



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

วิวัฒนาการของแนวสันทนาการชายฝั่งจากจังหวัดนครศรีธรรมราช

โดย

นายสพล สำหรับ

เลขประจำตัวนิสิต 5932736823

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

วิวัฒนาการของแนวสันทรายชายฝั่งจากจังหวัดนครศรีธรรมราช

นายสพล สำหรับ

•
โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

EVOLUTION OF BEACH RIDGE FROM NAKHON SI THAMMARAT PROVINCE

MISTER SAPON SARUB

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science Program in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2018

หัวข้อโครงการ

โดย

สาขาวิชา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

ที่ปรึกษาโครงการร่วม

วิวัฒนาการของแนวสันทรายชายฝั่งจากจังหวัดนครศรีธรรมราช

นายสพล สำหรับ

ธรณีวิทยา

ศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ชูวงศ์

ดร.พีรสิทธิ์ สุรเกียรติชัย

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ชูวงศ์)

Project Title EVOLUTION OF BEACH RIDGE FROM NAKHON SI THAMMARAT
 PROVINCE

By Mister Sapon Sarub

Field of Study Geology

Project Advisor Professor Dr. Montri Choowong

Co-advisor Dr. Peerasit Surakiatchai

Submitted date.....

Approval date.....

.....

Project Advisor
(Professor Dr. Montri Choowong)

สพล สำหรับ : วิวัฒนาการของแนวสันทรายชายฝั่งจากจังหวัดนครศรีธรรมราช. (EVOLUTION OF BEACH RIDGE FROM NAKHON SI THAMMARAT PROVINCE)

อ.ที่ปรึกษาโครงการหลัก : ศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ชูวงศ์

ที่ปรึกษาโครงการร่วม : ดร.พิรสิทธิ์ สุรเกียรติชัย, 72 หน้า.

บริเวณพื้นที่ราบชายฝั่งตะวันออกของจังหวัดนครศรีธรรมราช มีการสะสมตัวของตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงเป็นบริเวณกว้างและพบแนวสันทรายชายฝั่งเก่าขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นหลักฐานทางธรณีฐานทรายชายฝั่งที่สำคัญบ่งบอกสภาพแวดล้อมในอดีตได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาค่าอายุของแนวสันทรายเก่าบริเวณที่ราบตะกอนชายฝั่งจังหวัดนครศรีธรรมราชโดยวิธีการหาอายุด้วยการเปล่งแสงเชิงแสง เพื่อนำมาศึกษาวิวัฒนาการของที่ราบสันทรายชายฝั่งในอดีต

จากภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงสามารถแบ่งพื้นที่ราบสันทรายโบราณออกได้เป็น 2 หน่วย ได้แก่ KK01-KK05 (5 ตัวอย่าง) และ CK (1 ตัวอย่าง) มีป่าพรุควนเคร็งเป็นที่ราบลุ่มน้ำขังอยู่ระหว่างทั้งสอง โดยแนวสันทราย KK เป็นสันทรายด้านใน มีทิศการวางตัวประมาณ 175 องศาจากทิศเหนือ มีระยะห่างระหว่างสันทรายประมาณ 900 เมตร และแนวสันทราย CK ทิศการวางตัวประมาณ 160 องศาจากทิศเหนือ มีระยะห่างระหว่างสันทรายประมาณ 500 เมตร

ผลจากการศึกษาตะกอนในห้องปฏิบัติการพบว่าตะกอนสันทรายส่วนใหญ่ มีลักษณะเป็นทรายละเอียดถึงกรวด องค์ประกอบทางแร่ ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เป็นสัดส่วนมากกว่า 90 % มีแร่ไมกาและแร่หนักปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ตะกอนมีความกลมมนต่ำ มีความเป็นทรงกลมต่ำ และมีการคัดขนาดไม่ดีถึงดีแตกต่างกันไป

จากผลการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL) และการศึกษาลำดับชั้นตะกอนพบว่าสันทราย KK05 มีอายุมากที่สุดคือประมาณ $76,200 \pm 4,680$ ปี ก่อนปัจจุบัน ตามด้วย KK04 อายุ $66,780 \pm 4,050$ ปีและ สันทราย KK01 อายุ $47,720 \pm 1,800$ ปี เกิดในช่วงที่ระดับน้ำทะเลลดลง (regression) จากระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดในสมัยไพลสโตซีน และสันทราย CK อายุ $4,390 \pm 190$ ปีที่ผ่านมา เกิดในช่วงที่ระดับน้ำทะเลลดลง (regression) จากระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดในสมัยโฮโลซีน โดยมีกระแสน้ำชายฝั่งพัดพาตะกอนในทิศเหนือ-ใต้

คำสำคัญ : สันทราย การหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ภาควิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....
ปีการศึกษา	2561	ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม.....

5932736823 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : SAND RIDGE / LUMINESCENCE DATING / NAKHON SI THAMMARAT PROVINCE

SAPON SARUB : EVOLUTION OF BEACH RIDGE FROM NAKHON SI THAMMARAT PROVINCE.

ADVISOR : PROFESSOR DR.MONTRI CHOOWONG, Ph.D.

CO-ADVISOR : DR.PEERASIT SURAKIATCHAI, Ph.D., 72 pp.

The coastal areas in the eastern of Nakhon Si Thammarat province has deposition of coastal sediment by the influence of the tide and shows large old beach ridges which are important coastal morphological evidence indicating the environment in the past. The main objective of this research is dating of the old beach ridges in the coastal plain of Nakhon Si Thammarat province by using Optically stimulated luminescence (OSL) method for studying the evolution of the beach ridge in the past. High-resolution satellite images can divide the sand ridge into 2 units, Inner ridge and Outer ridge. There is swamp between both beach ridge units.

The inner beach ridge has a direction of about 175 degrees from the north and It has a distance between the ridge about 900 meters. The outer beach ridge has a direction of about 160 degrees from the north and the distance between the ridge is about 500 meters. The results of laboratory studies show that most of the sand ridge sediment are fine sand to gravel. Mineral composition consisting of quartz more than 90%. Mica and heavy minerals are mixed slightly. The grain shape is sub-rounded to sub-angular with low sphericity. Sediment are Poorly sorted to Moderately sorted.

The OSL date age of beach ridge are as follows, KK05 is the oldest with $76,200 \pm 4,680$ years, KK04 is $66,780 \pm 4,050$ years and KK01 is $47,720 \pm 1,800$. years. We can determine that this beach ridge forming during sea-level changes since Pleistocene and CK is $4,390 \pm 190$ years. It was forming during the regression of sea-level in the Holocene period. Main controlling factor is the longshore currents from North to South that supplies sediment to the coastal zone.

Department : Geology

Student's Signature.....

Field of Study : Geology

Advisor's Signature.....

Academic Year : 2018

Co-advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง วิวัฒนาการของแนวสันทรายชายฝั่งจากจังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จลุล่วงไปได้ดีด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลากหลายท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้อนุมัติจัดทำโครงการ การใช้ห้องปฏิบัติการ และอนุมัติงบประมาณที่ใช้ในการจัดทำโครงการในครั้งนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยเหลือ ในการใช้ห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดลองเพื่อวัดปริมาณธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่มีอยู่ในตัวอย่าง โดยใช้ เครื่อง Gamma-ray Spectrometer

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ชูวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยให้คำปรึกษาและ แนะนำการวางแผนในการทำงาน และคำแนะนำในด้านวิชาการรวมทั้งงบประมาณในการออกภาคสนาม

ขอขอบพระคุณ ดร.พีรสิทธิ์ สุรเกียรติชัย หรือพีปรีน ที่ปรึกษาโครงการร่วมที่คอยดูแลช่วยเหลือตลอด มาตั้งแต่เริ่มโครงการ ทั้งการออกภาคสนาม การศึกษาในห้องปฏิบัติการสำหรับการหาอายุด้วยวิธีแปลงแสงเชิงแสง การในคำปรึกษาในการคำนวณค่า และวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ และดูแลเอาใจใส่เสมอตลอดเวลา

ขอขอบพระคุณบุคลากรทุกท่านในภาควิชาธรณีวิทยา ที่คอยอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

ขอขอบพระคุณ นาย ภาวัต วัฒนจารีกุล และนายรุ่งนที ภาควิชาธรณีวิทยาทุกท่านที่คอยช่วยเหลือในการออก ภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่างที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

สุดท้ายขอขอบคุณเพื่อนๆ ธรณีวิทยา รุ่น 60 และทุกคน รวมไปถึงรุ่นน้องธรณีวิทยาทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

สารบัญ

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
Abstract (English)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 สมมติฐาน	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 2 พื้นที่ศึกษา	8
2.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา	8
2.2 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	9
2.3 ลักษณะภูมิประเทศ	9
2.4 สภาพภูมิอากาศ	10
2.5 ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	12
2.6 ลักษณะธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษา	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย	19
3.1 ระเบียบวิธีวิจัย	19
3.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม	21
3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ	25
บทที่ 4 ผลการศึกษา	34
4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน	34
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของตะกอน	37

4.3 ผลการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)	43
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา	49
5.1 การวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม	49
5.2 การวิเคราะห์ผลจากภาพถ่ายตัดขวาง และลำดับชั้นตะกอน	50
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา	64
6.1 วิวัฒนาการของสันทรายด้านใน (Inner ridge)	64
6.2 วิวัฒนาการของสันทรายด้านนอก (Outer ridge)	65
ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	69

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1	แบบจำลองทางภูมิศาสตร์ของที่ราบสันทรายบริเวณชายฝั่งจังหวัดชุมพร	3
รูปที่ 1.2	แสดงที่ตั้งของชุมชนเมืองโบราณบนสันทรายเก่าในจังหวัดนครศรีธรรมราช	4
รูปที่ 1.3	สมมุติฐานการการสะสมตะกอนในยุคควอเทอร์นารีบริเวณแนวชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย	5
รูปที่ 1.4	รูปแสดงลักษณะความผิดปกติแบบต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นในโครงสร้างของแร่	6
รูปที่ 1.5	แสดงทฤษฎีการหาอายุจากการกระตุ้นด้วยแสง	7
รูปที่ 2.1	ภาพถ่ายดาวเทียมของขอบเขตพื้นที่ศึกษา	8
รูปที่ 2.2	แสดงช่วงเวลาของการเกิดมรสุม และพายุหมุนเขตร้อน ของประเทศไทย	11
รูปที่ 2.3	แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษาจังหวัดนครศรีธรรมราช	12
รูปที่ 2.4	แผนที่แสดงการกระจายตัวของตะกอน	15
รูปที่ 2.5	แผนที่แสดงพื้นที่แบ่งตามลักษณะธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษา	17
รูปที่ 2.6	ป่าพรุควนเคร็ง	18
รูปที่ 3.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัย	20
รูปที่ 3.2	ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่ศึกษา	21
รูปที่ 3.3	ตัวอย่างหลุมเก็บตะกอน	22
รูปที่ 3.4	การเก็บตัวอย่างโดยใช้ Hand auger	24
รูปที่ 3.5	การเก็บตัวอย่างโดยใช้ Gouge Auger	24
รูปที่ 3.6	การใช้เครื่อง Mechanical Sieve	25
รูปที่ 3.7	ตารางเปรียบเทียบพื้นผิวตะกอน	27
รูปที่ 3.8	ตัวอย่างที่ทำการพักไว้ 1 เดือน	30
รูปที่ 3.9	สรุปขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)	32
รูปที่ 3.10	แสดงการแยกแร่โลหะด้วยเครื่อง Isodynamic Magnetic Separator	32
รูปที่ 3.11	เครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER MODEL DA-20	33
รูปที่ 3.12	ส่วนประกอบภายในของเครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER	33
รูปที่ 4.1	ตัวอย่างตะกอนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ	35
รูปที่ 4.2	แผนภูมิการกระจายตัวของตะกอน	40
รูปที่ 4.3	การจำแนกตะกอนด้วยวิธี Diagram Ternary plot	40
รูปที่ 4.4	แสดงลักษณะของกราฟของแต่ละตัวอย่าง	41
รูปที่ 4.5	แผนภาพการกระจายความสัมพันธ์ของค่าเชิงสถิติ	42

รูปที่ 4.6 แสดงกราฟของตัวอย่าง KK01	44
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟของตัวอย่าง KK02	45
รูปที่ 4.8 แสดงกราฟของตัวอย่าง KK03	45
รูปที่ 4.9 แสดงกราฟของตัวอย่าง KK04	46
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟของตัวอย่าง KK05	46
รูปที่ 4.11 แสดงกราฟของตัวอย่าง CK01	47
รูปที่ 4.12 การหาค่ากลาง (central value) ของแต่ละตัวอย่างด้วยโปรแกรม Radial Plotter	47
รูปที่ 5.1 แผนที่แสดงแนวสันทรายจากการวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม	49
รูปที่ 5.2 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง	50
รูปที่ 5.3 ภาพตัดขวาง (cross section) ของพื้นที่ศึกษา	51
รูปที่ 5.4 ภาพตัดขวาง (cross section) ของสันทรายด้านใน (Inner ridge)	51
รูปที่ 5.5 ลำดับชั้นตะกอนของจุดเก็บตัวอย่าง KK01	53
รูปที่ 5.6 ลำดับชั้นตะกอนของจุดเก็บตัวอย่าง KK03	54
รูปที่ 5.7 ลำดับชั้นตะกอนของจุดเก็บตัวอย่าง KK05	56
รูปที่ 5.8 ลำดับชั้นตะกอนของจุดเก็บตัวอย่าง KKS	57
รูปที่ 5.9 ลำดับชั้นตะกอนของจุดเก็บตัวอย่าง KKF	58
รูปที่ 5.10 จากกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยไพลสโตซีน	59
รูปที่ 5.11 แสดงรูปแบบการสะสมตัวของสันทราย KK02 และKK03	60
รูปที่ 5.12 ภาพตัดขวาง (cross section) ของสันทรายด้านนอก (Outer ridge)	61
รูปที่ 5.13 ลำดับชั้นตะกอนของตัวอย่าง CK01	62
รูปที่ 5.14 จากกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน (Holocene) 1	63
รูปที่ 5.15 จากกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน (Holocene) 2	63
รูปที่ 6.1 ภาพตัดขวาง (cross section) ของสันทรายด้านใน (Inner ridge) 2	64
รูปที่ 6.2 ภาพตัดขวาง (cross section) ของสันทรายด้านนอก (Outer ridge) 2	65
รูปที่ 6.3 วิวัฒนาการของแนวสันทรายชายฝั่งจากจังหวัดนครศรีธรรมราช	65

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	แสดงข้อมูลตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง ความลึก และความสูงจากระดับน้ำทะเล	23
ตารางที่ 3.2	วิธีการคำนวณแบบ Logarithmic method of moments และการแปลผล	26
ตารางที่ 3.3	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิด และความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี	29
ตารางที่ 4.1	ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน	36
ตารางที่ 4.2	ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนจากเครื่อง Mechanical Sieve	38
ตารางที่ 4.3	ผลการคำนวณค่าทางสถิติ Logarithmic method of moments และแปล	39
ตารางที่ 4.4	ค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (W)	43
ตารางที่ 4.5	ผลจากการวิเคราะห์ค่า Annual dose (AD)	43
ตารางที่ 4.6	สรุปผลจากการวิเคราะห์ค่า Equivalent dose (ED)	48
ตารางที่ 4.7	ผลจากการวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)	48

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ที่มาและความสำคัญ

พื้นที่ที่ราบชายฝั่งในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงธรณีวิทยาอยู่ตลอดเวลาทั้งการสะสมตัวของตะกอน ชายฝั่ง และกัดเซาะชายฝั่ง (coastal erosion) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแนวพื้นที่ชายฝั่ง ทะเลในปัจจุบัน เคยเป็นทะเลมาก่อน เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลทั่วโลก (eustatic sealevel change) ในช่วงสมัยไพลสโตซีนตอนปลายถึงสมัยโฮโลซีน (Sinsakul, 1992) แนวสันทรายเก่าเป็นธรณีสันฐานชายฝั่งที่สำคัญโดยมีลักษณะขนานหรือเกือบไปกันแนวชายฝั่งซึ่งเป็นร่องรอยของการถดถอยของระดับน้ำ ทะเลในอดีต (Regression) ทำให้สามารถบ่งชี้ตำแหน่งของแนวชายฝั่งและระดับ น้ำทะเลในอดีตได้ บริเวณพื้นที่ราบชายฝั่งตะวันออกของจังหวัดนครศรีธรรมราชพบการสะสมตัวของตะกอนชายฝั่งและได้ปรากฏให้เห็นการสะสมตัวของตะกอนสันทรายขนาดใหญ่ 2 แนว (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) ในทิศเหนือ-ใต้ ที่เห็นได้อย่างชัดเจนจากภาพถ่ายทางดาวเทียม และอยู่ลึกเข้าไปจากชายฝั่งปัจจุบันสูงสุดถึง 40 กิโลเมตร

ลักษณะการสะสมตัวของสันทราย มีปัจจัยจากอิทธิพลหลายด้าน เช่น ลักษณะทางธรณีสันฐาน, ทิศทางของกระแสคลื่น ลม, ปริมาณของตะกอนที่มาสะสมตัวและ ช่วงเวลาที่ใช้ในการถดถอยของระดับน้ำทะเล จากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาอย่างละเอียดเชิงธรณีสันฐานวิทยาและยังไม่มีกำหนดค่าอายุที่แน่นอนซึ่งอาจสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยไพลสโตซีนปลายถึงสมัยโฮโลซีน งานวิจัยนี้จึงจะศึกษาอายุของสันทรายด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (Optically stimulated luminescence, OSL) ซึ่งหากเราทราบอายุของสันทรายรวมทั้งการศึกษาทางตะกอนวิทยา ข้อมูลโทรสัมผัสและข้อมูลจากภาคสนาม ประกอบกับข้อมูลจากงานวิจัยเก่าที่เกี่ยวข้อง ก็สามารถที่จะบอกสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวและวิวัฒนาการการเกิด สันทรายชายฝั่งซึ่งสัมพันธ์กับเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในช่วงเวลานั้นได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อกำหนดอายุของสันทรายชายฝั่งเก่าด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)
2. เพื่อศึกษาทางตะกอนวิทยาของสันทรายชายฝั่ง
3. เพื่อศึกษาวิวัฒนาการของการเกิดสันทรายและชายฝั่งเก่าในจังหวัดนครศรีธรรมราช

1.3 สมมติฐาน

จากการทราบอายุของสันทราย การศึกษาทางตะกอนวิทยาและการแปรลักษณะธรณีสัณฐานจากข้อมูลโทรมสัผัสประกอบด้วยข้อมูลจากงานวิจัยเก่าที่เกี่ยวข้อง สามารถที่จะบอกสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวและวิวัฒนาการการเกิดสันทรายชายฝั่งซึ่งสัมพันธ์กับเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในช่วงเวลานั้นได้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

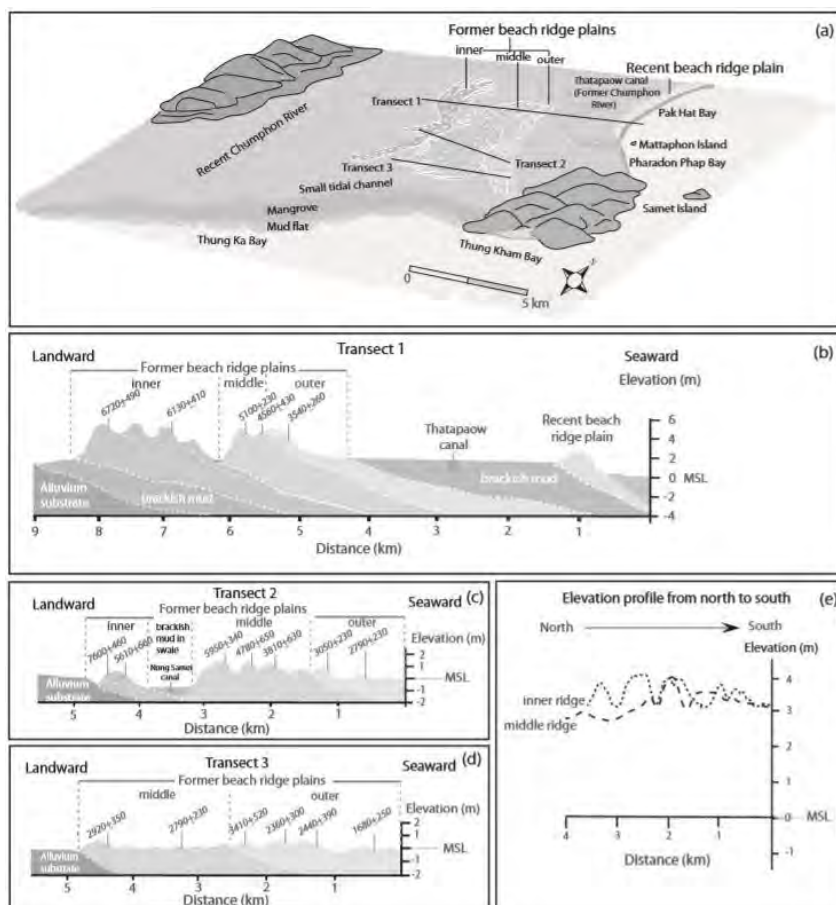
หาอายุของสันทรายชายฝั่งบริเวณที่ราบชายฝั่งตะวันออกของจังหวัดนครศรีธรรมราชด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (Optically stimulated luminescence, OSL) เพื่อวิเคราะห์อายุ อัตราและทิศทางการสะสมตัวของแนวชายฝั่งในอดีต ศึกษาลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบของตะกอน เพื่ออธิบายลักษณะการสะสมตัวและวิวัฒนาการของสันทรายชายฝั่งในบริเวณพื้นที่ศึกษา

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบอายุของสันทรายเก่าจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง
2. สามารถแปลผลข้อมูล และอธิบายวิวัฒนาการของการเกิดสันทรายและชายฝั่งเก่าจากจังหวัดนครศรีธรรมราช รวมทั้งอัตราการสะสมตัวและทิศทางการสะสมตัว เมื่อเทียบกับปัจจุบัน
3. มีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดอายุทางด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง ทั้งการเก็บตัวอย่างที่ถูกวิธี การเตรียมตัวอย่าง การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความหมายข้อมูล

1.6. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

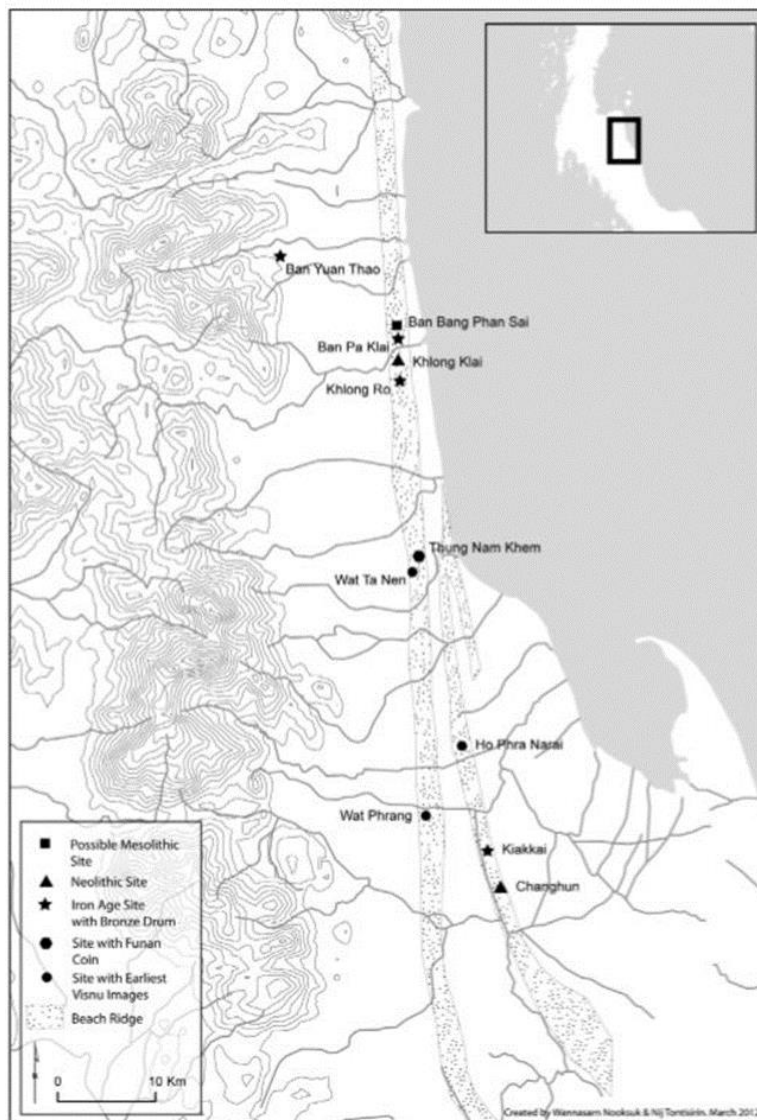
Nimnate et al. (2015) ได้ทำการศึกษากลุ่มของที่ราบสันทราย ซึ่งตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ 10 กิโลเมตรจากชายฝั่งของจังหวัดชุมพรและได้ทำการศึกษาค้นคว้าลักษณะธรณีสัณฐานหลายชนิดที่สามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล เช่น ที่ราบสันทราย ที่ราบน้ำท่วมถึงและลากูนเก่า โดยได้มีการหาอายุของสันทรายด้วย วิธีเปล่งแสงเชิงแสง (Optically stimulated luminescence, OSL) และวัดระดับความสูงของสันทรายจากระดับน้ำทะเลปัจจุบัน รวมทั้งศึกษาลักษณะทางกายภาพของตะกอนแล้วนำมาสร้างแบบจำลองทางภูมิศาสตร์ของที่ราบสันทรายพร้อมทั้งภาพตัดขวาง ที่สัมพันธ์กับอายุของสันทรายที่ทำได้ดังรูป 1.1 และได้สรุปว่าการสะสมตัวของสันทรายแบ่งเป็น 3 ช่วงอายุ คือ 8900–5600, 5900–2700 และ 3800–1600 ปีก่อนปัจจุบัน โดยการสะสมตัวของสันทรายได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำชายฝั่งซึ่งไหลในทิศทางเหนือ – ใต้



รูปที่ 1.1 แบบจำลองทางภูมิศาสตร์ของที่ราบสันทรายพร้อมทั้งภาพตัดขวาง ที่สัมพันธ์กับอายุของสันทรายที่หาได้จากวิธีการแปลงแสงเชิงแสง (OSL) บริเวณชายฝั่งจังหวัดชุมพร (Nimnate et al., 2015)

Noonsuk (2014) ได้ศึกษาโบราณคดีในจังหวัดนครศรีธรรมราชโดยมีชื่อหัวข้อการศึกษาว่าอาณาจักรบนสันทราย (Kingdom on the Beach Ridges) และได้ค้นพบการตั้งถิ่นฐานของชุมชนโบราณบริเวณชายฝั่งทะเล โดยพบหลักฐานเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ เครื่องประดับ และกลองโบราณที่ทำจากทองแดงซึ่งเป็นสินค้าสำคัญในการค้าขายทางทะเล โดยทุกชิ้นพบบริเวณสันทรายเก่า เป็นที่ชัดเจนว่าผู้คนสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในพื้นที่นี้ มุ่งเน้นวิสัยทัศน์ของพวกเขาไปยังทะเลกว้าง โดยรวมชุมชนจำนวนมากเข้าด้วยกัน มีการแบ่งปันทรัพยากรและความคิดต่างๆ มั่งคั่งจากการผลิตสินค้าและการค้าแร่และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

