



โครงการ  
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ลักษณะชั้นตะกอนดินในอ่าวไทย โดยเทคนิคเอกซเรย์เรดิโอกราฟี

Sediment layer characteristics in the Gulf of Thailand by X-ray radiography

ชื่อนิสิต นางสาวพิลาศรัช สิงห์อินทร์

เลขประจำตัว 5832824223

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

ลักษณะชั้นตะกอนดินในอ่าวไทย โดยเทคนิคเอกซเรย์เรดิโอกราฟี

พิลาศรัช สิงห์อินทร์

583 28242 23

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

Sediment layer characteristics in the Gulf of Thailand by X-ray radiography

Pilartrut Sing-in

583 28242 23

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

หัวข้อโครงการ ลักษณะชั้นตะกอนดินในอ่าวไทย โดยเทคนิคเอกซเรย์เรดิโอกราฟี  
โดย นางสาวพิลาศรัช สิงห์อินทร์  
ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. สุจารี บุรีกุล

---

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับ  
โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต ในรายวิชา 2309499  
โครงการวิทยาศาสตร์



.....หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วียกาณจน์)

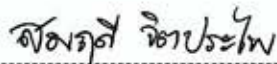
คณะกรรมการสอบโครงการ



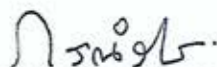
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(อาจารย์ ดร. สุจารี บุรีกุล)



.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมฤดี จิตประไพ)



.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรณ์วี เอี่ยมสมบุรณ์)



Project Title            Sediment layer characteristics in the Gulf of Thailand by X-ray  
                                 radiography  
By                            Miss Pilartrut Sing-in  
Field of Study            Marine Science  
Project Advisor         Asst. Prof. Penjai Sompongchaiyakul, Ph. D.  
Project Co-advisor     Sujaree Bureekul, Ph. D.

---

Accepted by the Department of Marine Science, Faculty of Science,  
Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor's  
Degree.



..... Head of Marine Science Department  
(Assoc. Prof. Voranop Viyakarn, Ph. D.)

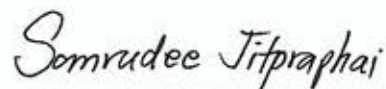
#### PROJECT COMMITTEE



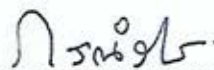
..... Project Advisor  
(Asst. Prof. Penjai Sompongchaiyakul, Ph. D.)



..... Project Co-advisor  
(Sujaree Bureekul, Ph. D.)



..... Member  
(Asst. Prof. Somrudee Jitpraphai, Ph. D.)



..... Member  
(Asst. Prof. Kornrawee Aiemsomboon, Ph. D.)

ชื่อโครงการ	ลักษณะชั้นตะกอนดินในอ่าวไทย โดยเทคนิคเอกซเรย์เรดิโอกราฟี
ชื่อนิติ	นางสาวพิลาศรัช สิงห์อินทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.สุจารี บุรีกุล
ปีการศึกษา	2561
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

### บทคัดย่อ

แท่งตะกอนดิน 20 แท่ง จากอ่าวไทย ซึ่งเก็บตัวอย่างโดยการกดท่อ PVC ลงไปใน box-corer และปิดฝาขนส่งแบบตั้งตรง นำมาศึกษาลักษณะชั้นตะกอนดินด้วยการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่รวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง นำภาพเอกซเรย์มาประมวลผลภาพเพื่อหาสัดส่วนองค์ประกอบขนาดอนุภาคของตะกอนดินจากค่าความแตกต่างของระดับสีของขนาดอนุภาคตะกอนในภาพเอกซเรย์ และศึกษาเปรียบเทียบผลกับการวิเคราะห์องค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดินในตัวอย่างจากระดับความลึกต่าง ๆ ด้วยวิธีการร่อนเปียกและตกตะกอน

ผลการศึกษา ภาพเอกซเรย์แท่งตะกอนดินที่ได้ แสดงลักษณะการตกสะสมของตะกอนแบบสม่ำเสมอ และในแต่ละชั้นความลึกของแท่งตะกอนดินมีลักษณะตะกอนคล้ายคลึงกัน และในบางสถานีพบเปลือกหอยแทรกตัวอยู่ในสถานีที่ 14 22 29 และ 35 ที่ทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนด้วยวิธีการร่อนเปียกและตกตะกอน ลักษณะของดินตะกอนส่วนใหญ่เป็น “ทรายแป้งปนดินเหนียว (clayey silt)” และ “ทรายแป้งปนทราย (sandy silt)” โดยชนิดของขนาดอนุภาคส่วนใหญ่เป็น “ทรายแป้ง” สำหรับการหาสัดส่วนองค์ประกอบขนาดของตะกอนดินจากภาพถ่ายเอกซเรย์ การหาความแตกต่างของระดับสีของขนาดอนุภาคบนภาพถ่ายเอกซเรย์ให้ค่าความแม่นยำเฉพาะขนาดอนุภาคตะกอนที่เป็นชนิดเด่น เนื่องจากตะกอนดินในอ่าวไทยส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยตะกอนดินขนาดละเอียด (เล็กกว่า 63 ไมครอน) และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าในการวิเคราะห์พบว่า ร้อยละของทรายแป้งที่คำนวณจากภาพเอกซเรย์มีค่าสูงกว่า และมีค่าแตกต่างจากค่าวิเคราะห์ด้วยวิธีการร่อนเปียกและตกตะกอนอยู่ในช่วงร้อยละ 10 - 20 โดยค่าข้อมูลที่มีความแตกต่างน้อยกว่าร้อยละ 30 คิดเป็นร้อยละ 70 ของข้อมูลทั้งหมด สำหรับการหาขนาดอนุภาคตะกอนโดยวิธีถ่ายภาพและประมวลผลภาพถ่ายเอกซเรย์จากระดับสี เพื่อการศึกษาชั้นตะกอนดินในอ่าวไทย จำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมคุณภาพการถ่ายภาพและพัฒนาวิธีแยกระดับสีของอนุภาคต่างชนิดกันให้ได้ระดับสีที่เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ ชั้นตะกอนดิน อ่าวไทย การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์

<b>Project Title</b>	Sediment layer characteristics in the Gulf of Thailand by X-ray radiography
<b>Name</b>	Pilartrut Sing-in
<b>Advisor</b>	Assistant Professor Penjai Sompongchaiyakul, Ph.D.
<b>Co-advisor</b>	Sujaree Bureekul, Ph.D.
<b>Academic Year</b>	2018
<b>Department</b>	Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

---

### Abstract

20 sediment cores collected from the Gulf of Thailand by inserted PVC pipe in the box-corer, capped and upright transported. Sediment layer characteristics study was performed by X-ray radiography; a fast and non-destructive sample technique. The X-ray radiographs of the sediment cores were analyzed using image processing to differentiate the color level therein and determine for grain size proportion and composition. As the different grain size affects the gray scale level in the X-ray radiographs. Grain size composition in different sediment layers were then compared with result from a classical wet-sieving and sedimentation method.

X-ray radiographs revealed the similar sedimentation pattern thorough the sediment core. Size composition of sediment grain in different layer of the cores were fairly akin with the insertion of carbonate shells in some stations. At station 14, 22, 29 and 35, where wet-sieving and sedimentation analysis was performed, sediment was mostly characterized as clayey silt, sandy silt and “silt” was a dominant grain. The size proportion study using the X-ray image and image processing gived only specific accuracy on the dominant particle size. As the sediment in the Gulf of Thailand contained mostly fine grain (less than 63 micrometers). In comparison with the actual measurement, X-ray imaging results were deviated from real value in a range of 10 - 20%, and accounted for 70% of all analyzed data. For the further usage, quality control of x-ray radiographs and developing the color scale differentiation method for different grains were necessary to achieve the appropriate color level.

Keyword: Sediment layer, Gulf of Thailand, X-ray radiography

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และ อาจารย์ ดร.สุจารี บุรีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไข การเขียนเล่มโครงการจนเสร็จสมบูรณ์ รวมถึงความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณ Southeast Asia Fisheries Development Center (SEAFDEC) ในการเอื้อเพื่อการ เก็บตัวอย่างในครั้งนี้ และงานบริการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในการเอื้อเพื่อการถ่ายภาพเอกซเรย์แท่งตะกอนดินตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์นเรศร์ จันทน์ขาว อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคุณพนพณ สาวีโรจน์ ที่ให้คำปรึกษาในการใช้เทคนิค X-ray ถ่ายภาพแท่งตะกอนดินและการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพทางวิทยาศาสตร์

ขอขอบคุณ คุณปรีชา เสนสินธุ์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ ทางทะเล ที่คอยช่วยเหลือด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการในการ วิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่าน และขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจ และคอยช่วยเหลือ ให้โครงการครั้งนี้ผ่านไปได้อย่างดี สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัว สำหรับกำลังใจ ความรัก และการสนับสนุนในทุก ๆ ด้านที่มีให้เสมอมา

พิลาศรัช สิงห์อินทร์

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ .....	ก
Abstract.....	ข
กิตติกรรมประกาศ .....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา.....	1
1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	2
1.3. ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1 ตะกอนดิน.....	3
2.1.1 แหล่งที่มาและขนาดอนุภาคตะกอน.....	3
2.1.2 การเคลื่อนที่ การตกตะกอน และการทับถมของตะกอนดิน .....	4
2.2 อ่าวไทย.....	5
2.2.1 ลักษณะทั่วไป .....	5
2.2.2 ลักษณะตะกอนในอ่าวไทย .....	6
2.2.3 อุทกศาสตร์และสมุทรศาสตร์.....	7
2.3 เทคนิค X-ray radiography .....	8
2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายเอกซเรย์.....	8
2.3.2 ข้อดีและข้อจำกัดในการถ่ายภาพด้วยรังสีเพื่อตรวจสอบวัตถุ.....	9
2.4 การนำเทคนิค X-ray radiography ในการศึกษาทางธรณีวิทยา .....	10
2.4.1 การวิเคราะห์ภาพถ่ายเอกซเรย์.....	10
บทที่ 3 วิธีการศึกษา .....	12
3.1 พื้นที่ศึกษา .....	12
3.2 การเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนดินและการเก็บรักษาตัวอย่าง .....	13
3.3 การเตรียมตัวอย่างตะกอนดิน .....	14
3.4 การถ่ายภาพแท่งตะกอนดิน ด้วยวิธี X-ray radiography.....	14
3.5 การวิเคราะห์ตะกอนดิน .....	15

3.5.1 การเตรียมและทำความสะอาดอุปกรณ์ .....	15
3.5.2 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดิน .....	15
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล .....	16
3.6.1 การประมวลผลภาพถ่ายเอกซเรย์ (Image processing) .....	16
3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดอนุภาคตะกอนดิน (Grain Size) .....	16
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล .....	17
4.1 ภาพถ่ายเอกซเรย์แสดงลักษณะชั้นตะกอนดิน .....	17
4.2 องค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดินโดยน้ำหนัก .....	18
4.3 การประมวลผลภาพถ่าย X-ray (Image processing) .....	19
4.4 เปรียบเทียบองค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคตะกอนดินจากการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ .....	25
4.5 องค์ประกอบของอนุภาคทรายแบ่งจากการประมวลผลภาพและข้อมูลเชิงพื้นที่ .....	29
บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	31
5.1 สรุปผลการศึกษา .....	31
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	31
เอกสารอ้างอิง .....	33
ภาคผนวก .....	36

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การแยกขนาดอนุภาคตะกอนของ Wentwort (1992).....	3
2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคตะกอนขนาดต่าง ๆ.....	4
2.3 การไหลเวียนของกระแส น้ำบริเวณอ่าวไทย.....	7
3.1 สถานีเก็บตัวอย่างแท่งดินตะกอนจากอ่าวไทยโดยเรือสำรวจ SEAFDEC-2.....	12
3.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างดินตะกอน แท่งตะกอนดินตัวอย่าง และวิธีการตัดชั้นตะกอนดิน .....	13
3.3 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ รุ่น Evo 300.....	14
3.4 ขั้นตอนการถ่ายภาพด้วยเครื่องมือ X-ray.....	15
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์จุดสีบนภาพถ่าย X-ray.....	16
4.1 ภาพถ่าย X-ray แสดงการแทรกตัวของเปลือกหอยในชั้นตะกอนดิน.....	17
4.2 ภาพถ่าย X-ray แท่งตะกอนดินแสดงการแยกชั้นระหว่างชั้นน้ำและตะกอน.....	18
4.3 ชนิดตะกอนดินตามการจำแนกด้วยไดอะแกรมสามเหลี่ยมของ Shepard (1954).....	19
4.4 การกระจายตัวจุดสีของอนุภาคตะกอนดินในแต่ละความลึกสถานี 14 จากการวิเคราะห์ผลโดยภาพถ่ายเอกซเรย์.....	21
4.5 การกระจายตัวจุดสีของอนุภาคตะกอนดินในแต่ละความลึกสถานี 22 จากการวิเคราะห์ผลโดยภาพถ่ายเอกซเรย์.....	22
4.6 การกระจายตัวจุดสีของอนุภาคตะกอนดินในแต่ละความลึกสถานี 29 จากการวิเคราะห์ผลโดยภาพถ่ายเอกซเรย์.....	23
4.7 การกระจายตัวจุดสีของอนุภาคตะกอนดินในแต่ละความลึกสถานี 35 จากการวิเคราะห์ผลโดยภาพถ่ายเอกซเรย์.....	24
4.8 องค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ในตะกอนดินตามความลึก เปรียบเทียบระหว่างค่าจากการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ สถานี 14 และ สถานี 22.....	27
4.9 องค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ในตะกอนดินตามความลึก เปรียบเทียบระหว่างค่าจากการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ สถานี 29 และ สถานี 35.....	28
4.10 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของอนุภาคขนาดทรายแป้งในตะกอน (ก) จากข้อมูลของ เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และคณะ (2556) และ (ข) จากการวิเคราะห์ภาพ X-ray.....	30

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายเอกซเรย์.....	9
4.1 ความลึกชั้นตะกอนและช่วงระดับสีขององค์ประกอบอนุภาคตะกอนดิน สถานี 14.....	21
4.2 ความลึกชั้นตะกอนและช่วงระดับสีขององค์ประกอบอนุภาคตะกอนดิน สถานี 22.....	22
4.3 ความลึกชั้นตะกอนและช่วงระดับสีขององค์ประกอบอนุภาคตะกอนดิน สถานี 29.....	23
4.4 ความลึกชั้นตะกอนและช่วงระดับสีขององค์ประกอบอนุภาคตะกอนดิน สถานี 35.....	24
4.5 ค่าช่วงระดับสีสำหรับใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินจากภาพถ่าย X-ray.....	26
4.6 องค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคตะกอนดินจากค่าการวิเคราะห์ (Lab) และจากการประมวลผลภาพถ่าย (Image).....	26
4.7 องค์ประกอบของอนุภาคทรายแบ่งจากการประมวลผลภาพ และอ้างอิงจากผลการศึกษาของ เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และคณะ (2556).....	29



## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1. ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา

ตะกอนดิน (sediment) พื้นที่ท้องทะเลเกิดจากการทับถมของตะกอนที่ถูกพามาสู่ทะเล ลักษณะของชั้นตะกอนดินแต่ละบริเวณนั้นอาจเหมือนหรือแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะของชั้นตะกอนดินอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น วัตถุประสงค์กำเนิด สภาพภูมิประเทศ และช่วงเวลา เป็นต้น (สำนักสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2557) หรือมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การสร้างเขื่อนทางต้นน้ำ ซึ่งทำให้คงเหลือเพียงตะกอนดินขนาดเล็กที่ไหลลงสู่ทะเล และการดูตทรายที่ทำให้ตะกอนพื้นที่ท้องน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงและสะสมตัวใหม่ (ธวัชชัย เทพสุวรรณ และวิเชียร อินตะเสน, 2543) เป็นต้น

แท่งตะกอนดิน (sediment core) เป็นตัวอย่างตะกอนดินที่เกิดจากการทับถมกันตามระดับความลึก ถูกเก็บขึ้นมาเพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของตะกอนดินในแนวตั้ง ซึ่งทำให้สามารถศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างของชั้นตะกอนดินตามลำดับการตกตะกอนได้ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแท่งตะกอนดิน นับเป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับพื้นดินใต้ทะเล ประวัติการสะสมตัวของตะกอนดิน และการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้น ๆ ข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้ถูกนำไปใช้ในงานวิจัยรวมถึงการศึกษาที่หลากหลาย เช่น โครงสร้างของพื้นทะเล การสำรวจแหล่งน้ำมัน การสำรวจเพื่อวางสายเคเบิลและท่อใต้พื้นทะเล และการประเมินและควบคุมมลพิษ เป็นต้น (Rothwell and Rack, 2006) ในอดีตการได้มาของข้อมูลจากการศึกษาแท่งตะกอนดิน เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงสภาพแวดล้อมของพื้นดินใต้ทะเล ลักษณะการสะสมตัวของชั้นตะกอนดิน และชนิดของตะกอนดินในแต่ละบริเวณนั้น ทำได้ยากและใช้เวลานาน การศึกษาโดยวิเคราะห์จากภาพถ่ายที่ได้จากการเอกซเรย์แท่งตะกอนดิน เป็นอีกวิธีหนึ่งที่รวดเร็ว ไม่รบกวนตะกอนดินที่อยู่ภายในแท่ง อีกทั้งแท่งตะกอนดินตัวอย่างไม่ถูกทำลาย และภาพที่ได้แสดงให้เห็นถึงลักษณะโครงสร้างการสะสมตัวของชั้นตะกอนดิน (Wentworth, 1922)

สำหรับอ่าวไทย มีลักษณะภูมิศาสตร์ของพื้นที่ท้องทะเลเป็นแอ่งกระทะ มีแม่น้ำสายหลักหลายสายที่ไหลลงอ่าว เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำเพชรบุรี แม่น้ำปากพนัง แม่น้ำตาปี แม่น้ำทะเลสาบสงขลา และแม่น้ำปัตตานี เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีแม่น้ำสายสั้น ๆ ที่ไหลลงสู่อ่าวอีกหลายสาย (Robinson, 1974 อ้างถึงใน ปราโมทย์ โสจิศุภกร และคณะ, 2546) ทำให้บริเวณอ่าวไทยเป็นแอ่งรองรับตะกอนจากแม่น้ำ พื้นที่รอบอ่าวไทยและในอ่าวไทยมีการใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายในกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาประเทศ เช่น การสร้างท่าเรือน้ำลึก การวางแท่นขุดเจาะและแนวท่อส่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ การวางสายเคเบิลใต้น้ำ และการขุดลอกร่องน้ำเดินเรือ เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้มีประโยชน์อาจส่งผลกระทบต่อด้านสภาพแวดล้อมทางทะเลและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการตกตะกอนของตะกอนดินได้

งานวิจัยนี้ ศึกษาลักษณะชั้นตะกอนดินในอ่าวไทย จากภาพถ่ายเอกซเรย์แท่งตะกอนดิน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ตัวอย่างแบบไม่ทำลายตัวอย่าง และเปรียบเทียบการศึกษาสัดส่วนองค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดินซึ่งเป็นการวิเคราะห์ตัวอย่างแบบที่ต้องทำลายตัวอย่าง กับการวิเคราะห์จากภาพถ่ายเอกซเรย์ หากการวิเคราะห์ภาพถ่ายเอกซเรย์แท่งตะกอนดิน สามารถบ่งชี้ความแตกต่างของชั้นตะกอนดินในอ่าวไทยได้ ในอนาคตการศึกษาลักษณะชั้นตะกอนดินก็จะสามารถทำได้โดยไม่ทำลายตัวอย่างซึ่งมีปริมาณจำกัด

## 1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาลักษณะชั้นตะกอนดินในอ่าวไทย โดยวิธี X-ray radiography
2. วิเคราะห์ภาพเอกซเรย์เปรียบเทียบกับสัดส่วนองค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดิน

## 1.3. ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาลักษณะการสะสมตัวของชั้น ตะกอนดินที่เก็บตัวอย่างจากอ่าวไทย โดยเทคนิค X-ray radiography วิเคราะห์สัดส่วนองค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดินโดยวิธีร่อนเปียกและตกตะกอน และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากภาพเอกซเรย์กับสัดส่วนองค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดิน

## 1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หากการวิเคราะห์ภาพถ่ายเอกซเรย์แท่งตะกอนดิน สามารถบ่งชี้ความแตกต่างของชั้นตะกอนดินในตัวอย่างที่เก็บจากอ่าวไทยได้ ในอนาคตการศึกษาลักษณะชั้นตะกอนดินก็จะสามารถทำได้รวดเร็ว อีกทั้งตัวอย่างไม่ถูกทำลาย ตัวอย่างซึ่งมีอยู่ในปริมาณจำกัดก็จะสามารถนำไปใช้เพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยอื่นๆ ได้

## บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ตะกอนดิน

ตะกอนดิน (Sediment) เป็นอนินทรีย์หรืออินทรีย์วัตถุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการพังทลายของหินหรือดินต้นกำเนิด ถูกพัดพาให้เคลื่อนที่ แขนวลอยหรือตกตะกอน โดยลม น้ำ หรือธารน้ำแข็ง (Plummer et al., 1937)

#### 2.1.1 แหล่งที่มาและขนาดอนุภาคตะกอน

ตะกอนดินในทะเลมีแหล่งที่มาทั้งจากแผ่นดิน และเกิดขึ้นในทะเลจากการตกตะกอน หรือเกิดจากสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างแข็ง เช่น เปลือกหอย ก้อนปะการัง เป็นต้น (Plummer et al., 1937)

ดินตะกอนประกอบไปด้วยอนุภาคขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่หยาบจนถึงละเอียด โดยทั่วไปการจำแนกอนุภาคตะกอนมักใช้ Wentworth (1922) ในการจำแนก ดังรูป

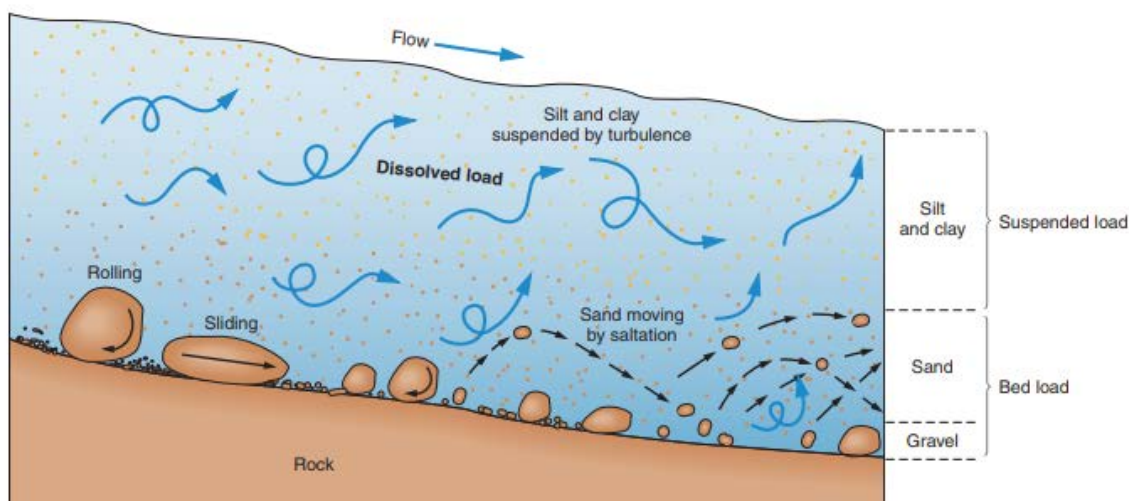
THE GRADE TERMS		
The Pieces	The Aggregate	The Indurated Rock
Bowlder 256 mm.	Bowlder gravel	Bowlder conglomerate
Cobble 64 mm.	Cobble gravel	Cobble conglomerate
Pebble 4 mm.	Pebble gravel	Pebble conglomerate
Granule 2 mm.	Granule gravel	Granule conglomerate
Very coarse sand grain 1 mm.	Very coarse sand	Very coarse sandstone
Coarse sand grain 1/2 mm.	Coarse sand	Coarse sandstone
Medium sand grain 1/4 mm.	Medium sand	Medium sandstone
Fine sand grain 1/8 mm.	Fine sand	Fine sandstone
Very fine sand grain 1/16 mm.	Very fine sand	Very fine sandstone
Silt particle 1/256 mm.	Silt	Siltstone
Clay particle	Clay	Claystone

รูปที่ 2.1 การแยกขนาดอนุภาคตะกอนของ Wentworth (1992)

ตะกอนแต่ละชนิดจะมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณสัดส่วนของขนาดอนุภาค 3 กลุ่ม คือทราย(Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) โดยอนุภาคทราย มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 63 ไมโครเมตร (>1/16 มิลลิเมตร) อนุภาคทรายแป้ง มีขนาด 1/16 – 1/256 มิลลิเมตร เกิดจากการผุพังของหินและแร่ ถูกพัดพามาสู่ทะเลและถูกคลื่นหรือกระแสน้ำพัดไปมาเกิดการกัดกร่อนจนกลายเป็นเม็ดทรายขนาดเล็ก และดินเหนียว มีขนาดเล็กกว่า 1/256 มิลลิเมตร เกิดจากการสลายตัวของแร่ปฐมภูมิ กลายเป็นแร่ชนิดใหม่ โดยทั้งอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวจัดเป็นอนุภาคขนาดละเอียด มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 63 ไมโครเมตร (Wentworth, 1992)

## 2.1.2 การเคลื่อนที่ การตกตะกอน และการทับถมของตะกอนดิน

รูปแบบการเคลื่อนที่ของตะกอนดิน เริ่มต้นจากแหล่งกำเนิดตะกอนดินถูกกระทำด้วยกระบวนการทางธรณีเคมีหรือถูกกัดเซาะ ด้วยคลื่น แม่น้ำ น้ำฝน กลายเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่สามารถถูกพัดพามาตามแม่น้ำได้ ความเร็วของกระแสน้ำและขนาดของอนุภาคตะกอนดินมีผลต่อการเคลื่อนที่ ตกตะกอน และการทับถมกันของตะกอนดิน ความเร็วของกระแสน้ำจะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปแบบของพื้นที่ (Earle, 2015) อนุภาคตะกอนดินแต่ละชนิดจะมีการเคลื่อนที่ในลักษณะที่ต่างกัน ก้อนกรวดเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ มีลักษณะการเคลื่อนที่ไปตามพื้นท้องน้ำหรือผิวดิน โดยการกลิ้งหรือไถล เศษหินหรือทรายที่มีขนาดเล็กเคลื่อนที่ไปตามผิวดินเป็นช่วง ๆ ไม่ต่อเนื่อง เหมือนกับการกระโดด ส่วนทรายแป้งและดินเหนียวเป็นอนุภาคขนาดเล็ก จะแขวนลอยอยู่ในมวลน้ำ ถูกพัดพาไปโดยกระแสน้ำที่มีลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ระยะทางที่อนุภาคตะกอนดินเคลื่อนที่ไป อนุภาคขนาดเล็กจะถูกพัดพาไปได้ไกลกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำที่พัดพาไป (The Open University, 1999)



รูปที่ 2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคตะกอนขนาดต่าง ๆ (ที่มา: Plummer et al., 1937)

การตกตะกอนและการทับถมของตะกอนดิน ตะกอนที่ทับถมในทะเลอาจใช้บอกถึงความเป็นมาของสภาพแวดล้อมในอดีตได้ ซึ่งชั้นตะกอนแต่ละสภาพแวดล้อมจะมีความแตกต่างกัน ตะกอนดินแต่ละชนิดมีอัตราการตกตะกอนที่ต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดและรูปแบบของพื้นที่ เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อความเร็วของกระแสน้ำ การตกตะกอนและการทับถมเกิดขึ้นเมื่อพลังงานของกระแสน้ำในการนำพาตะกอนมาลดลง อนุภาคตะกอนดินที่ถูกพามาจะค่อย ๆ ตกทับถมกัน โดยอนุภาคตะกอนขนาดใหญ่ (กรวด ทราย) มีการตกตะกอนก่อน ส่วนอนุภาคขนาดเล็ก (ทรายแป้ง ดินเหนียว) จะมีการตกตะกอนในภายหลัง ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วของกระแสน้ำอีกประการหนึ่ง คือ ขนาดของอนุภาคตะกอน อนุภาคขนาดใหญ่สามารถชะลอความเร็วของกระแสน้ำได้มากกว่าอนุภาคขนาดเล็ก เนื่องจากไปขัดขวางการไหลของกระแสน้ำ หากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคตะกอนกับความน่าจะเป็นที่อนุภาคตะกอนจะถูกกัดเซาะ พบว่า อนุภาคตะกอนขนาด

เล็กมีโอกาที่จะถูกกัดเซาะได้น้อยกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ความเร็วของกระแสน้ำจะต้องสูง เนื่องจากสามารถยึดเกาะกันได้ดี ส่งผลให้การทับถมของอนุภาคตะกอนขนาดเล็กทับถมกันได้นานกว่าอนุภาคตะกอนขนาดใหญ่ (Earle, 2015)

การทับถมของอนุภาคตะกอนดินในทะเล (สง่า ตั้งชวาล, 2555) แบ่งตามเขตออกเป็น 3 แบบ คือ

- 1) การทับถมของตะกอนในบริเวณชายทะเลและเขตทะเลน้ำตื้น โดยมีขนาดอนุภาคอาทิเช่น กรวด ทราย โคลน ซึ่งเป็นตะกอนที่มาจากแผ่นดิน มีการทับถมและปรับเรียงตัวไปตามขนาดของตะกอนจากชั้นหนึ่งไปยังอีกชั้นหนึ่ง
- 2) การทับถมของตะกอนในทะเลลึกปานกลาง ในบริเวณนี้ตะกอนที่ทับถมอยู่เรียกว่า ตะกอนบาธิอัล (Bathyal sediment) ซึ่งประกอบด้วยตะกอนชนิดเม็ดเล็กละเอียดทั้งที่มาจากแผ่นดินและที่เกิดในทะเล อาจมีชั้นของหินทรายขนาดเม็ดปานกลางและหินทรายเม็ดละเอียดสลับกัน
- 3) การทับถมของตะกอนในทะเลลึก ตะกอนที่ทับถมในบริเวณนี้มี 2 ประเภท คือ ตะกอนที่ประกอบด้วยเปลือกหรือส่วนแข็งของสิ่งมีชีวิตที่เรียกว่า อูซ (Ooze) กับดินเหนียวเม็ดละเอียด

## 2.2 อ่าวไทย

### 2.2.1 ลักษณะทั่วไป

อ่าวไทย เป็นส่วนในสุดของมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก เชื่อมต่อมาจากด้าน ตะวันตกของทะเลจีนใต้ มีลักษณะเป็นอ่าวกึ่งปิด ที่ล้อมรอบด้วยชายฝั่งทะเลของคาบสมุทรมาลายู และแผ่นดินของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีช่องเปิดทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ระหว่างแนวเชื่อมต่อระหว่างปลายแหลมญวน ประเทศเวียดนาม และเมืองโกตาบารู ประเทศมาเลเซีย ลักษณะภูมิสัณฐานของพื้นที่ท้องทะเลมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ ความลึกเฉลี่ยประมาณ 44 เมตร โดยบริเวณใจกลางของอ่าวเป็นส่วนที่ลึกที่สุดประมาณ 86 เมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) ก้นทะเลเคยเป็นที่ราบใล่งน้ำมาก่อน บนก้นทะเลจะมีร่องน้ำโบราณที่ต่อกับแม่น้ำในปัจจุบัน เช่น แม่น้ำ แม่กลอง แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำจันทบุรี ร่องน้ำชุมพร ร่องน้ำหลังสวน ร่องน้ำสงขลา เป็นต้น ที่ก้นอ่าวมีแม่น้ำสำคัญ 4 สาย ไหลลงสู่อ่าว คือ แม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยา และบางปะกง ฝั่งซ้ายและขวาของอ่าวไทยมีแม่น้ำสายสั้น ๆ ที่ไหลลงสู่อ่าว (Robinson, 1974 อ้างถึงใน ปราโมทย์ โคจิศุภกร และคณะ, 2546) ทำให้อ่าวไทยเป็นแอ่งรองรับตะกอนจากแม่น้ำที่ไหลลงสู่อ่าว กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ได้แบ่งอ่าวไทยออกเป็น 3 ส่วน คือ อ่าวไทยตอนใน หรืออ่าวไทยรูปตัว “ก” มีแนวเส้นโค้งตั้งแต่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ถึงแหลมสมสสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เป็นขอบเขตด้านใต้ อ่าวไทยตอนกลาง มีเขตตั้งแต่แนวเส้นโค้งอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์-แหลมสมสสาร ลงไปทางใต้จนถึงแนวเส้นโค้งจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี ไปจนถึงขอบฝั่งด้านตะวันออก และอ่าวไทยตอนล่าง คือ บริเวณแนวเส้นโค้งจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี ไปจนถึงขอบฝั่งทางตะวันออกลงไปทางใต้ (กรมทรัพยากรธรณี, 2555)

## 2.2.2 ลักษณะตะกอนในอ่าวไทย

อ่าวไทยตอนใน ลักษณะของตะกอนที่ผิวพื้นทะเล ร้อยละ 60 ประกอบด้วยตะกอนโคลนทะเลปนด้วยเศษเปลือกหอย ดินตะกอนมีสีเทาอมเขียว เขียวเทา เทา ดำ น้ำตาลและน้ำตาลเข้ม ร้อยละ 20 เป็นตะกอนโคลนปนทรายละเอียดสีเทาอมเขียว เขียวเทา มีเศษเปลือกหอยปน และร้อยละ 0 - 30 เป็นทรายนปนโคลนทะเลและตะกอนทราย พบสะสมบริเวณชายฝั่งและรอบเกาะต่าง ๆ (กรมทรัพยากรธรณี, 2555)

อ่าวไทยตอนนอกหรืออ่าวไทยตอนล่าง ตะกอนที่พื้นท้องทะเลกลางอ่าวไทยเป็นโคลนปนทรายหรือโคลน แต่พื้นทะเลของอ่าวไทยฝั่งตะวันตกจะไม่ใช่เนื้อเดียวกัน โดยพบตะกอนพื้นทะเลเป็นโคลน โคลนปนทราย โคลนปนทรายซีเปีย ทรายนปนโคลน และทราย กระจายเป็นแห่ง ๆ ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากแม่น้ำสายสั้น ๆ และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นอิทธิพลที่มาจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรมบริเวณชายฝั่ง อุตสาหกรรมการขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ และกิจกรรมเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลที่มีอยู่ตลอดชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ฝั่งตะวันออก (กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, 2538 อ้างถึงใน ปราโมทย์ ไชยสุภกร และคณะ, 2546)

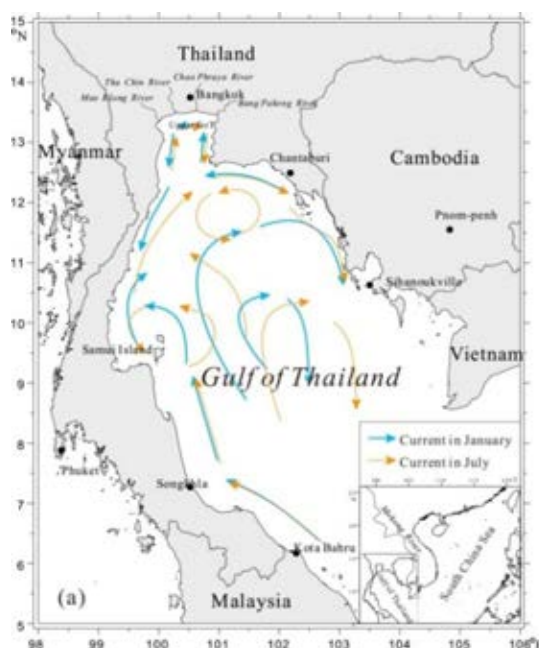
อ่าวไทยตอนล่าง เฉพาะที่เป็นอาณาเขตของประเทศไทย (กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, 2538 อ้างถึงใน ปราโมทย์ ไชยสุภกร และคณะ, 2546) แบ่งได้เป็น 3 เขต คือ

- 1) อ่าวไทยฝั่งตะวันตก ตะกอนพื้นทะเลตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ถึงจังหวัดนครศรีธรรมราช มีลักษณะเป็นตะกอนโคลน แต่ในพื้นที่ชายฝั่งของจังหวัดสงขลาถึงจังหวัดนราธิวาสเป็นตะกอนโคลนปนทราย และบริเวณอื่นเป็นทรายนปนโคลนและเปลือกหอย
- 2) อ่าวไทยฝั่งตะวันออก ลักษณะของพื้นท้องทะเลโดยทั่วไปเป็นโคลนปนทราย ส่วนบริเวณท่าฝั้งและปากแม่น้ำ เป็นโคลน ลักษณะชั้นตะกอนที่ผิวหน้าเป็นตะกอนทรายละเอียดผสมโคลนสีน้ำตาลเช่นเดียวกับอ่าวไทยตอนบน ส่วนชั้นตะกอนใต้ลงไปเป็นโคลนปนเปลือกหอยละเอียด
- 3) บริเวณกลางอ่าวไทย ลักษณะพื้นที่เป็นแอ่ง ตะกอนพื้นท้องทะเลร้อยละ 50 เป็นโคลน และบางแห่งเป็นเลน (silt) และโคลนปนทราย

จากการศึกษาของ เบญจวรรณ (2557) ดินตะกอนในอ่าวไทยตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง มีองค์ประกอบขนาดอนุภาคคล้ายคลึงกัน แต่ดินตะกอนในอ่าวไทยตอนบนจะมีขนาดอนุภาคละเอียดมากกว่า ตอนกลางและตอนล่าง โดยส่วนใหญ่จะเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) และทรายแป้งปนดินเหนียว (clayey silt) ซึ่งบริเวณใกล้ปากแม่น้ำจะมีอนุภาคดินตะกอนขนาดละเอียดกว่า 63 ไมโครเมตร ในปริมาณสูง สำหรับอ่าวไทยตอนกลางแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มที่ดินตะกอนมีขนาดค่อนข้างหยาบ (clayey sand, silty sand และ sand) และกลุ่มที่ดินตะกอนมีขนาดเล็ก (silty clay และ sand silt clay) ส่วนอ่าวไทยตอนล่างเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) และประเภทที่มีทั้งสามขนาดพอ ๆ กัน (sand silt clay) เป็นส่วนใหญ่

### 2.2.3 อุทกศาสตร์และสมุทรศาสตร์

การเคลื่อนตัวของมวลน้ำภายในอ่าวไทย มาจากมวลของน้ำในทะเลจีนใต้ มหาสมุทรแปซิฟิก ที่ไหลขึ้น - ลง หรือหมุนเวียนไปตามอิทธิพลของลมมรสุมในฤดูต่าง ๆ สภาพภูมิอากาศในอ่าวไทยอยู่ในอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม - กันยายน) และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคม - กุมภาพันธ์) กระแสน้ำผิวหน้าที่ไหลขนานกับชายฝั่งทะเล เกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมทั้งสองจะมีความเร็วต่างกัน (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) ตั้งแต่เดือนมกราคม - กันยายน ตอนล่างของอ่าวไทยจะมีกระแสน้ำไหลเข้า และไหลออกบริเวณตอนบน รูปแบบการไหลของกระแสน้ำในเดือนมกราคม จะหมุนตามเข็มนาฬิกา บริเวณกลางอ่าว และหมุนวนทวนเข็มนาฬิกาบริเวณอ่าวไทยตอนบน ส่วนช่วงเดือนมิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม เกิดกระแสน้ำวนและแรงขึ้น กระแสน้ำไหลมาจากอ่าวไทยตอนล่าง แยกไปทางทิศตะวันตกและตะวันออกเฉียงเหนือ เกิดกระแสน้ำหมุนวนเข็มนาฬิกาบริเวณเกาะสมุย และบริเวณอ่าวไทยตอนบนหมุนตามเข็มนาฬิกา (Buranapratheprat and Bunpapong, 1998) ลมมรสุมมีผลต่อการเกิดคลื่นบริเวณอ่าวไทยในทิศทางที่ลมพัดผ่าน กล่าวคือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่กว่าปกติในบริเวณอ่าวไทยด้านตะวันตก ส่วนลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่กว่าปกติในบริเวณอ่าวไทยด้านตะวันออกเฉียงเหนือ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้น - ลง (tide) ประจำวัน ตั้งแต่อำเภอสตูลถึงจังหวัดชลบุรี ถึงอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เป็นแบบน้ำเตี้ย (Diurnal) คือ น้ำขึ้น 1 ครั้งและน้ำลง 1 ครั้งต่อวัน สำหรับค่าผลต่างระหว่างความสูงช่วงน้ำขึ้นเต็มที่กับน้ำลงเต็มที่ เรียกว่า เรนจ์น้ำ (tidal range) บริเวณอ่าวไทยตะวันออกเฉียงเหนือ อยู่ระหว่าง 1 - 0.8 เมตร ทั้งชนิดและเรนจ์ของน้ำขึ้น - ลง มีผลต่อการสะสมตะกอน และทำให้เกิดลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งที่แตกต่างกัน (กรมทรัพยากรธรณี, 2555)



รูปที่ 2.3 การไหลเวียนของกระแสน้ำบริเวณอ่าวไทย (ที่มา: ดัดแปลงจาก Buranapratheprat and Bunpapong, 1998 อ้างถึงใน Lui et al., 2018)

