

แร่ดินในตะกอนสีนํามี เกาะพระทอง  
อำเภอกระบุรี จังหวัดพังงา

นายชาญวิทย์ แต่งอ่อน

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2556

CLAY MINERALS IN TSUNAMI SEDIMENTS AT PHRA THONG ISLAND  
AMPHOE KURABURI, CHANGWAT PHANG NGA

CHANWIT TANGON

A REPORT IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT  
FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2013

วันที่ส่ง ...../...../.....

วันที่อนุมัติ ...../...../.....

.....  
(อาจารย์ ดร. เกรียงวณิช จันทร์แก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

## แร่ดินในตะกอนสีนํามิ เกาะพระทอง

### อำเภอกระบุรี จังหวัดพังงา

ชาญวิทย์ แดงอ่อน และ เครือวัลย์ จันทร์แก้ว

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อีเมลล์: champchanwit@gmail.com

#### บทคัดย่อ

การศึกษานิตของแร่ดินในตะกอนสีนํามิปี พ.ศ.2547 และตะกอนสีนํามิในอดีต เพื่อระบุระดับความลึกของน้ำที่สีนํามิเริ่มพาตะกอนเข้ามาสะสม เป็นพื้นฐานในการศึกษาจลนศาสตร์ของคลื่นสีนํามิ และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความรุนแรงของสีนํามิที่เคยเกิดขึ้นในอดีตได้ โดยการศึกษาในครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ชนิดแร่ดินในตะกอนสีนํามิปี พ.ศ.2547 และตะกอนสีนํามิในอดีตซึ่งถูกสำรวจพบที่เกาะพระทอง อำเภอกระบุรี จังหวัดพังงา เพื่อเทียบสัมพันธ์กับการกระจายตัวของแร่ดินที่พื้นทะเล บริเวณทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของเกาะพระทอง ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนสีนํามิปี พ.ศ.2547 ตะกอนสีนํามิในอดีต รวม 4 ตัวอย่าง ตะกอนหน้าหาด 4 ตัวอย่าง ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง 1 ตัวอย่าง และตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 6, 7, 7.5, 8, 12, 14.5, 15, 17, 18, 20 และ 23 เมตร รวม 12 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 21 ตัวอย่าง โดยใช้การวิเคราะห์การกระจายตัวขนาดตะกอน จากการแยกขนาดตะกอนโดยใช้น้ำ (Wet sieving) วิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของแร่ดินโดยเครื่องวิเคราะห์ X-ray diffractometer ด้วยเทคนิควิธี Random, Oriented, Glycolated และ Heated และวิเคราะห์ออกไซด์องค์ประกอบตะกอนโดยเครื่องวิเคราะห์ X-ray Fluorescence spectrometer รวมทั้งการวิเคราะห์ Loss on ignition ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จากการศึกษพบว่า แร่ดินที่พบในตะกอนสีนํามิทั้งหมด 4 ชั้น ได้แก่ แร่เคโอลินไนต์ และอิลไลต์ นอกจากนี้แร่ดินที่พบเฉพาะในตะกอนสีนํามิปี พ.ศ.2547 ตะกอนสีนํามิในอดีตชั้นที่ 2 และตะกอนสีนํามิในอดีตชั้นที่ 3 ได้แก่ แร่คลอไรต์ ส่วน แร่ดินที่พบในตะกอนสีนํามิในอดีตชั้นที่ 1 และตะกอนสีนํามิในอดีตชั้นที่ 2 ได้แก่ แร่มอนต์มอริลโลไนต์ โดยในเบื้องต้นสามารถระบุความลึกน้ำที่สีนํามิเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาสะสมตัวเป็นชั้นตะกอนสีนํามิปี พ.ศ.2547 ที่ระดับความลึกมากกว่า 17 เมตร ตะกอนสีนํามิในอดีตชั้นที่ 1 เริ่มถูกสีนํามิพัดพามาจากความลึกน้ำประมาณ 14.5 เมตร และตะกอนสีนํามิในอดีตชั้นที่ 2 และตะกอนสีนํามิในอดีตชั้นที่ 3 เริ่มถูกพัดพามาจากความลึกน้ำมากกว่า 20 เมตร เนื่องจากขาดข้อมูลในบริเวณที่ลึกกว่า 20 เมตรจึงไม่สามารถสรุประดับความลึกของน้ำที่สีนํามิเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาได้