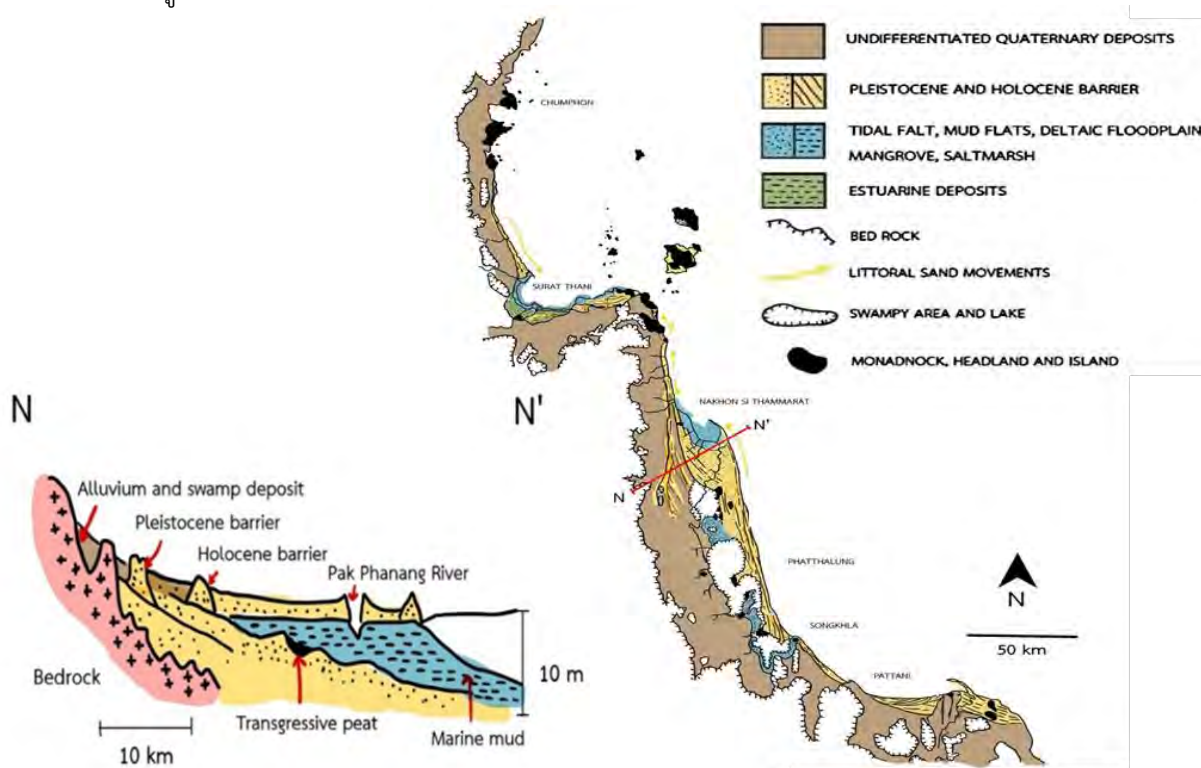
จากการหาอายุจากอินทรีย์วัตถุโดยใช้ C-14 พบว่ามีอายุประมาณ 500 ถึง 100 ปี ก่อนคริสตกาลหรือประมาณ 2,000 ก่อนปัจจุบัน และได้สรุปว่าพื้นที่นี้เป็นที่อยู่อาศัยของผู้คนมาตั้งแต่ยุคโลหะ และยังเป็นพื้นที่ค้าขายทางทะเลที่สำคัญจนถึงคริสต์วรรษที่ 13



รูปที่ 1.2 แสดงที่ตั้งของชุมชนเมืองโบราณบนสันทรายเก่าในจังหวัดนครศรีธรรมราช (Noonsuk, 2014)

จากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ เป็นได้ว่าในสมัยนั้นชายฝั่งอาจอยู่ในแนวสันทรายด้านนอก (Outer ridge) เนื่องจากพบหลักฐานของหมู่บ้านชาวประมงและพบคลองทองแดง ซึ่งเป็นสินค้าที่สำคัญในการค้าขายออกสู่ทะเล มาตั้งแต่ประมาณ 2,000 ก่อนปัจจุบัน ผลการวิจัยการหาอายุสันทรายด้านนอก (Outer ridge) ในครั้งนี้จึงควรมีอายุมากกว่า 2,000 ปี เพื่อสอดคล้องกับงานวิจัยของ Noonsuk (2014)

Prof. Montri Choowong (Ph.D.) ได้ตั้งสมมุติฐานการการสะสมตะกอนในยุคควอเทอร์นารีของแนวชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราชและได้ทำการสร้างภาพตัดขวางที่แสดงให้เห็นแนวสันทรายชายฝั่ง 2 แนว ซึ่งสันทรายชายฝั่งด้านในอาจมีอายุในสมัยไพลสโตซีนและสันทรายชายฝั่งด้านนอกมีอายุในสมัยโฮโลซีน ดังรูป 1.3



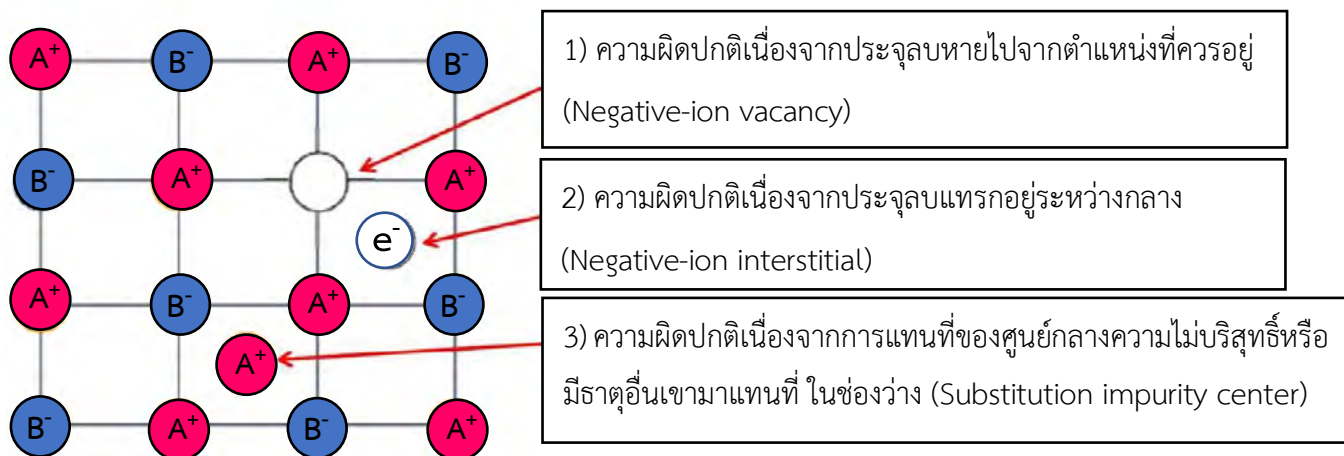
รูปที่ 1.3 สมมุติฐานการการสะสมตะกอนในยุคควอเทอร์นารีบริเวณแนวชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย

(Personal communication from Prof.Montri Choowong (Ph.D.))

ทฤษฎีการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสง

ในเชิงทฤษฎี ผลึกที่เกิดพันธะไอออนิกจะประกอบด้วยธาตุที่มีประจุบวกและธาตุที่มีประจุลบในปริมาณที่เท่ากันเพื่อความสมดุลและควมมีเสถียรภาพ แต่ผลึกในธรรมชาติมักเกิดความบกพร่อง (defection) จากการจัดเรียงของอะตอม เช่น ประจุบางส่วนถูกแทนที่ด้วยแร่มลทินหรือมีประจุหายไปจากตำแหน่งที่ควรอยู่ ซึ่งความบกพร่องของนี้เกิดขึ้นโดยมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย อาทิ การเย็นตัวอย่างรวดเร็วขณะตกผลึกหรือถูกทำลายโดยกัมมันตภาพรังสีทำให้การจกเรียงอะตอมไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย การที่ผลึกมีประจุลบหายไปไม่มีโอกาสที่อิเล็กตรอนที่อยู่ข้างเคียงที่เข้าไปแทนที่ช่องว่างนั้น (electron trap) เป็นต้น ส่งผลให้ธาตุที่เป็นประจุบวกและธาตุที่เป็นประจุลบในผลึกไม่สามารถที่จะจัดเรียงได้อย่างปกติ หรือสามารถหลุดออกไปได้จากผลึกแร่

จากปัจจัยเหล่านี้ทำให้โครงร่างผลึก (Lattice) ของแร่ในธรรมชาติเกิดความบกพร่องเกิดเป็นความผิดปกติ 3 รูปแบบ ที่กลายเป็นหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน (Electron traps) ภายในโครงสร้างแร่ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 รูปแสดงลักษณะความผิดปกติแบบต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นในโครงผลึกของแร่

ต่อมาเมื่ออิเล็กตรอนได้รับการกระตุ้นจากภายนอกหรือได้รับพลังงานมากพอ ไม่ว่าจะเป็แสงสว่างหรือความร้อน จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากหลุมกักเก็บอิเล็กตรอนไปอยู่ในอะตอมข้างเคียงเหมือนเดิม ซึ่งการย้ายจากสถานะถูกกระตุ้น (excited state) ไปยังสถานะพื้น (ground state) ซึ่งมีพลังงานต่ำกว่า จะมีการปล่อยพลังงานออกมาซึ่งเรียกพลังงานที่ปล่อยออกมานี้ว่าการเปล่งแสง (Luminescence)

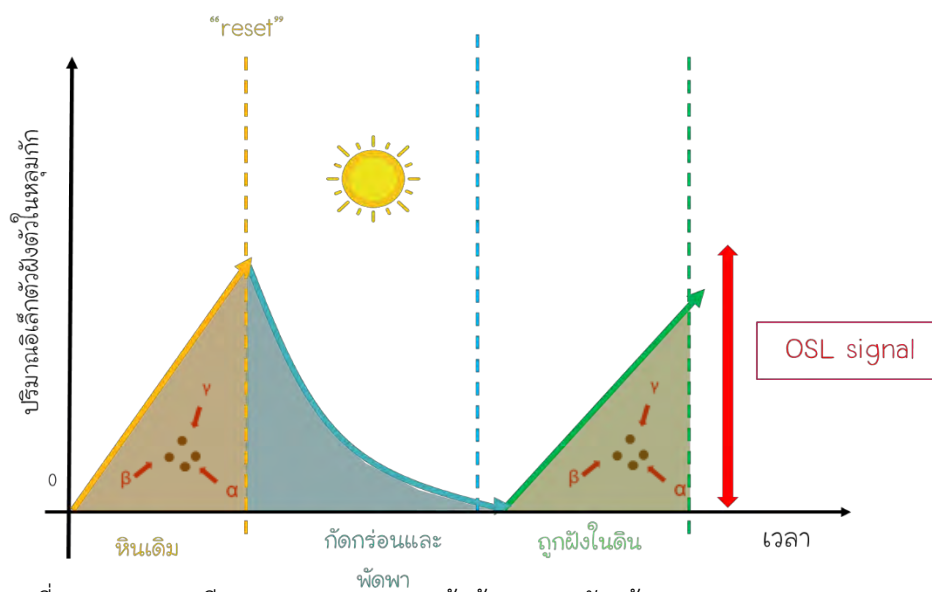
ในกระบวนการทางธรณีวิทยาหินหรือตะกอนในสภาวะปกติ ผลึกแร่จะได้รับพลังงานจากรังสีที่เกิดจากสลายตัวของธาตุยูเรเนียม ทอเรียมและ โพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ ทำให้เกิดการกระตุ้นอิเล็กตรอนในวัตถุเข้าไปสะสมตัวอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน โดยมีอัตราการสะสมตัวคงที่และแปรผันตรงกับอัตราการสลายตัวของกัมมันตรังสีในบริเวณนั้น ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณ อิเล็กตรอนจะสะสมเรื่อยมาจนกระทั่งเกิดหินหรือตะกอนเกิดการได้รับพลังงาน เช่น พลังงานความร้อนจากฟลูตอนหรือการเกิดรอยเลื่อนอย่างรุนแรง การถูกกัดกร่อนตามธรรมชาติและเกิดจากพัดพาของตะกอนทำให้ได้รับพลังงานแสงแดด โดยหากได้รับพลังงานมากพอถึงค่าหนึ่ง จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากหลุมกักเก็บจนหมด ต่อมาเมื่อตะกอนเกิดการสะสมตัว และทับถมอีกครั้ง จะทำให้ได้รับรังสีจากธาตุกัมมันตรังสีธรรมชาติใหม่ และอิเล็กตรอนก็จะมาสะสมตัวใหม่อีกครั้งในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอนตลอดเวลา จนกระทั่งได้รับพลังใหม่อีกครั้ง

จากหลักการนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงนำมาประยุกต์ใช้ในการหาอายุ โดยทำการทดลองให้ พลังงานแก่อิเล็กตรอน โดยแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบที่นิยมใช้ทั่วไป คือ

- 1.) กระตุ้นด้วยความร้อน ซึ่งเรียกว่า วิธีเปล่งแสงความร้อน (Thermoluminescence (TL))
คิดค้นครั้งแรกโดย Aitken (1985)
- 2.) กระตุ้นด้วยแสง ซึ่งเรียกว่า วิธีเปล่งแสงเชิงแสง (Optically stimulated luminescence (OSL))
คิดค้นครั้งแรกโดย Huntley et al. (1985)

จากการให้ พลังงานดังกล่าวทำให้อิเล็กตรอนขึ้นไปอยู่ในสถานะกระตุ้นและหลุดออกจากหลุมกักเก็บ อิเล็กตรอนไปอยู่ในระดับชั้นพลังงานอื่นที่สูงกว่า ทั้งนี้เพื่อจะกลับไปอยู่ในสถานะเสถียร (Ground State) อิเล็กตรอนที่หลุดออกดังกล่าวจึงต้องคายพลังงานออกมา จึงเกิดปรากฏการเปล่งแสง (Luminescence) ขึ้น โดยจะเรียกค่าที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 รูปแบบนี้ว่า Equivalence dose (ED)

นอกจากนี้ Aitken (1985) ยังทำการทดลองหาความสามารถของพลังงานที่ปลดปล่อยโดย ธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่สามารถลักให้อิเล็กตรอนเข้าไปสะสมตัวในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน เป็นเวลา 1 ปี เรียกค่าที่ได้จากการทดลองนี้ว่า Annual dose (AD) จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ทั้ง ED และ AD มาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันและเกิดเป็นการคำนวณเพื่อหาอายุโดยวิธีเปล่งแสงขึ้น โดย อายุที่ได้จากการทดลองโดยวิธีนี้จะเป็อายุที่นับตั้งแต่วัตถุนั้นได้รับพลังงานเป็นครั้งสุดท้าย ซึ่งเป็น เวลาเดียวกันกับที่ตะกอนได้รับแสงเป็นครั้งสุดท้ายก่อนที่จะสะสมตัวโดยมีตะกอนอื่นมาปิดทับ



รูปที่ 1.5 แสดงทฤษฎีการหาอายุจากการกระตุ้นด้วยแสง (ปรับแก้จาก Wonin, 2003)

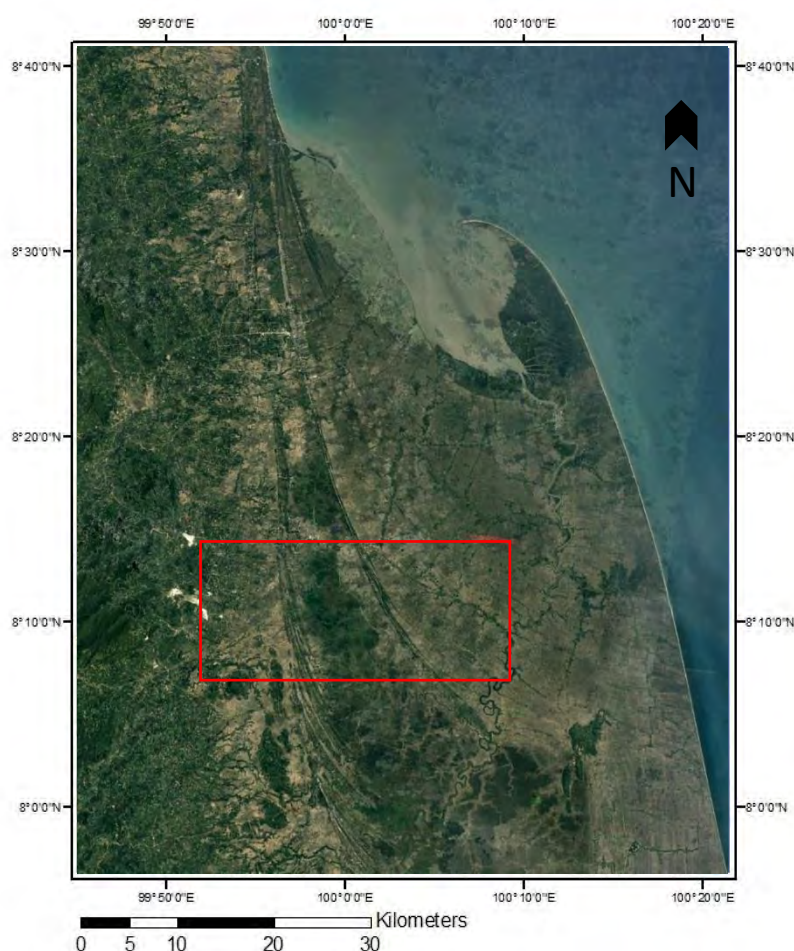
บทที่ 2

พื้นที่ศึกษา (Study area)

2.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณที่ราบชายฝั่งตะวันออกของจังหวัดนครศรีธรรมราชในเขตอำเภอรัตนพิบูลย์ อำเภอเชียรใหญ่ และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ โดยมีจุดศึกษาบริเวณที่ราบสันทรายชายฝั่ง 2 แนว คือ สันทรายด้านใน (Inner ridge) มีระยะห่างจากชายฝั่ง 40 กิโลเมตรโดยเฉลี่ย และสันทรายด้านนอก (Outer ridge) มีระยะห่างจากชายฝั่ง 20 กิโลเมตรโดยเฉลี่ย และได้ทำการศึกษาริเวณป่าพรุควนเคร็งที่อยู่ระหว่างแนวสันทรายทั้งสองด้วย

แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษา จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 2.1 ภาพถ่ายดาวเทียมของขอบเขตพื้นที่ศึกษา (กรอบสีแดง) แสดงให้เห็นถึงแนวสันทราย 2 แนวคือ

แนวสันทรายด้านใน และแนวสันทรายด้านนอก (Google earth pro)

2.2 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่ทางตอนกลางของภาคใต้ ห่างจากกรุงเทพมหานคร 780 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 9,942,502 ตร.กม หรือประมาณ 624,064 ไร่ มีพื้นที่มาก เป็นอันดับ 2 ของภาคใต้และเป็นอันดับที่ 16 ของประเทศ หรือประมาณ ร้อยละ 1.98 ของ พื้นที่ทั้งประเทศ ที่ตั้งของตัวจังหวัดตั้งอยู่ประมาณละติจูด 9 องศาเหนือและลองจิจูด 100 องศาตะวันออก มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดสุราษฎร์ธานีและอำเภอบ้านดอน

ทิศใต้ ติดต่อกับอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา อำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง อำเภอห้วยยอดจังหวัดตรัง

ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอไทยเป็นชายฝั่งทะเล มีความยาวตั้งแต่ตอนเหนือของอำเภอขนอมลงไปทางใต้ของอำเภอหัวไทรประมาณ 225 กิโลเมตร

ทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดกระบี่

2.3 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดนครศรีธรรมราชแตกต่างกันไปตามลักษณะของเทือกเขานครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นเทือกเขาที่มีความยาวตามแนวยาวของคาบสมุทรเป็นผลให้ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดนครศรีธรรมราชแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. บริเวณเทือกเขาตอนกลาง

ได้แก่บริเวณเทือกเขานครศรีธรรมราช มีอาณาเขตตั้งแต่ตอนเหนือของ จังหวัดลงไป ถึงตอนใต้สุด บริเวณพื้นที่ของอำเภอที่อยู่ในเขตเทือกเขาตอนกลางได้แก่ อำเภอสิชล อำเภอขนอม อำเภอท่าศาลา อำเภอลานสกา อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช อำเภอพรหมคีรี อำเภอ ร่อนพิบูลย์ อำเภอชะอวด อำเภอจุฬาภรณ์ และอำเภอพระพรหมในเขตเทือกเขานี้มีภูเขาสูงสุดในจังหวัด คือเขาหลวง ซึ่งสูงประมาณ 1,835 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล

นอกจากนี้เทือกเขาดังกล่าวยังเป็นเส้นแบ่งเขตอำเภอ ระหว่างอำเภอทุ่งสง อำเภอฉวาง กับอำเภอชะอวด อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภอลานสกา อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช อำเภอพรหมคีรี อำเภอท่าศาลา และเป็นเส้นแบ่งเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช กับอำเภอบ้านนาสาร อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี อีกด้วย

บริเวณเทือกเขาตอนกลางมีเส้นทางคมนาคมผ่านจากบริเวณที่ราบชายฝั่งตะวันออกไปยังบริเวณที่ราบด้านตะวันตกได้ คือทางหลวงหมายเลข 40 ซึ่งข้ามจากอำเภอสิชล อำเภอขนอม สู่เขตอำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และทางหลวง หมายเลข 405 จากอำเภอลานสกา ไปสู่อำเภอฉวาง ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช และทางหลวงหมายเลข 4 จาก อำเภอร่อนพิบูลย์ ไปสู่อำเภอทุ่งสง

2. บริเวณที่ราบชายฝั่งด้านตะวันออก

ได้แก่ บริเวณตั้งแต่เทือกเขาตอนกลางไปทางตะวันออกถึงฝั่งทะเลอ่าวไทย จำแนกได้ เป็น 2 ตอน คือ ตั้งแต่อำเภอเมืองนครศรีธรรมราชลงไปทางใต้ เป็นที่ราบ ที่มีความกว้างจาก บริเวณเทือกเขาตอนกลางไปถึงชายฝั่งทะเลระยะทางประมาณ 95 กิโลเมตร มีแม่น้ำลำคลองที่มีต้นน้ำเกิดจากบริเวณเทือกเขาตอนกลางไหลลงสู่อ่าวไทยหลายสาย นับเป็นที่ราบซึ่งมีค่าทางเศรษฐกิจของจังหวัด ลำน้ำสำคัญ ได้แก่ แม่น้ำปากพนัง และมี คลองสายเล็ก ในเขตอำเภอเมืองนครศรีธรรมราชอีกหลายสาย เช่น คลองปากพญา และคลองท้ายวังเป็นต้น อีกบริเวณหนึ่งคือตั้งแต่อำเภอท่าศาลาขึ้นไปทางทิศเหนือ เป็นบริเวณฝั่งแคบ ๆ ไม่เกิน 15 กิโลเมตร อำเภอที่อยู่ในเขตที่ราบด้านนี้คือ อำเภอขนอม อำเภอสิชล อำเภอท่าศาลา อำเภอ เมืองนครศรีธรรมราช อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอหัวไทร และอำเภอชะอวด

3. บริเวณที่ราบด้านตะวันตก

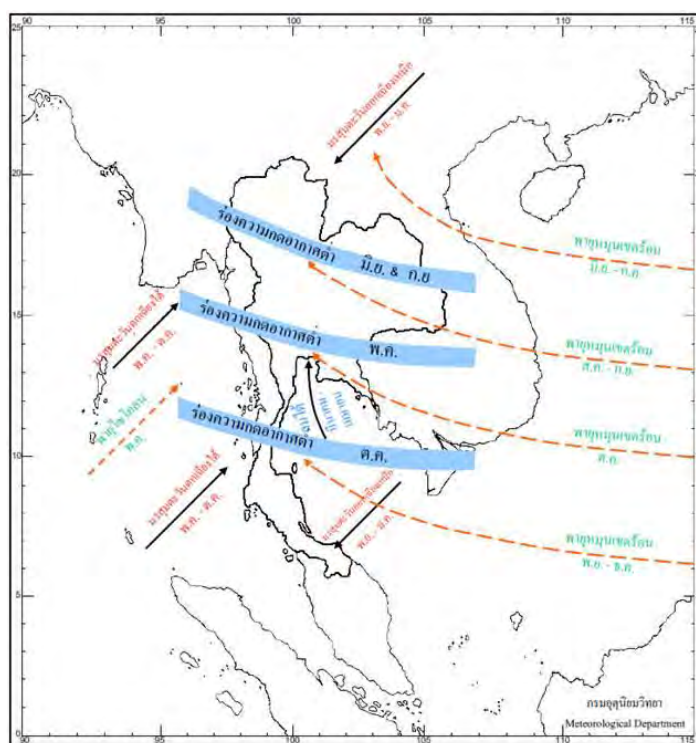
ได้แก่ บริเวณที่ราบระหว่างเทือกเขานครศรีธรรมราช และเทือกเขาบรรทัด จึงมีลักษณะเป็นเนินเขาอยู่เป็นแห่ง ๆ อำเภอที่อยู่บริเวณที่ราบด้านนี้คือ อำเภอพิปูน อำเภอทุ่งใหญ่ อำเภอฉวาง อำเภอนาบอน อำเภอบางขัน อำเภอถ้ำพรรณรา และอำเภอทุ่งสง ลำน้ำสำคัญ ได้แก่ ต้นน้ำของแม่น้ำตาปีไหลผ่าน อำเภอพิปูน อำเภอฉวาง และอำเภอทุ่งใหญ่ นอกจากนี้ยังมีลำน้ำที่เป็นต้นน้ำของแม่น้ำตรังอีกด้วย คือน้ำตกโยง และคลองวังหีบ ซึ่งไหลผ่านอำเภอทุ่งสง ไปยังอำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง และออกทะเลอันดามัน ที่อำเภอกันตัง

2.4 สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดนครศรีธรรมราชอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำเป็นฤดูกาล 2 ชนิดคือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านมหาสมุทรอินเดีย จึงพาเอาไอน้ำและความชุ่มชื้นมาสู่ประเทศไทยระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมทำให้มีฝนตกชุกทั่วไป ลมมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือหรือฤดูหนาว จะมีลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลมเย็นและแห้งจากประเทศจีนพัดปกคลุมประเทศไทยระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้จังหวัดนี้มีอากาศเย็นลงและมีฝนชุกต่อเนื่องอีกระยะหนึ่ง

จากการที่จังหวัดนครศรีธรรมราชตั้งอยู่ในภาคใต้และติดกับทะเล ลักษณะอากาศในแต่ละฤดูกาลจึงไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามเมื่อ พิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยแล้วสามารถแบ่งออกเป็น 3 ฤดูกาลดังนี้