## 2.3 เทคนิค X-ray radiography

การถ่ายภาพด้วยรังสีหรือราดิโอกราฟี (Radiography) เป็นวิธีตรวจสอบวัตถุโดยไม่ทำลาย อาศัยความสามารถในการทะลุทะลวงผ่านวัสดุของรังสีบางชนิด ได้แก่รังสีเอกซ์ รังสีแกมมาและนิวตรอน สำหรับการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ อาศัยความสามารถของรังสีเอกซ์ในการทะลุผ่านวัสดุ เมื่อรังสีทะลุผ่านชิ้นงานจะไปทำปฏิกิริยากับฟิล์มทำให้เกิดจุดสีดำที่ปรากฏให้เห็นบนฟิล์มภายหลังการล้างฟิล์มแล้ว โดยจำนวนจุดสีดำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านชิ้นงาน ในชิ้นงานที่เป็นวัสดุชนิดเดียว ส่วนที่มีความหนามากกว่า รังสีจะทะลุผ่านได้น้อยกว่า ทำให้ปริมาณรังสีที่ตกกระทบฟิล์มมีค่าต่ำลง ทำให้จุดดำในฟิล์มจางลง ในทางกลับกันในบริเวณที่บางกว่ารังสีจะทะลุผ่านและตกกระทบบนฟิล์มได้มากกว่าทำให้มีจุดสีดำเข้ม (นเรศร์ จันทน์ขาว, 2548) ปัจจุบันมีการนำ Imaging Plate มาใช้เป็นแผ่นรองรับการตกกระทบของรังสีเอกซ์แทนแผ่นฟิล์ม ซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในบันทึกภาพคล้ายกับแผ่นฟิล์ม โดย Imaging Plate ทำจากวัสดุเรืองแสงที่สามารถเก็บพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ได้รับเอาไว้ เมื่อนำไปสแกนด้วยแสงเลเซอร์จะเกิดการคายพลังงานโดยการเรืองแสงออกมา และแสดงผลเป็นภาพบนคอมพิวเตอร์ สำหรับเทคโนโลยีของสารเรืองแสงนี้ มีการประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์ครั้งแรก ในงานด้านรังสีวินิจฉัยโดยใช้เป็นแผ่นรองรับการตกกระทบของรังสีเอกซ์แทนแผ่นฟิล์ม จากนั้นได้มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างหลากหลายในงานด้านอื่น เช่น ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นต้น (สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย, 2556)

### 2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายเอกซเรย์

คุณภาพและรายละเอียดของภาพถ่ายเอกซเรย์มีความสำคัญต่อการนำมาใช้วิเคราะห์และประมวลผล ดังนั้นความชัดเจนของภาพ และความสามารถในจำแนกความแตกต่างของชิ้นวัสดุ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้งานภาพ โดยเฉพาะในการศึกษาองค์ประกอบ (ขนาดของตะกอนและแร่ชนิดต่าง ๆ) ของตะกอนดิน คุณภาพของภาพถ่ายเอกซเรย์จะขึ้นอยู่กับ การดูดซับของรังสีเอกซ์ เนื่องมาจากความหนาแน่น ความหนาบางของชิ้นงานที่ส่งผลต่อปริมาณรังสีเอกซ์ที่ไปตกกระทบบนฉากรับรังสี (Baker and Friedman 1969; Patchen 1968 อ้างถึงใน Rothwell and Rank, 2006) นอกจากนี้ระยะห่างระหว่างชิ้นงานและเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายด้วยเช่นกัน โดยระยะห่างที่เหมาะสมควรอยู่ที่ประมาณ 1 เมตร (Bouma, 1964) ทั้งนี้ขนาดและองค์ประกอบของตัวอย่าง และประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายเอกซเรย์ และจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพและควบคุมเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ให้มีความสอดคล้องกันตลอดทั้งการทดลอง (Hamblin, 1962) ในตาราง 2.1 แสดงปัจจัยและผลต่อภาพที่ส่งผลต่อการควบคุมคุณภาพของภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์



ตารางที่ 2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายเอกซเรย์ (นเรศร์ จันทน์ขาว, 2548)

ปัจจัย	ผลต่อภาพ/การถ่ายภาพ
1. การจัดต้นกำเนิดรังสี ชี้นงาน และฟิล์ม	
- ระยะต้นกำเนิดรังสีถึงชี้นงาน	- ความคมชัด และเวลาในการถ่ายภาพ
- ระยะชี้นงานถึงฟิล์ม	- ความคมชัด และเวลาในการถ่ายภาพ
- แนวกึ่งกลางลำรังสีตั้งฉากกับชี้นงานและฟิล์ม	- ความบิดเบือน
2. ต้นกำเนิดรังสี	
- พลังงานของรังสี	- ความเปรียบต่างและความคมชัด
- ความแรงรังสีหรือค่ากระแสของหลอดรังสีเอกซ์	- เวลาในการถ่ายภาพ
- ขนาดของต้นกำเนิดรังสี	- ความคมชัด
3. ชี้นงาน	
- ความหนา	- ความคมชัด และเวลาในการถ่ายภาพ
- ความกว้าง	- ความสม่ำเสมอของความดำ
- ความแตกต่างของความหนาและความหนาแน่น	- ความเปรียบต่าง
- ส่วนประกอบ	- ความคมชัด เวลาในการถ่ายภาพ ความเปรียบต่าง
- ความซับซ้อนของโครงสร้าง	- ความคมชัด ความเปรียบต่าง ความยากง่ายในการแปรผล
4. การกระเจิงของรังสี	
- กระเจิงภายใน	- ความคมชัด และความเปรียบต่าง
- กระเจิงภายนอก	- ความคมชัด และความเปรียบต่าง
- กระเจิงสลับ	- ความคมชัด และความเปรียบต่าง
5. ฉากเพิ่มความเข้มรังสี	
- ชนิดของฉาก	- ความคมชัด เวลาในการถ่ายภาพ ความเปรียบต่าง
- ความหนาของฉาก	- ความคมชัด
- ความสะอาดของผิว	- ความสม่ำเสมอของความดำ
- ความแนบสนิทระหว่างฉากกับฉากรับรังสี	- ความคมชัด ความสม่ำเสมอของความดำ และความบิดเบือน

### 2.3.2 ข้อดีและข้อจำกัดในการถ่ายภาพด้วยรังสีเพื่อตรวจสอบวัตถุ

การถ่ายภาพด้วยรังสีเพื่อตรวจสอบวัตถุสามารถใช้ได้กับวัตถุทุกชนิด และสามารถเก็บภาพถ่ายเป็นหลักฐานได้ ทั้งนี้ความสามารถในการทะลุผ่านชี้นงานของรังสีทำให้เห็นลักษณะภายในของชี้นงานและการผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในได้ เช่น รอยแตก โพรงอากาศ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการถ่ายภาพด้วยรังสียังมีข้อจำกัด

คือ อุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพด้วยรังสียังมีราคาสูง และต้องใช้พื้นที่ในการปฏิบัติงานมาก นอกจากนี้ตัวชิ้นงานจะต้องมีรูปร่างที่สามารถจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่จะถ่ายภาพจากต้นกำเนิดรังสี และสามารถวางอยู่ในตำแหน่งที่สามารถวางต้นกำเนิดรังสีกับฟิล์มให้อยู่กันคนละด้านของชิ้นงานได้ และยังไม่สามารถใช้ภาพรังสีเพื่อตรวจสอบความไม่ต่อเนื่องของเนื้อวัสดุได้ทุกประเภท (นเรศร์ จันทน์ขาว, 2548)

## 2.4 การนำเทคนิค X-ray radiography มาใช้ในการศึกษาทางธรณีวิทยา

การใช้เทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับธรณีวิทยาครั้งแรก เพื่อตรวจสอบรายละเอียดซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ต่อมาได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาหินและดินตะกอน โดยในปี ค.ศ. 1962 Hamblin ได้นำเทคนิคการถ่ายภาพเอกซเรย์ไปใช้เพื่อทำการศึกษาระกอนดินและหิน และ Calvert และ Veveers ได้นำมาใช้ในการศึกษาโครงสร้างของตะกอนทะเล (Bouma, 1964) โดยส่วนใหญ่การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ถูกนำมาใช้ในการศึกษาทางธรณีวิทยาในด้านของการตรวจสอบลักษณะชั้นตะกอนดิน การสะสมตัวของตะกอนดินในแต่ละพื้นที่ที่มีลักษณะการสะสมตัวของตะกอนดินที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อบ่งบอกถึงสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการสะสมตัวของตะกอนดินในพื้นที่นั้น ๆ

ในการศึกษาคุณสมบัติของตะกอนดินและอัตราการสะสมของตะกอนดินจากภาพถ่ายเอกซเรย์ โดยการคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนดินในห้องปฏิบัติการกับความหนาแน่นของฟิล์มที่ได้จากการแปลงภาพถ่ายเอกซเรย์ให้อยู่ในของภาพดิจิทัลและนำไปประมวลผลให้อยู่ในรูปของกราฟเส้นโค้งความหนาแน่นของฟิล์ม จากนั้นนำมาคำนวณเพื่อหาความแปรปรวนในแนวตั้งที่เกิดขึ้นระหว่างความหนาแน่นของตะกอนและความหนาแน่นของแผ่นฟิล์ม ซึ่งการนำเทคนิคการถ่ายภาพเอกซเรย์มาใช้ช่วยให้การวิเคราะห์ทำได้รวดเร็วขึ้น (Axelsson, 1983) และในการประเมินตรวจสอบการสะสมตัวและการกัดเซาะของตะกอนดินในช่วงเวลาก่อนและหลังการเกิดพายุ การนำภาพถ่ายเอกซเรย์แท่งตะกอนดินมาใช้ประกอบควบคู่กับการวิเคราะห์ลักษณะตะกอนดินในห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นความแตกต่างของชั้นตะกอนดินอย่างชัดเจนระหว่างชั้นดินตะกอนก่อนเกิดพายุกับชั้นดินตะกอนที่เกิดจากการทับถมเนื่องจากพายุ และช่วยในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อกระบวนการทางกายที่เกี่ยวข้อกับพายุต่อการกัดเซาะและการสะสมตัวของตะกอนดินด้วย ทำให้สามารถประเมินผลกระทบหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ในระยะเวลาที่รวดเร็วและไม่ต้องทำลายแท่งตะกอนดินตัวอย่าง (Freeman and Roberts, 2013)

### 2.4.1 การวิเคราะห์ภาพถ่ายเอกซเรย์

ภาพถ่ายเอกซเรย์ชั้นตะกอนดินที่ได้จะปรากฏระดับสีของภาพถ่ายที่แตกต่างกัน ชั้นตะกอนดินที่ประกอบด้วยอนุภาคดินเหนียว ระดับสีที่ปรากฏจะค่อนข้างดำ ส่วนอนุภาคทรายแป้งและทราย ระดับสีที่ปรากฏจะค่อนข้างขาว เนื่องจากคุณสมบัติการดูดซับรังสีจะลดลงเมื่อขนาดของอนุภาคลดลง รังสีสามารถ

ผ่านไปได้มากทำให้ภาพฟิล์มดำ (อนุภาคดินเหนียว) ส่วนซากของเปลือกหอยสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ซึ่งในภาพถ่ายจะแสดงเป็นสีขาวหรือสีอ่อนมาก (Bouma, 1964; Butler, 1992; Freeman and Roberts, 2013)

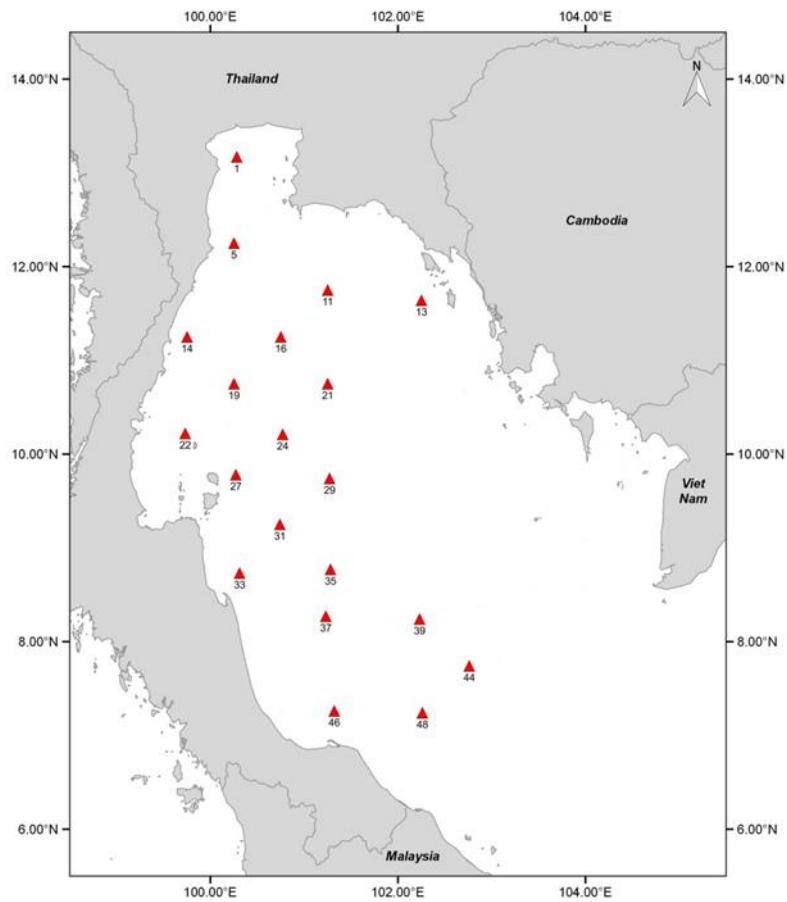
ภาพเอกซเรย์ที่ต้องการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ควรมีความละเอียดของภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนและคุณภาพของข้อมูลที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ด้วย (Ojala, 2005) สำหรับการปรับความคมชัดและความสว่างของภาพ ส่วนใหญ่จะปรับเพื่อลดจุดรบกวนบนภาพ ทำให้การสังเกตรายละเอียดเฉพาะของลักษณะตะกอนที่มีความละเอียดสูงทำได้ง่ายขึ้น

สำหรับการวิเคราะห์ระดับสี จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ และการเปรียบเทียบระดับสีเทา (Gray scale) ของภาพเอกซเรย์ เพื่อจำแนกองค์ประกอบและโครงสร้างของวัตถุที่แตกต่างกัน โดยโปรแกรมจะทำการคำนวณระดับสีเทาและนับจำนวนจุดสีที่ปรากฏบนภาพ ระดับสีเทาจะมีเลขที่อยู่ทั้งหมด 256 ระดับสี โดย 0 เป็นระดับสีที่ดำที่สุด ส่วน 255 จะเป็นระดับสีที่ขาวที่สุด ระดับสีที่แสดงบนภาพในระดับที่แตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณรังสีเอกซ์ที่ตกกระทบบนฟิล์มแต่ละบริเวณมีไม่เท่ากัน ซึ่งภาพที่จะนำไปใช้ ควรมีการตรวจสอบความสว่างและความคมชัดของภาพก่อน โดยจำเป็นต้องมีการรักษา ระดับความสว่างให้คงที่ และสามารถกำหนดขอบเขตของภาพได้ (Principato, 2005) ทั้งนี้ในการเปรียบเทียบภาพเอกซเรย์ในแต่ละชิ้นงาน ควรมีการปรับระดับสีเทาของภาพและคุณภาพของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่สามารถนำมาเปรียบเทียบระหว่างภาพได้

### บทที่ 3 วิธีการศึกษา

#### 3.1 พื้นที่ศึกษา

แหล่งตะกอนดินในการศึกษาค้างนี้ เก็บตัวอย่างภายใต้โครงการ “The Collaborative Research Survey on Marine Fisheries Resources and Marine Environment in the Gulf of Thailand” โดยเรือสำรวจซีฟเดค 2 (SEAFDEC 2) ระหว่างวันที่ 16 สิงหาคม ถึง 11 ตุลาคม พ.ศ. 2561 โดยตัวอย่างแห่งตะกอนดินที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 20 แห่ง ตำแหน่งเก็บตัวอย่างแห่งตะกอนดินแสดงในรูปที่ 3.1 และพิกัดตำแหน่งแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก.



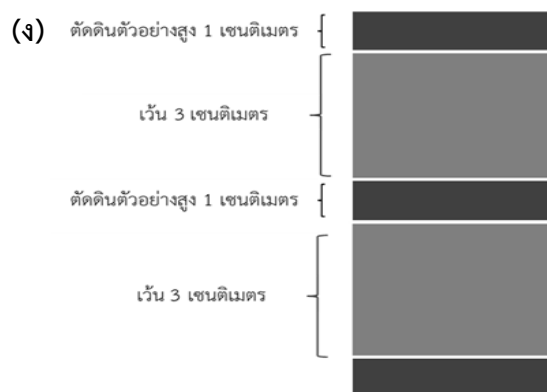
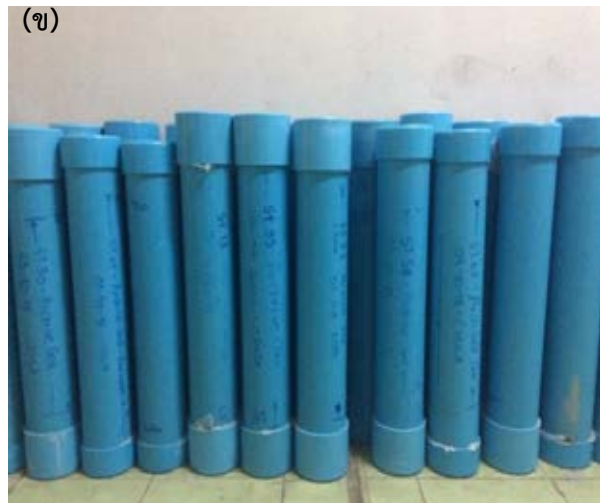
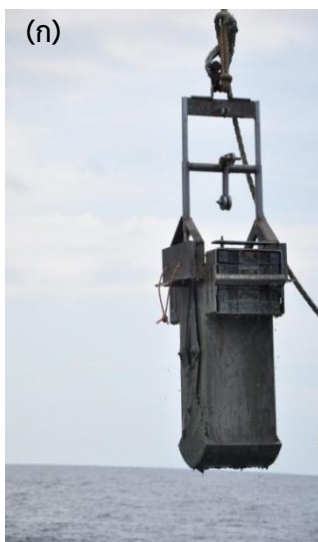
รูปที่ 3.1 สถานีเก็บตัวอย่างแห่งดินตะกอนจากอ่าวไทยโดยเรือสำรวจ SEAFDEC-2

### 3.2 การเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนดินและการเก็บรักษาตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างตะกอนดิน โดยใช้ box corer ขนาด 30 X 30 x 60 ลบ.ซม. (รูปที่ 3.2 ก) ถ้าดินตะกอนที่นำขึ้นมา มีปริมาณเต็มพื้นที่หน้าตัดของเครื่องมือ หน้าดินไม่มีการพลิกกลับหรือกวนจนฟุ้งกระจาย จึงเก็บตัวอย่างแท่งดินตะกอน โดยกดท่อพลาสติกพีวีซี (PVC) เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 60 ซม. ลงใน box corer จนสุด จากนั้นนำแท่งดินตะกอนที่ได้ขึ้นมา

แท่งที่ 1 ปิดด้านบนและด้านล่างของท่อด้วยฝาพีวีซี (รูปที่ 3.2 ข) นำกลับไปถ่ายภาพด้วยวิธี X-ray radiography ในห้องปฏิบัติการ ในการขนย้ายและการเก็บรักษาแท่งตะกอนดินจะต้องอยู่ในลักษณะตั้งตรง เพื่อป้องกันการผสมกันของชั้นตะกอนดินที่อยู่ภายในท่อ

แท่งที่ 2 เป็นตะกอนดินสำหรับการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอน ตัวอย่างตะกอนดินเมื่อถูกเก็บขึ้นมาจะนำมาตัดแบ่งชั้นตะกอนดินความหนา 1 ซม. ทุก 3-5 ซม. ตลอดความยาวแท่งตะกอนดิน (รูปที่ 3.2 ค-ง) โดยบรรจุตะกอนดินไว้ภายในถุงซิปล็อคที่สะอาด และเก็บในตู้แช่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง (ก) อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างดินตะกอนแบบ Box corer (ข) ตะกอนดินตัวอย่างแท่งที่ 1 (ค) ตัวอย่างชั้นตะกอนดินในแท่งที่ 2 และ (ง) วิธีการตัดชั้นตะกอนดิน

### 3.3 การเตรียมตัวอย่างตะกอนดิน

นำตะกอนดินตัวอย่างที่ตัดแบ่งชั้น ซึ่งเก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็ง ไปทำให้แห้งด้วยวิธีทำแห้งเยือกแข็ง (Freeze drying) ด้วยเครื่อง Freeze drier (รุ่น HETO LYOPRO 600) เมื่อได้ตะกอนดินแห้งแล้วนำไปหาขนาดอนุภาคตะกอนดิน