คำสำคัญ: สีนํามิ, แร่ดิน, ความลึกน้ำของตะกอนสีนํามิ

# Clay Minerals in Tsunami Sediments at Phra Thong Island

## Amphoe Kuraburi, Changwat Phang Nga

Chanwit Tangon<sup>1,\*</sup> and Kruawun Jankaew<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

\*Corresponding author e-mail: champchanwit@gmail.com

### ABSTRACT

The clay minerals in 2004 tsunami sediment and paleotsunami sediments at Phra Thong Island, Amphoe Kuraburi, Changwat Phang Nga may provide clues to the dynamics and severity of tsunami in this area. This study identified the depth of water which 26 December 2004 tsunami sediment and paleotsunami sediments was entrained from offshore by the tsunami wave. We studied a total of 21 samples including 2004 tsunami sediment, paleotsunami sediments, swash zone sediment, washover deposit and offshore sediments at depths of 6, 7, 7.5, 8, 12, 14.5, 15, 17, 18, 20 and 23 meters. The samples were investigated by particle size analysis, X-ray diffractometer (XRD; using Random, Orientated, Glycolated and Heated methods), X-ray Fluorescence spectrometer (XRF) and Loss on ignition (LOI). Kaolinite and Illite are found in all tsunami sand layers. Chlorite is found in 2004 tsunami 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> paleotsunami sand layers. Moreover, Montmorillonite is found in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> paleotsunami sand layers. Clay minerals distribution on the sea floor can be divided into 4 zones related to clay minerals in tsunami sediments. This study may preliminary conclude that 2004 tsunami sediment was entrained from more than 17 meters. of water depth. The 1<sup>st</sup> paleotsunami sediment was entrained from about 14.5 m. The 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> paleotsunami sediments started picking up from more than 20 meters. However, this study lacks data of offshore sediments at depths of more than 20 meters.

**Keywords:** Tsunami sediment, clay mineral, source of tsunami sediments

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเรื่อง แร่ดินในตะกอนสีนํามิ เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ (Senior project) ซึ่งเป็นรายวิชาที่นิสิตชั้นปีที่ 4 จะได้เรียนรู้เพิ่มเติม ประสบการณ์การศึกษาวิจัย

ตลอดการดำเนินงานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุน คำแนะนำ และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จึงทำให้สามารถทำการวิจัยจนเสร็จสิ้นได้ โดยมีอาจารย์ ดร. เค็ร็ววัลย์ จันทร์แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนช่วยเหลือตั้งแต่ก่อนเริ่มงานวิจัย ในภาคสนาม ในการศึกษาในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ข้อมูล จนถึงขั้นตอนการนำเสนอข้อมูลเป็นรายงานเล่มนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำได้รับความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือจากอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ทำให้สามารถพัฒนา งานวิจัยให้ดีขึ้นด้วยความรู้และความคิดเห็นจากอาจารย์ทุกๆ ท่าน ขอขอบพระคุณพี่บุคลากรทุกท่าน โดยเฉพาะคุณจิระประภา และคุณบรรจง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณนายเสกสรร ภัทรธรรมเสรี และนางสาวชุตติพร ศรีทอนสุด ที่ช่วยเหลือในการศึกษาภาคสนาม ขอขอบคุณนายรณกฤษฎี รัตนศรีอำไพพงศ์ และนางสาวภาวิณีย์ เชื้อนเพชร สำหรับคำแนะนำและกำลังใจที่ดี ทำยนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ธรณีวิทยา รุ่น 54 ทุกคน รวมถึงน้องธรณีทุกคนที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