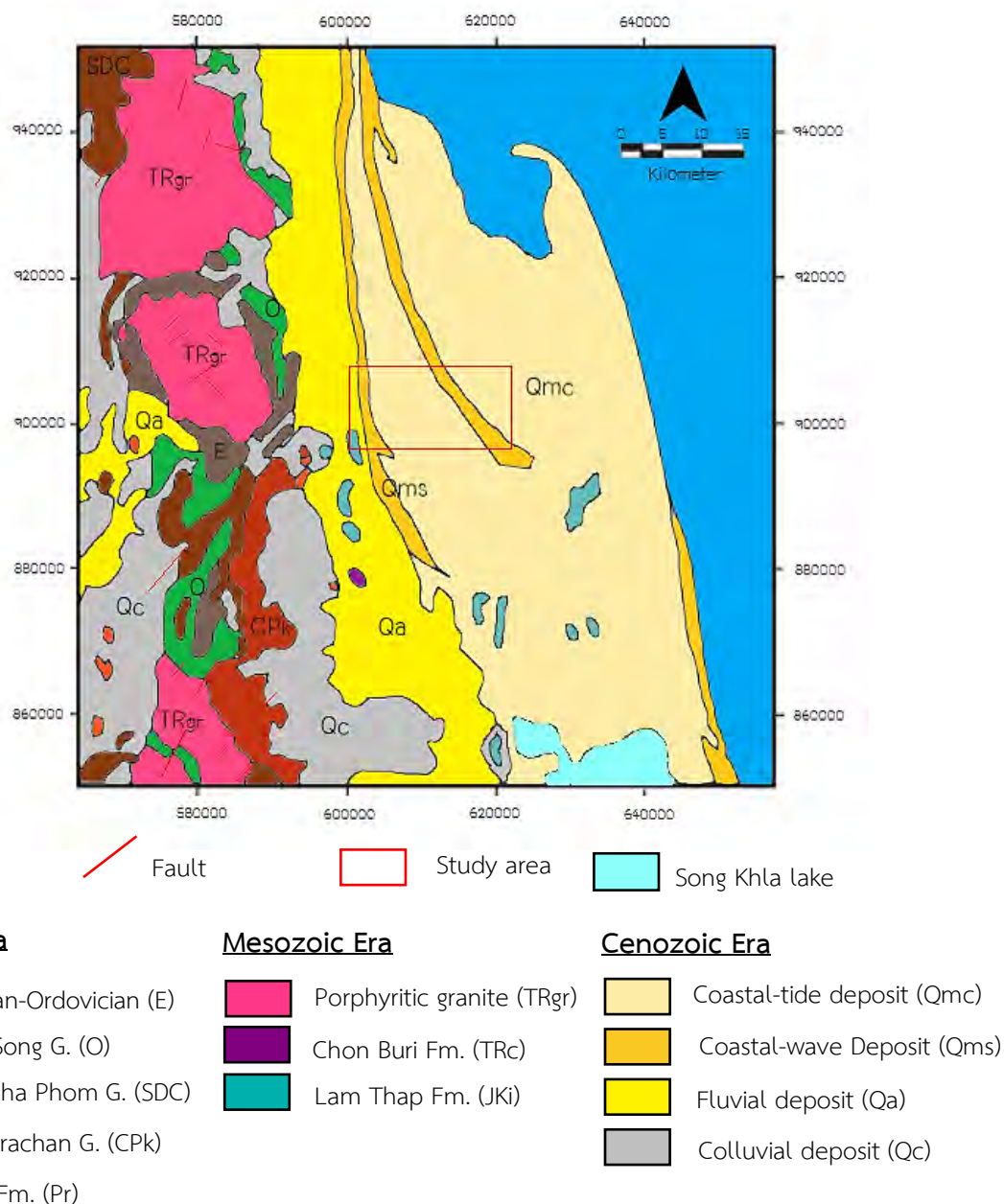
- 1.) ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูระยะนี้เป็นช่วงว่างของลมมรสุมหลังจากสิ้นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้น อากาศจะเริ่มร้อน โดยเฉพาะในเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม
- 2.) ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยและยังมีร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคใต้เป็นระยะ ๆ ในเดือนตุลาคมต่อจากนั้นจนถึงเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นระยะแรกที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้จังหวัดนครศรีธรรมราชจะยังคงมีฝนชุกต่อเนื่องจนถึงเดือนมกราคมฝนจึงเริ่มลดลง
- 3.) ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยทำให้อุณหภูมิลดลงทั่วไปและมีอากาศหนาวเย็นเป็นครั้งคราว โดยอุณหภูมิจะลดลงต่ำสุดในเดือนธันวาคมและมกราคม แต่เนื่องจากจังหวัดนครศรีธรรมราชอยู่ด้านชายฝั่งตะวันออกของภาคใต้อุณหภูมิจึงลดลงเพียงเล็กน้อย และตามชายฝั่งจะมีฝนตกทั่วไป



รูปที่ 2.2 แสดงช่วงเวลาของการเกิดมรสุม และพายุหมุนเขตร้อน ของประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา)

2.5 ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของจังหวัดนครศรีธรรมราช มีเทือกเขาสูงบริเวณตอนกลางของจังหวัดซึ่งเป็นเทือกเขาแกรนิตเกือบทั้งหมด ทางด้านตะวันตกเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำและที่ราบระหว่างหุบเขา ทางด้านตะวันออกเป็นที่ราบชายฝั่งทะเล และพบที่ราบลอนลาดในบริเวณรอยต่อระหว่างที่ราบกับภูเขา ซึ่งรองรับด้วยหินแข็งอายุตั้งแต่มากกว่า 570 ล้านปีจนถึงตะกอนปัจจุบัน



รูปที่ 2.3 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษาจังหวัดนครศรีธรรมราช (ปรับแก้จาก กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

2.5.1 หินมหายุคพาลีโอโซอิก

สามารถพบได้บริเวณทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย

หินยุคแคมเบรียน (E)

กลุ่มหินตะรุเตา (อายุประมาณ 570-505 ล้านปี) ประกอบด้วยหินทราย และหินควอร์ตไซต์สีขาว สีเทาอ่อน เม็ดละเอียด แสดงลักษณะเป็นชั้นหนาถึงบาง แสดงชั้นเฉียงระดับ และแถบชั้นบางพบกระจายตัวบริเวณกิ่งอำเภอนบพิตำ อำเภอนาบอน รอนพิบูลย์ และพระพรหม

หินยุคออร์โดวิเซียน (O)

กลุ่มหินทุ่งสง ไซเรียกหินปูนยุคออร์โดวิเซียน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้งประเทศ ประกอบด้วย หินปูน สีเทา ผลึกละเอียดถึงหยาบ แสดงลักษณะเป็นชั้นบางถึงไม่แสดงชั้น มีดินแทรกเป็นชั้นบางๆ พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกแกสโตรพอด และแบรคิโอพอด

หินยุคไซลูเรียน – ดีโวเนียน (SD)

กลุ่มหินทองผาภูมิ (SDc) ประกอบด้วย หินดินดาน และหินดินดานกึ่งหินชนวน สีเทาเข้มถึงสีดำ แสดงลักษณะเป็นชั้นบาง พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกแกรบไต์ไรต์พบกระจายตัวบริเวณอำเภอทุ่งสง และจุฬาภรณ์เป็นส่วนใหญ่ และพบที่ด้านเหนืออำเภอฉวาง และด้านใต้อำเภอนาบอน กลุ่มหินทองผาภูมิ

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน (CP)

ประกอบด้วย กลุ่มหินแก่งกระเจาน (CPk) พบกระจายตัวบริเวณอำเภอจุฬาภรณ์ ขนอม สีชล และถ้าพรรณรา พื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชพบหมวดหินย่อยของกลุ่มหินแก่งกระเจานเพียงหมวดหินเดี่ยวคือ หมวดหินเขาเจ้า ประกอบด้วย หินทรายเนื้ออาร์โคส สีขาวถึงสีเทาจาง การคัดขนาดดี เนื้อปานกลาง แสดงลักษณะเป็นชั้นบาง

หินยุคเพอร์เมียน (P)

กลุ่มหินราชบุรี (Pr) ประกอบด้วย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินโดโลไมต์แทรกสลับด้วย หินทราย และหินดินดาน หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินโดโลไมต์มีสีเทาถึงสีเทาเข้ม ไม่แสดงชั้น มีหินเชิร์ตเป็นกระเปาะ พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟอสซิลินิด แบรคิโอพอด ปะการัง แอมโมนอต์ และไครนอยด์พบกระจายตัวเป็นเขาโดด บริเวณอำเภอขนอม ถ้าพรรณรา สีชล บางขัน รอนพิบูลย์ และกิ่งอำเภอนบพิตำ

2.5.2 หินมหายุคมีโซโซอิก

สามารถพบหินได้ 2 ชนิดคือ หินตะกอน และหินอัคนี ประกอบด้วย

หินอัคนีแทรกซอน ยุคไทรแอสซิก (TRgr)

พบเป็นหินแกรนิตเนื้อดอกเป็นส่วนใหญ่ มีอายุประมาณ 245-210 ล้านปี พบกระจายตัวเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนบริเวณทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหินไบโอไทต์แกรนิต ทัวมารินแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไบโอไทต์มัสโคไวต์แกรนิต มัสโคไวต์ทัวมารินแกรนิต ไบโอไทต์ทัวมารินแกรนิต

หินยุคไทรแอสซิก (TR)

กลุ่มหินชลบุรี (TRC) ประกอบด้วยหินปูน หินโดโลไมต์ หินโดโลไมต์แทรกสลับด้วยหินเชิร์ต เป็นก้อน และเป็นชั้นบาง พบซากโคโนดอน และเรติโอลาเรียจำนวนมาก พบเป็นภูเขาเล็กๆทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา

หินยุคจูแรสซิก – ครีเทเชียส (JK)

หมวดหินลำทับ (JKi) ประกอบไปด้วยหินทรายอาร์โคสสีเทาถึงสีน้ำตาลแกมแดง และหินทรายแทรกสลับด้วย หินทรายแป้ง หินโคลน หินทรายเนื้อควอตซ์ และหินกรวดมน หินทรายมีเนื้อละเอียดถึงปานกลางค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม การัดขนาดดีเชื่อมประสานด้วยสารประกอบซิลิกา และเหล็ก แสดงลักษณะเป็นชั้นบางถึงชั้นหนา มีการวางชั้นเฉียงระดับ พบกระจายตัวเป็นหย่อมๆ ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา

2.5.3 หินมหายุคซีโนโซอิก

ตะกอนร่วมยุคควอเทอร์นารี (Q) กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างทางด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษา สามารถแบ่งได้ดังนี้

ตะกอนน้ำพา (Qa)

ตะกอนธารน้ำพากรวดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว สะสมตัวตามร่องน้ำ คันดิน และแอ่งน้ำท่วมถึง

ตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qc)

ตะกอนเศษหินเชิงเขา และตะกอนผุพังอยู่กับที่ กรวดทราย ทรายแป้ง ศิลาแลง และเศษหิน

ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลคลื่น (Qms)

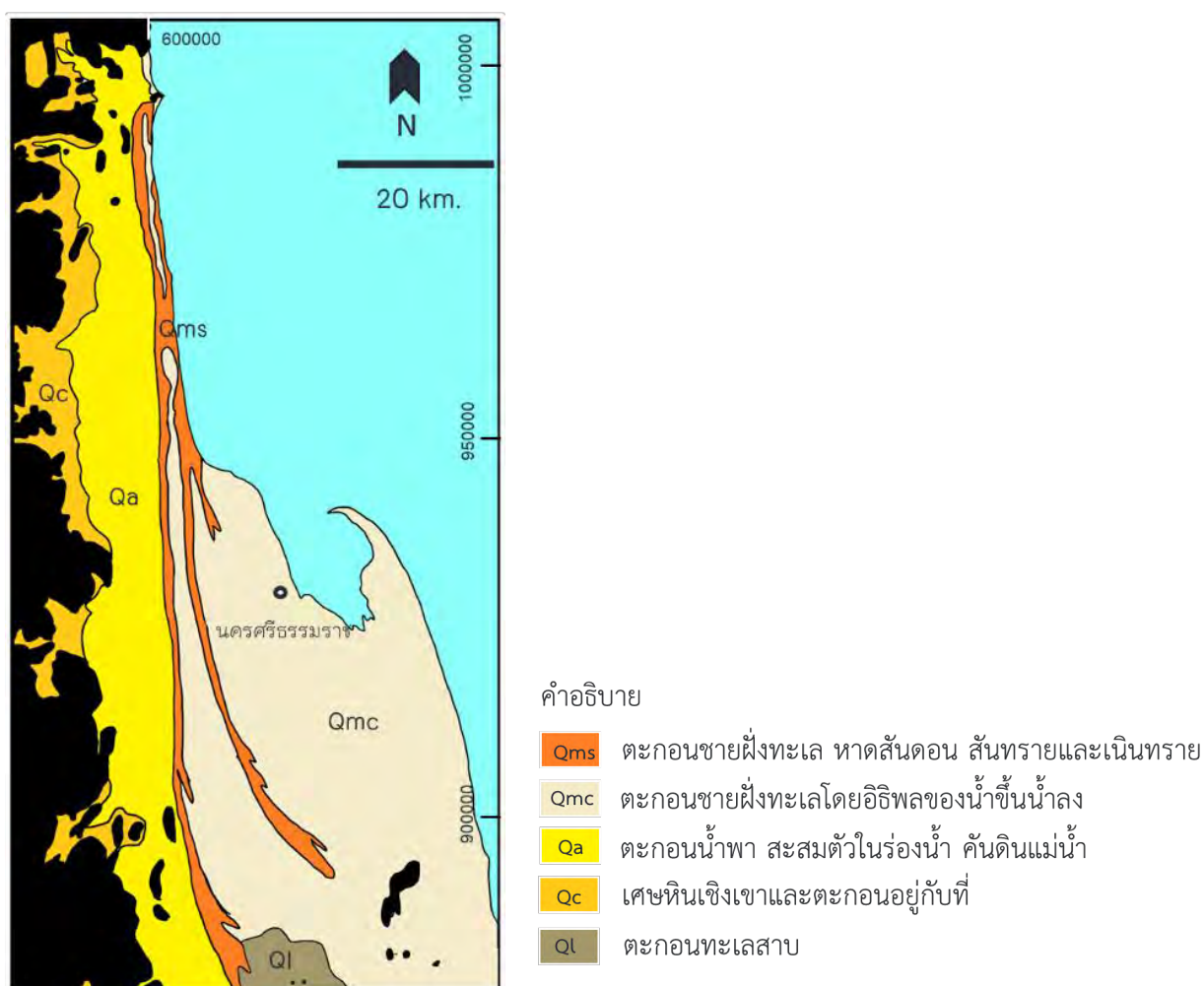
ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลคลื่น ททราย และทรายปนกรวดของหาดสันดอน สันทราย และเนินทราย

ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง (Qmc)

ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ดินเหนียว ทรายแป้ง และทรายละเอียดของที่ลุ่มราบน้ำขึ้นถึง ที่ลุ่มชื้นแฉะ ที่ลุ่มน้ำขัง ป่าชายเลน และชะวากทะเล

ตะกอนทะเลสาบ (Ql)

ตะกอนทะเลสาบ ทรายแป้ง และดินเหนียวสีเทาจนถึงขาว มีจุดประเล็กละเอียดสีเหลืองแข็งแน่น หลวม



รูปที่ 2.4 แผนที่แสดงการกระจายตัวของตะกอน (ปรับแก้จาก กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

2.6 ลักษณะธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษา

ธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษาจังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถแบ่งได้เป็น 9 รูปแบบดังนี้

1.) หาดทรายปัจจุบัน (Recent Beach)

พื้นที่ชายหาดปัจจุบัน มีการสะสมตะกอนทรายจากอ่าวไทยตั้งแต่แหลมตะลุมพุกลงไปขนานกับชายฝั่ง มีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตร และกว้าง 5-15 เมตร แสดงลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งคือ หาดทราย หาดสันดอน รวมถึงสันดอนจะงอยบริเวณปลายแหลมตะลุมพุก

2.) บริเวณต่ำกว่าระดับน้ำลงสูงสุด (Subtidal flat)

เป็นพื้นที่ที่อยู่นอกสุดของชายฝั่ง และอยู่ถัดจากเขตน้ำขึ้นน้ำลง (Inter tidal) โดยจะอยู่ใต้ระดับน้ำทะเลตลอดเวลา ตั้งอยู่บริเวณอ่าวปากพนัง มีพื้นที่ 75-80 ตารางกิโลเมตร มีการสะสมตัวของตะกอนทรายปนโคลน และไม่มีพืชหรือต้นไม้ปกคลุม

3.) บริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลง (Inter tidal flat)

เป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างน้ำขึ้นสูงสุด และน้ำลงสูงสุด เมื่อน้ำขึ้นจะจมอยู่ใต้น้ำเมื่อน้ำลงจะแห้ง พบบริเวณทางตอนเหนือของปากแม่น้ำปากพนัง มีเนื้อที่ 120 ตารางกิโลเมตรเป็นบริเวณที่เริ่มมีการสะสมของตะกอนภายใต้อิทธิพลของระดับน้ำขึ้นน้ำลง

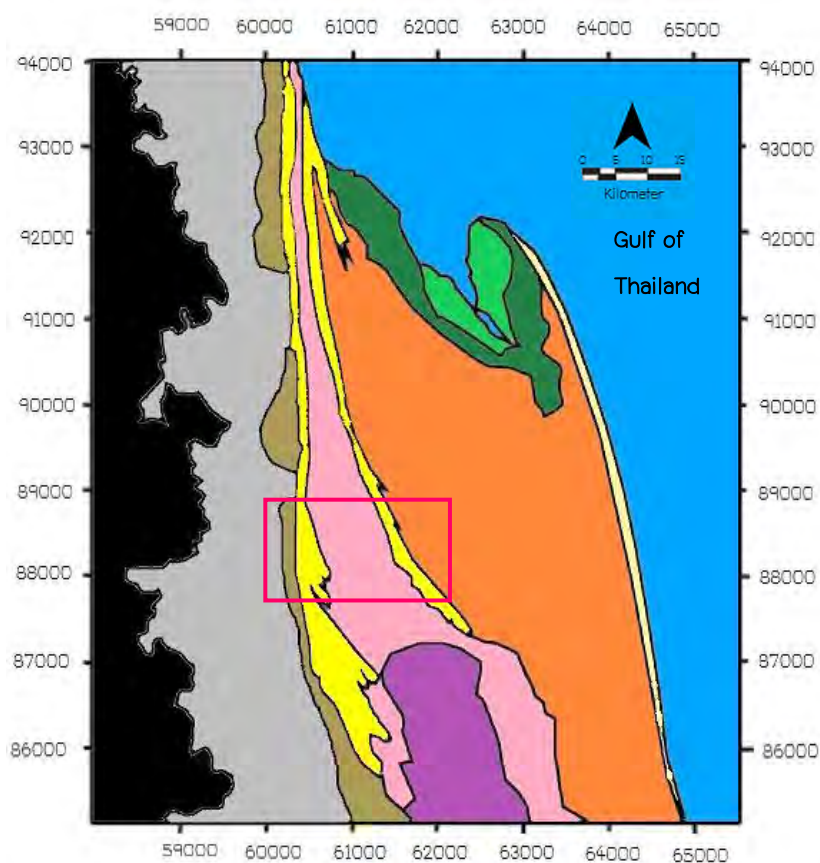
4.) บริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลงเก่า (Old tidal flat)

พบเป็นลักษณะที่ราบขนาดใหญ่แผ่ลงทะเล มีแนวต่อเนื่องกับหาดทรายเดิม และหาดทรายปัจจุบันครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,800 ตารางกิโลเมตร โดยมีระดับความสูงประมาณ 0.5-2 เมตร พื้นที่เหล่านี้เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนในระยะเริ่มแรกที่น้ำทะเลเริ่มรุกท่วมแผ่นดินจนกระทั่งเมื่อน้ำทะเลถอยร่น พบตะกอนจำพวกดินเคลย์ทะเล ลักษณะของพื้นที่บริเวณนี้ส่วนใหญ่จะใช้เป็นพื้นที่ปลูกข้าวและทำนาเกลือ

5.) หาดทรายในอดีต (Old sandy beach)

เกิดจากกระบวนการรุกท่วมน้ำทะเลในอดีตเมื่อน้ำทะเลเกิดการถอยร่นทำให้เกิดแนวหาดทรายขนานกับชายฝั่ง พบลักษณะของสันทราย ทรายสูงประมาณ 2-10 เมตร กว้างประมาณ 1 กิโลเมตร แนวสันทรายห่างจากชายฝั่งทะเลปัจจุบันไกลสุดประมาณ 40 กิโลเมตร

Geomorphological unit in the study area



LEGEND

	Study area		Old tidal flat		Alluvial deposit
	Recent beach		Old sandy beach		Colluvial deposit
	Sub tidal flat		Swamp		Hill and mountain
	Inter tidal flat		Marsh		

รูปที่ 2.5 แผนที่แสดงพื้นที่แบ่งตามลักษณะธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษา (ปรับแก้จาก Suphawajruksakul, 2005)

6.) ป่าพรุ (Swamp)

เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำตื้น มีน้ำขังตลอดเวลา ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 400 ตารางกิโลเมตร โดยตะกอนที่พบพบลักษณะของทรายละเอียดทรายแป้งสลับกับชั้นดินเหนียว และดินโคลนโดยมีการสะสมของชั้นดินอินทรีย์วัตถุ จนย่อยสลายช้า ๆ กลายเป็นชั้นดินพีต (Peat) พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการเกษตรกรรมทั้งป่านาข้าว และพื้นที่ปลูกสวนจำพวกยาง ป่าพรุที่สำคัญเช่น ป่าพรุควนเคร็ง เป็นต้น (รูปที่ 2.6)

7.) ที่ลุ่มชื้นแฉะ (Marsh)

มีลักษณะเป็นแอ่งน้ำขัง ยุบตัวง่าย และชื้นแฉะ พบพืชพันธุ์ลักษณะเตี้ย ในอดีตเคยมีทางน้ำไหลลงทะเล ต่อมาเมื่อมีการสะสมตะกอนมากขึ้น ทางน้ำเหล่านั้นก็จะถูกปิดกั้นเกิดเป็นแอ่งที่ลุ่มต่ำ เปลี่ยนสภาพจากน้ำเค็มเป็นน้ำกร่อย และน้ำจืดในที่สุด มีสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างสงบนิ่งภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง โดยน้ำทะเลจะเข้ามาตามทางน้ำสู่พื้นที่ลุ่ม ตะกอนที่สะสมตัวช่วงแรกจะเป็นตะกอนดินเคลยทะเล และตะกอนดินเหนียว มีซากพืชแทรกสลับมากจนบวมจนเป็นชั้นพีต (Peat) ที่เกิดจากการทับถมของซากพืช พบบริเวณใกล้ทะเลสาบสงขลา และพบร่วมกับป่าพรุด้วย

8.) ตะกอนน้ำพา (Alluvial deposit)

ตะกอนน้ำพา เกิดเนื่องจากการสะสมตัวของตะกอนพวกกรวด หิน ดิน ทราย และสิ่งอื่นๆ ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ เกิดการสะสมตัวในบริเวณที่ค่อนข้างราบพบเป็นบริเวณแคบๆ ทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นช่วงต่อระหว่างส่วนที่เป็นเนินตะกอนหินลาดเชิงเขา และเนินตะกอนน้ำพารูปพัดกับส่วนที่เป็นสันทรายเก่า

9.) เนินตะกอนหินลาดเชิงเขา (Colluvial deposit)

เนินหินลาดเชิงเขานั้น เกิดเนื่องจากการที่หินขนาดแตกต่างกัน กระจายมาทับถมอยู่บริเวณเชิงเขาโดยเป็นการแตกสลายตัวของเขาหินในระยะแรก ซึ่งเริ่มพุดังจากที่สูงร่วงลงสู่ที่ต่ำ อันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก และพบลักษณะของเนินตะกอนน้ำพาเดิมร่วมด้วย (Old alluvial fan)



รูปที่ 2.6 ป่าพรุควนเคร็ง พิกัด UTM 47P 609340 E 895726 N

บทที่ 3

วิธีการดำเนินวิจัย (Methodology)

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

- 1.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา
- 1.2 แปลข้อมูลจากภาพถ่ายทางดาวเทียมวางแผนสำรวจสำหรับเก็บตัวอย่าง

2. การออกสำรวจ และเก็บข้อมูลภาคสนาม

- 2.1 สำรวจลักษณะภูมิประเทศ โดยการวัดค่าระดับ (Elevation) ของพื้นที่แนวสันทราย
- 2.2 เก็บตัวอย่างตะกอนทราย สำหรับการวิเคราะห์ตะกอนวิทยา และการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL) โดยเก็บตัวอย่างบริเวณกลางสันทรายแนวตัดขวาง (Transect line) ในทิศตะวันตก-ตะวันออก

3. การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

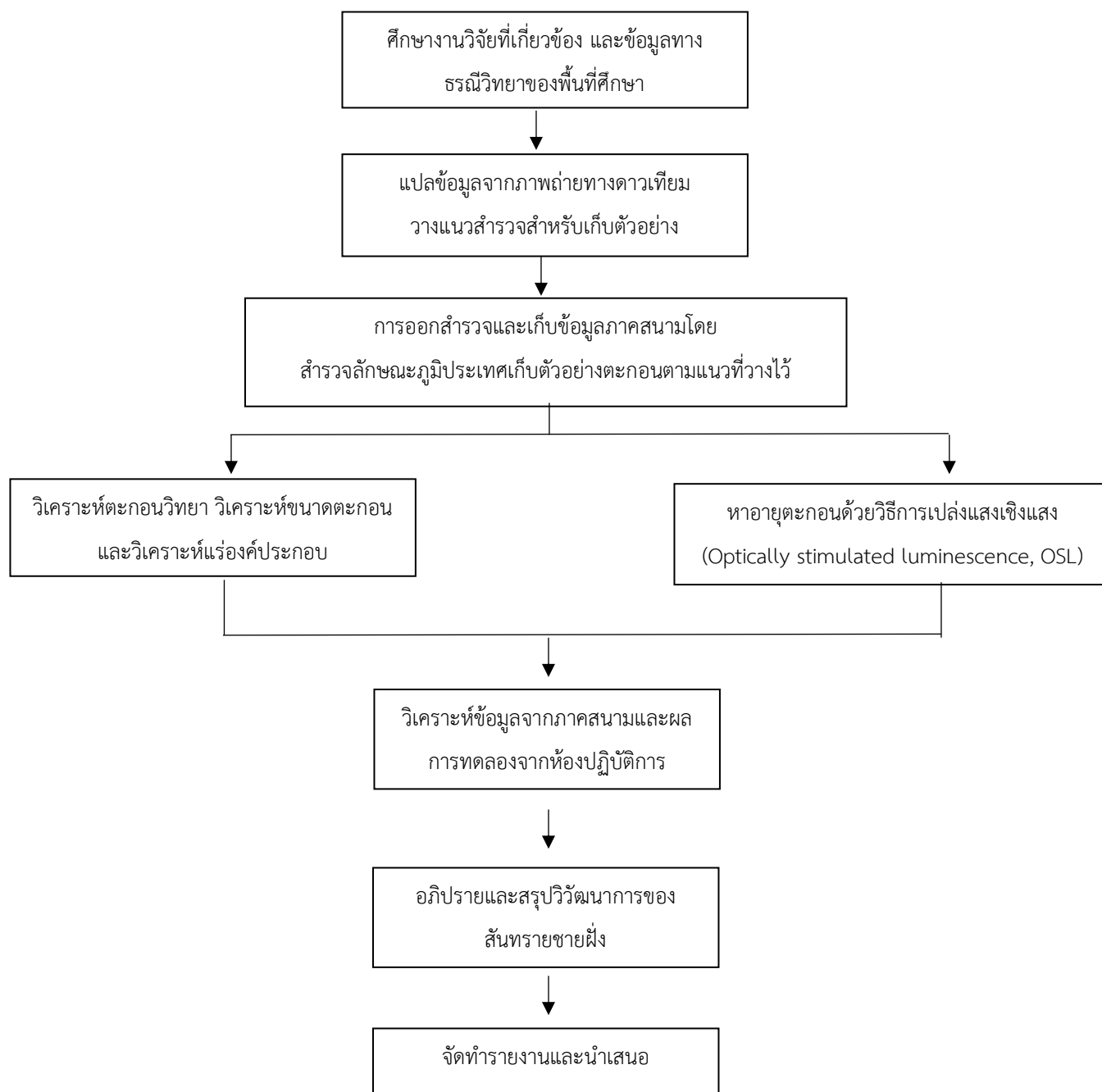
- 3.1 วิเคราะห์ตะกอนวิทยา โดยแยกตะกอนด้วยตะแกรงร่อนเพื่อวิเคราะห์ขนาดตะกอน และวิเคราะห์แร่องค์ประกอบตะกอนด้วยกล้องจุลทรรศน์
- 3.2 หาอายุตะกอนด้วยวิธีการเปล่งแสงเชิงแสง (Optically stimulated luminescence, OSL) ตัวอย่างที่ได้จากภาคสนาม จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ค่าปริมาณสัญญาณที่มีอยู่ในตัวอย่าง (equivalent dose) และตัวอย่างสำหรับวัดอัตราแผ่รังสีต่อปี (annual dose) โดยเราสามารถหาอายุได้จาก อายุ =
$$\frac{\text{equivalent dose}}{\text{annual dose}}$$

4. อภิปราย และสรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาจากข้อมูลการออกสำรวจภาคสนาม, ผลการวิเคราะห์ตะกอนวิทยา และการหาอายุด้วยแสงจากการในห้องปฏิบัติการ นำมาประกอบกับการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางดาวเทียมและข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่ออภิปรายวิวัฒนาการเกิดของแนวสันทราย