### 3.4 การถ่ายภาพแท่งตะกอนดิน ด้วยวิธี X-ray radiography

การถ่ายภาพแท่งตะกอนดิน ด้วยวิธี X-ray radiography ในครั้งนี้ได้รับการอนุเคราะห์และสนับสนุนในการใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ รุ่น Evo 300 (รูปที่ 3.3) จากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)



รูปที่ 3.3 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ รุ่น Evo 300

การถ่ายภาพเอกซเรย์เพื่อให้ได้ภาพที่มองเห็นความแตกต่างของความเข้มเงาดำบนภาพรังสี (contrast) ชัดเจน จะต้องเลือกค่าความต่างศักย์ (kV) ความเข้มของรังสี (mA) และเวลา (s) ในการปล่อยรังสีจากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ไม่ให้น้อยหรือมากเกินไป ซึ่งความเข้มเงาดำของภาพจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของรังสี (mA) ส่วนค่า contrast ของภาพจะขึ้นอยู่กับค่าความต่างศักย์ (kV) หากเลือกใช้น้อยเกินไป ปริมาณก็อาจไม่เพียงพอที่จะทะลุผ่านแท่งตะกอนดินตัวอย่างไปได้ ระดับความแตกต่างของเงาดำบนภาพรังสีมีน้อย ส่งผลให้แยกความแตกต่างของส่วนประกอบในภาพได้ยากและภาพมีระดับความคมชัดที่น้อย แต่หากใช้ค่าความต่างศักย์ (kV) มากไปปริมาณรังสีอาจทะลุผ่านแท่งตะกอนดินไปตกกระทบกับฉากรับรังสีได้มาก ภาพที่ได้มีระดับความคมชัดมากขึ้น แต่จะส่งผลทำให้ภาพดำขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทดลองปรับเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ (kV) ความเข้มของรังสี (mA) และเวลา (s) ในการปล่อยรังสีจากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ และพบว่าค่าที่ให้ภาพที่คมชัดและเห็นความแตกต่างมากที่สุด คือที่



ความต่างศักย์ 170-180 kV ความเข้มของรังสี 3 mA และเวลาในการปล่อยรังสีเอกซ์ 1 นาที โดยวิธีการถ่ายภาพเอกซเรย์อย่างละเอียดจะแสดงในภาคผนวก ข. 1.1 และรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการถ่ายภาพด้วยเครื่องมือ X-ray

### 3.5 การวิเคราะห์ตะกอนดิน

#### 3.5.1 การเตรียมและทำความสะอาดอุปกรณ์

นำอุปกรณ์เครื่องแก้ว ที่ใช้ในการหาขนาดอนุภาคตะกอนดิน มาทำความสะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาด Teepol ล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปแช่ใน 10% (v/v) HCl นาน 24 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำกลั่นและผึ่งให้แห้งก่อนใช้

#### 3.5.2 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดิน

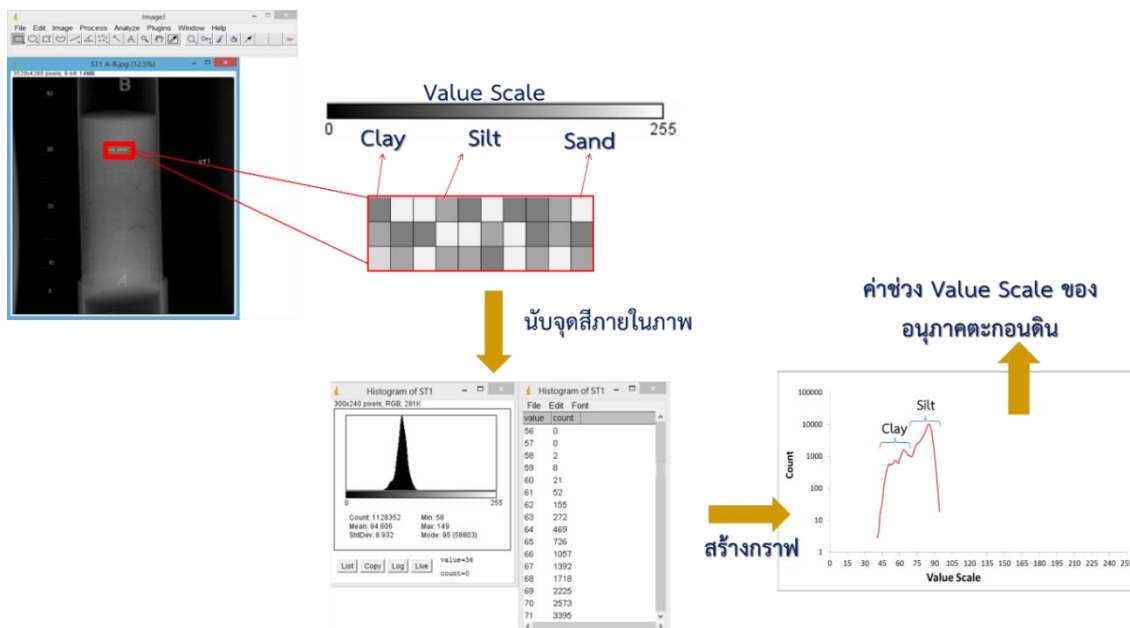
กำจัดสารอินทรีย์ในตะกอนดินตัวอย่าง โดยใช้ 10% (v/v)  $H_2O_2$  จากนั้นกำจัดคาร์บอนेटโดยใช้ 50% (v/v) HCl และตามวิธีการใน Sompongchaiyakul (1989) โดยนำตะกอนไปร่อนแบบร่อนเปียกผ่านตะแกรงขนาดรูเปิด 63 ไมครอน นำตะกอนที่ค้างบนตะแกรงไปอบแห้งและชั่งน้ำหนัก ในส่วนนี้จะเป็นอนุภาคทราย (sand) ส่วนตะกอนที่ผ่านตะแกรงนำไปตกตะกอนโดยใช้เทคนิค Pipette Method ตามกฎของสโตรก (Stroke's law) จะได้อนุภาคดินเหนียว (clay) คำนวณร้อยละของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว จากนั้นนำไปหาลักษณะของตะกอนดินโดยใช้ไดอะแกรมสามเหลี่ยมดินตะกอน ตามวิธีของ Shepard (1954) แสดงรายละเอียดสารเคมีและขั้นตอนในการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดินใน ภาคผนวก ข. 1.3

### 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.6.1 การประมวลผลภาพถ่ายเอกซเรย์ (Image processing)

ภาพถ่ายที่ได้จากการเอกซเรย์จะแสดงในลักษณะของภาพขาว - ดำ โดยในภาพแต่ละภาพนั้นจะประกอบด้วยจุดภาพ (Pixel) หลายจุดรวมกัน แต่ละจุดจะมีค่าระดับสีเทา (Gray Scale) แตกต่างกัน และขนาดตะกอนดินเหนียว ทรายแป้ง และทราย จะแสดงระดับสีเทา (Gray Scale) ที่แตกต่างกัน ด้วยความแตกต่างนี้จึงนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาขนาดอนุภาคตะกอนดินในแต่ละชั้น โดยได้นำโปรแกรม Image J ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ภาพทางวิทยาศาสตร์มาช่วยในการวิเคราะห์ภาพถ่ายเอกซเรย์ เพื่อหาค่าระดับสีเทา ผลที่ได้จะแสดงในรูปแบบของ Histogram ซึ่งจะแสดงการกระจายตัวของค่าระดับสีเทา - ดำ และจำนวนจุดภาพในแต่ละระดับสี

ค่าการกระจายตัวของแต่ละระดับสีที่ได้นำไปสร้างกราฟโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำมาดูช่วงค่า Gray Scale ของขนาดตะกอนดินเหนียว ทรายแป้ง และทราย โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดินมาช่วยในการหาช่วงค่า Gray Scale ซึ่งแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ในภาคผนวก ข. 1.2 และรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์จุดสีบนภาพถ่าย X-ray

#### 3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดอนุภาคตะกอนดิน (Grain Size)

วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และใช้โปรแกรม Triplot version 4.1.2 ในการหาลักษณะของตะกอนดินโดยใช้ไดอะแกรมสามเหลี่ยม ตามวิธีของ Shepard (1954)

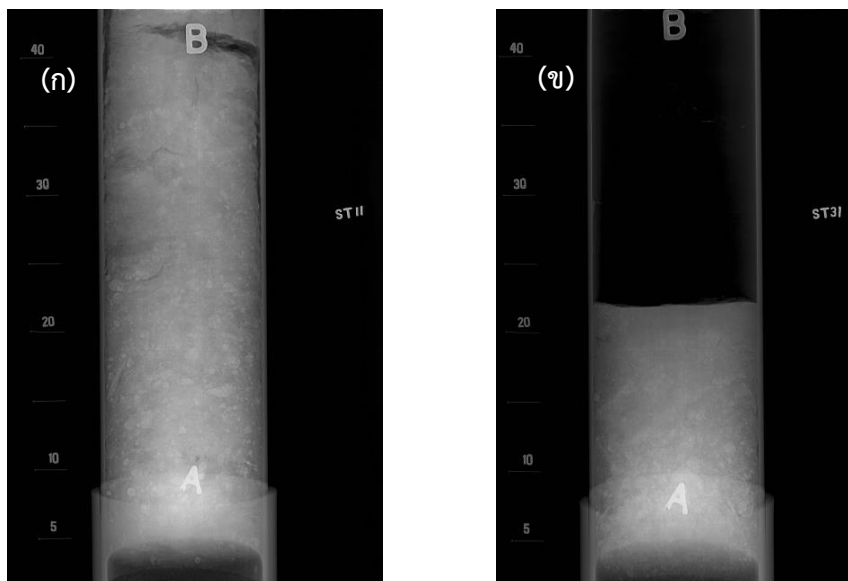


## บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาแท่งตะกอนดินและตะกอนดินในอ่าวไทย ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ภาพถ่ายเอกซเรย์ แสดงลักษณะชั้นตะกอนดิน องค์ประกอบขนาดอนุภาคตะกอนดิน การประมวลผลภาพถ่ายเอกซเรย์ (Image processing) และการเปรียบเทียบอนุภาคตะกอนดินจากการวิเคราะห์องค์ประกอบขนาดจากภาพเอกซเรย์ กับข้อมูลเชิงพื้นที่โดยพิณใจ สมพงษ์ชัยกุล และคณะ (2556)

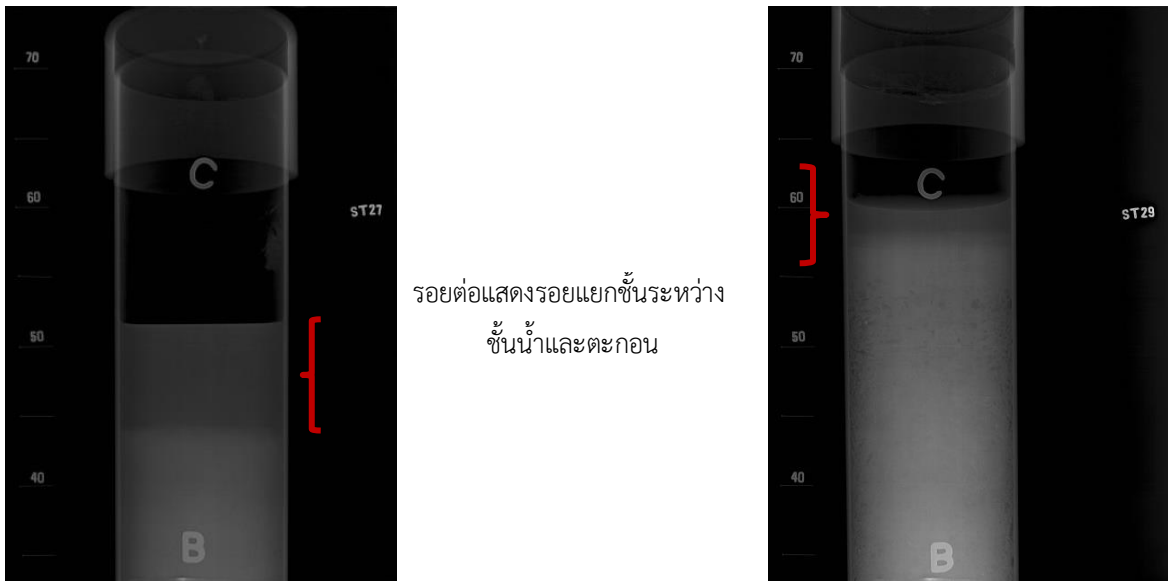
### 4.1 ภาพถ่ายเอกซเรย์แสดงลักษณะชั้นตะกอนดิน

ภาพถ่ายเอกซเรย์ลักษณะชั้นตะกอนดินทั้ง 20 สถานี รายงานไว้ใน ภาคผนวก ค. จากภาพถ่ายเอกซเรย์ แสดงลักษณะชั้นตะกอนดินที่ทำการสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่าลักษณะชั้นตะกอนดินทั้ง 20 สถานีมีการตกสะสมตัวของอนุภาคตะกอนดินอย่างสม่ำเสมอในทุกระดับความลึก ลักษณะชั้นตะกอนดินเป็นเนื้อเดียวกันเกือบทั้งหมด ยกเว้นในบางสถานี ได้แก่ สถานี 11 และ 31 (รูปที่ 4.1 และ ภาคผนวก ค.) ที่มีเปลือกหอยแทรกตัวอยู่ในชั้นตะกอนดินอย่างสม่ำเสมอ แต่สำหรับสถานีอื่น ๆ พบเปลือกหอยแทรกตัวอยู่บ้างแต่พบในปริมาณน้อย



รูปที่ 4.1 ภาพถ่าย X-ray แสดงการแทรกตัวของเปลือกหอยในชั้นตะกอนดิน จากตัวอย่างแท่งตะกอนดิน ที่ (ก) สถานี 11 และ (ข) สถานี 31

นอกจากนี้ตัวอย่างภาพถ่ายจากบางสถานีพบการแยกชั้นระหว่างน้ำและดินตะกอนที่ส่วนบน ได้แก่ สถานี 19 21 27 และ 29 เนื่องจากขณะทำการถ่ายภาพเอกซเรย์ภายในแท่งตะกอนดินยังมีน้ำสะสมอยู่ (รูปที่ 4.2 และ ภาคผนวก ค.)



รูปที่ 4.2 ภาพถ่าย X-ray แท่งตะกอนดินแสดงการแยกชั้นที่ (ก) สถานี 27 และ (ข) สถานี 29

#### 4.2 องค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดินโดยน้ำหนัก

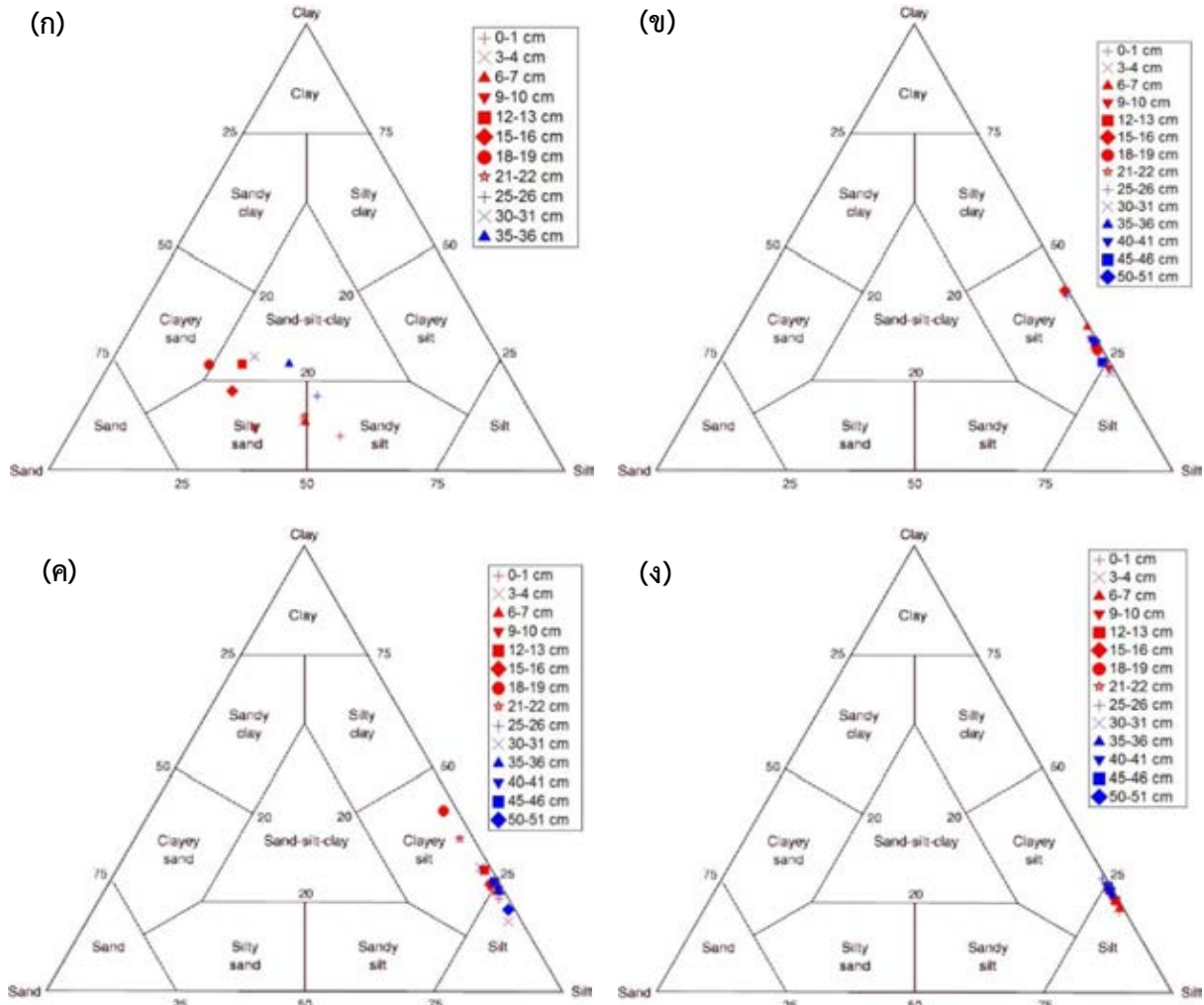
จากการวิเคราะห์สัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ในตะกอนดิน โดยวิธีร่อนเปียกและตกตะกอนในแต่ละความลึกทั้ง 4 สถานี ซึ่งรายงานไว้ในภาคผนวก ง. ตาราง ง.1 สามารถระบุลักษณะตะกอนดินในแต่ละสถานี ตามลักษณะขนาดอนุภาคเด่น (ด้วยไดอะแกรมสามเหลี่ยม ของ Shepard, 1954) แสดงไว้ดังรูปที่ 4.3 พบว่าลักษณะตะกอนดินในแต่ละความลึกส่วนใหญ่ มีลักษณะเป็นทรายแป้งปนดินเหนียว (clayey silt) และทรายแป้ง (silt) โดยมีรายละเอียดในแต่ละสถานีดังนี้

องค์ประกอบโดยน้ำหนักของขนาดอนุภาคตะกอนดินในสถานี 14 พบว่า ลักษณะของตะกอนดินในแต่ละความลึกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นทรายปนทรายแป้ง (silty sand) และพบขนาดอนุภาคตะกอนส่วนใหญ่เป็นทรายมากกว่าทรายแป้ง ในระดับความลึก 12-13, 30- 31 และ 35-36 เซนติเมตร พบสัดส่วนของโดยน้ำหนักของอนุภาคทราย ทรายแป้งและดินเหนียว ในสัดส่วนเท่า ๆ กัน

ในสถานี 22 พบว่า ตะกอนดินส่วนใหญ่ในแต่ละชั้นความลึก มีขนาดเล็กกว่า 63 ไมโครเมตร หรือเป็นตะกอนละเอียด (Fine Fraction) โดยชนิดของขนาดอนุภาคส่วนใหญ่เป็นทรายแป้งมากกว่าดินเหนียว และพบอนุภาคทรายในสัดส่วนที่น้อยมาก ลักษณะของตะกอนดินจัดเป็นทรายแป้งปนดินเหนียว (clayey silt) ยกเว้นที่ ระดับความลึก 9-10 และ 30-31 เซนติเมตร ที่มีลักษณะตะกอนดินเป็นทรายแป้ง (silt)

ตะกอนดินในแต่ละความลึกในสถานี 29 จัดเป็นตะกอนละเอียด (Fine Fraction) ซึ่งมีขนาดอนุภาคส่วนใหญ่เป็นทรายแป้ง โดยพบอนุภาคทรายในสัดส่วนที่น้อยมาก สำหรับระดับความลึก 0 – 7 และ 35 – 51 เซนติเมตร ลักษณะตะกอนดินจัดเป็นทรายแป้ง (silt) และที่ระดับความลึก 12 – 31 เซนติเมตร ลักษณะตะกอนดินจัดเป็นทรายแป้งปนดินเหนียว (clayey silt)