## สารบัญ

	หน้า
หัวข้อภาษาไทย	ก
หัวข้อภาษาอังกฤษ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ข้อความเบื้องต้น	1
1.2 นิยามปัญหา	2
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 สมมติฐาน	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
1.6 พื้นที่ศึกษา	2
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.8 ข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยาของเกาะพระทอง	4
1.9 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย	9
2.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น	11
2.2 การสำรวจภาคสนาม	11
2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ	16
บทที่ 3 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล	22
3.1 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน	22
3.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของแร่ดิน	33
3.3 การวิเคราะห์แร่ดินเชิงปริมาณ	38
3.4 การศึกษาออกไซด์องค์ประกอบ	40
บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผล	44
4.1 อภิปรายผลการวิจัย	44

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.1 การกระจายตัวขนาดตะกอน	44
4.1.2 แร่ดินที่พบในตะกอนสีนํามีปี 2547 (Sand A) เปรียบเทียบกับตะกอนสีนํามี ในอดีต (Sand B, C และ D)	44
4.1.2 แร่ดินที่พบในตะกอนสีนํามี เปรียบเทียบกับตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่ง	45
4.1.3 การกระจายตัวของแร่ดินในตะกอนหน้าหาด และตะกอนพื้นทะเล	46
4.1.4 แนวโน้มที่มาของตะกอนสีนํามี	47
4.2 สรุปผล	50
4.3 ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	54



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างตะกอน	13
ตารางที่ 2.2 ค่า d-spacing และ 2Theta เฉพาะของแร่ดินชนิดต่างๆ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันตามเทคนิคการวิเคราะห์ สำหรับการระบุชนิดแร่ดินที่พบในตะกอนตัวอย่าง	21
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการวิเคราะห์ที่ใช้ศึกษาตะกอนตัวอย่าง	23
ตารางที่ 3.2 น้ำหนักเม็ดตะกอนขนาดต่างๆ ที่ได้จากการร่อนคัดขนาดตะกอนแบบใช้น้ำ (Wet sieving)	28
ตารางที่ 3.3 ความถี่สะสมของน้ำหนักเม็ดตะกอนขนาดต่างๆ (ในหน่วย %) ที่ได้จากการร่อนคัดขนาดตะกอนแบบใช้น้ำ (Wet sieving)	29
ตารางที่ 3.4 ค่าทางสถิติจากการคำนวณทางตะกอน (Phi, $\phi$ ) ณ เปอร์เซ็นต์ไทล์ต่างๆ	30
ตารางที่ 3.5 แสดงแร่ดินชนิดต่างๆ ที่พบในตะกอนสีนํามี ตะกอนพื้นทะเล ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง และตะกอนหน้าหาด ทั้งหมด 15 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเครื่อง XRD วิธีต่างๆ	37
ตารางที่ 3.6 สัดส่วนของชนิดแร่ดินชนิดที่พบในตัวอย่างตะกอนทั้งหมด 14 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณจาก Diffraction pattern ที่ได้จากวิธี Oriented	38
ตารางที่ 3.7 กลุ่มของตะกอนตัวอย่างที่พบแร่ดินชนิดเดียวกัน	39
ตารางที่ 3.8 ออกไซด์องค์ประกอบหลักและ LOI ของตะกอนตัวอย่าง	41
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลการศึกษาชนิดแร่ดินที่พบในตะกอนสีนํามีปี พ.ศ.2547 และตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 1, 2 และ 3 ระหว่างการศึกษาของภาววินัยย์ เชื้อนเพชร (2555) กับผลการศึกษาในงานวิจัยนี้	45