5. เขียนรายงานการวิจัย

จัดทำรูปเล่ม และนำเสนอ



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัย

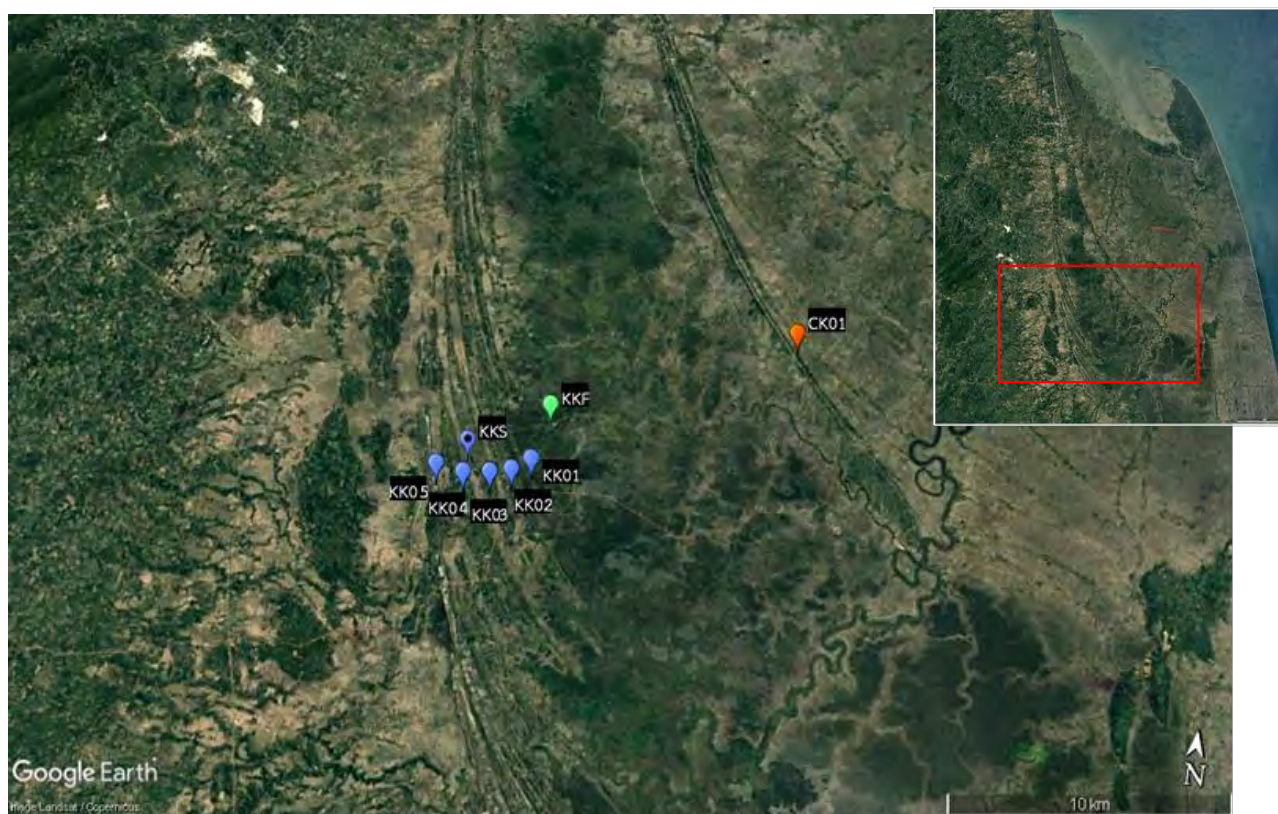
3.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.2.1 สํารวจลักษณะทางธรณีวิทยา และธรณีสัณฐานทั่วไป

เก็บข้อมูลพื้นที่โดยรวม สํารวจลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะธรณีสัณฐานวิทยา เส้นทางการเข้าถึง การใช้พื้นที่ (Land use) และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างตะกอน

3.2.2 เก็บตัวอย่างตะกอนในตำแหน่งที่วางไว้

เก็บตัวอย่างตะกอนทรายในจุดที่วางไว้เป็นแนวเดียวกันมากที่สุด (Transect line) เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางตะกอนวิทยา และหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง โดยสันทรายแต่ละสันมีระยะห่าง ประมาณ 500-1000 เมตรโดยตำแหน่งเก็บตะกอนตัวอย่างในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่ศึกษา (Google earth pro)

3.2.3 การเก็บตะกอนตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)

ชุดหลุมสำหรับเก็บตัวอย่างตะกอนทรายสำหรับวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL) จากบริเวณกลางสันทรายเก่า จำนวน 6 หลุม โดยมีรายละเอียดการเก็บตัวอย่างดังตารางที่ 3.1

1.) ตัวอย่างตะกอนสำหรับวิเคราะห์ Equivalent dose (ED)

ในการเก็บตัวอย่างตะกอนสำหรับวิเคราะห์ Equivalent dose (ED) นั้น ตัวอย่างต้องไม่โดนแสงโดยเด็ดขาด ซึ่งจะทำให้การเก็บโดยใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 นิ้ว ยาว 25 ซม. และปิดทึบด้วยฝาครอบปลายด้านหนึ่ง และใช้ปลายที่ไม่ได้ปิดเก็บตัวอย่างโดยการทุบเข้าไปในผนังของหลุมตรงตำแหน่งที่ต้องเก็บตัวอย่าง ลึกจากพื้นผิวประมาณ 30 ซม. (รูปที่ 3.3) แล้วจึงดึงออกมาอย่างระมัดระวัง จากนั้นใช้เทปกาวทึบแสงปิดอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างหลุมเก็บตะกอน KK02, KK03 และCK01 ตามลำดับ

2.) ตัวอย่างตะกอนสำหรับวิเคราะห์ Annual dose (AD)

ในการเก็บตัวอย่างสำหรับนำไปวิเคราะห์ Annual dose (AD) นั้น ทำได้โดยการเก็บตะกอนในรัศมี 30 ซม. จากจุดที่เก็บตัวอย่าง Equivalent dose (ED) โดยทำการเก็บตัวอย่างประมาณ 500-1000 กรัม โดยสามารถเก็บใส่ถุงพลาสติกใสได้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง ความลึก และความสูงจากระดับน้ำทะเล (มีค่าความคลาดเคลื่อน±2เมตร)

ตัวอย่าง	ตำแหน่งพิกัด UTM (47P)	ความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (ม.)	ความลึกที่เก็บ ตัวอย่าง ED (ซม.)	ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ตะกอนวิทยา	
				ตัวอย่าง	ความลึก (ซม.)
KK01	608938 E 893660 N	3.0	35.0	KK01-1	0-50
				KK01-2	50-100
				KK01-3	100-150
				KK01-4	150-200
				KK01-5	200-250
KK02	608265 E 893196 N	5.0	38.0	KK02-1	0-50
KK03	607484 E 892981 N	6.0	32.0	KK03-1	0-50
				KK03-2	50-100
				KK03-3	100-150
				KK03-4	150-200
				KK03-5	200-250
				KK03-6	250-300
KK04	606492 E 892842 N	8.0	28.0	KK04-1	0-50
KK05	605442 E 893002 N	8.0	42.0	KK05-1	0-50
				KK05-2	50-100
				KK05-3	100-150
				KK05-4	150-200
CK01	618277 E 899709 N	5.0	40.0	CK01-1	0-50
				CK01-2	50-100
				CK01-3	100-150
KKS	606469 E 894008 N	5.0	-	KKS	0-150
KKF	609340 E 895726 N	2.0	-	KKF	0-300

3.2.4 การเก็บตะกอนตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ทางตะกอนวิทยา

ในการเก็บตัวอย่างสำหรับนำมาวิเคราะห์วิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของตะกอน และลักษณะทางกายภาพของตะกอน ได้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 8 จุดเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วย ตัวอย่างจากสันทราย 6 จุด จากที่ลุ่มต่ำระหว่างสันทราย (Swale) 1 จุด และป่าพรุควนเคร็ง (Swamp) ที่อยู่ระหว่างแนวสันทราย 1 จุด โดยที่จุดเก็บตัวอย่าง KK01, KK03 และ KK05 ได้เก็บตะกอนโดยใช้ Hand auger เพื่อนำไปศึกษาลำดับชั้นตะกอน ดังรูปที่ 3.4 และจุดเก็บตัวอย่าง KKS และ KKF ได้เก็บตัวอย่างโดยใช้ สำหรับศึกษาลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบชั้นของตะกอน ดังรูปที่ 3.5 Gouge Auger



รูปที่ 3.4 การเก็บตัวอย่างโดยใช้ Hand auger สำหรับตะกอนร่วนหรือตะกอนทราย

- (ก) หมุนเจาะบนพื้นผิวเพื่อสร้างร่องสำหรับใส่ Hand auger ในการเก็บตัวอย่าง
- (ข) เก็บตัวอย่างครั้งละ 20-25 ซม.ตามความจุของ Hand auger โดยหมุนจนกว่าจะเต็มแล้วจึงดึงขึ้นมา
- (ค) นำตัวอย่างที่ได้มาเรียงตามระดับความลึก บันทึกค่าแล้วเก็บใส่ถุงเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3.5 การเก็บตัวอย่างโดยใช้ Gouge Auger สำหรับเก็บตัวอย่างที่เป็นโคลนหรือตะกอนละเอียดมาก

- (ก) กด Gouge Auger ลงตะกอนในแนวตั้ง หมุนไปในทิศทางเดียวกันหลายๆครั้งแล้วจึงดึงขึ้นมา
- (ข) บันทึกค่าระดับความลึก และลักษณะทางกายภาพของตะกอน
- (ค) เก็บตัวอย่างใส่ถึงเก็บตัวอย่าง

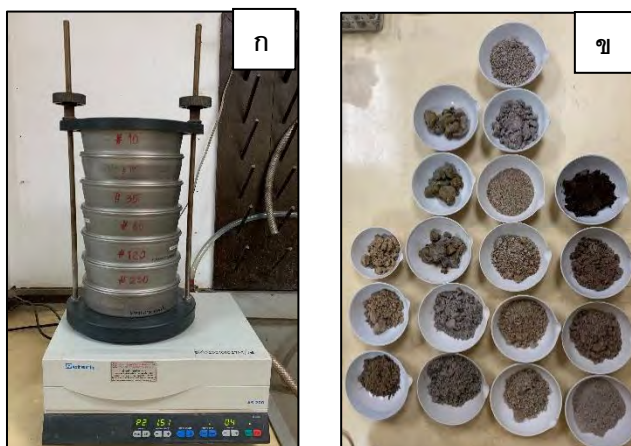
3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

3.3.1 การวิเคราะห์ตะกอน

3.3.1.1 การวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วยเครื่อง Mechanical Sieve

แยกตะกอนแต่ละขนาดเพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์หาค่าการกระจายตัวของเม็ดตะกอน (Grain Size Distribution) และค่าทางสถิติโดยมีวิธีการทดลองดังนี้

- 1.) แบ่งตะกอนตัวอย่างที่ต้องการจะวิเคราะห์ให้มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักโดยรวม
- 2.) ใช้ตะแกรงคัดขนาด (sieve mesh) เบอร์ 10, 18, 35, 60, 120 และ 230 mesh ตามมาตรฐาน A.S.T.M จากนั้นใส่ลงในตะแกรงชั้นบนสุด แล้วจึงนำไปวางบนเครื่องสั่น (shaker) เป็นเวลา 15 นาที
- 3.) นำตัวอย่างที่อยู่บนตะแกรงแต่ละขนาดมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาปริมาณตะกอนแต่ละขนาดแล้วนำมาคำนวณเป็นค่าร้อยละ (%) ต่อน้ำหนักโดยรวมแล้วจัดบันทึกค่าลงตาราง
- 4.) นำข้อมูลที่ได้นำไปหาค่าการกระจายตัวของเม็ดตะกอน (Grain size distribution) ในหน่วย Phi (ϕ) และคำนวณค่าตัวแปรทางสถิติของการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในหน่วย Phi (mean Phi), ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ซึ่งสามารถใช้อธิบายการคัดขนาดของตะกอน (Sorting), การเบ้ของกราฟ (Skewness), และความแบนของกราฟ (kurtosis) ซึ่งหาได้จากวิธี Logarithmic method of moments ของ Blott และPye (2001) ซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณ และความหมายของค่าที่คำนวณได้ แสดงไว้ดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.6 (ก) เครื่อง Mechanical Sieve ตะแกรงเบอร์ 10, 18, 35, 60, 120, 230 mesh และ pan

(ข) ตัวอย่างตะกอนที่แบ่งไว้สำหรับคัดขนาด CK01, KK01, KK03 และ KK05 จากชายไปขวา

ตารางที่ 3.2 วิธีการคำนวณแบบ Logarithmic method of moments และการแปลผล (Blott & Pye, 2001)

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 (σ_ϕ)	Skewness (Sk_ϕ)		Kurtosis (K_ϕ)		
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 (ϕ) ต่ำคืออยู่ทางด้านซ้ายของกราฟแสดงว่าตะกอนมีขนาดค่อนข้างหยาบ ในขณะที่ถ้าข้อมูลอยู่ทางด้านขวาของกราฟแสดงว่าขนาดของตะกอนค่อนข้างละเอียด

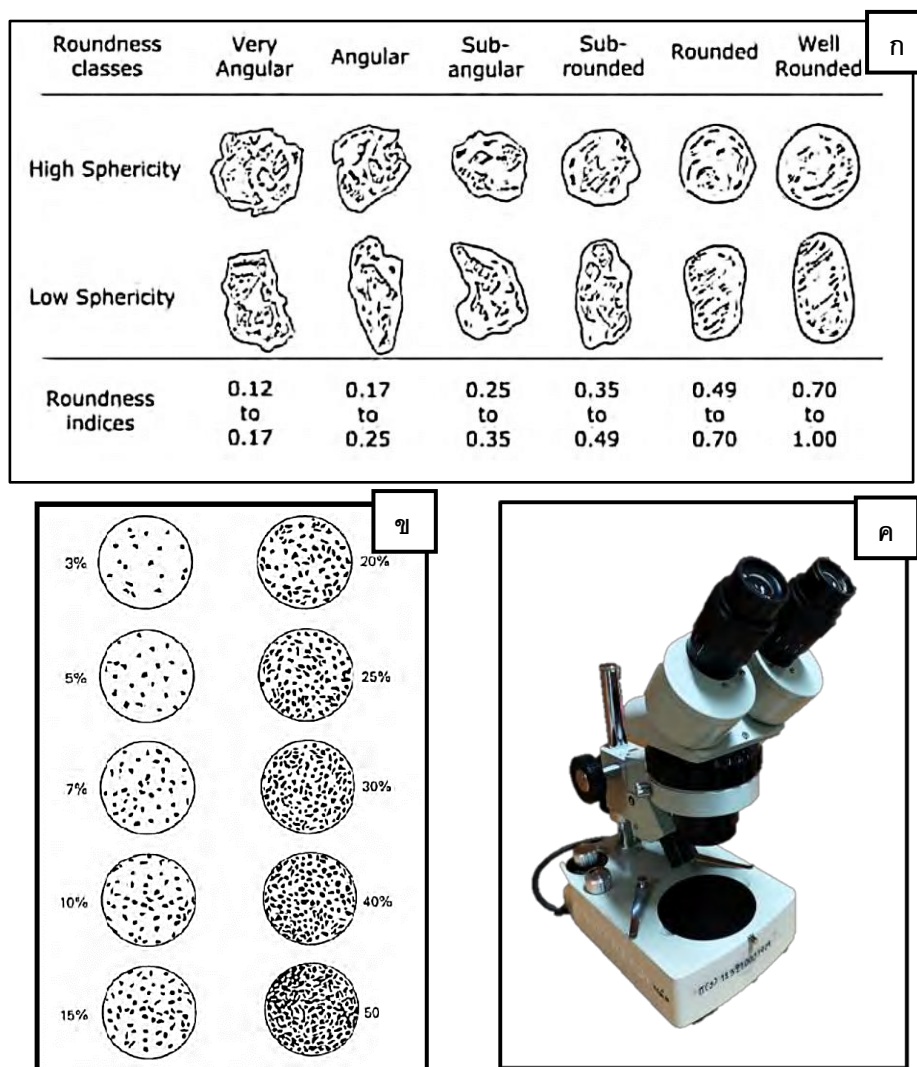
ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ใช้ในการบอกข้อมูลการคัดขนาดตะกอน (Sorting) สามารถบอกได้ว่าประกอบด้วยตะกอนที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากแค่ไหน ถ้าค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าต่ำแสดงว่าตัวอย่างนั้นมีการคัดขนาดดีคือตัวอย่างในตะกอนมีขนาดใกล้เคียงกันส่วนตัวอย่างที่มีค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงแสดงว่าตัวอย่างนั้นมีการคัดขนาดไม่ดี คือตะกอนในตัวอย่างมีความหลากหลาย

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

ข้อมูลความแบนของกราฟ (Kurtosis) ช่วยในการบอกว่ากราฟการกระจายตัวของตะกอนในตัวอย่างนั้นมีลักษณะที่แบนหรือแหลมไปจากกราฟการกระจายตัวแบบรูประฆังคว่ำอย่างไร คือกราฟมีรูปร่างค่อนข้างแบนคือมีตะกอนหลากหลายขนาด และแต่ละขนาดมีปริมาณใกล้เคียงกันหรือรูปร่างค่อนข้างแหลมคือมีตะกอนขนาดไม่หลากหลาย และมีปริมาณตะกอนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งค่อนข้างมากกว่าตะกอนขนาดอื่นๆ ข้อมูลที่มีกราฟรูปร่างค่อนข้างแบนเรียกว่า Platykurtic ส่วนตัวอย่างที่มีกราฟรูปร่างค่อนข้างแหลมเรียกว่า Leptokurtic

3.3.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน

วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ และแร่องค์ประกอบของตะกอนโดยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (stereoscopic microscope) โดยทำการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของตะกอนจากสายตา ความกลมมนและรูปร่างของเม็ดตะกอน (sphericity and roundness) โดยใช้ตารางเปรียบเทียบพื้นผิวตะกอนของ Power (1953) และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของตะกอนเป็นเกณฑ์ Fritz และ Moore (1958) แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 (ก) ตารางเปรียบเทียบพื้นผิวตะกอน (Power, 1953)

(ข) แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของตะกอน (Fritz & Moore, 1958)

(ค) กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (Stereoscopic microscope)

3.3.2 การหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)

ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างนั้น เป็นการเตรียมตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ 2 ส่วน การวิเคราะห์อัตราการแผ่รังสีต่อปี (Annual dose) และการวิเคราะห์ค่าปริมาณสัญญาณที่มีอยู่ในตัวอย่าง (Equivalent dose) รายละเอียดการเตรียมตัวอย่างแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

3.3.2.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการหาอัตราการแผ่รังสีต่อปี (AD)

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการหาอัตราการแผ่รังสีต่อปี (AD) จะแบ่งเป็นสองส่วนคือ การหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content) และการวัดปริมาณธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่มีอยู่ในตัวอย่างในระหว่างการทดลองตัวอย่างสามารถโดนแสงได้

1.) การหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content)

ใช้ตัวอย่างเปียกจากถุงเก็บตัวอย่าง AD ตัวอย่างประมาณ 50 กรัม ใส่ปีกเกอร์แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำตัวอย่างไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ น้ำในตัวอย่างระเหยไปจนหมด ทำการชั่งน้ำหนักหลังการอบแห้งเพื่อทราบค่าน้ำหนักตัวอย่างแห้งนำค่าน้ำหนักตัวอย่างเปียก และค่าน้ำหนักตัวอย่างแห้งมาแทนสูตรคำนวณ

$$\text{ร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (W)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเปียก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเปียก}}$$

โดยค่าค่า W ที่ได้ จะใช้ประกอบในการคำนวณหาอัตราการแผ่รังสีต่อปี (AD) เนื่องจากปริมาณน้ำในตัวอย่างนั้นจะลดทอนประสิทธิภาพ ในการทะลุทะลวงของรังสี ชนิดต่าง ๆ ลง โดยปริมาณน้ำในตัวอย่างจะลดทอนประสิทธิภาพของรังสีแอลฟา 50% ลดทอนประสิทธิภาพของรังสีเบตา 25% และลดทอนประสิทธิภาพของรังสีแกมมา 14% (Aitken, 1990)

นอกจากปริมาณน้ำในตัวอย่างที่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการลดทอนประสิทธิภาพของรังสีแต่ละชนิด แล้ว ขนาดตะกอนที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการคำนวณค่า AD เพราะคุณสมบัติในการทะลุทะลวงเข้าไปในเม็ดตะกอนที่ไม่เท่ากันของรังสีแต่ละชนิด โดยที่รังสีแกมมามีอำนาจทะลุทะลวงมากที่สุด รองลงมาคือรังสีเบตา และรังสีแอลฟามีอำนาจทะลุทะลวงน้อยที่สุด

2.) การเตรียมตัวอย่างสำหรับวัดปริมาณธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่มีอยู่ในตัวอย่าง

นำตัวอย่างมาได้คัดขนาดตะกอนด้วยขนาด 200 mesh แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ได้ปริมาณ 290 กรัม นำมาบรรจุในกระปุกพลาสติก ปิดตัวอย่างไว้เป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นนำกระปุกตัวอย่างไปทำการทดลองเพื่อวัดปริมาณธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่มีอยู่ในตัวอย่างได้แก่ยูเรเนียม(U) ทอเรียม (Th) และโพแทสเซียม (K) โดยใช้เครื่อง Gamma-ray Spectrometer และวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีดังกล่าวจากกราฟที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ตารางของ Bell (1979)

ธาตุกัมมันตรังสี	ความเข้มข้น	ปริมาณ Radionuclide ($\mu\text{Gy/Y}$)		
		รังสีแอลฟา	รังสีเบตา	รังสีแกมมา
ทอเรียม (Th)				
- No thoron loss	1 ppm	738	28.6	51.4
- 100% thoron loss		309	10.3	20.8
ยูเรเนียม (U)				
- No radon loss	1 ppm	2783	146.2	114.8
- 100% radon loss		1262	60.9	5.6
โพแทสเซียม (K)	1 %	-	830.3	249.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	1%	-	689.3	206.9
รูบิเดียม (Rb)	100 ppm	-	46.4	-

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิด และความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีกับปริมาณรังสีชนิดต่าง ๆ

ที่ธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิดปลดปล่อยออกมา (Bell, 1979)

Aitken (1985) ได้เสนอกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะกอนกับอัตราการลดทอนของรังสีแอลฟาและรังสีเบตา (ค่าของ a และ b) เพื่อใช้เทียบประกอบในการคำนวณ จากปัจจัยทั้งหมดข้างต้นจึงใช้สูตรในการคำนวณหาค่า AD ของ Aitken (1985) ได้ดังนี้

$$AD = D_{\alpha} + D_{\beta} + D_{\gamma} + D_c \text{ โดยที่ AD คือ ค่า Annual Dose มีหน่วยเป็นเกรย์ (Gy)}$$

D_{α} คือ ค่า Annual Dose จากรังสีแอลฟา มีค่าเท่ากับ $a(2783U+783Th) 1+1.50W$

D_{β} คือ ค่า Annual Dose จากรังสีเบตา มีค่าเท่ากับ $b(146.2U+28.6Th+689.3K) 1+1.25W$

D_{γ} คือ ค่า Annual Dose จากรังสีแกมมา มีค่าเท่ากับ $114.18U+51.4Th+206.9K 1+1.14W$

D_c คือ ค่า Annual Dose จากรังสีคอสมิก กำหนดให้มีค่าคงที่ เท่ากับ 0.1 เมื่อ

K คือ ปริมาณ Radionuclide ชนิดต่าง ๆ ที่โพแทสเซียม (K) ปลดปล่อยออกมา

U คือ ปริมาณ Radionuclide ชนิดต่าง ๆ ที่ยูเรเนียม (U) ปลดปล่อยออกมา

Th คือ ปริมาณ Radionuclide ชนิดต่าง ๆ ที่ทอเรียม (Th) ปลดปล่อยออกมา

a และ b ขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดตะกอน และ W คือ ร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างที่ทำการพักไว้ 1 เดือนสำหรับวัดปริมาณธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่มีอยู่ในตัวอย่าง

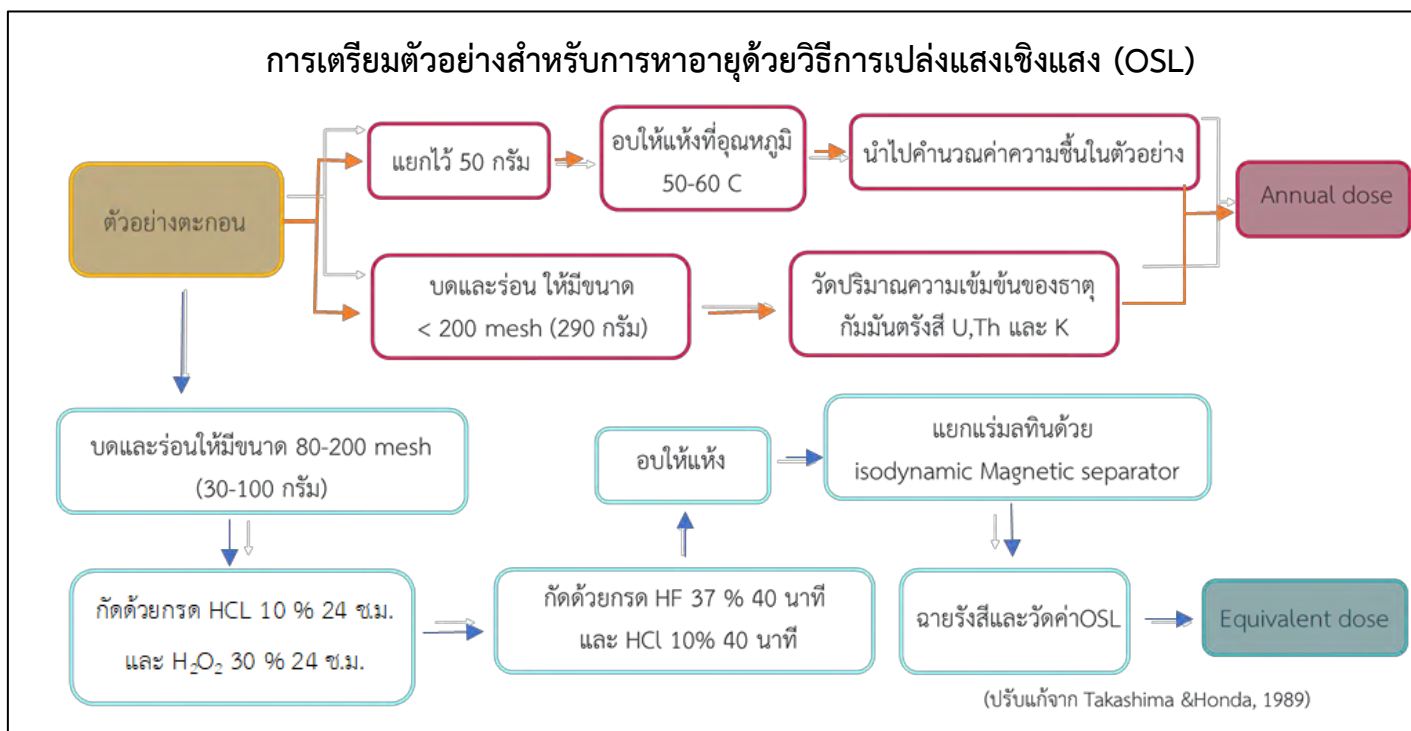
3.3.2.2) เตรียมตัวอย่างสำหรับการหาปริมาณของอิเล็กตรอนที่สะสมตัวในตัวอย่าง (ED)

การวิเคราะห์หาปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมตัวอยู่ในตัวอย่างโดยใช้การวิเคราะห์ผลจากเม็ดแร่ควอตซ์ (Quartz grains) ในการเตรียมตัวอย่างต้องทำในห้องมืด (Red Subdue Room) โดยใช้แสงสีแดงซึ่งเป็นแสงที่มีพลังงานต่ำ มีขั้นตอนการสกัดแร่ควอตซ์ ดังนี้

