อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ โดยทำการหาอายุด้วยวิธีกระตุ้นด้วยแสง สามารถสรุปอายุของสันทรายในพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้

- TTL1 อายุประมาณ  $300 \pm 2,240$  ปีก่อนปัจจุบัน
- TTL2 อายุประมาณ  $620 \pm 1,510$  ปีก่อนปัจจุบัน
- TTL3 อายุประมาณ  $2,630 \pm 3,040$  ปีก่อนปัจจุบัน
- TTL4 อายุประมาณ  $3,230 \pm 970$  ปีก่อนปัจจุบัน
- TTL5 อายุประมาณ  $3,580 \pm 2,930$  ปีก่อนปัจจุบัน
- TTL6 อายุประมาณ  $4,700 \pm 1,720$  ปีก่อนปัจจุบัน
- TTL7 อายุประมาณ  $5,520 \pm 4,320$  ปีก่อนปัจจุบัน
- TTL8 อายุประมาณ  $7,400 \pm 2,400$  ปีก่อนปัจจุบัน

วิวัฒนาการของที่ราบแนวสันทรายในพื้นที่ศึกษานี้เริ่มขึ้นตั้งแต่สมัยโฮโลซีน โดยมีวิวัฒนาการสัมพันธ์กับการลดลงของระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน โดยเริ่มต้นจากสันทรายสันที่อายุมากที่สุด (หลุม TTL8) คือ  $7,400 \pm 2,400$  ปีก่อนปัจจุบัน โดยมีการพัฒนาจากทางทิศตะวันออกมายังทิศตะวันตก สัมพันธ์กับระดับน้ำทะเลที่ลดลงเรื่อยๆ มาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งก็คือสันทรายที่อายุน้อยที่สุด (หลุม TTL1) อายุ  $300 \pm 2,240$  ปีก่อนปัจจุบัน โดยมีการพัฒนาในแนวราบด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยประมาณ 0.19 เมตร/ปี

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการของที่ราบแนวชายฝั่งในพื้นที่ศึกษานี้ ได้แก่ กระแสน้ำชายฝั่งจากทางทิศใต้และทิศเหนือที่พัดพาตะกอนมาสะสมตัว และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล (Sea-level change) โดยเป็นการลดระดับของน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน ส่งผลให้มีการพัฒนาของแนวชายฝั่งออกมาในทิศทางตะวันออกไปยังทิศตะวันตก

### 4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาเป็นป่ารกทึบทำให้ไม่สามารถทำ Topographic profile ด้วย Plane Table ได้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบความสูงของสันทรายแต่ละสันได้ และไม่สามารถเปรียบเทียบความสูงของสันทรายกับระดับน้ำทะเลปานกลางได้ ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอดีตได้

4.3.2 ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอนโดยเฉพาะองค์ประกอบทางแร่เพื่อความแม่นยำที่มากขึ้นควรนำตัวอย่างไปวิเคราะห์แร่องค์ประกอบด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD)

## เอกสารอ้างอิง

- กรมแผนที่ทหาร. 2547. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระวังอำเภอคลองท่อม 4824III, ลำดับชุด L7018 กรมแผนที่ทหาร, 2547.
- กรมแผนที่ทหาร. 2547. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระวังอำเภอเกาะลันตา 4824IV, ลำดับชุด L7018 กรมแผนที่ทหาร, 2547.
- มนตรี ชูวงศ์. ธรณีฐานพื้นฐาน. – พระนครศรีอยุธยา: เทียนวัฒนาพรินท์ติ้ง, 2554. 188 หน้า.
- มนตรี ชูวงศ์. สีนามิในประเทศไทย. – กรุงเทพฯ: เอเอ็นที ออฟฟิศ เอ็กซ์เพรส, 2553. 178 หน้า.
- Anthony, E., 1995. Beach-ridge development and sediment supply: examples from West Africa. *Marine Geology* 129, 175-186.
- Bird, E., 2008. Coastal geomorphology. An introduction. Second edition. John Wiley & Sons Ltd. 436p.
- Blum, M., Carter, A., Zayac, T., and Goble, R., 2001. Middle Holocene Sea-level and Evolution of The Gulf of Mexico Coast (USA). *Journal of Coastal Research*, 65-80.
- Brill, D., Jankaew, K., and Brückner, H., Holocene evolution of Phra Thong's beach-ridge plain (Thailand) – the role of local setting, sea level, climate and extreme events, submitted to *Geomorphology*
- Brill, D., Klasen, N., Brückner, H., Jankaew, K., Scheffers, A., Kelletat, D., Scheffers, S., 2012a. OSL dating of tsunami deposits from Phra Thong Island, Thailand. *Quaternary Geochronology* 10, 224-229.
- Choowong, M., Murakoshi, N., Hisada, K., Charusiri, P., Doarerk, V., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., Jankaew, K., Kanjanapayont, P., 2007. Erosion and deposition by the 2004 Indian Ocean tsunami in Phuket and Phang-nga provinces, Thailand. *Journal of Coastal Research* 23 (5), 1270-1276.
- López, G.I. and Rink, W.J., 2008. New quartz optical stimulated luminescence ages for beach ridges on the St.Vincent Island Holocene strandplain, Florida, United States. *Journal of Coastal Research*, 24 (1A), 49–62.
- Nielsen, A., Murray, A., Pejrup, M., Elberling, B., 2006. Optically stimulated luminescence dating of a Holocene beach ridge plain in Northern Jutland, Denmark. *Quaternary Geochronology* 1, 305-312
- Augustinus, P.G.E.F, 1989. Cheniers and Chenier Plains, *Marine Geology* 90, 297–309.

- Tamura, T., 2012. Beach ridge and prograded beach deposits as paleoenvironmental records. *Earth-Science Reviews* 114, 279-297.
- Tanner, W., 1995. Origin of beach ridges and swales. *Marine Geology* 129, 149-161.
- Taylor, M., Stone, G.W., 1996. Beach-ridges: A review. *Journal of Coastal Research* 12, 612-621.