## สารบัญรูป

	หน้า
<b>รูปที่ 1.1</b> ภาพถ่ายดาวเทียมเกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา (จาก Google Earth, เก็บภาพวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2555)	3
<b>รูปที่ 1.2</b> แผนที่ภูมิประเทศ ระวัง 4627II ลำดับชุด L7018 “อำเภอคุระบุรี” มาตราส่วน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2543)	3
<b>รูปที่ 1.3</b> แผนที่ธรณีสัณฐานชายฝั่งบริเวณเกาะพระทอง (ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548)	4
<b>รูปที่ 1.4</b> แผนที่ธรณีวิทยาเกาะพระทอง มาตราส่วน 1:250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)	5
<b>รูปที่ 1.5</b> แผนที่แสดงการกระจายตัวของแร่หนักและแร่ดินในตะกอนพื้นทะเล และตะกอนหน้าหาด ซึ่งแบ่งเป็น 4 เขต โดยกรอบสี่เหลี่ยมสีเหลือง แสดงถึงแร่หนักที่พบเป็นปริมาณมากในเขตนั้น (ภาวนิษฐ์ เขื่อนเพชร, 2555)	8
<b>รูปที่ 2.1</b> ตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่าง บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของเกาะพระทอง (ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth, เก็บภาพวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2555)	12
<b>รูปที่ 2.2</b> ชั้นตะกอนสีนํ้ามึ ปี พ.ศ.2547 (Sand A) และชั้นตะกอนสีนํ้ามึในอดีต Sand B, C, D ตรงทางน้ำใต้สะพานไม้ใกล้ทับตาจุก (แถบไม้กว้าง 10 เซนติเมตร)	14
<b>รูปที่ 2.3</b> ตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่งที่มีแร่หนัก (ชั้นสีดำ) เป็นองค์ประกอบอยู่สูง (แถบไม้กว้าง 10 เซนติเมตร)	15
<b>รูปที่ 2.4</b> เครื่องเก็บตะกอนทะเล (Grab Sample) ที่ใช้เก็บตะกอนที่อยู่บนพื้นทะเลที่ความลึกต่างๆ	15
<b>รูปที่ 2.5</b> การร่อนคัดขนาดเม็ดตะกอนแบบใช้นํ้า (Wet sieving)	16
<b>รูปที่ 2.6</b> แป้นอัดตัวอย่าง (Sample holder) ที่ใส่ตะกอนตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ XRD แบบ Powder XRD หรือ Random	17
<b>รูปที่ 2.7</b> ปีกเกอร์ส่วนผสมระหว่างตะกอนตัวอย่างกับสาร Calgon และนํ้ากลั่น หลังจากปล่อยให้ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง องค์ประกอบส่วนที่ไม่ใช่แร่ดินได้ตกตะกอนสู่ก้นปีกเกอร์	19
<b>รูปที่ 2.8</b> กระจกใสที่หยดนํ้าจากปีกเกอร์และปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง สำหรับนำไปวิเคราะห์ XRD ด้วยเทคนิค Oriented	19
<b>รูปที่ 2.9</b> กระจกใสที่เตรียมด้วยวิธี Glycolated จัดเรียงใน Desiccators ที่มีสาร Ethylene glycol เป็นเวลา 12 ชั่วโมง	20
<b>รูปที่ 3.1</b> กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวของขนาดตะกอนของตะกอนสีนํ้ามึปี พ.ศ.2547 (Sand A) และ ตะกอนสีนํ้ามึในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D)	22

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวขนาดตะกอนของตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง (Washover) และตะกอนหน้าหาด (Swash 1, Swash 2, Swash 3 และ Swash 4)	24
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวขนาดตะกอนของตะกอนพื้นที่ระดับความลึกต่างๆ (Offshore 3-12)	25
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวขนาดตะกอนของตะกอนพื้นที่ความลึก 6-8 เมตร (Offshore 9-12)	25
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวขนาดตะกอนของตะกอนพื้นที่ความลึก 12-20 เมตร (Offshore 3-8)	26
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Simple skewness measure และ Simple sorting measure ของตะกอนสีนามี ตะกอนพื้นที่ทะเล ตะกอนหน้าหาด และตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง	31
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบิดเบี้ยวของกราฟหรือค่าความเบ้ของกราฟ (Inclusive graphic skewness) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟ (Inclusive graphic standard deviation)	31
รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบิดเบี้ยวของกราฟหรือค่าความเบ้ของกราฟ (Inclusive graphic skewness) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟ (Inclusive graphic standard deviation)	32
รูปที่ 3.9 Diffraction pattern เปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ XRD ด้วยวิธีต่างๆ ของตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 (Sand A) ซึ่งพบแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์, อิลไลต์ และคลอไรต์	34
รูปที่ 3.10 Diffraction pattern เปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ XRD ด้วยวิธีต่างๆ ของตะกอนสีนามีในอดีต (Sand B) ซึ่งพบแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์, อิลไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์	35
รูปที่ 3.11 Diffraction pattern เปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ XRD ด้วยวิธีต่างๆ ของตะกอนสีนามีในอดีต (Sand C) ซึ่งพบแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์, อิลไลต์, คลอไรต์ และมอนต์มอริลโลไนต์	35
รูปที่ 3.12 Diffraction pattern เปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ XRD ด้วยวิธีต่างๆ ของตะกอนสีนามีในอดีต (Sand D) ซึ่งพบแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์, อิลไลต์ และคลอไรต์	36
รูปที่ 3.13 แผนที่และแผนภูมิวงกลมแสดงองค์ประกอบแร่ดินชนิดต่างๆ ในสัดส่วนร้อยละ ที่พบในตะกอนตัวอย่างจากชั้นตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547, ตะกอนสีนามีในอดีต, ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง, ตะกอนหน้าหาด และตะกอนพื้นที่ระดับความลึกต่างๆ	39