- 1.) นำตัวอย่างออกจากท่อพีวีซี โดยใช้เฉพาบริเวณกลางกระบอกที่ไม่เคยสัมผัสแสง
- 2.) นำไปคัดขนาดด้วยการร่อนแบบเปียก (wet sieve) ให้ได้ขนาดระหว่าง 74-250 ไมโครเมตร โดยใช้ตะแกรงเบอร์ 60 mesh และตะแกรงเบอร์ 200 mesh
- 3.) นำตัวอย่างไปใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ความเข้มข้น 10% และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ความเข้มข้น 30% ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 4.) ล้างตัวอย่าง 3-5 ครั้งด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปใส่ด้วย สารละลายกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ที่ความเข้มข้น 37% เป็นเวลา 40 นาที และใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) อีกครั้งที่ความเข้มข้น 37% เป็น เวลา 40 นาที
- 5.) ทำการล้างกรดออกจากตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น 3-5 ครั้ง และนำตัวอย่างไปอบให้แห้ง อีกครั้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 6.) แล้วนำตัวอย่างแห้งที่ได้ไปผ่านเครื่อง Magnetic Separator โดยตั้งค่าให้มีค่า vibrator สูงสุด และใช้กระแสไฟฟ้าในการแยกแร่โลหะ 1.8 A จนได้แร่ควอตซ์บริสุทธิ์
- 7.) นำแร่ควอตซ์ที่ได้ไปทำการทดลองหาปริมาณ Equivalent dose (ED) และหาสัญญาณเปรียบเทียบกับกราฟรังสีที่ทราบค่า ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader เพื่อวิเคราะห์ค่าปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมตัวในตัวอย่างในหน่วยเกรย์ (Gy) โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 6 - 12 ครั้ง จำนวน 6 ตัวอย่างคือ KK01, KK02, KK03, KK04, KK05 และCK01
- 8.) บันทึกผลการทดลองทั้งในรูปแบบ Glow curve และ Growth curve จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ร่วมกับค่า AD เพื่อคำนวณหาอายุจากสูตร

$$\text{อายุ} = \frac{\text{ค่าปริมาณของอิเล็กตรอนที่สะสมตัวในตัวอย่าง (ED) (Gy)}}{\text{ค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปีของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ (AD) (Gy/ka)}}$$

ค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปีของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ (AD) (Gy/ka)

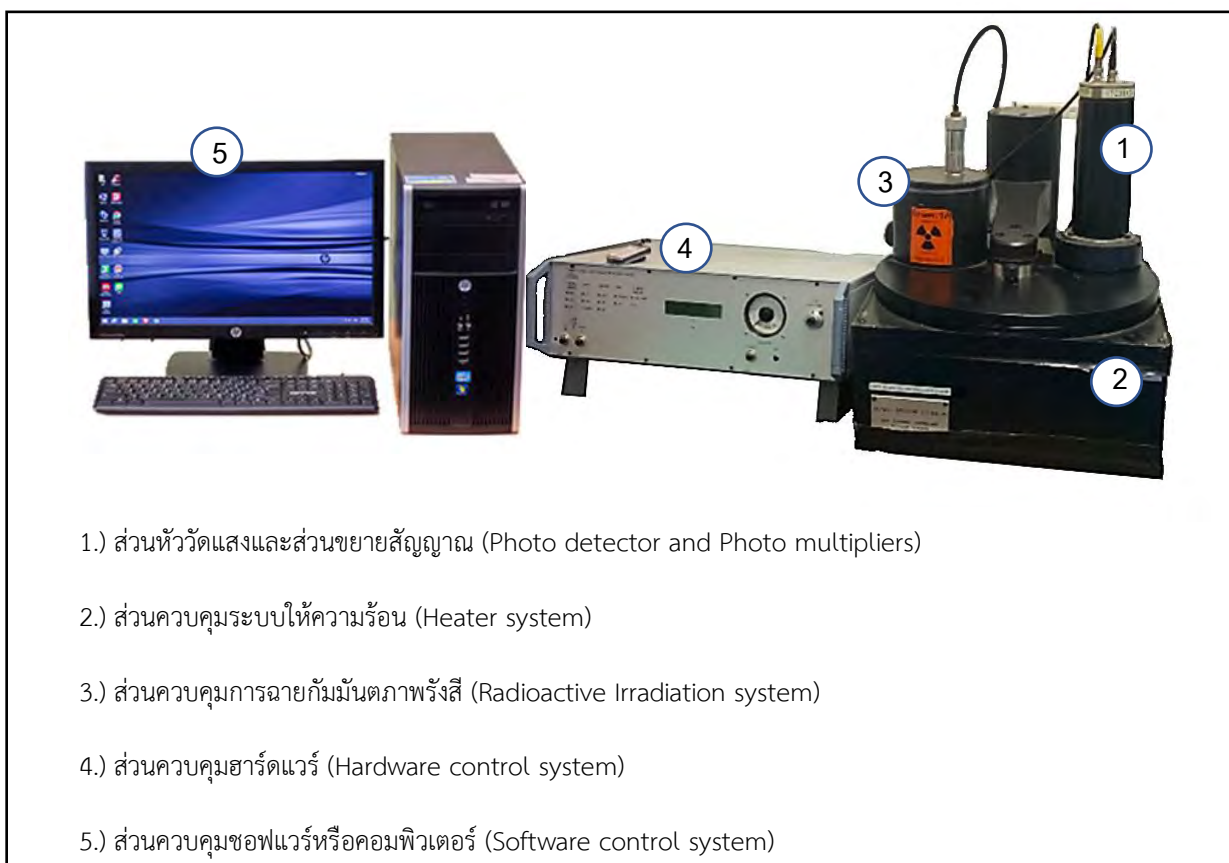


รูปที่ 3.9 สรุปขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)

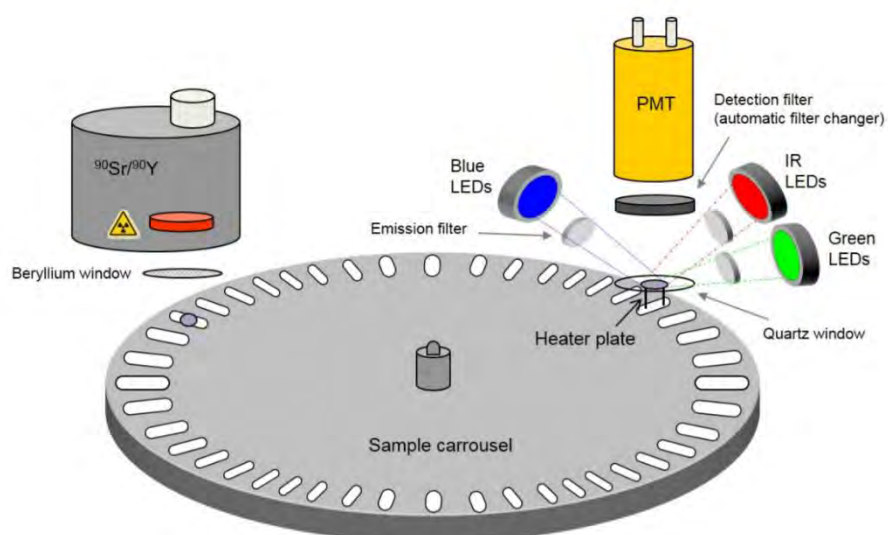
(ปรับแก้จาก Takashima & Honda, 1989)



รูปที่ 3.10 แสดงการแยกแร่โลหะ (ลูกศรสีเหลือง) ด้วยเครื่อง Isodynamic Magnetic Separator



รูปที่ 3.11 เครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER MODEL DA-20 ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 ส่วนประกอบภายในของเครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER (DTU Nutech, 2017)

บทที่ 4

ผลการศึกษา (Result)

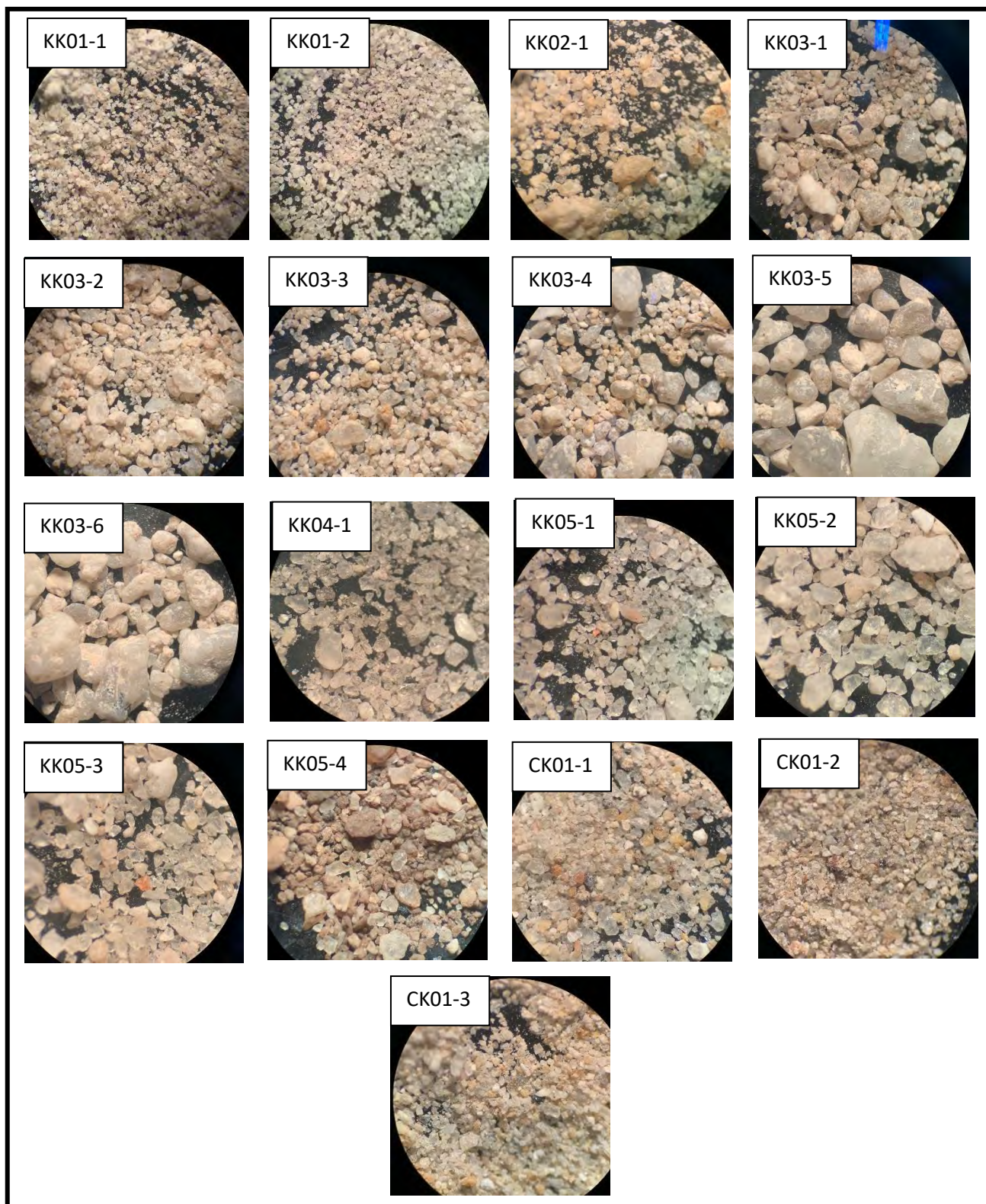
ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการ และการออกภาคสนามได้แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน ผลการวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของตะกอน และผลการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)

4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน ด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (Stereoscopic microscope) จากตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่าง โดยในตัวอย่าง KK01-3, KK01-4 และ KK01-5 มีลักษณะเป็นเคลย์ปนทราย และกรวด ทำให้ไม่สามารถศึกษาลักษณะทางกายภาพได้ แสดงดังรูปที่ 4.1

องค์ประกอบทางแร่ของตะกอนโดยรวมจากการเปรียบเทียบกับแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของตะกอนจากของ Fritz and Moore (1988) พบว่าตัวอย่างประกอบด้วยแร่ควอตซ์ประมาณ 93-97% มีแร่หนักจำพวกแมกนีไทต์ปะปนบ้างเล็กน้อย ในตัวอย่าง KK05-4 มีแร่อื่นปะปนอยู่มาก และมีสีออกน้ำตาลแดง ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ประมาณ 85 % และในตัวอย่าง CK-01 พบแร่ไมกาเป็นองค์ประกอบในทุกระดับความลึก

ลักษณะทางกายภาพซึ่งประกอบด้วยลักษณะความกลมมน (Roundness) จากการเปรียบเทียบกับพื้นผิวมาตรฐานที่เป็นแผนภูมิของ Powers (1953) พบว่าทุกตัวอย่างตะกอนมีความกลมมนต่ำ ยกเว้นตัวอย่าง KK05-4 ซึ่งมีความกลมมนสูง และลักษณะความเป็นทรงกลม (Sphericity) ของตัวอย่างจากการเปรียบเทียบกับรูปร่างมาตรฐานที่เป็นแผนภูมิของ Powers (1953) พบว่าทุกตัวอย่างตะกอนมีความเป็นทรงกลมปานกลาง (Sub-rounded to Sub-angular) จากผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของตะกอนแสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างตะกอนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ กำลังขยาย 30 เท่า

sample	Sphericity	Roundness	Mineral Composition (%)			
			Quartz	Clay	Mica	other
KK01-1	Low	Sub-rounded	93	5	-	2
KK01-2	Low	Sub-rounded	93	5	-	2
KK01-3	-	-		Mud		
KK01-4	-	-		Mud		
KK01-5	-	-		Mud		
KK02-1	Low	Sub-rounded	93	4	-	3
KK03-1	Low	Sub-angular	93	5	-	2
KK03-2	Low	Sub-angular	93	5	-	2
KK03-3	Low	Sub-angular	93	5	-	2
KK03-4	Low	Sub-angular	95	3	-	2
KK03-5	Low	Sub-rounded	95	4	-	1
KK03-6	Low	Sub-rounded	95	4	-	1
KK04-1	Low	Sub-angular	97	2	-	1
KK05-1	Low	Sub-angular	97	2	-	1
KK05-2	Low	Sub-angular	97	2	-	1
KK05-3	Low	Sub-angular	97	2	-	1
KK05-4	High	Sub-rounded	85	5	-	10
CK01-1	Low	Sub-angular	90	3	2	4
CK01-2	Low	Sub-angular	92	3	2	3
CK01-3	Low	Sub-angular	93	3	2	2

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของตะกอน

ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนจากเครื่อง Mechanical Sieve โดยได้แบ่งขนาดตะกอนเป็น 7 ขนาดคือ ก้อนกรวด ($\phi = -1$), ทรายหยาบมาก ($\phi = 0$), ทรายหยาบ ($\phi = 1$), ทรายขนาดปานกลาง ($\phi = 2$), ทรายละเอียด ($\phi = 3$), ทรายละเอียดมาก ($\phi = 4$) และทรายแป้งถึงดินเหนียว ($\phi = 5$) แสดงดังตารางที่ 4.2

จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีขนาดเฉลี่ยตั้งแต่ ทรายหยาบถึงตะกอนทรายละเอียดมาก และพบตะกอนได้ในทุกขนาดที่ได้ทำการแบ่ง สำหรับจุดเก็บตัวอย่าง KK01 และ CK01 พบว่าตะกอนมีขนาดค่อนข้างละเอียดมากในทุกระดับความลึก และจุดเก็บตัวอย่างตะกอน KK03 พบการไล่ระดับขนาดตะกอนแบบ fining upward sequence โดยพบก้อนกรวดจำนวนมากในชั้น KK03-5 และ KK03-6 จาก จากเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของตะกอนขนาดต่างๆ สามารถนำไปคำนวณค่าทางสถิติ (Logarithmic method of moments) ของ Blott และ Pye (2001) ผลการคำนวณค่าทางสถิติแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.3 โดยการคำนวณโดยใช้สูตรต่อไปนี้

- 1.) ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอน (Mean Phi, \bar{X}_ϕ)

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

- 2.) ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, σ_ϕ)

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

- 3.) ข้อมูลการเบ้ของกราฟ (Skewness, Sk_ϕ)

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

- 4.) ข้อมูลความแบนของกราฟ (Kurtosis, K_ϕ)

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

Grain size	Phi scale	KK01-1	KK01-2	KK01-(3-5)	KK02-1	KK03-1	KK03-2
Gravel	-1	0	0	-	0.058	0.128	0.177
Very Coarse Sand	0	1.456	1.186	-	9.970	4.918	9.678
Coarse Sand	1	7.781	5.342	-	40.226	27.294	33.899
Medium Sand	2	15.129	13.104	-	34.425	30.909	32.461
Fine Sand	3	37.595	33.523	-	11.934	27.156	18.139
Very Fine Sand	4	24.734	28.057	-	2.274	6.894	3.826
Mud	5	11.455	16.318	-	0.968	1.935	1.000
Total (%)		98.150	97.530	100	99.855	99.234	99.180

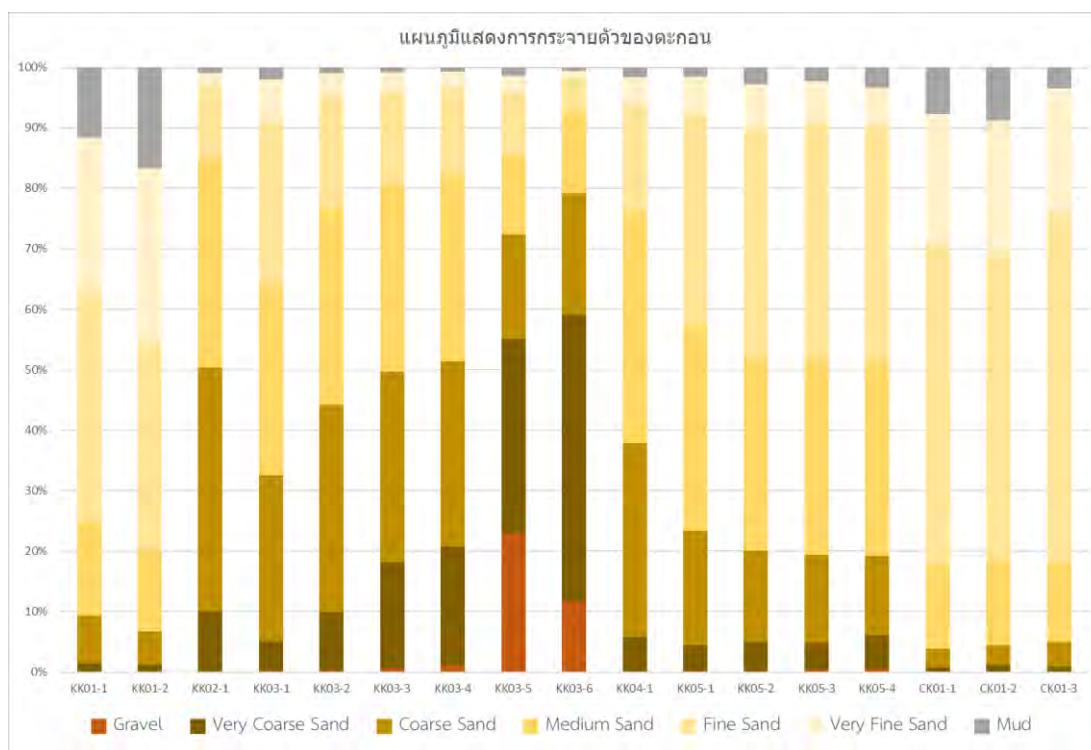
Grain size	Phi scale	KK03-3	KK03-4	KK03-5	KK03-6	KK04-1	KK05-1
Gravel	-1	0.624	1.168	22.683	11.582	0	0.172
Very Coarse Sand	0	17.334	19.343	31.975	47.089	5.744	4.171
Coarse Sand	1	31.513	30.401	17.126	19.846	31.977	18.875
Medium Sand	2	30.960	30.451	13.031	13.421	38.260	33.784
Fine Sand	3	15.199	14.261	10.345	5.484	17.574	34.588
Very Fine Sand	4	3.090	2.638	2.570	1.213	4.560	6.240
Mud	5	0.829	0.736	1.433	0.575	1.660	1.558
Total (%)		99.549	98.998	99.163	99.210	99.775	99.388

Grain size	Phi scale	KK05-2	KK05-3	KK05-4	CK01-1	CK01-2	CK01-3
Gravel	-1	0.213	0.314	0.684	0	0	0
Very Coarse Sand	0	4.792	4.389	5.361	0.766	1.228	0.879
Coarse Sand	1	14.909	14.440	13.141	2.982	3.185	4.024
Medium Sand	2	31.870	32.216	31.848	13.651	13.841	12.907
Fine Sand	3	37.662	38.557	38.820	52.107	50.681	57.463
Very Fine Sand	4	7.170	6.710	6.231	21.204	21.352	20.253
Mud	5	2.828	2.270	3.400	7.548	8.634	3.411
Total (%)		99.444	98.896	99.485	98.258	98.921	98.937

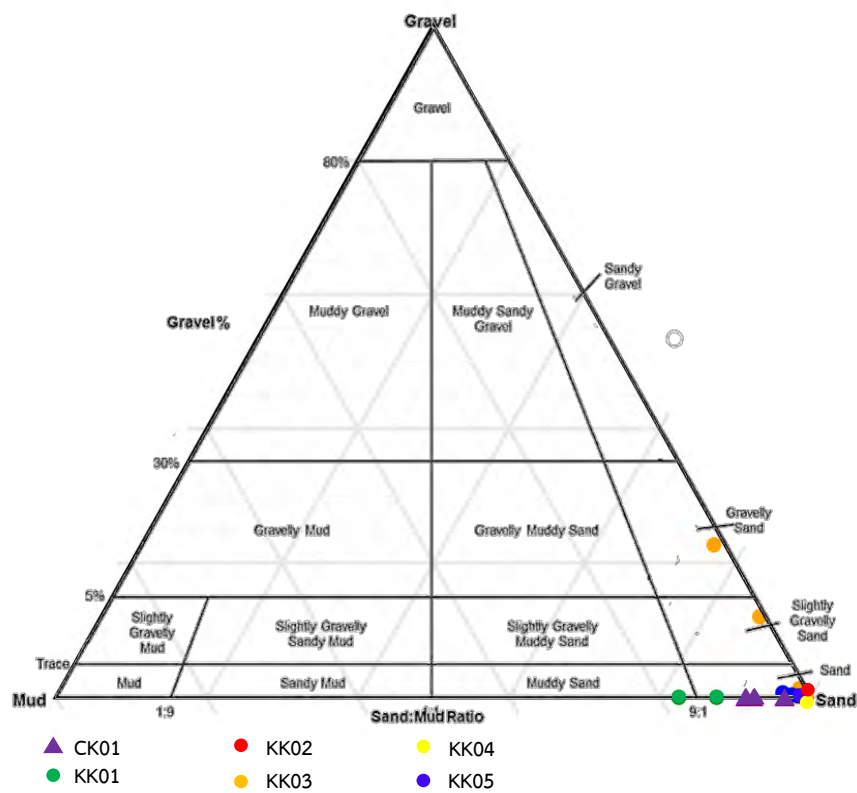
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนจากเครื่อง Mechanical Sieve

Sample	Mean(\bar{X}_ϕ)	Sorting (σ_ϕ)	Skewness (Sk_ϕ)	Kurtosis (K_ϕ)			
KK01-1	3.128	1.143	Poorly sorted	-0.339	Symmetrical	2.853	Mesokurtic
KK01-2	3.342	1.141	Poorly sorted	-0.438	Coarse skewed	2.900	Mesokurtic
KK01-3	-	-	-	-	-	-	-
KK01-4	-	-	-	-	-	-	-
KK01-5	-	-	-	-	-	-	-
KK02-1	1.590	0.968	Moderately sorted	0.626	Fine skewed	3.729	Leptokurtic
KK03-1	2.093	1.097	Poorly sorted	0.237	Symmetrical	2.730	Mesokurtic
KK03-2	1.748	1.055	Poorly sorted	0.383	Symmetrical	2.981	Mesokurtic
KK03-3	1.556	1.106	Poorly sorted	0.343	Symmetrical	2.851	Mesokurtic
KK03-4	1.486	1.117	Poorly sorted	0.308	Symmetrical	2.820	Mesokurtic
KK03-5	0.696	1.469	Poorly sorted	0.768	Fine skewed	2.864	Mesokurtic
KK03-6	0.598	1.157	Poorly sorted	1.000	Fine skewed	3.907	Leptokurtic
KK04-1	1.882	1.022	Poorly sorted	0.544	Fine skewed	3.370	Mesokurtic
KK05-1	2.242	1.027	Poorly sorted	-0.073	Symmetrical	2.987	Mesokurtic
KK05-2	2.356	1.076	Poorly sorted	-0.121	Symmetrical	3.166	Mesokurtic
KK05-3	2.350	1.044	Poorly sorted	-0.200	Symmetrical	3.278	Mesokurtic
KK05-4	2.358	1.109	Poorly sorted	-0.220	Symmetrical	3.424	Mesokurtic
CK01-1	3.146	0.912	Moderately sorted	-0.171	Symmetrical	3.856	Leptokurtic
CK01-2	3.150	0.961	Moderately sorted	-0.268	Symmetrical	3.859	Leptokurtic
CK01-3	3.035	0.845	Moderately sorted	-0.480	Coarse skewed	4.491	Leptokurtic

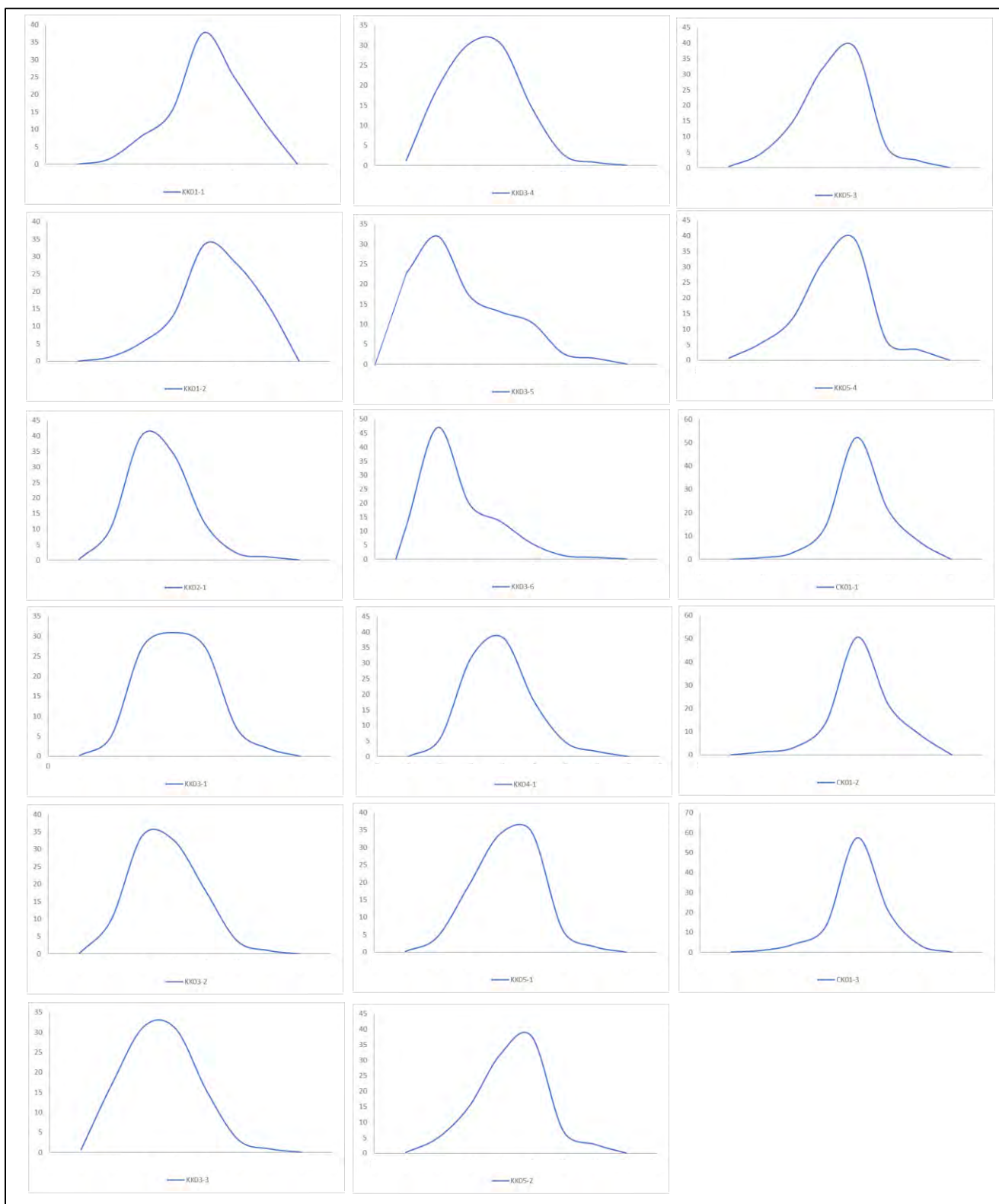
ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณค่าทางสถิติ Logarithmic method of moments และแปลผล