ในสถานี 35 ตะกอนดินส่วนใหญ่จัดเป็นตะกอนละเอียด โดยมีอนุภาคส่วนใหญ่เป็นทรายแป้ง และพบอนุภาคทรายในสัดส่วนที่น้อยมาก ในแต่ละชั้นความลึกตะกอนดินจัดเป็นทรายแป้ง (silt) ยกเว้นที่ระดับความลึก 25 – 26 เซนติเมตร พบลักษณะตะกอนดินเป็นทรายแป้งปนดินเหนียว (clayey silt)



รูปที่ 4.3 ชนิดตะกอนดินตามการจำแนกด้วยไดอะแกรมสามเหลี่ยมของ Shepard (1954) ใน

(ก) สถานี 14 (ข) สถานี 22 (ค) สถานี 29 และ (ง) สถานี 35

#### 4.3 การประมวลผลภาพถ่าย X-ray (Image processing)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินในหัวข้อ 4.2 นำข้อมูลที่ได้ (ในภาคผนวก ง. ตาราง ง.1) มาใช้ในการประกอบการตัดสินใจเลือกช่วงระดับสีของอนุภาคตะกอนดินแต่ละชนิดจากภาพถ่ายเอกซเรย์ โดยค่าที่นำมาใช้จะเลือกจากชั้นตะกอนที่มีค่าร้อยละขององค์ประกอบของตะกอนขนาดทราย ขนาดทรายแป้ง และขนาดดินเหนียว ที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 20 เพื่อนำมาประกอบกับจุดสีจากภาพถ่ายเอกซเรย์ และใช้ในการกำหนดช่วงของจุดสีสำหรับอนุภาคขนาดตะกอนขนาดทราย ขนาดทรายแป้ง และขนาดดิน

เหนียวเพื่อใช้หาค่าองค์ประกอบอนุภาคตะกอนดินจากภาพถ่ายเอกซเรย์ภาพอื่น ๆ ที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดินในหัวข้อ 4.2 โดยในแต่ละสถานีจะแสดงรายละเอียดดังนี้

#### สถานี 14

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินพบว่าชั้นตะกอนดินส่วนใหญ่ที่วิเคราะห์ได้ มีตะกอนขนาดอนุภาคทรายและทรายแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก และเมื่อนำภาพถ่ายเอกซเรย์มาแบ่งชั้นเพื่อวิเคราะห์หาค่าจุดสีตามลำดับชั้นในแท่งตะกอน และแสดงผลในรูปแบบการกระจายของจุดสี ตั้งแต่ระดับสีที่ 0-255 จะได้ภาพการกระจายตัวของจุดสีในแท่งตะกอนดินในแต่ละชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และค่าช่วงระดับสีในแต่ละชั้นตะกอนดินแสดงไว้ในตาราง 4.1 โดยพบการกระจายตัวของจุดสี ที่ระดับสี 45 - 140 และมีการกระจายตัวแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงระดับสี 45 - 110 และ 60 - 165 เมื่อพิจารณาร่วมกับการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดิน ที่ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดทรายแป้งและทราย สองช่วงดังกล่าวจึงได้กำหนดให้เป็นช่วงระดับสีของอนุภาคขนาดทรายแป้ง (Silt) มีค่า 75 - 104 และอนุภาคขนาดทราย (Sand) มีค่า 105 - 140

#### สถานี 22

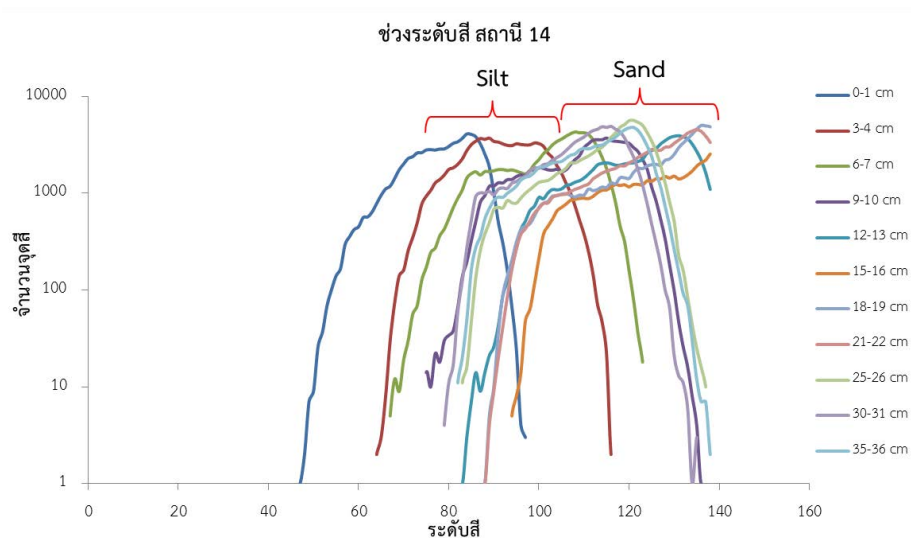
รูปที่ 4.5 แสดงค่าการกระจายตัวของจุดสีในแท่งตะกอนดินในแต่ละชั้น และตาราง 4.2 แสดงค่าช่วงระดับสีแต่ละชั้นดิน พบการกระจายตัวของจุดสี ที่ระดับสี 40 - 120 และมีการกระจายตัวแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงระดับสี 40 - 80 และ 60 - 120 เมื่อพิจารณาร่วมกับการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดินที่ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดทรายแป้งและดินเหนียว สองช่วงดังกล่าวจึงได้กำหนดให้เป็นช่วงระดับสีของอนุภาคดินเหนียว (Clay) มีค่า 45 - 64 และทรายแป้ง (Silt) มีค่า 65 - 90

#### สถานี 29

รูปที่ 4.6 แสดงค่าการกระจายตัวของจุดสีในแท่งตะกอนดินในแต่ละชั้น และตาราง 4.3 แสดงค่าช่วงระดับสีแต่ละชั้นดิน พบการกระจายตัวของจุดสี ที่ระดับสี 45 - 170 และมีการกระจายตัวแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ที่ช่วงระดับสี 45 - 120 และ 60 - 170 เมื่อพิจารณาร่วมกับวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดิน ที่ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดทรายแป้งและดินเหนียว สองช่วงดังกล่าวจึงได้กำหนดให้เป็นช่วงระดับสีของอนุภาคดินเหนียว (Clay) มีค่า 65 - 85 และทรายแป้ง (Silt) มีค่า 86 - 130

#### สถานี 35

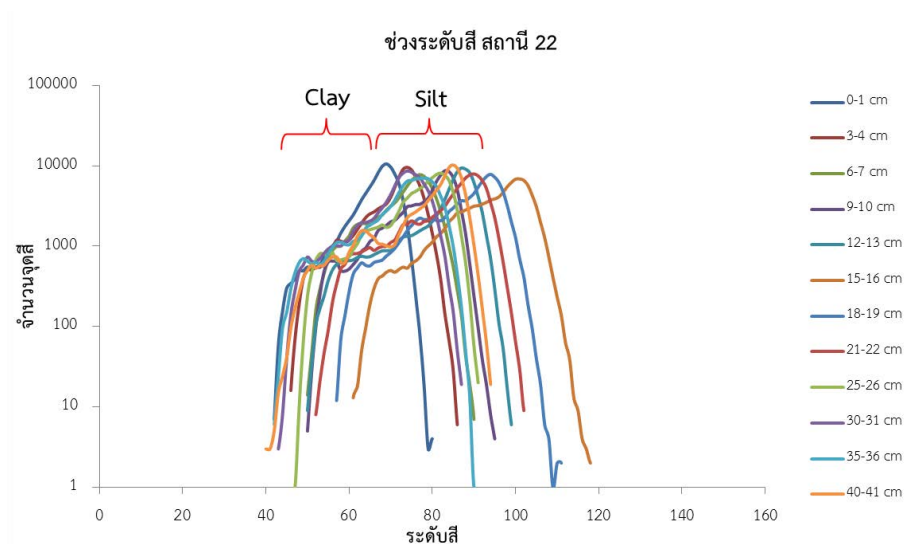
รูปที่ 4.7 แสดงค่าการกระจายตัวของจุดสีในแท่งตะกอนดินในแต่ละชั้น และตาราง 4.4 แสดงค่าช่วงระดับสีแต่ละชั้นดิน พบการกระจายตัวของจุดสี ที่ระดับสี 50 - 145 และมีการกระจายตัวแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ที่ช่วงระดับสี 50 - 100 และ 70 - 140 เมื่อพิจารณาร่วมกับวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดิน ที่ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดทรายแป้งและดินเหนียว สองช่วงดังกล่าวจึงได้กำหนดให้เป็นช่วงระดับสีของอนุภาคดินเหนียว (Clay) มีค่า 60 - 80 และทรายแป้ง (Silt) มีค่า 81 - 130



รูปที่ 4.4 การกระจายตัวจุดลีของอนุภาคตะกอนดินในแต่ละระดับความลึก สถานี 14  
จากการวิเคราะห์ผลโดยภาพถ่ายเอกซเรย์

ตารางที่ 4.1 ความลึกชั้นตะกอนและช่วงระดับลีขององค์ประกอบอนุภาคตะกอนดิน สถานี 14

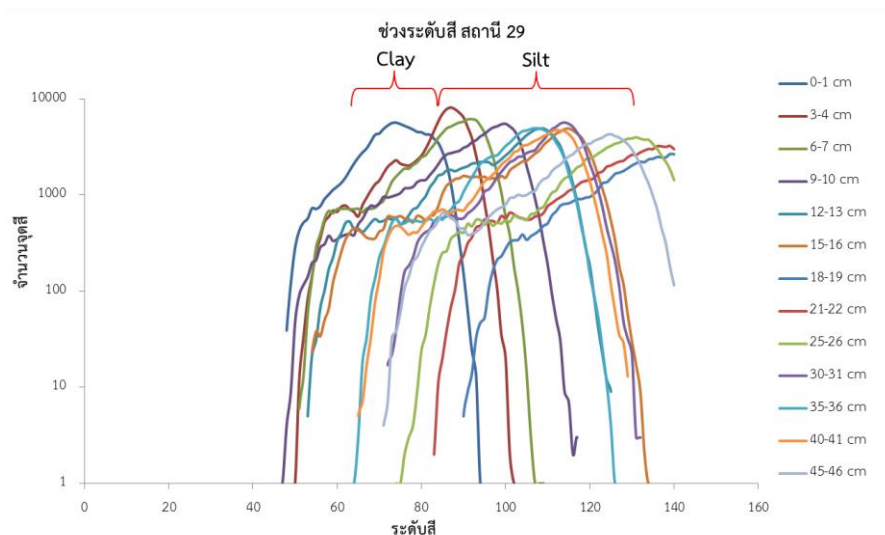
ความลึก	ช่วงระดับลี (clay>25%)	ช่วงระดับลี (silt>25%)	ช่วงระดับลี (sand>25%)
0.5	-	45 - 60	60 - 95
3.5	-	60 - 80	80 - 120
6.5	-	65 - 80	100 - 125
9.5	-	76 - 100	105 - 140
12.5	-	80 - 110	120 - 150
15.5	-	90 - 110	130 - 165
18.5	-	-	130 - 160
21.5	-	90 - 110	110 - 155
25.5	-	85 - 105	105 - 140
30.5	-	80 - 100	100 - 135
35.5	-	80 - 105	105 - 135
ช่วงระดับลีที่เลือก	40 - 74	75 - 104	105 - 140



รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของจุดสีของอนุภาคตะกอนดินในแต่ละความลึก สถานี 22  
จากการวิเคราะห์ผลโดยภาพถ่ายเอกซเรย์

ตารางที่ 4.2 ความลึกชั้นตะกอนและช่วงระดับสีขององค์ประกอบอนุภาคตะกอนดิน สถานี 22

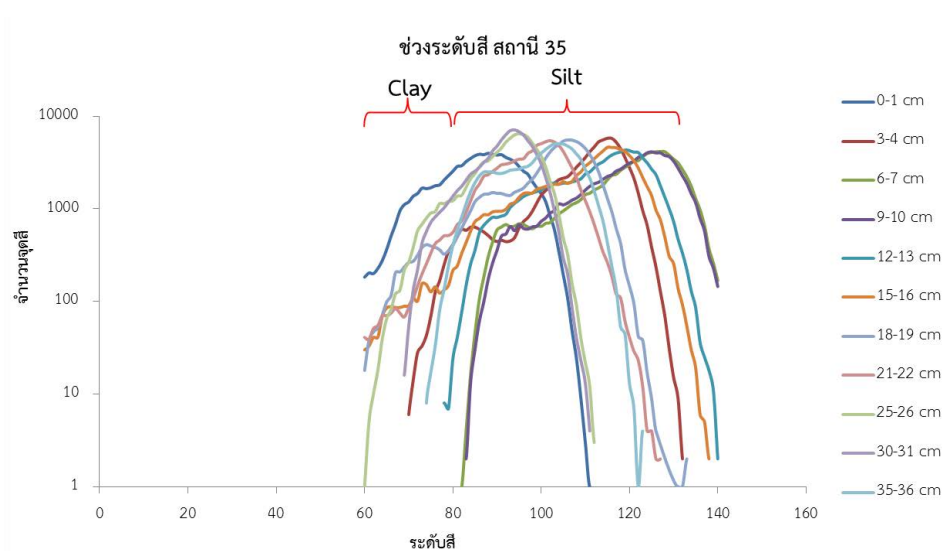
ความลึก	ช่วงระดับสี (clay>25%)	ช่วงระดับสี (silt>50%)	ช่วงระดับสี (sand>25%)
0.5	40 - 55	55 - 80	-
3.5	45 - 60	60 - 85	-
6.5	50 - 65	65 - 90	-
9.5	50 - 60	60 - 95	-
12.5	50 - 60	60 - 100	-
15.5	60 - 75	75 - 120	-
18.5	55 - 80	80 - 105	-
21.5	50 - 75	75 - 120	-
25.5	45 - 70	70 - 90	-
30.5	40 - 65	65 - 90	-
35.5	40 - 70	70 - 90	-
40.5	40 - 70	70 - 95	-
ช่วงระดับสีที่เลือก	45 - 64	65 - 90	91 - 140



รูปที่ 4.6 การกระจายตัวจุดสีของอนุภาคตะกอนดินในแต่ละความลึก สถานี 29  
จากการวิเคราะห์ผลโดยภาพถ่ายเอกซเรย์

ตารางที่ 4.3 ความลึกชั้นตะกอนและช่วงระดับสีขององค์ประกอบอนุภาคตะกอนดิน สถานี 29

ความลึก	ช่วงระดับสี (clay>20%)	ช่วงระดับสี (silt>50%)	ช่วงระดับสี (sand>20%)
0.5	50 - 60	60 - 95	-
3.5	-	-	-
6.5	50 - 70	70 - 105	-
9.5	45 - 65	65 - 115	-
12.5	50 - 75	75 - 125	-
15.5	55 - 80	80 - 135	-
18.5	90 - 120	120 - 170	-
21.5	85 - 110	110 - 165	-
25.5	75 - 105	105 - 155	-
30.5	70 - 90	90 - 130	-
35.5	65 - 85	85 - 125	-
40.5	65 - 90	90 - 130	-
45.5	70 - 90	90 - 145	-
ช่วงระดับสีที่เลือก	65 - 85	86 - 130	131 - 140



รูปที่ 4.7 การกระจายตัวจุดสีของอนุภาคตะกอนดินในแต่ละความลึก สถานี 35  
จากการวิเคราะห์ผลโดยภาพถ่ายเอกซเรย์

ตารางที่ 4.4 ความลึกชั้นตะกอนและช่วงระดับสีขององค์ประกอบอนุภาคตะกอนดิน สถานี 35

ความลึก	ช่วงระดับสี (clay>20%)	ช่วงระดับสี (silt>50%)	ช่วงระดับสี (sand>20%)
0.5	50 - 60	60 - 110	-
3.5	70 - 90	90 - 130	-
6.5	80 - 100	100 - 145	-
9.5	80 - 95	95 - 145	-
12.5	80 - 90	90 - 140	-
15.5	55 - 75	75 - 140	-
18.5	57 - 80	80 - 130	-
21.5	55 - 70	70 - 125	-
25.5	60 - 80	80 - 110	-
30.5	50 - 70	70 - 125	-
35.5	70 - 95	95 - 120	-
ช่วงระดับสีที่เลือก	60 - 80	81 - 130	131 - 140



#### 4.4 เปรียบเทียบองค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคตะกอนดินจากการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคตะกอนดินจากทั้ง 4 สถานี ค่าช่วงระดับสีที่ได้สำหรับขนาดอนุภาคทั้งสามมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินจากภาพถ่าย X-ray ของแท่งตะกอนดินในครั้งนี้จะใช้จากทั้ง 4 สถานีมาพิจารณา และกำหนดเป็นค่ากลาง ดังแสดงใน ตารางที่ 4.5

ในการประมวลผลภาพเพื่อหาองค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินโดยใช้ระดับช่วงสี (ตารางที่ 4.5) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนด้วยวิธีร่อนเปียกและตกตะกอน พบว่าองค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินที่ได้จากการประมวลผลภาพ จะให้ค่าความแม่นยำเฉพาะขนาดอนุภาคตะกอนที่เป็นชนิดเด่น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้อนุภาคตะกอนดินส่วนใหญ่ที่พบเป็นอนุภาคทรายแป้ง

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าองค์ประกอบโดยน้ำหนักของ “อนุภาคทรายแป้ง” ที่ได้จากการวิเคราะห์กับค่าจากการประมวลผลภาพ (ตารางที่ 4.6) พบว่าค่าร้อยละโดยน้ำหนักมีค่าแตกต่างกัน คิดเป็น 0 - 106% และค่าความแตกต่างจากการวิเคราะห์ ที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ  $29 \pm 3.5$  % และค่าร้อยละโดยน้ำหนักของอนุภาคทรายแป้ง จากการประมวลผลภาพถ่ายเอกซเรย์มีค่าที่สูงกว่า ทั้งนี้เปรียบเทียบจากชุดข้อมูลที่ศึกษาเปรียบเทียบจำนวน 47 ข้อมูล (ภาคผนวก จ. ตาราง จ.1)

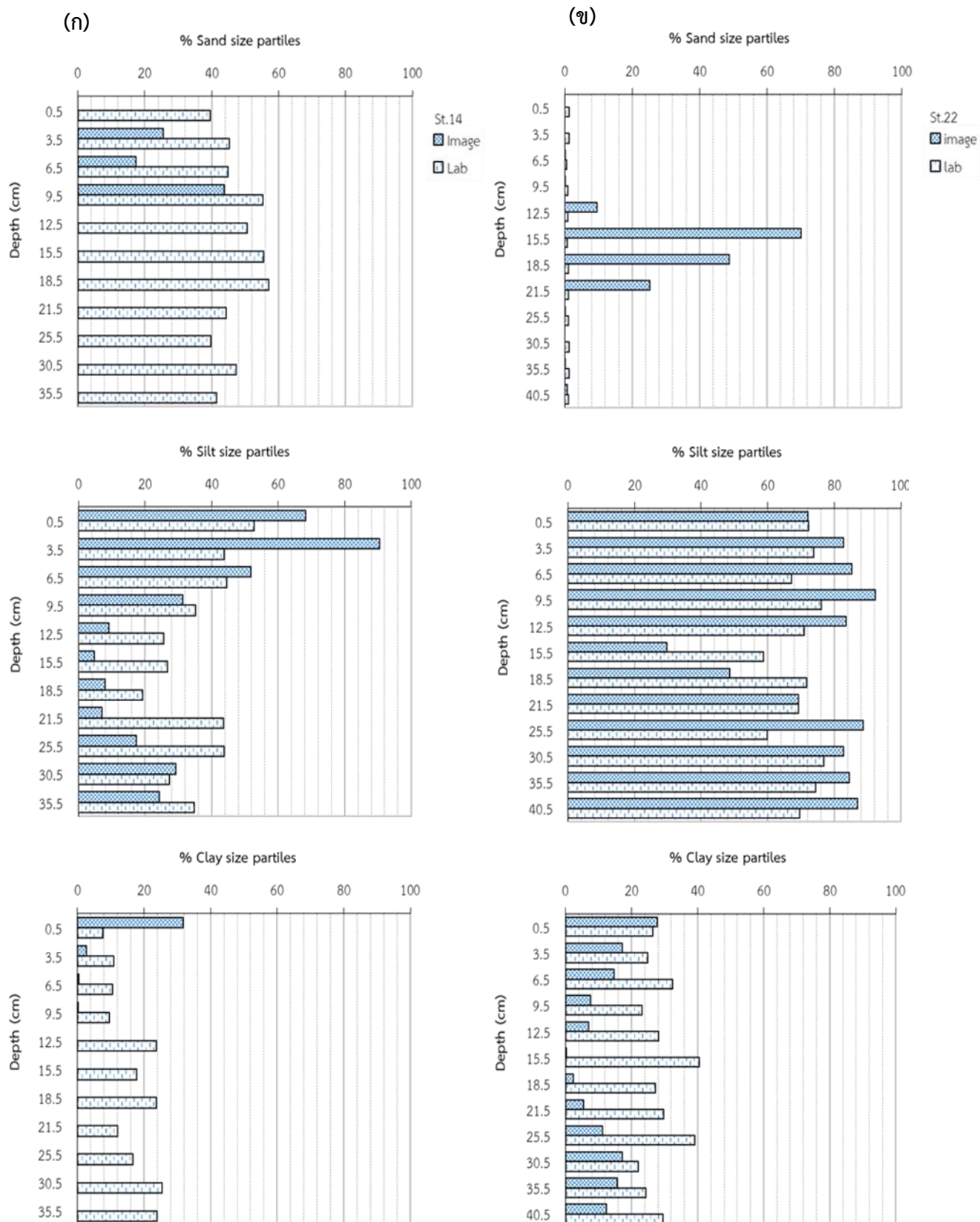
สำหรับการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบองค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคตะกอน เปรียบเทียบระหว่างผลการวิเคราะห์และการประมวลผลภาพ แสดงไว้ในรูปที่ 4.8 และ 4.9 พบว่าตะกอนขนาด “อนุภาคทรายแป้ง” ส่วนใหญ่มีค่าที่แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ อยู่ในช่วงร้อยละ 10 - 20 สำหรับส่วนของ “อนุภาคทราย” และ “อนุภาคดินเหนียว” ไม่สามารถเปรียบเทียบค่าข้อมูลได้ เนื่องจากมีความแตกต่างของข้อมูลมากกว่าร้อยละ 100 ทั้งนี้เนื่องมาจากช่วงระดับสีในภาพถ่ายถูกบีบอัด ทำให้ระดับช่วงสีที่ได้ไม่เต็มช่วง 0 - 255 ระดับ อีกทั้งการซ้อนทับกับช่วงระดับสีของอนุภาคทรายแป้ง ทำให้ค่าอนุภาคทราย และ ดินเหนียวยังไม่ใกล้เคียงกับค่าวิเคราะห์จริง นอกจากนี้พบการกระเจิงของรังสีเอกซ์ที่ส่งผลต่อภาพถ่าย ทำให้ระดับสีของภาพบริเวณภาพส่วนบนและส่วนล่างมีค่าจุดสีไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4.5 ค่าช่วงระดับสีสำหรับใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินจากภาพถ่าย X-ray