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.14 แผนภูมิโยแมงมุมแสดงออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนสีนามีในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D)	40
รูปที่ 3.15 แผนภูมิโยแมงมุมแสดงออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 17 เมตร (Offshore 4)	42
รูปที่ 3.16 แผนภูมิโยแมงมุมแสดงออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 (Sand B) และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 14.5 เมตร (Offshore 5)	43
รูปที่ 3.17 แผนภูมิโยแมงมุมแสดงออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนสีนามีในอดีต (Sand C และ Sand D) และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 12, 15, 18, 20 เมตร (Offshore 3, Offshore 6, Offshore 7, Offshore 8)	43
รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงการแบ่งบริเวณพื้นทะเลเกาะพระทอง ตามชนิดของแร่ดินที่พบ	47

# บทที่ 1

## บทนำ (Introduction)

### 1.1 ข้อความเบื้องต้น

เมื่อเปรียบเทียบเหตุการณ์ธรณีพิบัติภัยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย สึนามิเป็นอีกพิบัติภัยที่มีความรุนแรง และก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินมหาศาล เหตุการณ์สึนามิเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ส่งผลกระทบตลอดแนวชายฝั่งทะเลอันดามันของไทย ทั้งหมด 6 จังหวัด ได้แก่ ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ สตูล และตรัง จากรายงานความเสียหายของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย มีผู้เสียชีวิตในประเทศไทยจำนวน 5,395 คน และทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน เกษตรกรรม ทรัพย์สิน รวมถึงทรัพยากรธรรมชาติ ระบบนิเวศแนวชายฝั่งทะเลอันดามัน กว่าหนึ่งหมื่นสองพันล้านบาท

เกาะพระทอง ตั้งอยู่ในเขตอำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา เป็นเกาะที่มีขนาดใหญ่เป็นลำดับที่ 5 ของประเทศ มีป่าไม้อุดมสมบูรณ์ในแบบสะวันนา มีสัตว์ป่าหลายชนิด และเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากสึนามิ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 จากการสำรวจของทีมวิจัยจากภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบตะกอนสึนามิ ปี 2547 และตะกอนสึนามิในอดีตกระจายในหลายบริเวณ ตะกอนสึนามิในอดีตที่พบกวาดเป็นตะกอนขนาดทรายถึงทรายแป้งละเอียดสีเทาอ่อนแทรกอยู่ระหว่างชั้นดินสีดำถึงเทาเข้ม มีรอยต่อชัดเจนระหว่างชั้นตะกอนสึนามิและชั้นดิน โดยชั้นตะกอนสึนามิที่พบมีทั้งหมด 4 ชั้น (รวมชั้นตะกอนสึนามิปี 2547) และการศึกษาของ Fujino (2010) พบว่าตะกอนสึนามิที่เกาะพระทอง มีขนาดเฉลี่ยเม็ดตะกอนเปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น โดยค่อยๆ เปลี่ยนจากทรายขนาดปานกลางที่ใกล้ชายหาดไปเป็นทรายละเอียด ที่ตำแหน่ง 1,300 เมตร และการศึกษาของ Fagherazzi (2008) พบว่าตะกอนสึนามินั้นถูกกัดเซาะมาจากบริเวณชายหาดและพื้นที่ทะเลบริเวณชายฝั่ง ไปจนถึงไหล่ทวีปชั้นใน