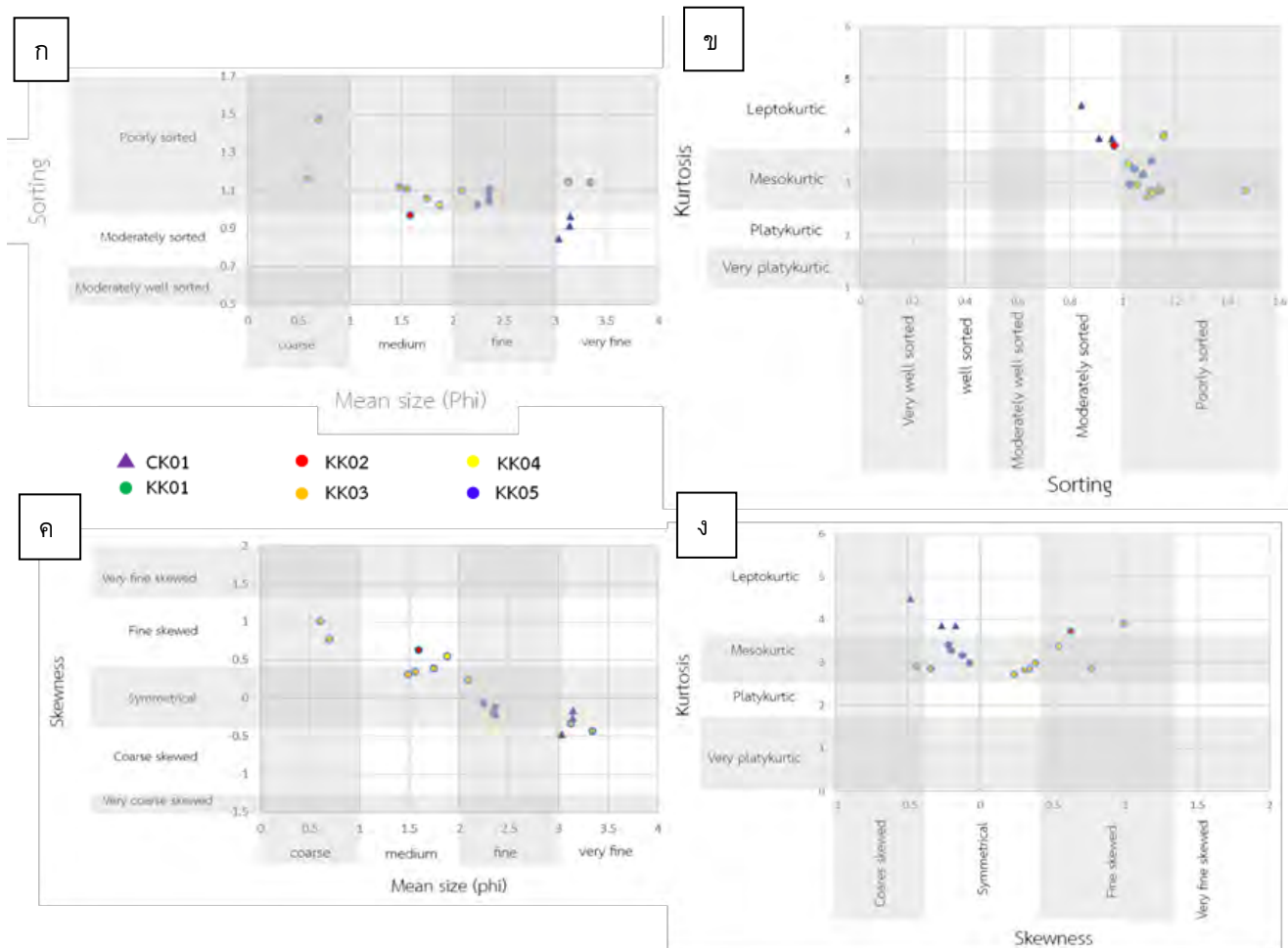
รูปที่ 4.2 แผนภูมิการกระจายตัวของตะกอน



รูปที่ 4.3 การจำแนกตะกอนด้วยวิธี Diagram Ternary plot (Folk, 1954)



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะของกราฟของแต่ละตัวอย่าง มีแกนตั้งเป็นจำนวนตะกอนเป็นเปอร์เซ็นต์
แกนนอนคือขนาดของตะกอน (Phi) โดยฝั่งซ้ายตะกอนหยาบ ฝั่งขวาตะกอนละเอียด



รูปที่ 4.5 แผนภาพการกระจายความสัมพันธ์ของค่าเชิงสถิติ

(ก) ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอน (Mean Phi) กับการคัดขนาด (Sorting)

(ข) การคัดขนาด (Sorting) กับความแบนของกราฟ (Kurtosis)

(ค) ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอน (Mean Phi) กับการเบ้ของกราฟ (Skewness)

(ง) การเบ้ของกราฟ (Skewness) กับความแบนของกราฟ (Kurtosis)

4.3 ผลการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)

4.3.1 ผลจากการวิเคราะห์ค่า Annual dose (AD)

ผลการหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content) สำหรับใช้ในการคำนวณหาค่า AD แสดงผลตามตารางที่ 4.4

No.	B	B+W	B+D	Wet	Dry	W (%)
KK01	27.295	57.424	54.000	30.129	26.705	11.364
KK02	27.622	50.526	49.113	22.904	21.491	6.169
KK03	27.096	51.497	50.704	24.401	23.608	3.250
KK04	27.474	54.456	54.311	26.982	26.837	0.537
KK05	27.680	54.970	53.867	27.290	26.187	4.042
CK01	28.031	53.076	50.041	25.045	22.010	12.118

ตารางที่ 4.4 ค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (W)

ผลจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีที่สำคัญได้แก่ ยูเรเนียม (U), ทอเรียม (Th) และ โพแทสเซียม (K) ของตัวอย่าง KK01-KK05 และCK01 จากภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคำนวณด้วยสมการของ Belle (1979) และAtiken (1985) แสดงผลดังตารางที่ 4.5

Sample	U-238 (ppm)	U-238 Error	Th-232 (ppm)	Th-232 Error	K-40 (%)	K-40 Error	W (%)	AD (Gy/Ka)	AD Error
CK-01	1.27	0.00	4.26	0.03	2.48	0.02	11.364	3.26	0.04
KK-01	2.20	0.00	8.94	0.05	2.08	0.01	6.169	3.41	0.04
KK-02	2.25	0.00	10.52	0.06	1.59	0.01	3.250	3.09	0.05
KK-03	1.47	0.00	5.82	0.03	0.95	0.01	0.537	1.94	0.03
KK-04	1.74	0.00	3.44	0.02	0.03	0.01	4.042	0.89	0.03
KK-05	1.28	0.00	2.86	0.02	0.03	0.00	12.118	0.72	0.03

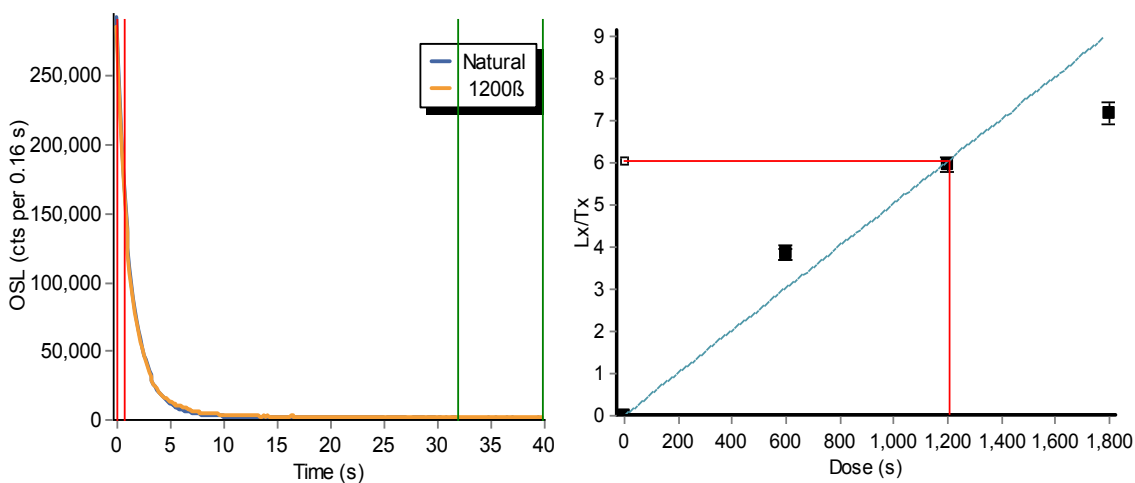
ตารางที่ 4.5 ผลจากการวิเคราะห์ค่า Annual dose (AD)

4.3.2 ผลจากการวิเคราะห์ค่า Equivalent dose (ED)

การวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีนั้นผลที่ได้จะแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่กระตุ้นด้วยแสงในหน่วยวินาที (แกนนอน) ต่อปริมาณอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้ในแต่ละช่วงเวลาในหน่วย count/sec (แกนตั้ง) เรียกว่า “OSL decay curve” และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนค่าปริมาณอิเล็กตรอนต่อปริมาณในธรรมชาติ (OSL-ratio) และระยะเวลาที่อาบรังสี (s) เรียกว่า “Growth curve” ซึ่งระยะเวลาที่อาบรังสีสามารถแปลงเป็นหน่วย Gy ได้ด้วยการคูณด้วย 0.141 ซึ่งได้มาจากการปรับเทียบจากเครื่อง RISO TL/OSL CONTROLLER MODEL DA-2 ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

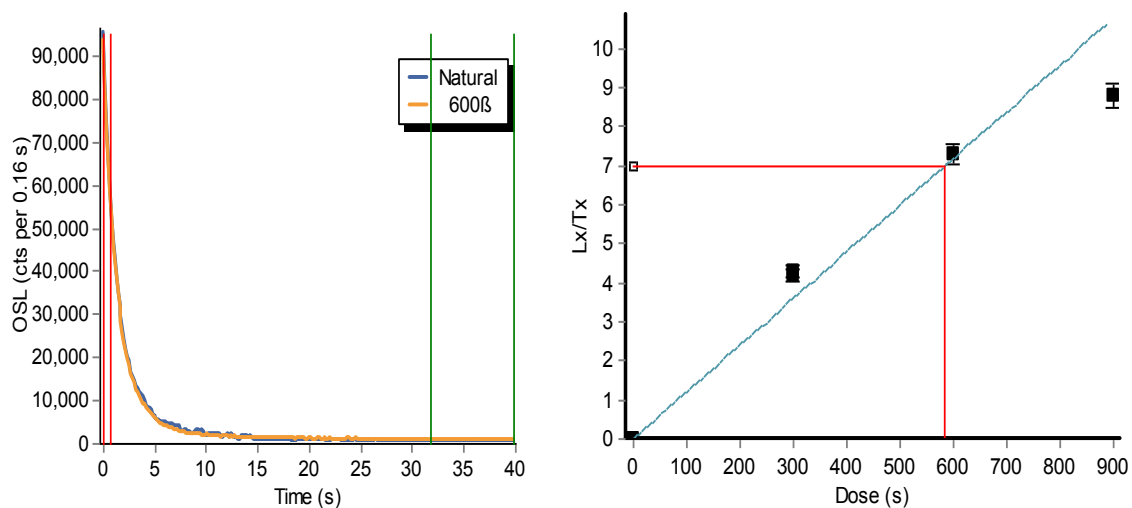
สำหรับการทดลองหาค่า ED หลังจากการทดสอบเพื่อหาค่าระยะเวลาที่อาบรังสี (s) ที่เหมาะสมในแต่ละตัวอย่างแล้ว ได้ทำการทดลองทดลองตัวอย่าง 6-12 ครั้งเพื่อให้ได้ค่าที่ตายน้อยตัวอย่างละ 6 ค่า หลังจากนั้นนำค่าทั้งหมดที่ได้ในแต่ละตัวอย่าง ไปหาค่ากลาง (central value) ด้วยโปรแกรม Radial Plotter (รูปที่ 4.12)

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตะกอนทั้ง 6 ตัวอย่าง สามารถแสดงผลด้วยกราฟในรูปที่ 4.6 – 4.11 สำหรับตัวอย่าง KK01ถึงKK05 และCK01 ตามลำดับ

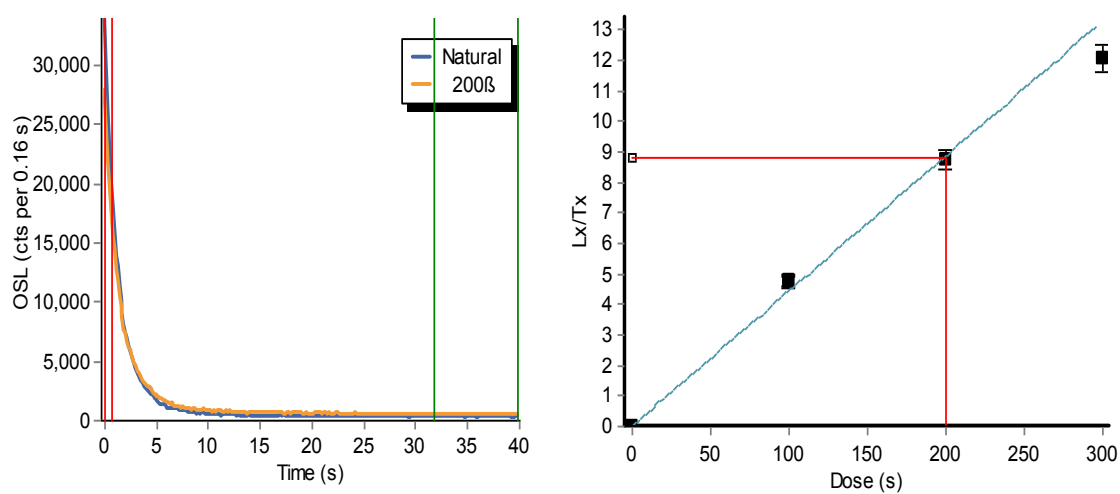


รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างของผล OSL decay curve (ซ้าย) และGrowth curve (ขวา) ของตัวอย่าง KK01

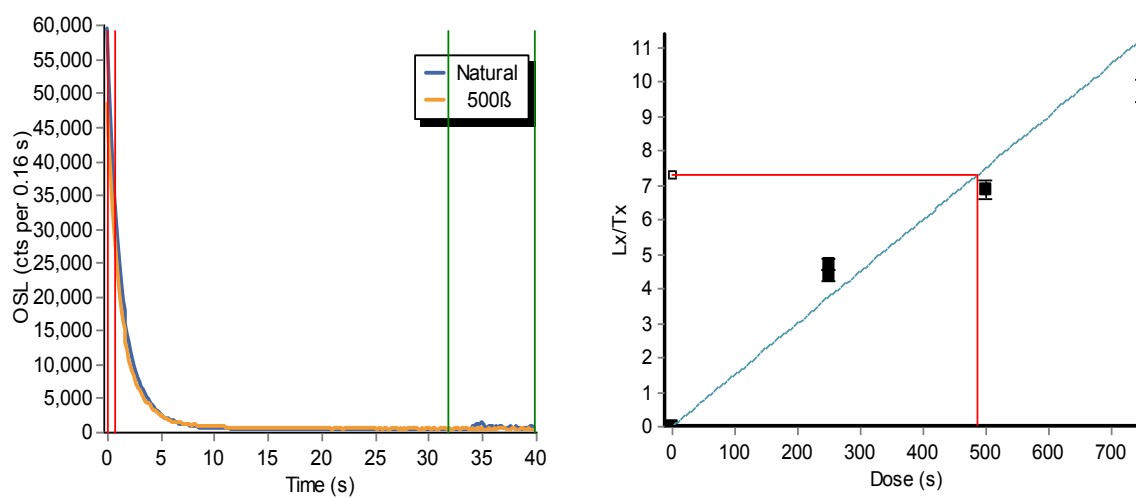
ที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง KK01



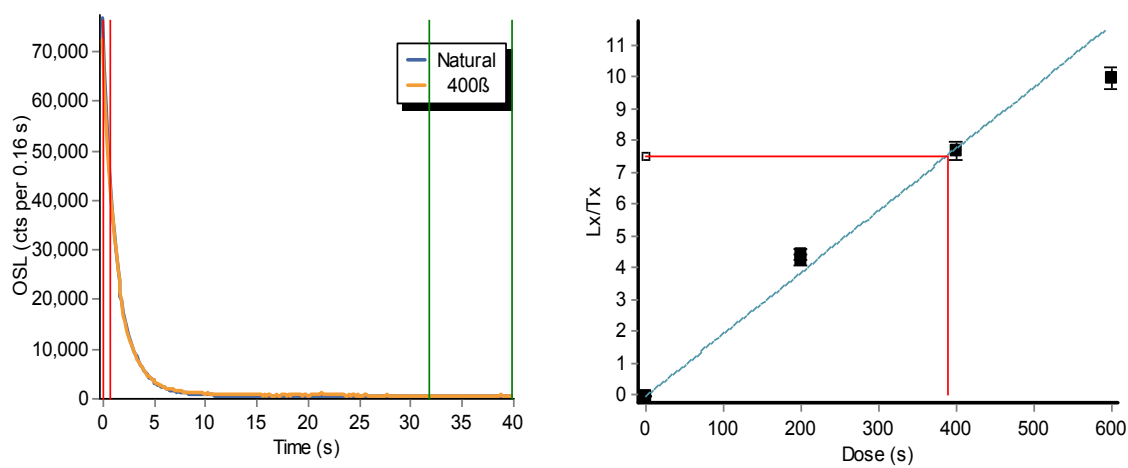
รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างของผล OSL decay curve (ซ้าย) และGrowth curve (ขวา) ของตัวอย่าง KK02
ที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL Reader



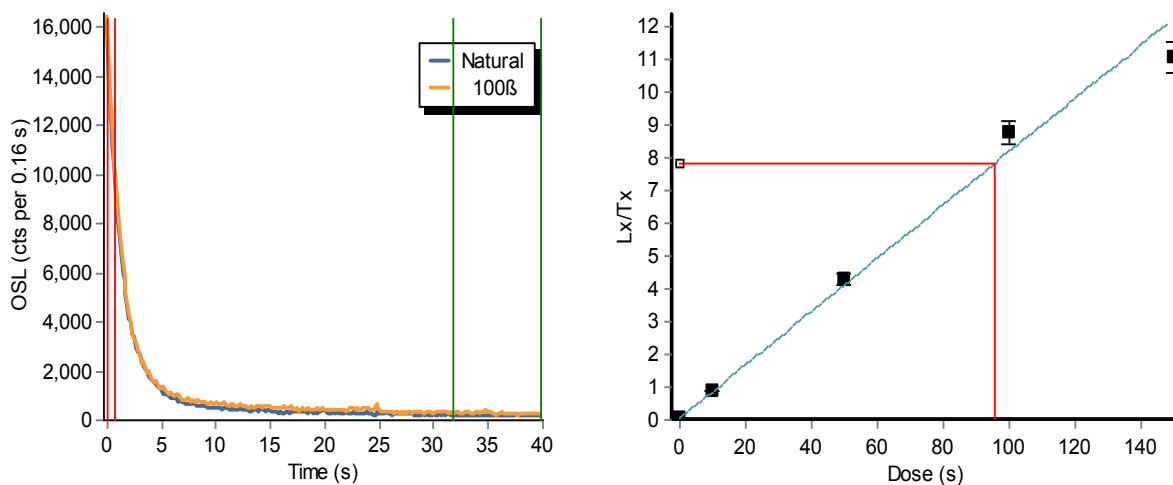
รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างของผล OSL decay curve (ซ้าย) และGrowth curve (ขวา) ของตัวอย่าง KK02
ที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL Reader



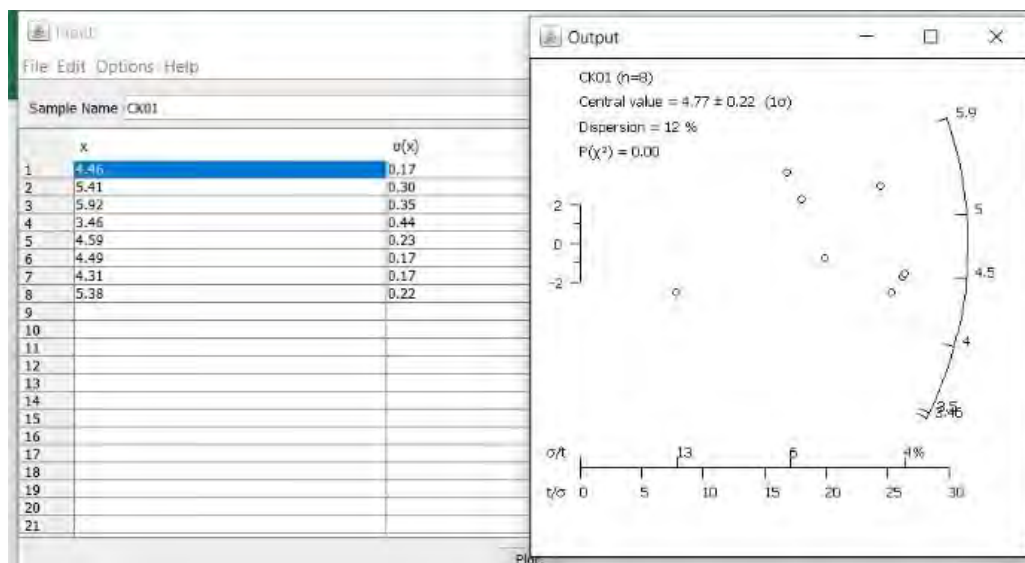
รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างของผล OSL decay curve (ซ้าย) และGrowth curve (ขวา) ของตัวอย่าง KK04
ที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL Reader



รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างของผล OSL decay curve (ซ้าย) และGrowth curve (ขวา) ของตัวอย่าง KK05
ที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL Reader



รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่างของผล OSL decay curve (ซ้าย) และGrowth curve (ขวา) ของตัวอย่าง KK06
ที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL Reader



รูปที่ 4.12 การหาค่ากลาง (central value) ของแต่ละตัวอย่างด้วยโปรแกรม Radial Plotter

Sample	ED (S)	ED (S) (Error)	ED (Gy)	ED (Gy) (Error)
CK-01	99.38	4.58	4.77	0.22
KK-01	1152.08	41.67	55.30	2.00
KK-02	514.58	22.92	24.70	1.10
KK-03	172.92	8.54	8.30	0.41
KK-04	402.08	25.00	19.30	1.20
KK-05	393.96	17.50	18.91	0.84

ตารางที่ 4.6 สรุปผลจากการวิเคราะห์ค่า Equivalent dose (ED)

4.4.3 ผลจากการวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)

นำข้อมูลค่า AD และ ED จากผลการทดลองข้างต้นมาทำการคำนวณอายุของอิฐ โดยใช้สูตร
 Luminescence date = Equivalent dose / Annual dose ของ Aitken (1985) แสดงไว้ในตารางที่ 4.7

Sample	AD (Gy/Ka)	AD error (Gy/Ka)	ED (Gy)	ED error (Gy)	Age (Y)	Max Age Error (Y)
CK-01	3.26	0.04	4.77	0.22	1,460.00	70.00
KK-01	3.41	0.04	55.30	2.00	16,230.00	620.00
KK-02	3.09	0.05	24.70	1.10	7,990.00	370.00
KK-03	1.94	0.03	8.30	0.41	4,280.00	220.00
KK-04	0.89	0.03	19.30	1.20	21,660.00	1,530.00
KK-05	0.72	0.03	18.91	0.84	26,100.00	1,580.00

ตารางที่ 4.7 ผลจากการวิเคราะห์ค่าอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)

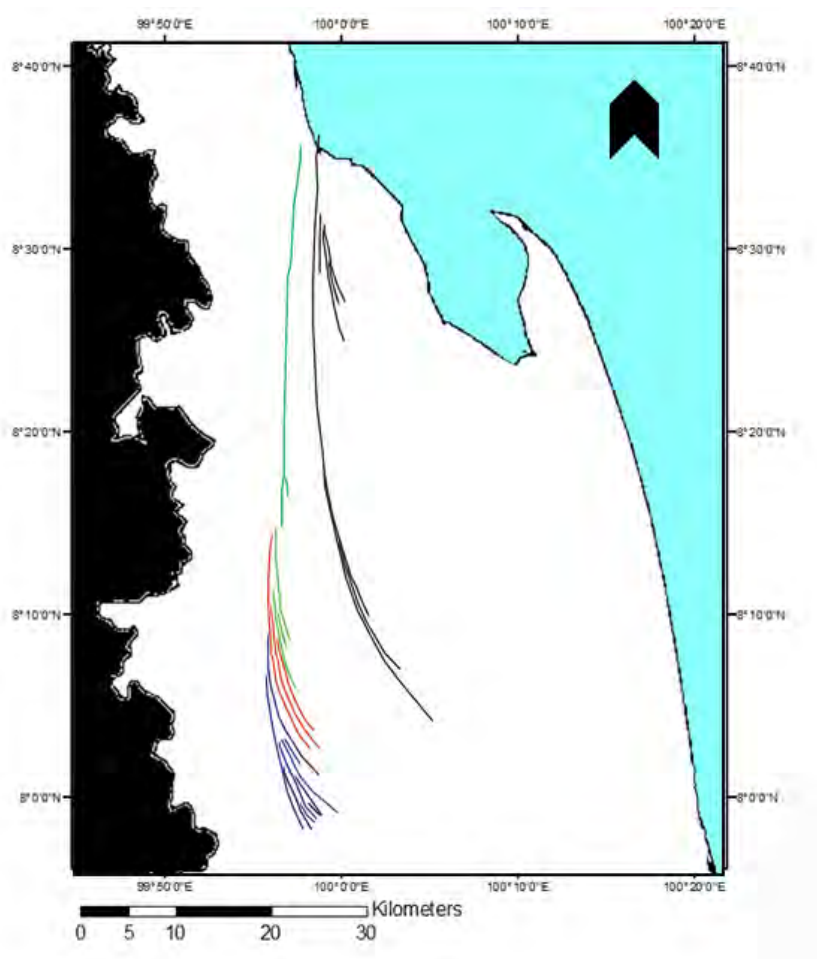
บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา (Discussion)

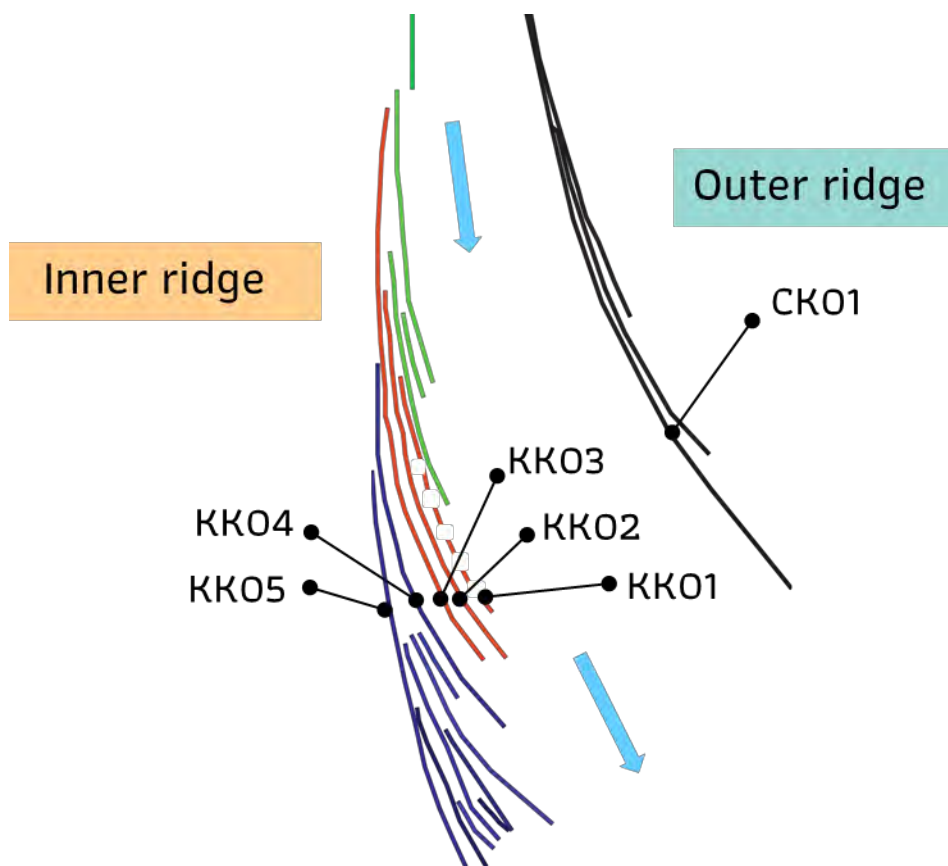
จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอน การกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอน และการวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิง (OSL) สามารถอภิปรายผลการศึกษาดังหัวข้อต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม