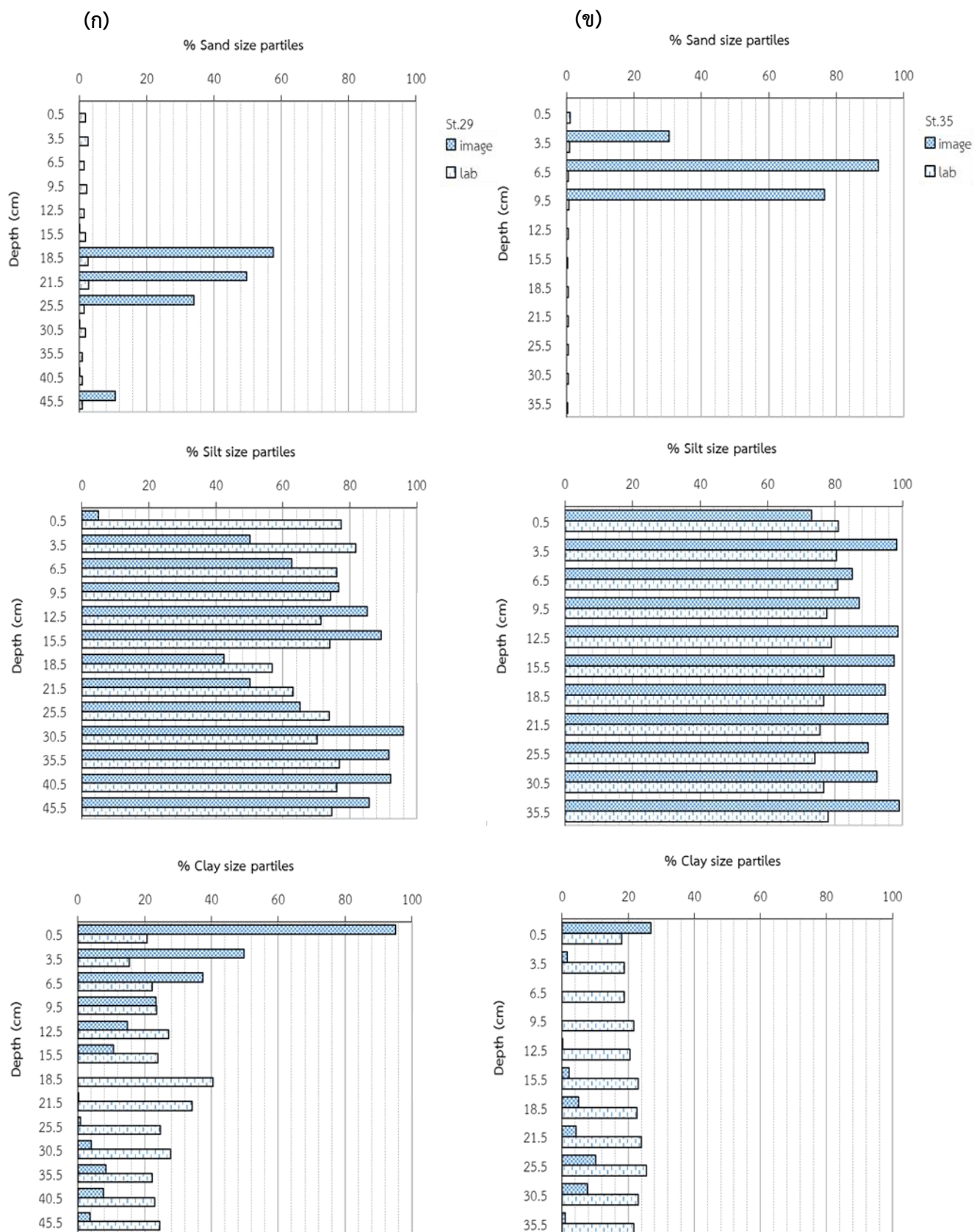
สถานี	ช่วงระดับสี		
	ดินเหนียว	ทรายแป้ง	ทราย
สถานีที่ 14	40 - 74	75 - 104	105 - 140
สถานีที่ 22	45 - 64	65 - 90	91 - 140
สถานีที่ 29	65 - 85	86 - 130	131 - 140
สถานีที่ 35	60 - 80	81 - 130	131 - 140
ค่าที่เลือกใช้	45 - 79	80 - 120	121 - 145

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคตะกอนดินจากค่าการวิเคราะห์ (Lab) และจากการประมวลผลภาพถ่าย (Image) แสดงเฉพาะชั้นดินตะกอนที่ระดับความลึก 0 - 1 เซนติเมตร

สถานี		%Clay	%Silt	%Sand
14	Image	31.80	<b>68.20</b>	0.00
	Lab	7.63	<b>52.71</b>	39.65
22	Image	27.87	<b>72.13</b>	0.00
	Lab	26.40	<b>72.34</b>	1.26
29	Image	95.07	<b>4.93</b>	0.00
	Lab	20.80	<b>77.39</b>	1.80
35	Image	26.82	<b>73.18</b>	0.00
	Lab	18.11	<b>80.91</b>	0.98



รูปที่ 4.8 องค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ในตะกอนดินตามความลึก เปรียบเทียบระหว่างค่าจากการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ (ก) สถานี 14 และ (ข) สถานี 22



รูปที่ 4.9 องค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ในตะกอนดินตามความลึก เปรียบเทียบระหว่างค่าจากการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ (ก) สถานี 29 และ (ข) สถานี 35

#### 4.5 องค์ประกอบของอนุภาคทรายแบ่งจากการประมวลผลภาพและข้อมูลเชิงพื้นที่

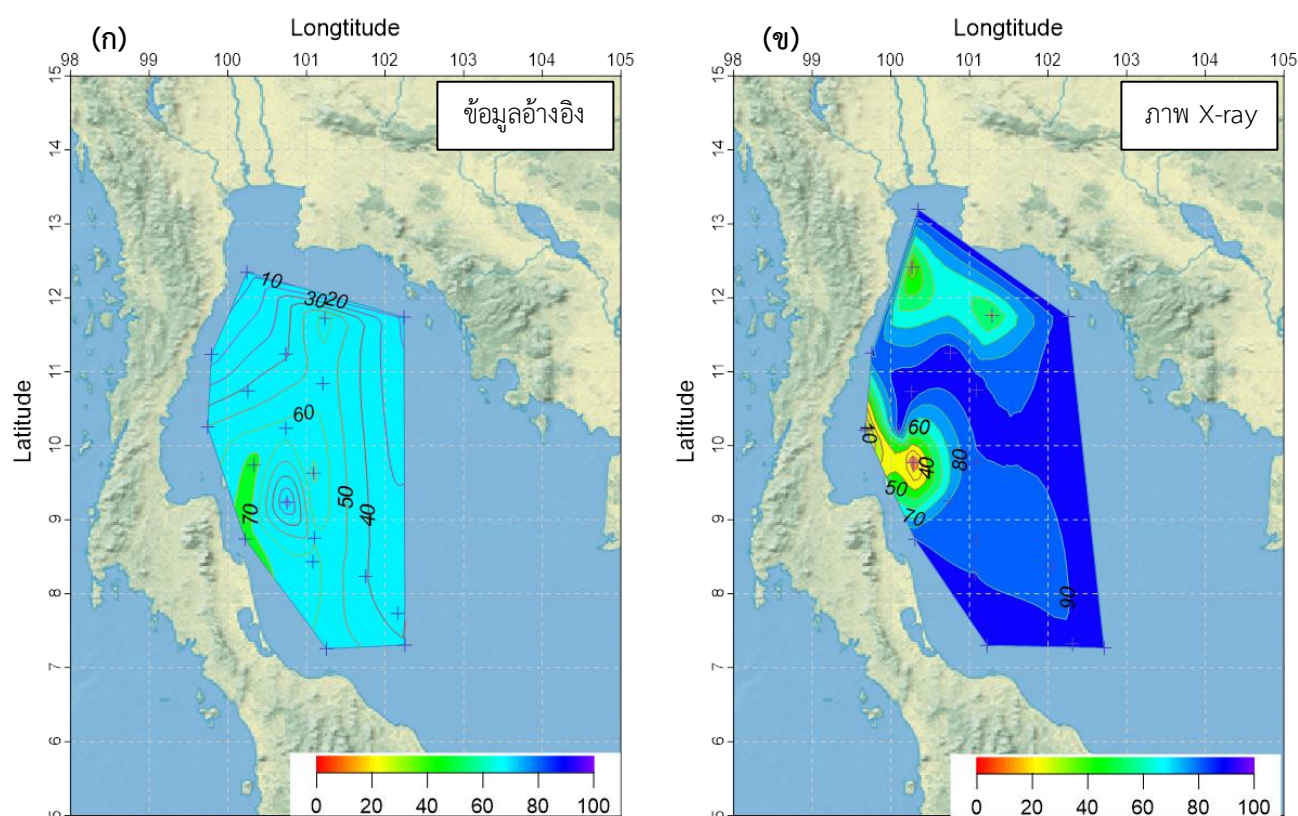
การเลือกช่วงระดับสี เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบอนุภาคตะกอนดิน จากภาพถ่ายเอกซเรย์ ในสถานีต่าง ๆ ตารางที่ 4.7 แสดงเป็นค่าองค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคตะกอนขนาดทรายแบ่งจากชั้นดินตะกอนที่ระดับ 1 - 5 เซนติเมตร และเปรียบเทียบกับผลการศึกษาขององค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคตะกอนดินในอ่าวไทย โดยเพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และคณะ (2556) และแสดงการกระจายตัวขององค์ประกอบตะกอนดิน ขนาดอนุภาคทรายแบ่งเชิงพื้นที่ใน รูปที่ 4.10

จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ร้อยละโดยน้ำหนักขององค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินในแต่ละสถานี เปรียบเทียบระหว่างค่าจากการประมวลผลภาพเอกซเรย์กับข้อมูลของเพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และคณะ (2556) พบว่า มีความแตกต่างของข้อมูลที่ได้ โดยค่าองค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคขนาดทรายแบ่งที่ได้จากการประมวลผลโดยภาพถ่ายมีค่ามากกว่าค่าจากการวิเคราะห์จริง โดยส่วนใหญ่สามารถระบุได้เพียงองค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินที่พบในปริมาณมาก หากลักษณะชั้นตะกอนดินมีสัดส่วนขององค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดินที่ใกล้เคียงกันจะไม่สามารถระบุได้

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบของอนุภาคทรายแบ่งจากการประมวลผลภาพ และอ้างอิงจากผลการศึกษาของ เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และคณะ (2556)

Station	%Silt (Image)	%Silt (อ้างอิง)	Sediment Structure (Image)	Sediment Structure (อ้างอิง)
1	97.8	-	silt	-
5	31.5	5.4	silty sand	clayey sand
11	47.1	17.8	silty clay	silty sand
13	97.6	65.7	silt	clayey silt
14	91.7	14.6	silt	clayey sand
16	98.9	38.5	silt	sand silt clay
19	99.0	54	silt	clayey silt
21	98.4	42	silt	sand silt clay
22	3.3	50.5	clay	clayey silt
24	99.2	63.4	silt	clayey silt
27	7.6	73.4	clay	clayey silt
29	88.8	75.5	silt	silt
31	81.0	15.8	silt	clayey sand
33	90.3	64.3	silt	clayey silt
35	82.3	59	silt	clayey silt
37	90.2	77.7	silt	silt
39	86.1	40.5	silt	silty clay
44	97.4	32.8	silt	sand silt clay
46	96.0	56.4	silt	clayey silt
48	91.2	41.9	silt	clayey silt

รูปที่ 4.10 แสดงการกระจายตัวของอนุภาคทรายแป้งที่พบในอ่าวไทย โดยรูป 4.10 (ก) แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของอนุภาคทรายแป้งจากข้อมูลในปี 2556 ซึ่งพบว่าการกระจายตัวของทรายแป้งอยู่ระหว่าง 60 - 70 % ในขณะที่ รูปที่ 4.10 (ข) ที่แสดงการกระจายตัวของอนุภาคทรายแป้งจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายเอกซเรย์ มีองค์ประกอบของทรายแป้งสูงกว่า 70% เกือบทั้งพื้นที่ ทั้งนี้เนื่องจาก ค่าที่ได้จากการประมวลผลภาพมีค่าประเมินที่สูงกว่าความจริงไป 10 - 20% ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากภาพต้นฉบับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์และการควบคุมคุณภาพในการถ่ายภาพจากแต่ละภาพ ทั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์ช่วงค่าระดับสีที่เลือกจากภาพแต่ละภาพมีค่าแตกต่างกัน ทั้งที่เป็นอนุภาคแบบเดียวกัน เมื่อนำมาใช้กับภาพทั้งหมดในแต่ละสถานี ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการเลือกขอบเขตของภาพเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้



รูปที่ 4.10 การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของอนุภาคขนาดทรายแป้งในตะกอน (ก) จากข้อมูลของ  
 เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และคณะ (2556) และ (ข) จากการวิเคราะห์ภาพ X-ray



## บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการศึกษา

สัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบโดยน้ำหนักของอนุภาคทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ในตะกอนดินแต่ละความลึกทั้ง 4 สถานีที่ทำการศึกษาวิเคราะห์ด้วยวิธีร่อนเปียกและตกตะกอน มีลักษณะตะกอนดินส่วนใหญ่จัดอยู่ในตะกอนประเภท “ทรายแป้งปนดินเหนียว (clayey silt)” และ “ทรายแป้งปนทราย (sandy silt)” โดยชนิดของขนาดอนุภาคส่วนใหญ่เป็น “ทรายแป้ง” สำหรับภาพถ่ายเอกซเรย์ ลักษณะชั้นตะกอนดินบริเวณอ่าวไทยส่วนใหญ่ทั้งจากพื้นที่ใกล้และไกลชายฝั่งทะเล มีลักษณะการสะสมตัวของชั้นตะกอนดินที่เป็นเนื้อเดียวกันเกือบทั้งหมด ยกเว้นบางสถานีที่ภาพเอกซเรย์แสดงการแทรกตัวของเปลือกหอยและรอยต่อของชั้นน้ำ

การศึกษาขนาดอนุภาคตะกอนโดยวิธีถ่ายภาพและประมวลผลภาพถ่ายเอกซเรย์จากระดับสีของภาพเพื่อหาองค์ประกอบร้อยละของอนุภาคตะกอนดินนั้น มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้เพื่อศึกษาลักษณะชั้นตะกอนในอ่าวไทย โดยเฉพาะเพื่อการศึกษาตะกอนดินที่อนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วงทรายแป้ง ที่ให้ค่าแตกต่างจากค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมอยู่ประมาณ 10 - 20% สำหรับตะกอนขนาดอนุภาคทราย และอนุภาคดินเหนียวเนื่องจากมีช่วงระดับสีซ้อนทับกับอนุภาคทรายแป้งทำให้ค่าการวิเคราะห์ด้วยภาพให้ค่าที่แตกต่างจากวิธีดั้งเดิมมากกว่า ดังนั้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว ในการศึกษาถัดไปจะต้องมีการควบคุมคุณภาพการถ่ายภาพเอกซเรย์ตลอดการศึกษา ตั้งแต่ขั้นตอนการควบคุมเครื่องปล่อยรังสีเอกซ์ ระยะเวลาตัวอย่าง ความหนาตัวอย่าง (แท่งตะกอน) การปรับเทียบระดับสี (Color Chart) สำหรับภาพทุกภาพ ให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันตลอดการทดลอง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการถ่ายภาพ นอกจากนี้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ ความสว่างและมีดของภาพเป็นผลจากการเลือกใช้ค่าความต่างศักย์ ความเข้มของรังสี และระยะเวลาปล่อยรังสีจากเครื่อง และในการประมวลผลภาพถ่ายเอกซเรย์อาจจะต้องมีปรับแต่งโทนสีภาพให้อยู่ในระดับเดียวกันและทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแท่งตะกอนดินที่ทราบชนิดของอนุภาคตะกอนดินกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์ ศึกษาช่วงระดับสีที่มีความเลื่อมล้ำกันระหว่างขนาดอนุภาคตะกอนดินแต่ละชนิด และการกระเจิงของรังสีเอกซ์ต่อแท่งตะกอน (หรือวัสดุผิวโค้ง) ที่ส่งผลต่อความแตกต่างของระดับสีในแต่ละบริเวณของภาพ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาวิธีการศึกษาให้ได้ภาพที่ให้ระดับสีที่เหมาะสมต่อไป

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษารั้งนี้เป็นการศึกษาลักษณะชั้นตะกอนดินและขนาดอนุภาคตะกอนดิน โดยไม่ทำลายแท่งตะกอนดิน ได้มีการนำเทคนิค X-ray radiography มาใช้ในการถ่ายภาพเพื่อดูลักษณะชั้นตะกอนดินภายในแท่งตะกอนดิน ร่วมกับการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพทางวิทยาศาสตร์ (Image J) มาช่วยในการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดินโดยสังเขป ซึ่งในการศึกษารั้งนี้มีข้อจำกัดในการศึกษา ได้แก่

1. ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ การเลือกค่าความต่างศักย์ (kV) ความเข้มของรังสี (mA) และเวลา (s) ในการปล่อยรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ควรอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องทำการปล่อยรังสีหลายครั้ง เพื่อให้ได้ภาพที่เห็นชัดเจนที่สุด ส่งผลให้เสียเวลาและมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการถ่ายภาพ
2. แท่งตะกอนดินที่นำมาใช้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ ควรเป็นแท่งตะกอนดินที่แห้งสนิท ไม่มีน้ำอยู่ภายในแท่งตะกอนดิน เนื่องจากอนุภาคน้ำที่อยู่ภายในแท่งตะกอนอาจส่งผลต่อปริมาณรังสีเอกซ์ที่จะทะลุผ่าน ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้มีค่าระดับสีเทา (Gray Scale) ผิดเพี้ยน ส่งผลต่อการวิเคราะห์ระดับสีในโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ
3. การวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์ ค่าระดับสีที่ได้ในแต่ละชั้นภายในแท่งตะกอนดินเดียวกันอาจมีค่าไม่เท่ากัน ควรมีการถ่ายภาพเอกซเรย์ แท่งตะกอนดินอ้างอิงที่ทราบปริมาณของอนุภาคตะกอนดินต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับค่าระดับสีที่ได้ ทั้งนี้ผลที่ได้อาจไม่แม่นยำแต่อาจมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากลักษณะอนุภาคตะกอนดินภายในแท่งแต่ละพื้นที่มีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในพื้นที่นั้น ๆ
4. พื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนดินในการศึกษาครั้งนี้ มีลักษณะการสะสมตัวของชั้นตะกอนดินที่เป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด ทำให้เห็นความแตกต่างของชั้นตะกอนดินไม่ชัดเจน การศึกษาครั้งนี้อาจนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะการสะสมตัวของชั้นตะกอนดิน ซึ่งทำให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนมากขึ้น เช่น พื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์สึนามิ พื้นที่ที่มีการขุดเจาะแท่นน้ำมัน เป็นต้น



## เอกสารอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กรมทรัพยากรธรณี สำนักเทคโนโลยีธรณี ส่วนธรณีวิทยาทางทะเล. 2555. ธรณีวิทยาภาพพื้นทะเลอ่าวไทยตอนบน. ใน รายงานวิชาการเลขที่ สทธ.9/2555, หน้า 4-11. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี.
- ธวัชชัย เทพสุวรรณ และวิเชียร อินต๊ะเสน. 2543. การสะสมตัวของตะกอนในกลุ่มแอ่งเจ้าพระยาตอนล่าง “ผลกระทบสิ่งแวดล้อมธรรมชาติจากการดูดทรายในแม่น้ำ”. ใน รายงานการประชุมวิชาการเรื่อง “ธรณีวิทยาและแหล่งแร่ประเทศไทย”, หน้า 113-124. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี.
- นเรศร์ จันทน์ขาว. 2548. การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์และรังสีแกมมาสำหรับงานอุตสาหกรรม. เอกสารการสอบวิชา 2111660 การสร้างภาพด้วยรังสีในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เบญจวรรณ แสนสิทธิสกุลเลิศ. 2557. การปนเปื้อนเชิงพื้นที่และค่าพื้นฐานของปรอทในดินตะกอนผิวหน้าของอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปราโมทย์ โคจิตุภกร, ศุภชัย ตั้งใจตรง และสมมาตร เนียมนิล. 2546. ฟิสิกส์ของอ่าวไทย. ใน Eye on the Ocean, หน้า 90-114. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล, เบญจวรรณ แสนสิทธิสกุลเลิศ และ พิสุทธิ์ เทศสวัสดิ์. 2556. ลักษณะทางตะกอนวิทยาและการปนเปื้อนของปรอทและสารหนูในดินตะกอนอ่าวไทย. ใน ประมวลผลงานวิจัยการสัมมนาวิชาการเรื่อง “ผลการสำรวจทรัพยากรประมงและสิ่งแวดล้อมทางทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนกลาง โดยเรือสำรวจซีพีเคซีปี 2556”, หน้า 64-71. สมุทรปราการ : ฝ่ายฝึกอบรม ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้.
- สง่า ตั้งชวาล. 2555. ธรณีวิศวกรรมชั้นพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย. 2556. อิมเมจิงเพลท (Imaging Plate). [ออนไลน์].  
แหล่งที่มา: <http://www.nst.or.th/article/article143/article1439.htm> [2 กุมภาพันธ์ 2562]
- สำนักสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2557. ดินและการเกิดดิน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:  
[http://www.ddd.go.th/thaisoils\\_museum/survey\\_1/soils.html](http://www.ddd.go.th/thaisoils_museum/survey_1/soils.html) [9 กุมภาพันธ์ 2562]

## ภาษาอังกฤษ

- Axelsson, V., and Händel, S. K. 1972. X-radiography of unextruded sediment cores. Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography 54(1): 34-37.
- Axelsson, V. 1983. The use of X-ray radiographic methods in studying sedimentary properties and rates of sediment accumulation. Hydrobiologia 103(1): 65-69.
- Bouma, A. H. 1964. Notes on X-ray interpretation of marine sediments. Marine geology 2(4): 278-309.
- Butler, S. 1992. X-radiography of archaeological soil and sediment profiles. Journal of archaeological science 19(2): 151-161.
- Buranapratheprat, A., and Bunpapong, M. 1998. A two dimensional hydrodynamic model for the Gulf of Thailand. In Proceedings of The IOC/WESTPAC Fourth International Scientific Symposium 469: 478.
- Earle, S. 2015. Stream Erosion and Deposition. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://opentextbc.ca/geology/chapter/13-3-stream-erosion-and-deposition/> [8 พฤษภาคม 2562]
- Freeman, A.M. and Roberts, H.H. 2013. Storm layer deposit on a coastal Louisiana lake bed. Journal of Coastal Research 29(1):31-41.
- Hamblin, W. K. 1962. X-ray radiography in the study of structures in homogeneous sediments. Journal of Sedimentary Research 32(2): 201-210.
- Liu, S., Zhang, H., Zhu, A., Wang, K., Chen, M. T., Khokiattiwong, S., and Shi, X. 2018. Distribution of rare earth elements in surface sediments of the western Gulf of Thailand: Constraints from sedimentology and mineralogy. Quaternary International.
- Ojala, A. E. 2005. Application of X-ray radiography and densitometry in varve analysis. In Image analysis. Sediments and Paleoenvironments 7: 187-202.
- Plummer, C. C., Carlson, H. D. and Hammersley, L. 1937. Physical Geology. 15<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Principato, S. M. 2005. X-ray radiographs of sediment cores: a guide to analyzing diamicton. In Image Analysis. Sediments and Paleoenvironments 7: 165-185.

- Rothwell, R. G. and Rank, F. R. 2006. New Techniques in Sediment Core Analysis. Geological Society London Special Publications 267(1): 1-29.
- Shepard, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. Journal of Sedimentary Research 24(3): 151-158.
- Sompongchaiyakul, P. 1989. Analysis of chemical species for trace metals in nearshore sediment by sequential leaching method. Master's Thesis, Department of Marine Science, Graduate School, Chulalongkorn University.
- The Open University. 1999. Waves Tides and Shallow Water Processes. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. The journal of geology 30(5): 377-392.

## ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก. สถานีเก็บตัวอย่าง

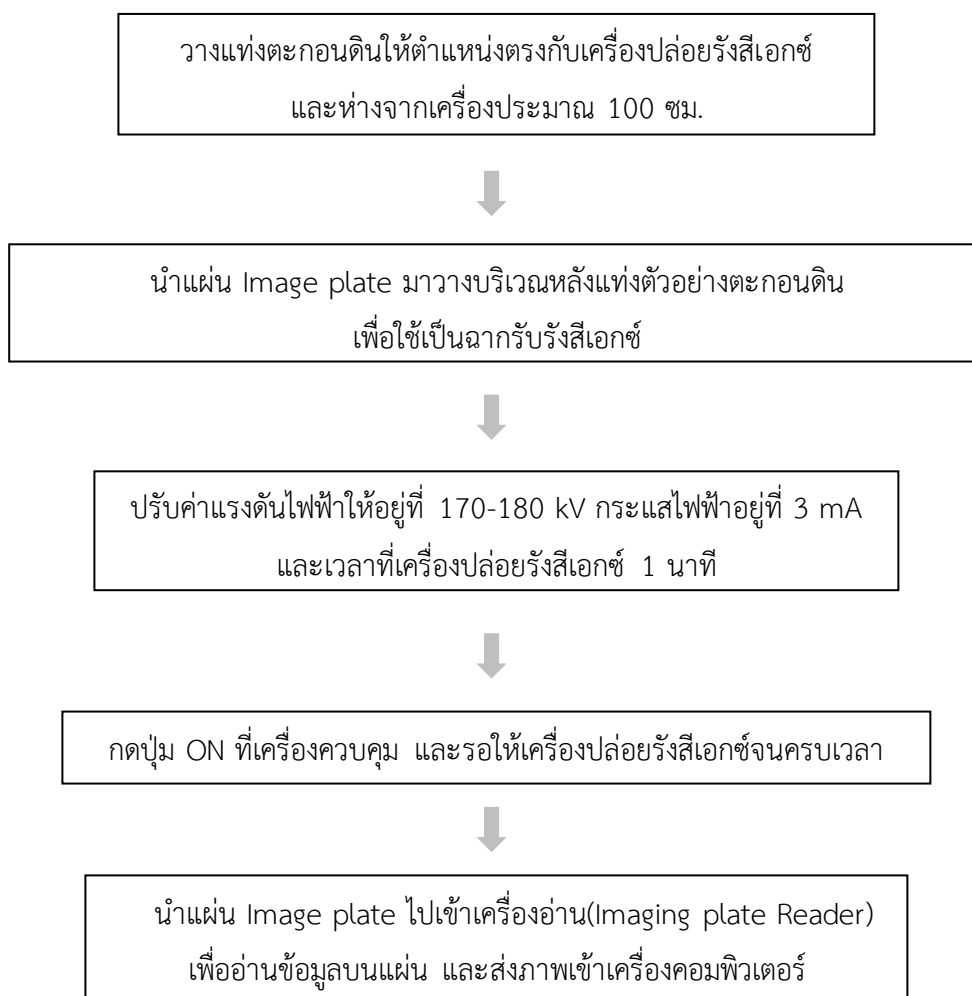
ตาราง ก.1 สถานีเก็บตัวอย่าง และพิกัดที่ทำการศึกษา

สถานี	พิกัด	
	ละติจูด	ลองจิจูด
1	13° 11.580'	100° 20.940'
5	12° 24.950'	100° 16.120'
11	11° 45.705'	101° 17.325'
13	11° 44.819'	102° 15.499'
14	11° 15.184'	99° 45.421'
16	11° 15.152'	100° 45.379'
19	10° 44.025'	100° 15.804'
21	10° 45.045'	101° 05.273'
22	10° 12.358'	99° 40.422'
24	10° 12.488'	100° 06.273'
27	09° 46.523'	100° 17.033'
29	09° 46.565'	101° 05.270'
31	09° 15.369'	100° 44.618'
33	08° 44.137'	100° 18.407'
35	08° 43.098'	101° 05.360'
37	08° 16.750'	101° 04.266'
39	08° 22.088'	102° 02.764'
44	07° 16.179'	102° 42.762'
46	07° 18.077'	101° 13.559'
48	07° 19.438'	102° 18.773'

## ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

### 1. การวิเคราะห์แท่งตะกอนดินตัวอย่าง

#### 1.1 การถ่ายภาพแท่งตะกอนดิน ด้วยเทคนิควิธี X-ray radiography



## 1.2 การวิเคราะห์ภาพถ่าย X-ray

### ขั้นตอนการวิเคราะห์จุดสีบนภาพถ่าย

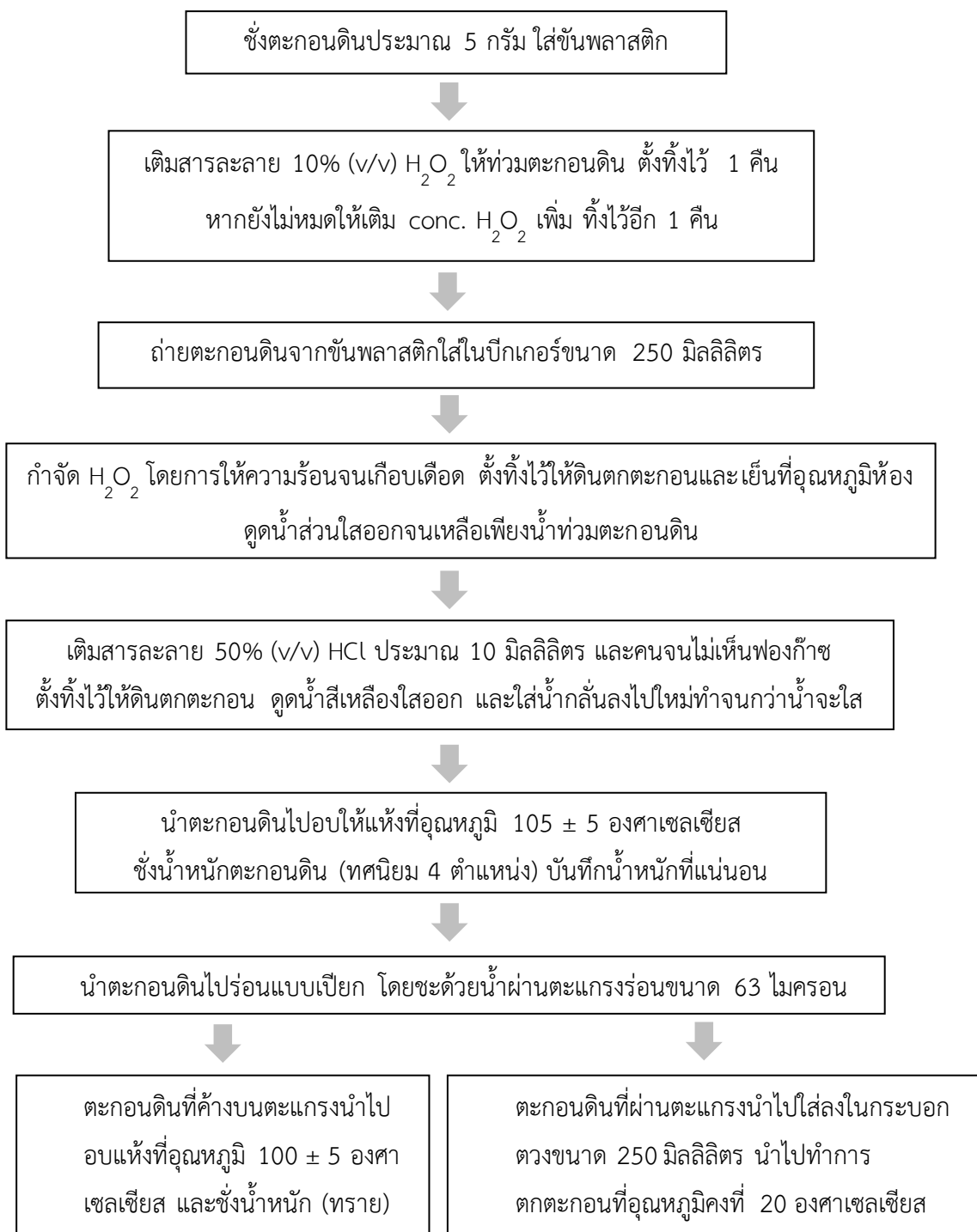


### 1.3 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดิน (Grain Size)

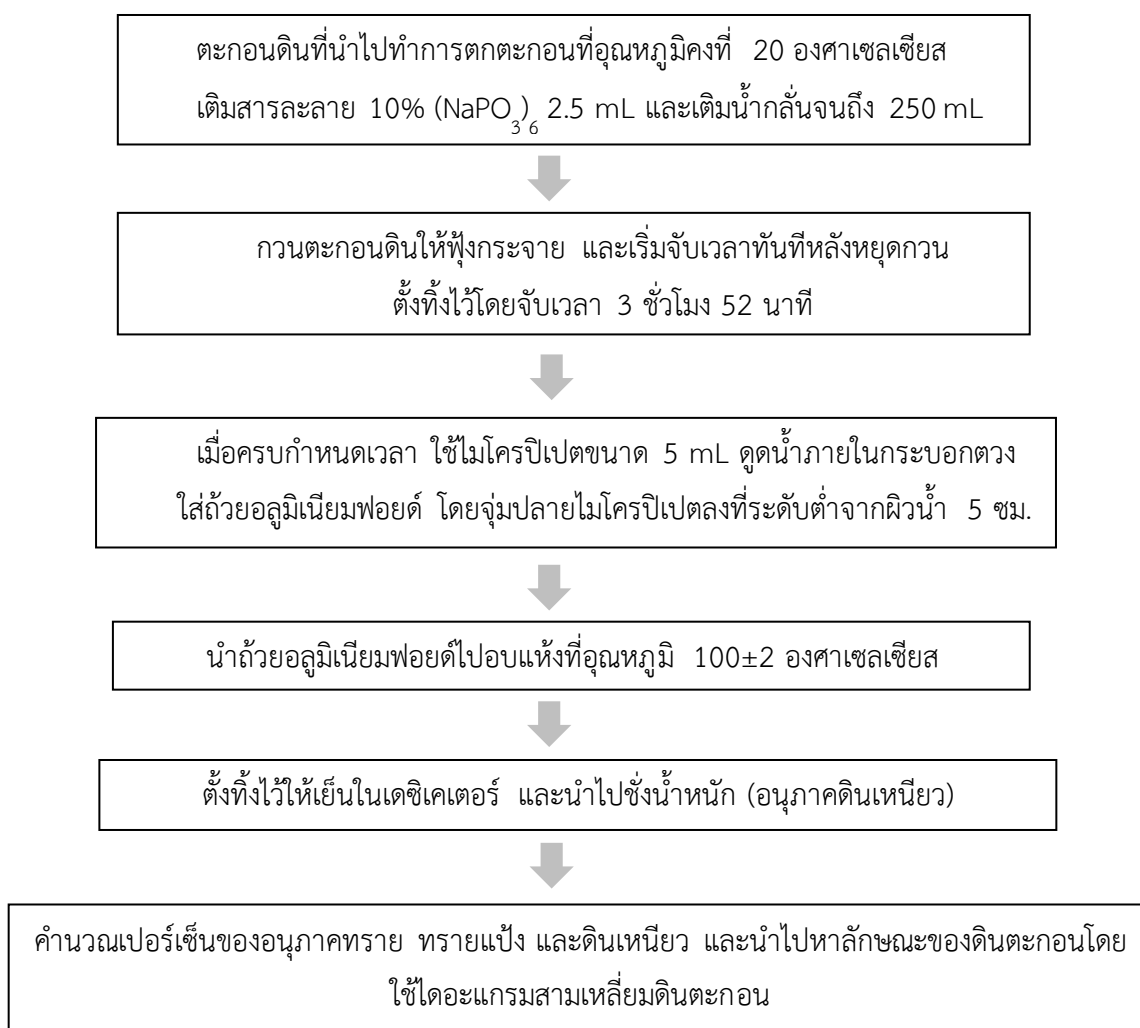
สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์

- 1) สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub> เข้มข้น 10% (w/v)
- 2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) เข้มข้น 10% (v/v)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดิน



(ต่อ) ขั้นตอนการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนดิน





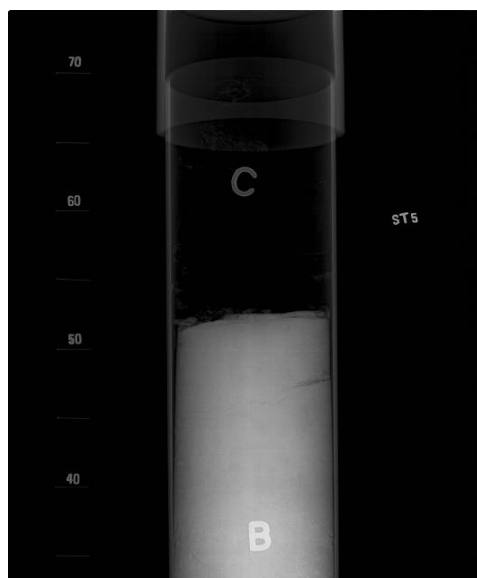
ภาคผนวก ค.  
ภาพถ่ายเอกซเรย์ลักษณะชั้นตะกอนดินบริเวณอ่าวไทย