สามารถแยกจำแนกสันทรายที่เป็น 2 แนวหลัก คือ สันทรายด้านนอก (Outer ridge) และสันทรายด้านใน (Inner ridge) มีทิศทางการวางตัวประมาณในแนวเหนือ-ใต้



รูปที่ 5.1 แผนที่แสดงแนวสันทรายจากการวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม

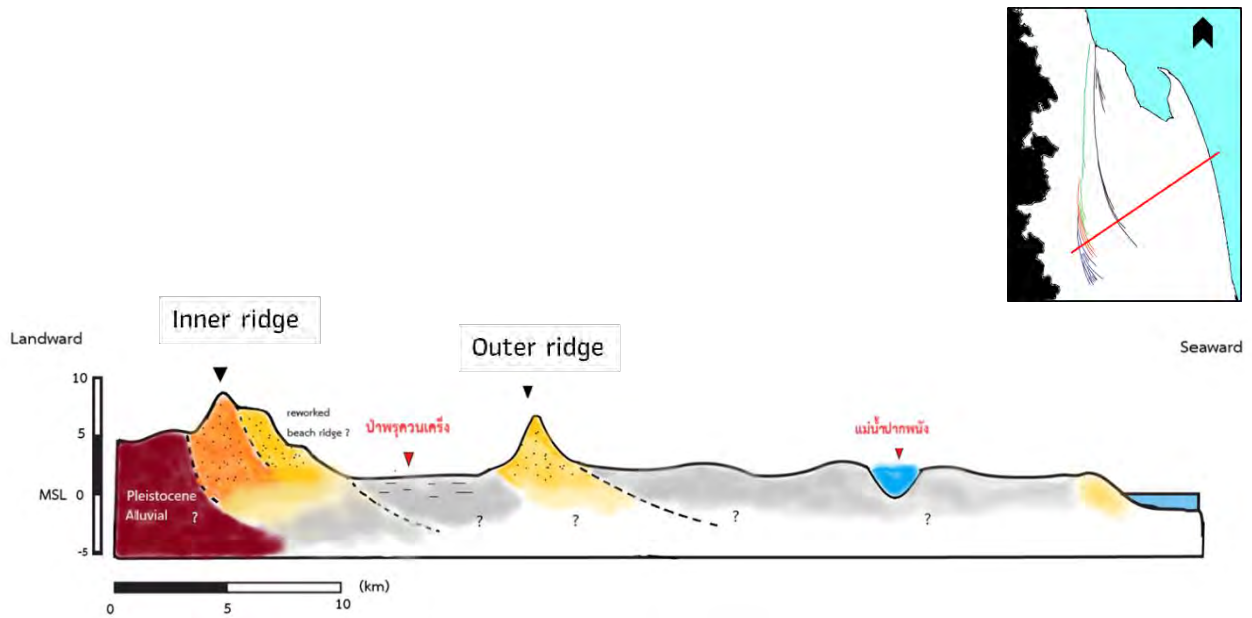


รูปที่ 5.2 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง

สามารถแบ่งสันทรายด้านใน (Inner ridge) ได้เป็น 3 หน่วยคือ หน่วยสีเขียว หน่วยสีแดง และหน่วยสีน้ำเงิน จากรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าจุดเก็บตัวอย่าง KK04 และ KK05 อยู่ในสันทรายหน่วยสีน้ำเงิน ส่วนจุดเก็บตัวอย่าง KK01, KK02 และ KK03 อยู่ในสันทรายหน่วยสีแดง ซึ่งอาจบ่งบอกได้ถึงช่วงเวลาการสะสมตัวที่ต่างกัน และจากลักษณะการสะสมตัวของสันทราย สามารถสันนิษฐานได้ว่ากระแสน้ำในอดีตมีทิศทางจากเหนือไปใต้ ซึ่งตรงกันข้ามกับทิศทางกระแสน้ำในปัจจุบันที่มีทิศทางจากใต้ไปเหนือ

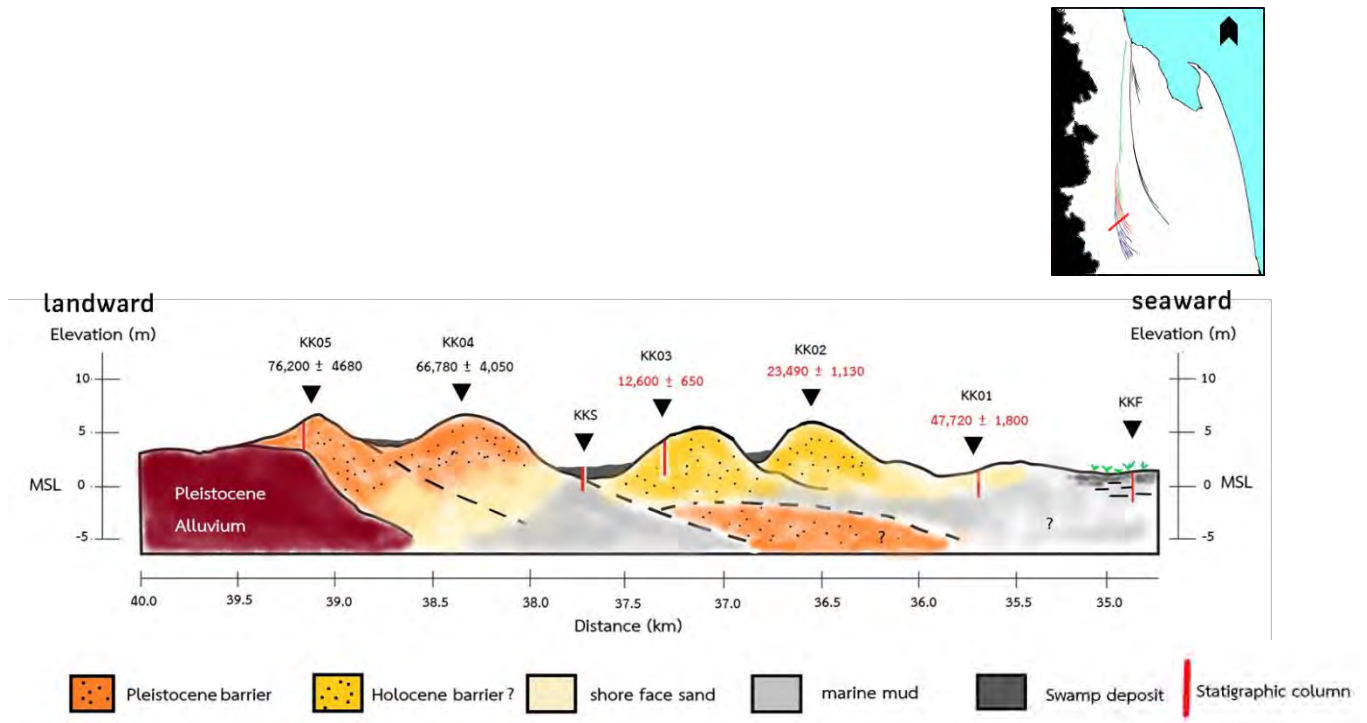
5.2 การวิเคราะห์ผลจากภาพตัดขวาง และลำดับชั้นตะกอน

จากการนำค่าระดับความสูง (elevation) ที่ทำการวัดได้จากภาคสนาม และการเปรียบเทียบค่าความสูงที่ไม่ทราบค่าจากแผนที่ Google Earth สามารถนำมาทำภาพตัดขวาง (cross section) ของพื้นที่ศึกษาที่ผ่านจุดเก็บตัวอย่าง (transect line) ในแนวตะวันออก - ตะวันตก ตั้งแต่สันทรายด้านในจนถึงอ่าวไทย โดยได้ทำการศึกษาลำดับชั้นตะกอนทั้งหมด 7 จุดศึกษา



รูปที่ 5.3 ภาพตัดขวาง (cross section) ของพื้นที่ศึกษา

เมื่อนำผลข้อมูลอายุที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีแปลงแสงเชิงแสงมาประกอบกับการศึกษาลำดับชั้นตะกอน สามารถนำมาทำภาพตัดขวาง (cross section) ได้ดังนี้



รูปที่ 5.4 ภาพตัดขวาง (cross section) ของสันทรายด้านใน (Inner ridge) โดยมีแกนตั้งเป็นค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย แกนนอนเป็นระยะห่างจากชายฝั่งปัจจุบัน และแสดงจุดที่ทำลำดับชั้นตะกอน


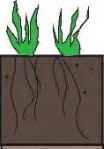



- KK01

ในช่วงความลึก 0-100 เซนติเมตรจากพื้นผิวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 3.128 - 3.342 phi หรือตะกอนขนาดทรายละเอียดถึงทรายละเอียดมาก และมีลักษณะเป็นทรายนูนโคลน (Muddy sand) มีค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 1.143-1.141 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดไม่ดี ข้อมูลการเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟแสดงในรูปที่ 4.4 แสดงถึงการเบี่ยงเบนไปทางตะกอนละเอียดมากกว่า และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะแหลมไปจากกราฟการกระจายตัวแบบปกติคือมีตะกอนขนาดละเอียดในปริมาณมากในตัวอย่างนี้ และที่ความลึก 100 – 250 ซม. พบตะกอนมีลักษณะเป็นดินเหนียวปนทราย (Sandy Mud)


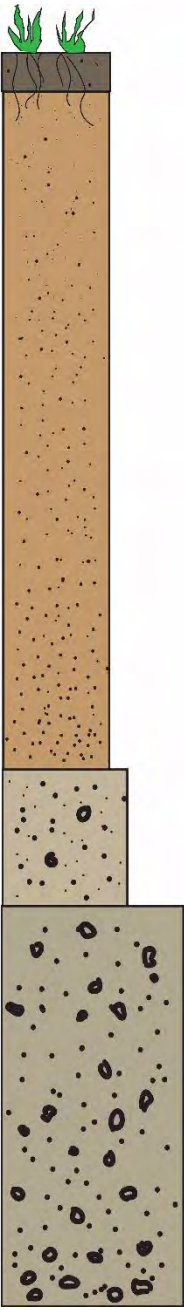
การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดหยาบขึ้นไปทางด้านบน (Coarsening upward) คาดว่าน่าจะเนื่องมาจากตะกอนทรายที่มีปริมาณตะกอนหยาบมากกว่ามาสะสมปิดทับอยู่ที่ขนาดละเอียดกว่าในขณะที่มีการถอยร่นของระดับน้ำทะเลในอดีต (Regression) และสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบ Shoreface

- KK03

มีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.093 ถึง 0.598 phi หรือตะกอนตั้งแต่ขนาดทรายนูนปานกลางถึงทรายหยาบมาก โดยในที่ระดับความลึก 150-300 ซม. พบเป็นก้อนกรวดปนทราย (Gravelly sand) มีค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 1.055-1.469 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดไม่ดี ข้อมูลการเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟแสดงในรูปที่ 4.4 ในช่วงความลึก 0-200 ซม. กราฟของข้างมีความสมมาตรตรง และที่ระดับความลึก 200-300 ซม. กราฟมีการเบี่ยงเบนไปทางตะกอนหยาบมากกว่า และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะปานกลางคือมีการกระจายตัวแบบปกติ และที่ความลึก 250-300 ซม. กราฟแหลมไปทางตะกอนหยาบ แสดงว่าพบตะกอนหยาบในปริมาณที่มาก การเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งพบลักษณะตะกอนมีขนาดละเอียดขึ้นไปทางด้านบน (fining upward)

หลุมเก็บตัวอย่าง : KK01		ระดับความลึก : 2.5 เมตร	
สถานที่ : สันทรายด้านใน (Inner ridge)		พิกัด UTM : 47P 608938 E 893660 N	
วันที่ศึกษา : 14/02/2563			
ตัวอย่าง	ชนิดตะกอน	ความลึก (ซม.)	คำอธิบาย
		0 - 20	ชั้นหน้าดิน หนา 20 ซม. ปกคลุมด้วยหญ้า
		20-75	ตะกอนทรายละเอียดสีเทาอ่อนอมน้ำตาล มีความกลมมนต่ำ มีการคัดขนาดไม่ดี
		75-110	ตะกอนทรายละเอียดถึงละเอียดมากเนื้อโคลน (Muddy sand) สีเทา
		110-250	ตะกอนเนื้อโคลนสีเทาอมเหลือง ปะปนด้วยตะกอนทรายละเอียด และกรวด (Sandy Mud)

รูปที่ 5.5 ลำดับชั้นตะกอนของจุดเก็บตัวอย่าง KK01

หลุมเก็บตัวอย่าง : KK03		ระดับความลึก : 3 เมตร	
สถานที่ : สันทรายด้านใน (Inner ridge)		พิกัด UTM : 47P 607484 E 892981 N	
วันที่ศึกษา : 14/02/2563			
ตัวอย่าง	ชนิดตะกอน	ความลึก (ซม.)	คำอธิบาย
		0 - 10	ชั้นหน้าดินหนา 10 ซม. เกาะกันเป็นแพกับ หญ้าที่ปกคลุม
		10-175	ตะกอนทรายปานกลางถึงทรายหยาบ สีเทาอม เหลือง มีการคัดขนาดไม่ดี มีการเปลี่ยนแปลง ของตะกอนในแนวตั้งขนาดละเอียดขึ้นไป ทางด้านบน (fining upward)
		175-210	ตะกอนทรายปานกลางถึงทรายหยาบมาก สีเทาอ่อนอมเหลือง มีการคัดขนาดไม่ดี
		210-300	ตะกอนทรายปนกรวด (Gravelly Sand) สีเทา มีการคัดขนาดไม่ดี

รูปที่ 5.6 ลำดับชั้นตะกอนของตัวอย่าง KK03

- KK05

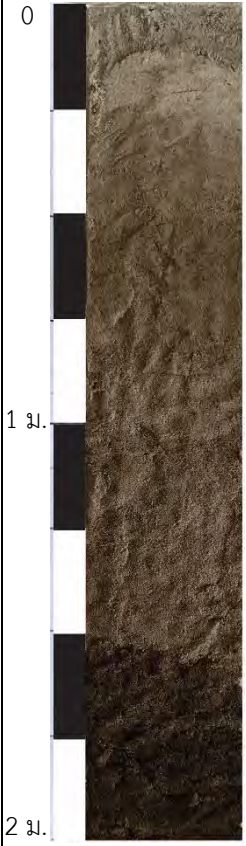

เป็นสันทรายอยู่ด้านในสุดของพื้นที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 2.242 ถึง 2.358 phi หรือตะกอนตั้งแต่ขนาดทรายปานกลาง โดยในที่ระดับความลึกประมาณ 150 ซม. พบเป็นชั้นตะกอนสีน้ำตาลเข้มคาดว่าเกิดจากเศษซากอินทรีย์วัตถุ มีค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 1.027-1.109 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดไม่ดี ข้อมูลการเบี่ยงเบนของกราฟแสดงในรูปที่ 4.4 พบว่ากราฟมีความสมมาตรตรงกลาง และจากผลข้อมูลความแบนของกราฟ กราฟแสดงลักษณะปานกลางคือมีการกระจายตัวแบบปกติ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งที่เห็นได้ชัดเจน

- KKS




เป็นที่ลุ่มต่ำระหว่างสันทราย (ระหว่าง KK03 และKK04) เกิดจากมีน้ำท่วมขังและมีการสะสมตัวของตะกอนละเอียด พื้นที่ศึกษานี้ได้ทำการเจาะชั้นตะกอนด้วย Gouge Auger ที่ระดับความลึก 0-50 ซม. พบว่าตะกอนมีลักษณะเป็นโคลนหรือดินเคลย์สีเทาอ่อนปะปนด้วยก้อนกรวด และมีสีเหลือง-แดงจากสารละลายจำพวกเหล็กในบางช่วง เนื้อตะกอนแน่น และมีการเกาะตัวกันดีทำให้การขุดเจาะเป็นไปอย่างลำบาก และที่ระดับความลึก 50 ซม. พบเป็นตะกอนเคลย์ (Clay) สีเทาอมฟ้า (Grayish blue) คาดว่าเป็นตะกอนเนื้อละเอียดที่สะสมตัวในทะเล (Marine mud)

- KKF



พื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณฝั่งตะวันตกในป่าพรุควนเคร็ง ตั้งอยู่ระหว่างสันทรายด้านนอก (Outer ridge) และสันทรายด้านใน (Inner ridge) พื้นที่โดยรอบมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่ม มีน้ำขังตลอดเวลา พื้นที่ศึกษานี้ได้ทำการเจาะชั้นตะกอนไปที่ระดับความลึกประมาณ 280 ซม. โดยตะกอนมีหลายลักษณะ คือ ตะกอนเนื้อโคลนสีเทา ปะปนด้วยก้อนกรวด ตะกอนเนื้อโคลนสีเทาอมฟ้า และพบชั้นพีต (Peat) หนาประมาณ 10-15 ซม.

หลุมเก็บตัวอย่าง : KK05		ระดับความลึก : 2 เมตร	
สถานที่ : สันทรายด้านใน (Inner ridge)		พิกัด UTM : 47P 605442 E 893002 N	
วันที่ศึกษา : 14/02/2563			
ตัวอย่าง	ชนิดตะกอน	ความลึก (ซม.)	คำอธิบาย
		0 - 30	ตะกอนทรายละเอียดถึงทรายปานกลาง สีเทาอมเหลือง มีการค้ำขนาดไม่ดี ไม่มีชั้นหน้าดิน
		30-160	ตะกอนทรายละเอียดสีเทาอมน้ำตาล มีการค้ำขนาดไม่ดี
		160-200	ตะกอนทรายละเอียดสีน้ำตาลเข้ม มีเศษตะกอนดินและอิฐ มีชั้นสูง

รูปที่ 5.7 ลำดับชั้นตะกอนของตัวอย่าง KK05

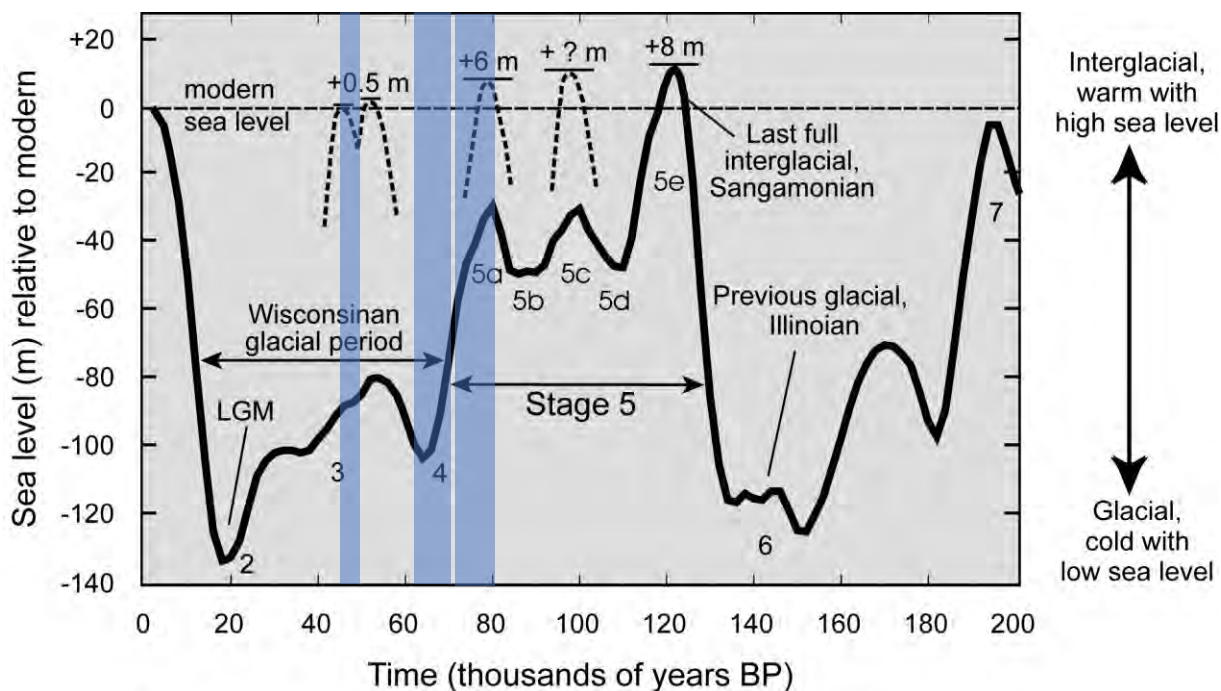
หลุมเก็บตัวอย่าง : KKS		ระดับความลึก : 1.5 เมตร	
สถานที่ : ที่ลุ่มต่ำระหว่างสันทราย (swale)		พิกัด UTM : 47P 606469 E 894008 N	
วันที่ศึกษา : 13/02/2563			
ตัวอย่าง	ชนิดตะกอน	ความลึก (ซม.)	คำอธิบาย
		0 - 50	เคลย์ (Clay) สีเทาอมชมพู (Grayish Pink) ปะปนด้วยก้อนกรวด หน้าดินแห่งนี้มีหญ้าปกคลุมเป็นหย่อมๆ
		50-150	เคลย์ (Clay) สีเทาอมฟ้า (Grayish blue) ปะปนด้วยก้อนกรวดจำนวนมาก มีสีส้มจากการออกซิไดซ์จากเหล็กที่ละลายอยู่ เนื้อตะกอนแน่น

รูปที่ 5.8 ลำดับชั้นตะกอนของตัวอย่าง KKS

หลุมเก็บตัวอย่าง : KKF		ระดับความลึก : 2.8 เมตร	
สถานที่ : ป่าพรุควนเคร็ง		พิกัด UTM : 47P 609340 E 895726 N	
วันที่ศึกษา : 14/02/2563			
ตัวอย่าง	ชนิดตะกอน	ความลึก (ซม.)	คำอธิบาย
		0-10	เคลย์ (Clay) สีเทาเข้ม (Dark gray) พบซากพืชซากสัตว์ทับถมอยู่ และมีน้ำขัง
		10-120	เคลย์ (Clay) สีเทาอ่อน (light Gray) ปะปนด้วยก้อนกรวดเล็กน้อย มีสีส้มจากการออกซิไดซ์จากเหล็กที่ละลายอยู่
		120-220	เคลย์ (Clay) สีเทาอมฟ้า (Grayish blue) เนื้อตะกอนอนมน้ำ
		220-240	ชั้นพีต (Peat) หนา 10 ซม. ถัดจากเคลย์สีเทาอ่อน
		240-280	เคลย์ (Clay) สีเทาอมฟ้า (Grayish blue)

รูปที่ 5.9 ลำดับชั้นตะกอนของตัวอย่าง KKF

จากกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยไพลสโตซีน (Pleistocene) ในช่วง Marine Isotope Stage 5 (MIS5) ของ Martinson et al. (1987) ที่ใช้ค่าออกซิเจนไอโซโทปหาปริมาณของน้ำแข็งทั่วโลกในช่วง 200,000 ปีที่ผ่านมา แสดงในเส้นทึบ และตัวอย่างตะกอนที่เก็บได้ในระดับความสูงต่างๆ บริเวณ Mid-Atlantic region ที่มีการสะสมตัวช่วงอายุ MIS5 แสดงในเส้นประ (รูปที่ 5.10)

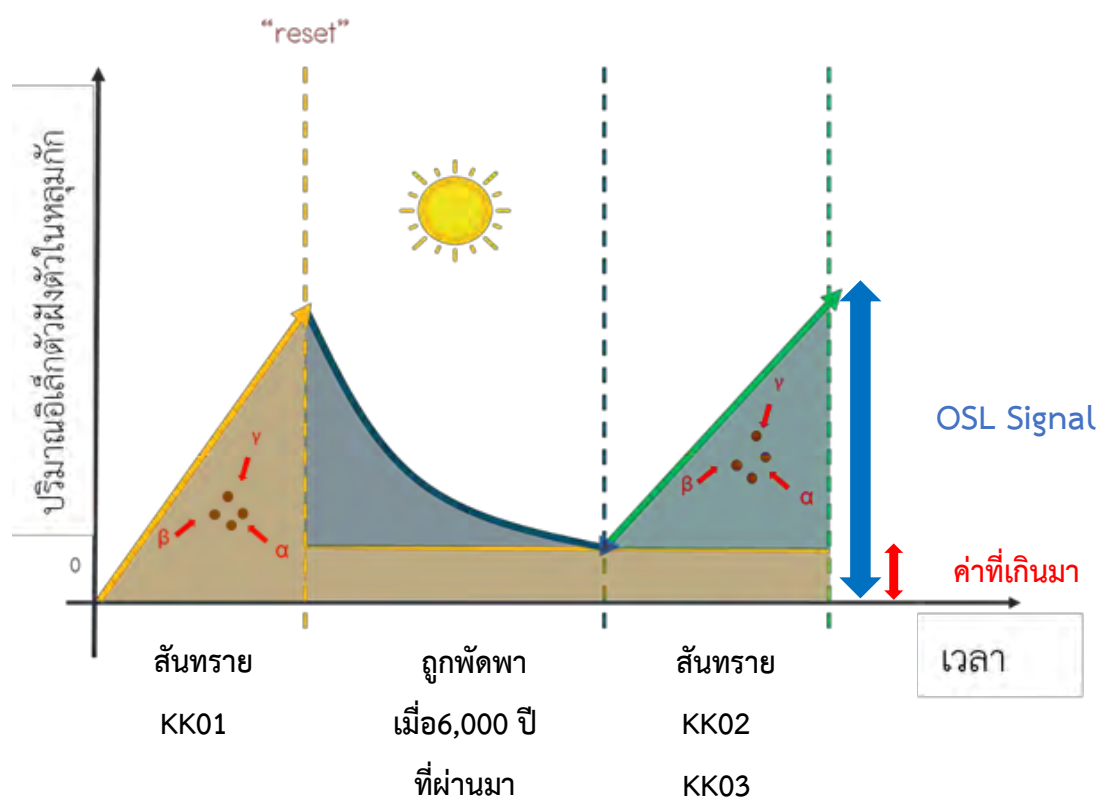


รูปที่ 5.10 จากกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยไพลสโตซีนในช่วง 200,000 ปีที่ผ่านมา (Martinson et al., 1987)

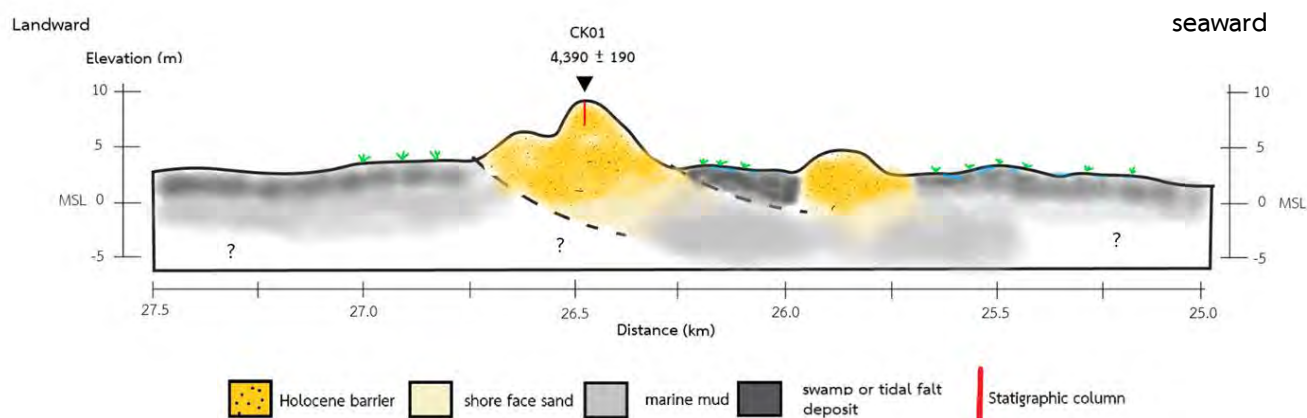
เมื่อเปรียบเทียบอายุของสันทรายด้านในกับกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยไพลสโตซีนในช่วง 200,000ปีที่ผ่านมา ของ Martinson et al. (1987) สามารถตีความได้ดังนี้