สถานี 1

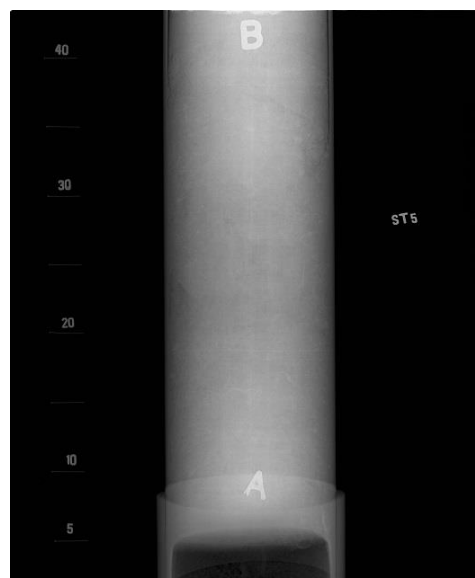


ส่วนบนของแท่งตะกอน

สถานี 5



ส่วนบนของแท่งตะกอน

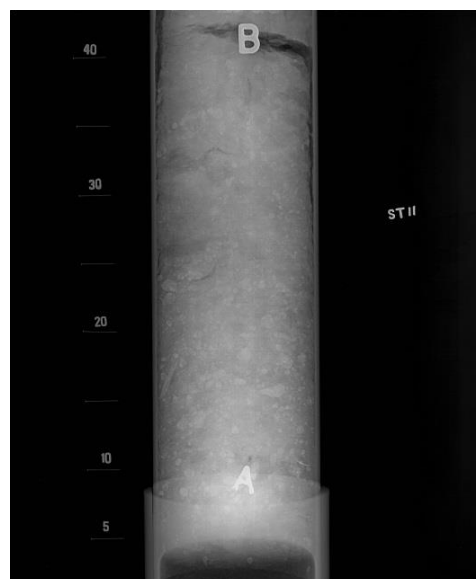


ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 11

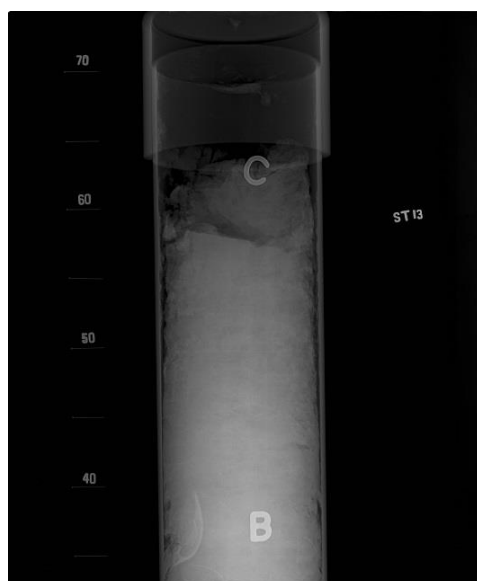


ส่วนบนของแท่งตะกอน

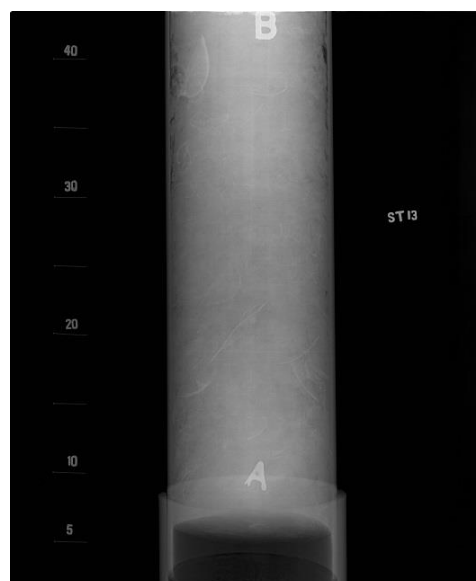


ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 13



ส่วนบนของแท่งตะกอน



ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 14

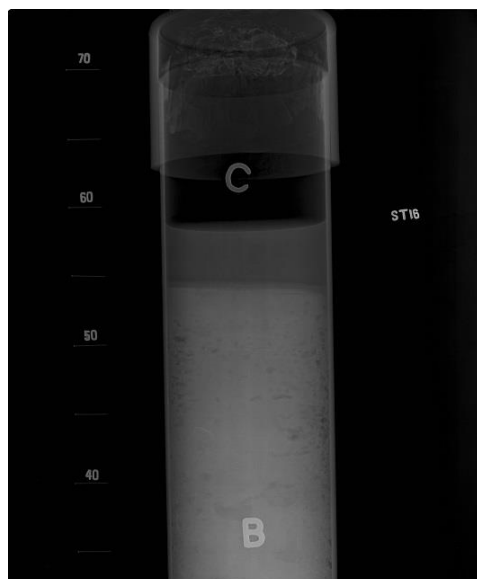


ส่วนบนของแท่งตะกอน

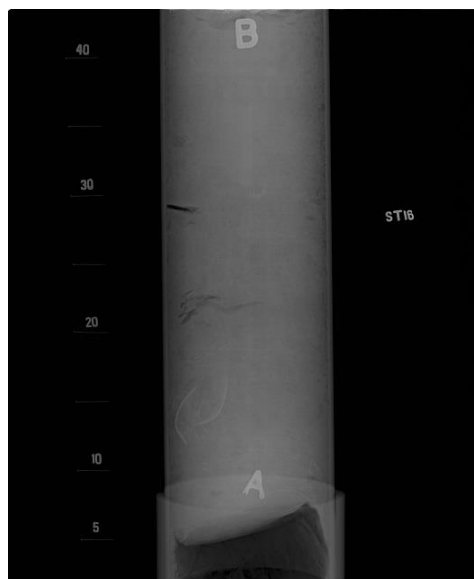


ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 16



ส่วนบนของแท่งตะกอน



ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 19

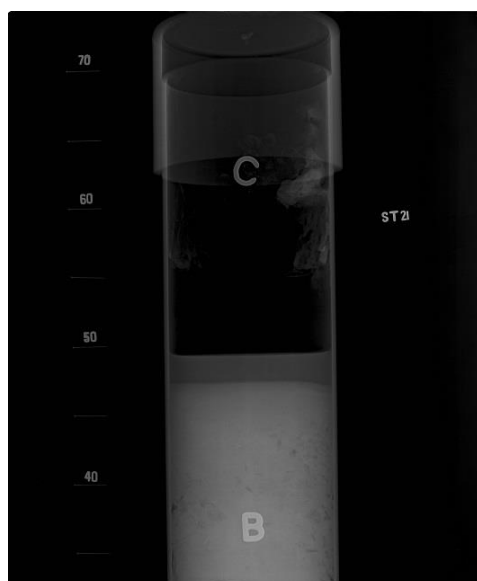


ส่วนบนของแท่งตะกอน

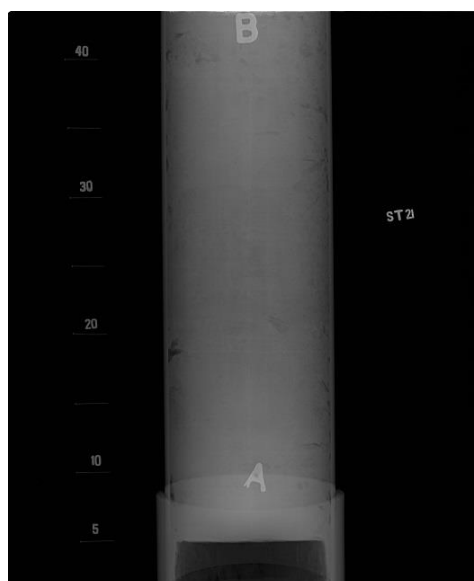


ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 21



ส่วนบนของแท่งตะกอน



ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 22

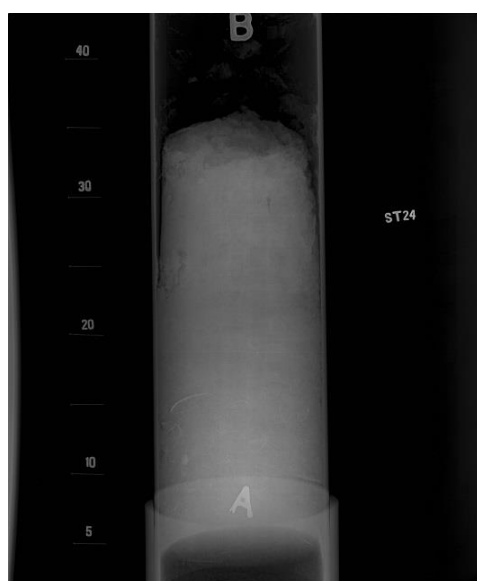


ส่วนบนของแท่งตะกอน



ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 24



ส่วนบนของแท่งตะกอน

สถานี 27

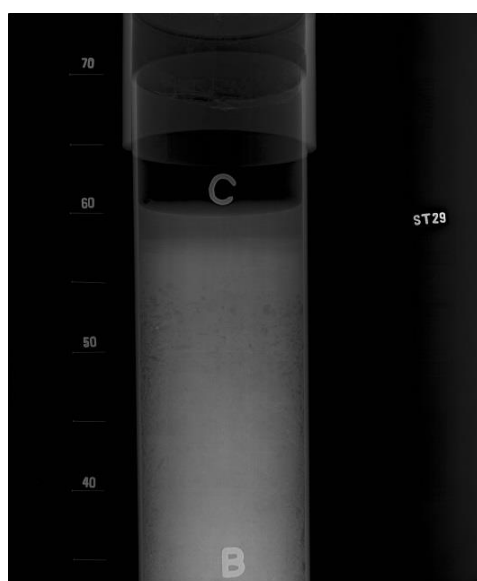


ส่วนบนของแท่งตะกอน



ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 29

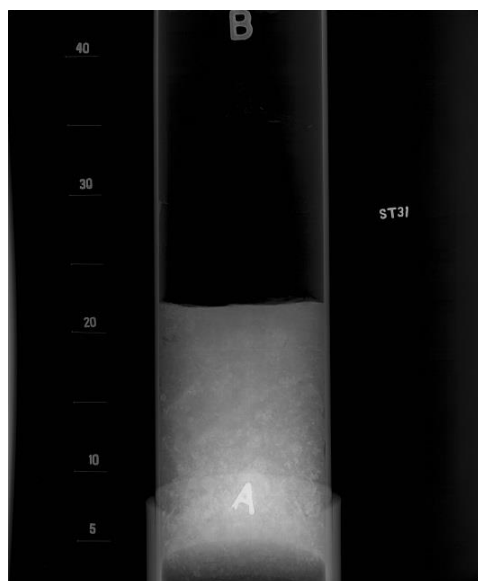


ส่วนบนของแท่งตะกอน



ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 31

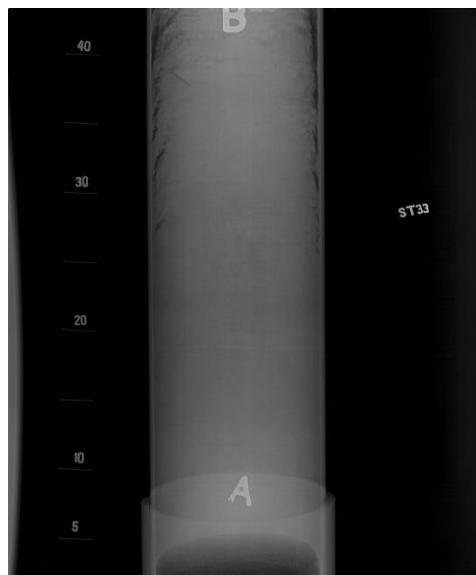


ส่วนบนของแท่งตะกอน

สถานี 33



ส่วนบนของแท่งตะกอน

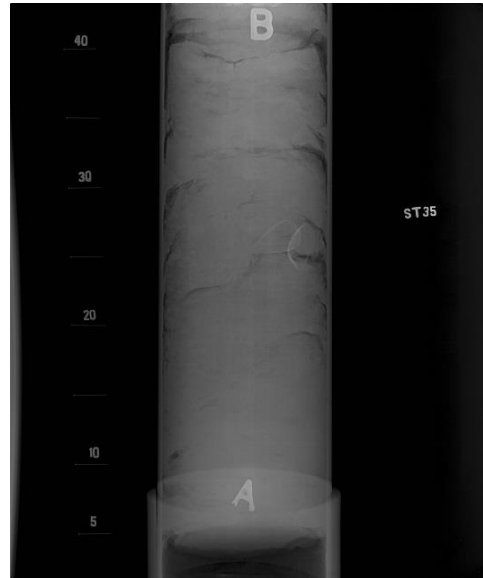


ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 35



ส่วนบนของแท่งตะกอน



ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 37



ส่วนบนของแท่งตะกอน



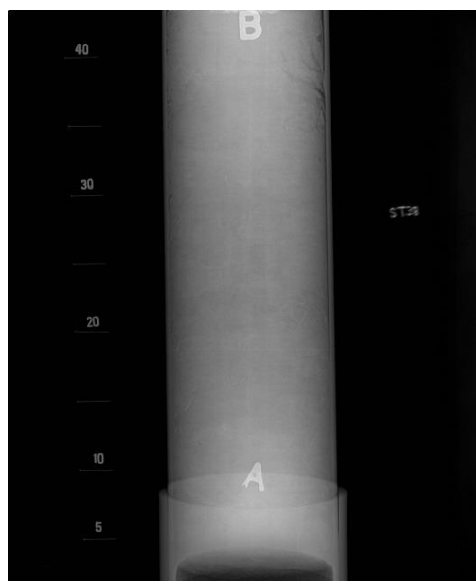
ส่วนล่างของแท่งตะกอน



สถานี 39

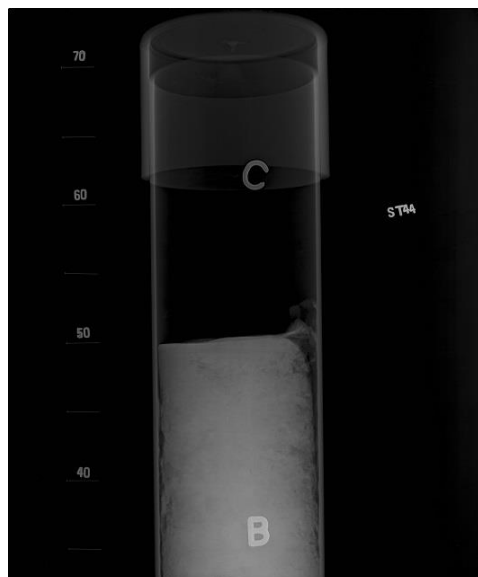


ส่วนบนของแท่งตะกอน

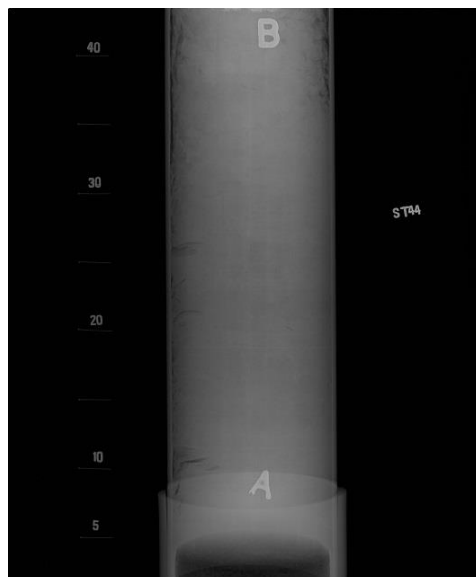


ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 44



ส่วนบนของแท่งตะกอน



ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 46

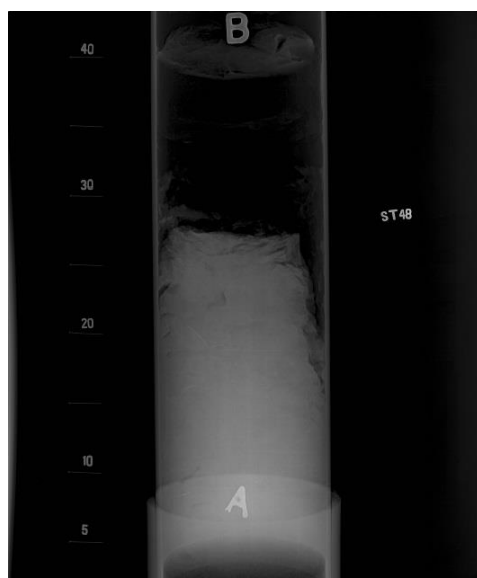


ส่วนบนของแท่งตะกอน



ส่วนล่างของแท่งตะกอน

สถานี 48



ส่วนบนของแท่งตะกอน

ภาคผนวก ง.  
องค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดิน

ตาราง ง.1 องค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดิน

Station	Depth(cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Sediment Structure
14	0.5	39.65	52.71	7.63	Sandy silt
	3.5	45.18	43.85	10.97	Silty sand
	6.5	44.90	44.49	10.61	Silty sand
	9.5	55.23	35.22	9.55	Silty sand
	12.5	50.65	25.61	23.75	Sand-silt-clay
	15.5	55.44	26.78	17.78	Silty sand
	18.5	57.02	19.27	23.70	Clayey sand
	21.5	44.37	43.67	11.96	Silty sand
	25.5	39.70	43.75	16.55	Sandy silt
	30.5	47.37	27.25	25.38	Sand-silt-clay
	35.5	41.47	34.70	23.83	Sand-silt-clay
22	0.5	1.26	72.34	26.40	Clayey Silt
	3.5	1.35	73.74	24.91	Clayey Silt
	6.5	0.43	67.21	32.37	Clayey Silt
	9.5	0.85	76.04	23.11	Silt
	12.5	0.96	70.85	28.19	Clayey Silt
	15.5	0.74	58.80	40.46	Clayey Silt
	18.5	1.17	71.64	27.18	Clayey Silt
	21.5	1.08	69.24	29.67	Clayey Silt
	25.5	1.00	59.92	39.07	Clayey Silt
	30.5	1.23	76.81	21.96	Silt
	35.5	1.31	74.39	24.30	Clayey Silt
	40.5	0.99	69.55	29.46	Clayey Silt
	45.5	1.56	74.01	24.43	Clayey Silt
50.5	0.60	70.17	29.23	Clayey Silt	

ตาราง ง.1 (ต่อ)

Station	Depth(cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Sediment Structure
29	0.5	1.80	77.39	20.80	Silt
	3.5	2.67	81.83	15.50	Silt
	6.5	1.52	76.19	22.29	Silt
	9.5	2.21	74.21	23.58	Clayey silt
	12.5	1.41	71.47	27.13	Clayey silt
	15.5	1.91	74.11	23.98	Clayey silt
	18.5	2.57	56.86	40.57	Clayey silt
	21.5	2.79	63.08	34.13	Clayey silt
	25.5	1.49	73.87	24.64	Clayey silt
	30.5	1.94	70.31	27.75	Clayey silt
	35.5	0.89	76.87	22.24	Silt
	40.5	0.83	76.11	23.06	Silt
	45.5	0.86	74.68	24.47	Silt
	50.5	1.25	80.49	18.26	Silt
35	0.5	0.98	80.91	18.11	Silt
	3.5	0.93	80.36	18.72	Silt
	6.5	0.57	80.71	18.72	Silt
	9.5	0.67	77.63	21.69	Silt
	12.5	0.48	78.94	20.58	Silt
	15.5	0.33	76.62	23.05	Silt
	18.5	0.55	76.72	22.73	Silt
	21.5	0.56	75.49	23.95	Silt
	25.5	0.59	73.95	25.47	Clayey silt
	30.5	0.43	76.57	23.00	Silt
	35.5	0.37	78.03	21.61	Silt
	40.5	0.56	77.05	22.39	Silt
	45.5	0.39	75.88	23.73	Silt
	50.5	0.38	76.58	23.05	Silt

## ภาคผนวก จ.

## องค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดินจากการวิเคราะห์และการประมวลผลภาพถ่าย

ตาราง จ.1 องค์ประกอบของขนาดอนุภาคตะกอนดินขนาดทรายแป้ง เปรียบเทียบระหว่างค่าจากการวิเคราะห์และการประมวลผลภาพถ่าย

สถานี	ความลึก	%Silt (Image)	%Silt (Lab)	ค่าความแตกต่าง	% ความแตกต่าง
14	0.5	68.20	52.71	15.49	29.39
	3.5	90.52	43.85	46.67	106.44
	6.5	51.82	44.49	7.33	16.47
	9.5	31.43	35.22	3.80	10.78
	12.5	9.23	25.61	16.37	63.94
	15.5	4.72	26.78	22.06	82.38
	18.5	8.02	19.27	11.25	58.38
	21.5	7.09	43.67	36.58	83.77
	25.5	17.35	43.75	26.40	60.35
	30.5	29.18	27.25	1.93	7.08
	35.5	24.23	34.70	10.47	30.18
22	0.5	72.13	72.34	0.21	0.29
	3.5	82.77	73.74	9.03	12.25
	6.5	85.28	67.21	18.08	26.90
	9.5	92.28	76.04	16.24	21.36
	12.5	83.50	70.85	12.65	17.85
	15.5	29.62	58.80	29.18	49.63
	18.5	48.66	71.64	22.99	32.08
	21.5	69.24	69.24	0.00	0.00
	25.5	88.65	59.92	28.72	47.93
	30.5	82.86	76.81	6.05	7.87
	35.5	84.41	74.39	10.02	13.47
	40.5	86.97	69.55	17.42	25.05

ตาราง จ.1 (ต่อ)

สถานี	ความลึก	%Silt (Image)	%Silt (Lab)	ค่าความแตกต่าง	% ความแตกต่าง
29	0.5	4.93	77.39	72.47	93.64
	3.5	50.24	81.83	31.60	38.61
	6.5	62.59	76.19	13.59	17.84
	9.5	76.68	74.21	2.47	3.33
	12.5	85.17	71.47	13.71	19.18
	15.5	89.27	74.11	15.16	20.45
	18.5	42.34	56.86	14.52	25.53
	21.5	50.15	63.08	12.93	20.50
	25.5	65.18	73.87	8.69	11.77
	30.5	95.95	70.31	25.64	36.46
	35.5	91.61	76.87	14.74	19.18
	40.5	92.26	76.11	16.15	21.22
	45.5	85.74	74.68	11.06	14.82
35	0.5	73.18	80.91	7.73	9.55
	3.5	98.35	80.36	18.00	22.40
	6.5	85.07	80.71	4.37	5.41
	9.5	87.17	77.63	9.54	12.28
	12.5	98.60	78.94	19.66	24.90
	15.5	97.46	76.62	20.83	27.19
	18.5	94.94	76.72	18.22	23.75
	21.5	95.70	75.49	20.20	26.76
	25.5	89.89	73.95	15.94	21.55
	30.5	92.41	76.57	15.84	20.69
	35.5	99.07	78.03	21.04	26.96