- 1.) จากการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL) พบว่า สันทราย KK05 ที่มีอายุมากที่สุดอยู่ในช่วง $76,200 \pm 4,680$ ปีที่ผ่านมา และสันทราย KK04 อายุ $66,780 \pm 4,050$ ปี เกิดในช่วงที่มีระดับน้ำทะเลลดลง (regression) จากระดับน้ำทะเลที่ขึ้นสูงสุดประมาณ 80,000 ปีที่ผ่านมา
- 2.) สันทราย KK01 มีอายุ $47,720 \pm 1,800$ ปี เกิดในช่วงที่ระดับน้ำทะเลลดลง (regression) จากระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดในช่วงประมาณ 50,000 ปีที่ผ่านมา แต่ต่ำกว่าเมื่อ 80,000 ที่ผ่านมา
- 3.) สันทราย KK02 อายุ $23,490 \pm 1,130$ ปี และสันทราย KK03 อายุ $12,600 \pm 650$ ปี พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยไพลสโตซีน จึงตีความได้ว่าเกิดจากการพัดพาตะกอนสันทรายเดิม (Reworked) จากสันทราย KK01 ด้วยระยะการเดินทางสั้นๆ

ในช่วงระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดเมื่อประมาณ 6,000 ปีที่ผ่านมาในสมัยโฮโลซีน (Sinsakul, 2000) ทำให้อิเล็กตรอนในหลุมกักเก็บหลุดออกไปไม่หมด นอกจากนั้นจากการลำดับชั้นตะกอนในสันทราย KK03 มีการเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้งขนาดละเอียดขึ้นไปทางด้านบน (fining upward) และ ในสันทราย KK01 พบเป็นตะกอนละเอียดที่มีสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบ Shoreface โดยตะกอนของสันทรายที่หายไป ค่าอายุของ KK02 และ KK03 จึงมีค่าอายุผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง ดังรูปที่ 5.11





รูปที่ 5.11 แสดงรูปแบบการสะสมตัวของสันทราย KK02 และ KK03 โดยอิเล็กตรอนในหลุมกักเก็บ หลุดออกไม่หมดเนื่องจากได้รับพลังงานไม่มากพอทำให้หาอายุได้มากกว่าความเป็นจริง



รูปที่ 5.12 ภาพตัดขวาง (cross section) ของสันทรายด้านนอก (Outer ridge) โดยมีแกนตั้งเป็นค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย แกนนอนเป็นระยะห่างจากชายฝั่งปัจจุบัน และแสดงจุดที่ทำลำดับชั้นตะกอน

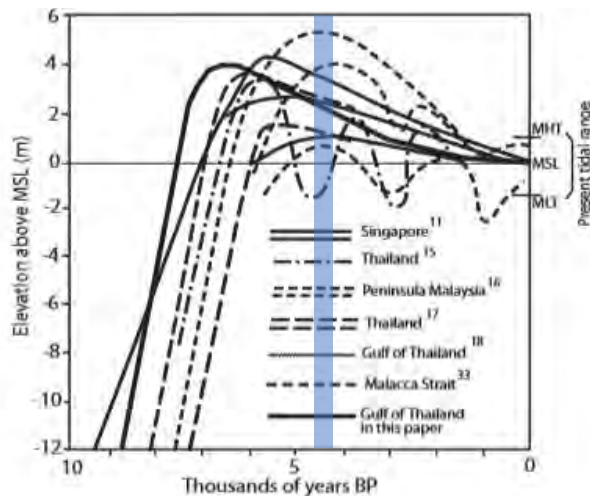
- CK01

เป็นสันทรายด้านนอก (Outer ridge) มีของขนาดเม็ดตะกอนในช่วง 3.035 - 3.150 phi หรือตะกอนขนาดทรายละเอียด พบแร่ไมกาปะปนอยู่มาก บ่งบอกถึงแหล่งของตะกอนที่ต่างจากสันทรายด้านใน ซึ่งไม่พบแร่ไมกาอยู่เลย มีค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วง 0.845 ถึง 0.961 แสดงถึงตะกอนมีการคัดขนาดปานกลาง ข้อมูลการเบี่ยงเบนกราฟแสดงในรูปที่ 4.4 ที่ความลึก 0-100 ซม. กราฟมีความสมมาตรตรงกลาง ที่ความลึก 150 ซม. กราฟเบี่ยงไปทางตะกอนละเอียดเล็กน้อยและ จากผลข้อมูลความแบนของกราฟกราฟแสดงลักษณะแหลมตรงกลางค่อนข้างไปทางตะกอนละเอียดคือ มีตะกอนขนาดทรายละเอียดในปริมาณมากในตัวอย่างนี้ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของตะกอนในแนวตั้ง

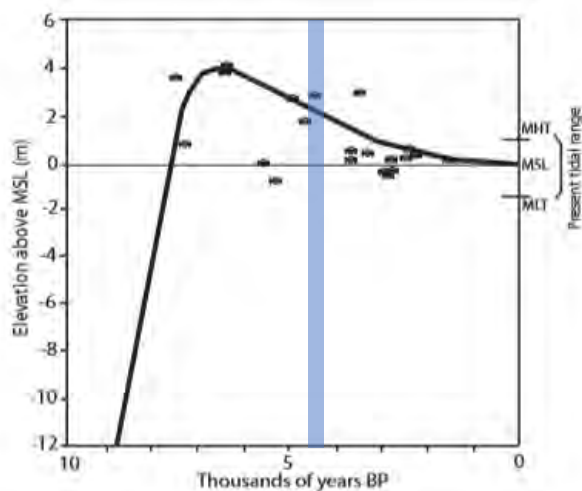
หลุมเก็บตัวอย่าง : CK01		ระดับความลึก : 1.5 เมตร	
สถานที่ : สันทรายด้านนอก (Outer ridge)		พิกัด UTM : 47P 618277 E 899709 N	
วันที่ศึกษา : 14/02/2563			
ตัวอย่าง	ชนิดตะกอน	ความลึก (ซม.)	คำอธิบาย
		0 - 10	ชั้นหน้าดิน หนา 20 ซม. ปกคลุมด้วยหญ้า
		10-80	ตะกอนทรายละเอียดน้ำตาลอมเหลือง มีการคัดขนาดปานกลาง พบแร่ไมกา
		80-150	ตะกอนทรายละเอียดน้ำตาลอ่อนอมเหลือง มีการคัดขนาดปานกลาง พบแร่ไมกา

รูปที่ 5.13 ลำดับชั้นตะกอนของตัวอย่าง CK01

จากกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน (Holocene) ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากงานวิจัยผ่านมาแสดงถึงระดับน้ำทะเลสูง 2.5 ถึง 6 เมตรจากระดับน้ำทะเลปัจจุบัน ในช่วงอายุประมาณ 5,000 -7,000 ปีที่ผ่านมาและลดระดับลงเรื่อย ๆจนถึงปัจจุบัน (Nimnate et al., 2015)



รูปที่ 5.14 จากกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน (Holocene) ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้



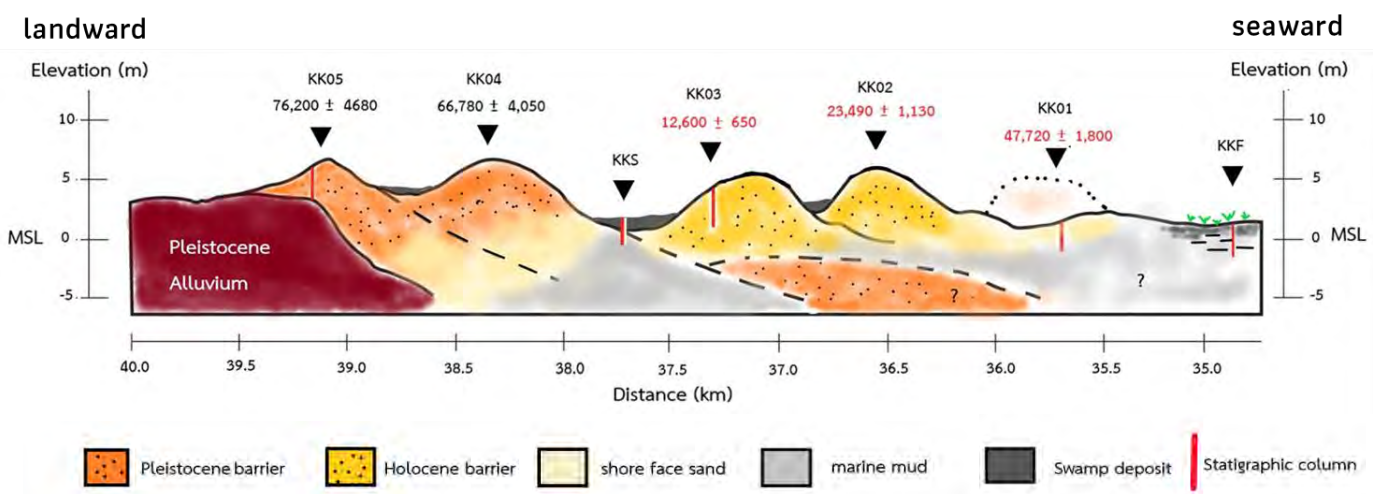
รูปที่ 5.15 จากกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน (Holocene) โดยการหาอายุของสันทรายจากชายฝั่งทะเล จังหวัดชุมพร ด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL) (Nimnate et al., 2015)

จากการเปรียบเทียบอายุของสันทราย CK01 กับกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในสมัยโฮโลซีน สามารถตีความได้ว่าสันทราย CK01 เกิดในจากการลดระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (regression) ในช่วง $4,390 \pm 190$ ปี ที่ผ่านมาจากระดับน้ำทะเลที่ขึ้นสูงสุดในช่วงประมาณ 6,000 ปีที่ผ่านมา

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา (Conclusion)

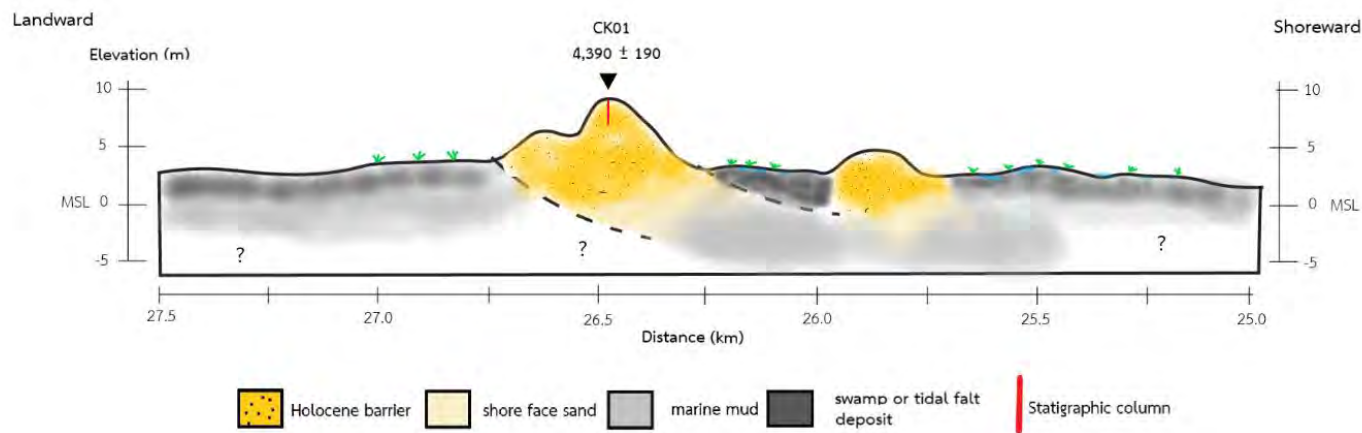
6.1 วิวัฒนาการของสันทรายด้านใน (Inner ridge)



รูปที่ 6.1 ภาพตัดขวาง (cross section) ของสันทรายด้านใน (Inner ridge)

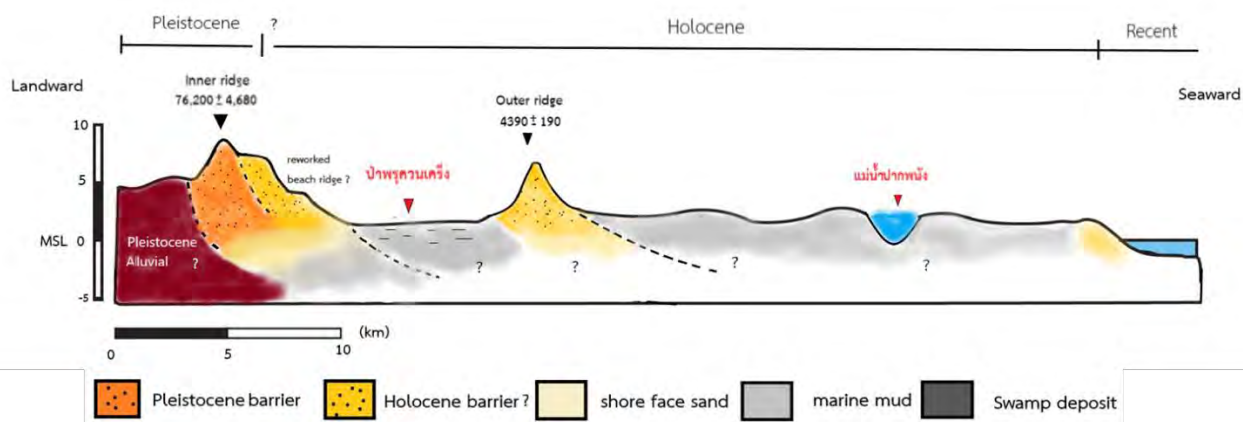
- 1.) สันทราย KK05 และสันทรายKK04 เกิดในช่วงที่ระดับน้ำทะเลลดลง (regression) จากระดับน้ำทะเลที่ขึ้นสูงสุดเมื่อประมาณ 80,000 ปีที่ผ่านมา ในสมัยไพลสโตซีน (Pleistocene)
- 2.) สันทราย KK01 เกิดในช่วงที่ระดับน้ำทะเลลดลง (regression) จากระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดอีกครั้งในช่วงประมาณ 50,000 ปีที่ผ่านมา แต่มีระดับต่ำกว่าเมื่อ 80,000 ที่ผ่านมา ในสมัยไพลสโตซีน (Pleistocene)
- 3.) เกิดการสะสมตัวของตะกอนละเอียดบริเวณฝั่งตะวันออกของสันทราย (ป่าพรุควนเคร็ง) ด้วยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงในสมัยโฮโลซีน
- 4.) สันทราย KK02 และสันทราย KK03 เกิดจากการพัดพาตะกอนสันทรายเดิม (Reworked) จากสันทราย KK01 ในช่วงระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดเมื่อประมาณ 6,000 ปีที่ผ่านมาในสมัยโฮโลซีน
- 5.) ระดับน้ำทะเลลดลงจนถึงระดับปัจจุบัน มีการสะสมตะกอนละเอียดบริเวณที่ราบระหว่างสันทราย (Swale) และป่าพรุควนเคร็ง (Swamp)

6.2 วิวัฒนาการของสันทรายด้านนอก (Outer ridge)



รูปที่ 6.2 ภาพตัดขวาง (cross section) ของสันทรายด้านนอก (Outer ridge)

- 1.) หลังจากระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดเมื่อประมาณ 6,000 ปีที่ผ่านมา ก็มีการลดระดับลงของน้ำทะเลเรื่อยมา จนถึงเมื่อ 4,390±190 ปีก่อน เกิดแนวชายฝั่งใหม่บริเวณสันทราย CK01
- 2.) เวลาต่อมาเกิดสันทรายอีกหนึ่งสัน และเกิดการสะสมตะกอนชายฝั่งจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงพบเป็น ลักษณะที่ราบขนาดใหญ่แผลงทะเล มีแนวตอเนื่องกับหาดทรายเดิม ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,800 ตารางกิโลเมตร
- 3.) ระดับน้ำทะเลลดลงจนถึงระดับปัจจุบัน เกิดการสะสมตะกอนทางน้ำจากแม่น้ำปากพนังและตะกอนทรายชายหาดปัจจุบัน



รูปที่ 6.3 วิวัฒนาการของแนวสันทรายชายฝั่งจากจังหวัดนครศรีธรรมราช

ข้อเสนอแนะ

- 1.) เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีการใช้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมรวมถึงการสร้างถนนทับบนสันทรายเนื่องจากเป็นพื้นที่สูงกว่าบริเวณอื่น ทำให้ในบางจุดไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ตามที่ต้องการ
- 2.) สันทรายแต่ละสันมีระยะห่างประมาณ 500-1,000 เมตร และมีต้นไม้ขึ้นบังเป็นจำนวนมากทำให้ไม่สามารถทำ Topographic profile ด้วยกล้อง Total Station และไม่สามารถวัดค่าระดับความสูงเทียบสันทรายแต่ละสันได้ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัดระดับความสูงด้วยเครื่องมือ GPS
- 3.) การเก็บตัวอย่างสันทรายเพื่อหาอายุ ทำเพียงแนวเดียว (Transect line) ข้อมูลจึงอาจยังมีข้อบกพร่องจากจำนวนข้อมูลที่น้อยเกินไป ควรเก็บตัวอย่างเพิ่มอีกประมาณ 2 แนวจากสันทรายเดียวกัน
- 4.) ข้อเสนอที่ได้ ใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในผลการศึกษานี้ จากการศึกษาตะกอนและหาอายุ แต่ยังขาดข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์หรือ GPR เพื่อได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. (2550). การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยา และทรัพยากรธรณีจังหวัด นครศรีธรรมราช. กรุงเทพมหานคร: โครงการจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี รายจังหวัด
- ธนีสรณ์ พุทธกาล. (2560). การหาอายุอัญมณีจากกำแพงเมืองสงขลาด้วยวิธีเปล่งแสง. โครงการการเรียนการสอนเพื่อ เสริมประสบการณ์, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Aitken, M. J. (1985). Thermoluminescence dating. London, England: Academic Press.
- Blott SJ, Pye K. (2001). GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surf Process Land.* f 26, 1237–48.
- Brill, D., Jankaew, K., & Brückner, H. (2015). Holocene evolution of Phra Thong's beach-ridge plain
- Choowong, M. (2011). Quaternary. In Ridd, et al., *The geology of Thailand.* 335-350. Bangkok
- Folk, R. L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *The Journal of Geology*, 62(4), 344-359.
- Frankel, K. L., Owen, L. A., Dolan, J. F., Knott, J. R., Lifton, Z. M., Finkel, R. C., & Wasklewicz, T. (2016). Timing and rates of Holocene normal faulting along the Black Mountains fault zone, Death Valley, USA. *Lithosphere*, 8(1), 3-22.
- Martinson, D. G., Pisias, N. G., Hays, J. D., Imbrie, J., Moore, T. C., & Shackleton, N. J. (1987). Age dating and the orbital theory of the ice ages: Development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy 1. *Quaternary research*, 27(1), 1-29.
- Nimnate, P., Chutakositkanon, V., Choowong, M., Pailoplee, S., & Phantuwongraj, S. (2015). Evidence of Holocene sea level regression from Chumphon coast of the Gulf of Thailand. *ScienceAsia*, 41(1), 55-63.
- Noonsuk, W. (2013). Kingdom on the beach ridges: a landscape archaeology of Tambralinga in peninsular Siam. *Asian Perspectives*, 268-299.

Powers MC. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles. *J Sediment Petrol.*

Suphawajruksakul, A. (2005). Coastal erosion at the Pak Phanang River Basin Changwat Nakorn Si Thammarat (Doctoral dissertation, Chulalongkorn University).

Surakiatchai, P., Songsangworn, E., Pailoplee, S., Choowong, M., Phantuwongraj, S., Chabangborn, A., & Charusiri, P. (2019). Optically stimulated luminescence dating reveals rate of beach ridge and sand spit depositions from the upper Gulf of Thailand. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 41(5).

Sinsakul, S. (1992). Evidence of quaternary sea level changes in the coastal areas of Thailand: a review. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*

Takashima, I., & Honda, S. (1989). Comparison between KAr and TL dating results of pyroclastic flow deposits in the Aizutajima area, Northeast Japan. *Journal of Geological Society*, 95, 807-816.

ภาคผนวก
(Appendices)

ผลการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงเชิงแสง (OSL)

Sample No.	Grain size (μm)	U (ppm)	U (Error)	Th (ppm)	Th (Error)	K (%)	K (Error)	W (%)	AD (Gy/ka)	AD (Error)	ED (Gy)	ED (Error)	Age (Yr)	Error (Yr)
CK01-01	120.00	1.27	0	4.26	0.03	2.48	0.02	12.12	3.26	0.04	13.10	0.49	4010.00	150.00
CK01-02	120.00	1.27	0	4.26	0.03	2.48	0.02	12.12	3.26	0.04	15.90	0.88	4870.00	270.00
CK01-03	120.00	1.27	0	4.26	0.03	2.48	0.02	12.12	3.26	0.04	17.38	1.03	5320.00	320.00
CK01-04	120.00	1.27	0	4.26	0.03	2.48	0.02	12.12	3.26	0.04	13.47	0.68	4120.00	210.00
CK01-05	120.00	1.27	0	4.26	0.03	2.48	0.02	12.12	3.26	0.04	13.19	0.50	4040.00	160.00
CK01-06	120.00	1.27	0	4.26	0.03	2.48	0.02	12.12	3.26	0.04	12.66	0.50	3870.00	160.00
CK01-07	120.00	1.27	0	4.26	0.03	2.48	0.02	12.12	3.26	0.04	15.80	0.65	4830.00	200.00
Central value														
CK01	120.00	1.27	0	4.26	0.03	2.48	0.02	12.12	3.26	0.04	14.33	0.60	4390.00	190.00

Sample No.	Grain size (μm)	U (ppm)	U (Error)	Th (ppm)	Th (Error)	K (%)	K (Error)	W (%)	AD (Gy/ka)	AD (Error)	ED (Gy)	ED (Error)	Age (Yr)	Error (Yr)
KK01-01	120.00	2.2	0	8.94	0.05	2.08	0.01	11.36	3.41	0.04	163.47	14.06	48000.00	4170.00
KK01-02	120.00	2.2	0	8.94	0.05	2.08	0.01	11.36	3.41	0.04	169.71	13.78	49830.00	4090.00
KK01-03	120.00	2.2	0	8.94	0.05	2.08	0.01	11.36	3.41	0.04	160.82	14.81	47220.00	4390.00
KK01-04	120.00	2.2	0	8.94	0.05	2.08	0.01	11.36	3.41	0.04	156.65	14.01	46000.00	4150.00
KK01-05	120.00	2.2	0	8.94	0.05	2.08	0.01	11.36	3.41	0.04	159.37	13.63	46800.00	4040.00
KK01-06	120.00	2.2	0	8.94	0.05	2.08	0.01	11.36	3.41	0.04	164.17	14.57	48210.00	4320.00
Central value														
KK01	120.00	2.2	0	8.94	0.05	2.08	0.01	11.36	3.41	0.04	162.50	5.80	47720.00	1800.00

Sample No.	Grain size (µm)	U (ppm)	U (Error)	Th (ppm)	Th (Error)	K (%)	K (Error)	W (%)	AD (Gy/ka)	AD (Error)	ED (Gy)	ED (Error)	Age (Yr)	Error (Yr)
KK02-01	120.00	2.25	0	10.52	0.06	1.59	0.01	6.17	3.09	0.05	62.84	5.48	20330.00	1800.00
KK02-02	120.00	2.25	0	10.52	0.06	1.59	0.01	6.17	3.09	0.05	84.21	5.34	27250.00	1780.00
KK02-03	120.00	2.25	0	10.52	0.06	1.59	0.01	6.17	3.09	0.05	82.29	5.89	26620.00	1950.00
KK02-04	120.00	2.25	0	10.52	0.06	1.59	0.01	6.17	3.09	0.05	77.23	5.59	24990.00	1850.00
KK02-05	120.00	2.25	0	10.52	0.06	1.59	0.01	6.17	3.09	0.05	60.53	4.83	19580.00	1590.00
KK02-06	120.00	2.25	0	10.52	0.06	1.59	0.01	6.17	3.09	0.05	62.74	5.07	20300.00	1670.00
KK02-07	120.00	2.25	0	10.52	0.06	1.59	0.01	6.17	3.09	0.05	69.53	5.69	22500.00	1870.00
KK02-08	120.00	2.25	0	10.52	0.06	1.59	0.01	6.17	3.09	0.05	81.38	5.71	26330.00	1890.00
Central value														
KK02	120.00	2.25	0	10.52	0.06	1.59	0.01	6.17	3.09	0.05	72.60	3.30	23490.00	1130.00

Sample No.	Grain size (µm)	U (ppm)	U (Error)	Th (ppm)	Th (Error)	K (%)	K (Error)	W (%)	AD (Gy/ka)	AD (Error)	ED (Gy)	ED (Error)	Age (Yr)	Error (Yr)
KK03-01	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	28.14	1.32	14530.00	720.00
KK03-02	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	23.88	1.17	12330.00	640.00
KK03-03	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	16.67	0.88	8600.00	470.00
KK03-04	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	25.24	1.23	13030.00	670.00
KK03-05	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	22.51	1.13	11620.00	610.00
KK03-06	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	24.89	1.11	12850.00	610.00
KK03-07	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	24.51	1.21	12650.00	660.00
KK03-08	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	19.72	1.14	10180.00	610.00
KK03-09	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	28.44	1.32	14680.00	720.00
KK03-10	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	27.96	1.24	14440.00	680.00
KK03-11	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	29.20	1.35	15080.00	740.00
Central value														
KK03	120.00	1.47	0	5.82	0.03	0.95	0.01	3.25	1.94	0.03	24.40	1.20	12600.00	650.00

Sample No.	Grain size (μm)	U (ppm)	U (Error)	Th (ppm)	Th (Error)	K (%)	K (Error)	W (%)	AD (Gy/ka)	AD (Error)	ED (Gy)	ED (Error)	Age (Yr)	Error (Yr)
KK04-01	120.00	1.74	0	3.44	0.02	0.03	0.01	0.54	0.89	0.03	63.68	5.37	71470.00	6500.00
KK04-02	120.00	1.74	0	3.44	0.02	0.03	0.01	0.54	0.89	0.03	48.43	3.60	54350.00	4440.00
KK04-03	120.00	1.74	0	3.44	0.02	0.03	0.01	0.54	0.89	0.03	68.46	4.49	76840.00	5670.00
KK04-04	120.00	1.74	0	3.44	0.02	0.03	0.01	0.54	0.89	0.03	49.00	3.73	55000.00	4580.00
KK04-05	120.00	1.74	0	3.44	0.02	0.03	0.01	0.54	0.89	0.03	63.59	3.86	71370.00	4960.00
KK04-06	120.00	1.74	0	3.44	0.02	0.03	0.01	0.54	0.89	0.03	58.14	4.12	65260.00	5130.00
KK04-07	120.00	1.74	0	3.44	0.02	0.03	0.01	0.54	0.89	0.03	67.17	4.28	75390.00	5440.00
Central value														
KK04	120.00	1.74	0	3.44	0.02	0.03	0.01	0.54	0.89	0.03	59.50	3.00	66780.00	4050.00

Sample No.	Grain size (μm)	U (ppm)	U (Error)	Th (ppm)	Th (Error)	K (%)	K (Error)	W (%)	AD (Gy/ka)	AD (Error)	ED (Gy)	ED (Error)	Age (Yr)	Error (Yr)
KK05-01	120.00	1.28	0	2.86	0.02	0.03	0	4.04	0.72	0.03	55.76	3.42	76970.00	5700.00
KK05-02	120.00	1.28	0	2.86	0.02	0.03	0	4.04	0.72	0.03	50.46	2.99	69660.00	5040.00
KK05-03	120.00	1.28	0	2.86	0.02	0.03	0	4.04	0.72	0.03	50.91	3.35	70270.00	5460.00
KK05-04	120.00	1.28	0	2.86	0.02	0.03	0	4.04	0.72	0.03	54.81	3.28	75660.00	5510.00
KK05-05	120.00	1.28	0	2.86	0.02	0.03	0	4.04	0.72	0.03	48.79	3.53	67350.00	5620.00
KK05-06	120.00	1.28	0	2.86	0.02	0.03	0	4.04	0.72	0.03	71.28	4.47	98390.00	7400.00
KK05-07	120.00	1.28	0	2.86	0.02	0.03	0	4.04	0.72	0.03	58.90	3.29	81310.00	5660.00
Central value														
KK05	120.00	1.28	0	2.86	0.02	0.03	0	4.04	0.72	0.03	55.20	2.50	76200.00	4680.00