การระบุแหล่งที่มา (ระดับความลึก) ที่คลื่นสึนามิเริ่มพัดพาตะกอนสึนามิทั้งปี 2547 และตะกอนสึนามิในอดีตมาสะสมบนชายฝั่ง อาจทำได้โดยอาศัยชนิดของแร่ดิน โดย Biscaye (1965); Xu et al. (2009) ได้ทำการวิเคราะห์แร่ดิน เพื่อระบุที่มาของตะกอน ซึ่งแร่ดินมักพบเป็นแร่องค์ประกอบของตะกอนทะเล โดยเฉพาะในบริเวณขอบทวีป (Continental margin) การวิจัยนี้ต้องการนำการศึกษาชนิดของแร่ดินมาประยุกต์กับการศึกษาตะกอน สึนามิปี 2547 และตะกอนสึนามิในอดีต เพื่อใช้ในการระบุแหล่งที่มาหรือระดับความลึกของตะกอน ข้อมูลแร่ดินที่ได้จะเป็นอีกหลักฐานที่ระบุการพัดพาเอาตะกอนสึนามิมาสะสมตัว และจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในกรณีของสึนามิในอดีต ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถประเมินความรุนแรงของสึนามิที่กระทบประเทศไทยในอดีต ช่วยให้เราเตรียมพร้อมรับมือต่อธรณีพิบัติภัยสึนามิได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

## 1.2 นิยามปัญหา

ตะกอนสีนามิปี 2547 และตะกอนสีนามิในอดีต บริเวณเกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา ที่รายงานการค้นพบโดย Jankaew et al. (2008) ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับแร่ดินในตะกอนสีนามิดังกล่าว การศึกษาแร่ดินโดย ภาวินีย์ เชื้อนเพชร (2555) พบปริมาณแร่ดินในตะกอนที่เก็บมาไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray diffractometer โดยวิธี Oriented ถึงแม้ว่าจะทำการเก็บตัวอย่างตะกอนต่อหนึ่งตัวอย่างถึง 1.5-3 กิโลกรัมแล้วก็ตาม ก็พบว่าปริมาณแร่ดินที่พบมีน้อย นอกจากนี้ตะกอนพื้นทะเลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ก็สามารถเก็บได้ถึงระดับน้ำลึกที่สุดเพียง 22.5 เมตร เนื่องจากอุปสรรคในการเก็บตัวอย่าง

## 1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่ดินในชั้นตะกอนสีนามิปี 2547 และตะกอนสีนามิในอดีต

1.3.2 ระบุระดับความลึกน้ำที่สีนามิเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาโดยอาศัยข้อมูลแร่ดิน

## 1.4 สมมติฐาน

ตะกอนสีนามิปี 2547 และตะกอนสีนามิในอดีตที่รายงานพบบริเวณเกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา โดย Jankaew et al. (2008) ซึ่งมีแร่ดินเป็นองค์ประกอบ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแร่ดินในตะกอนพื้นท้องทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ และสามารถระบุระดับความลึกน้ำที่สีนามิเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาได้

## 1.5 ขอบเขตการศึกษา

วิเคราะห์ปริมาณและชนิดของแร่ดินในตะกอนสีนามิปี 2547 และตะกอนสีนามิในอดีต บริเวณพื้นที่เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา เปรียบเทียบชนิดแร่ดินที่พบกับตะกอนชายหาด และตะกอนที่สะสมในทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ เพื่อระบุระดับความลึกที่สีนามิพัดเอาตะกอนเข้ามา เครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ ได้แก่ เครื่อง X-ray diffractometer และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

## 1.6 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ 92 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ที่เกาะพระทอง อ.คุระบุรี จ.พังงา ในแผนที่ภูมิประเทศ ราว 4627II “อำเภอคุระบุรี” มาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่ศึกษาดังอยู่ในตำแหน่งลองติจูด  $98^{\circ}16'15''\text{E}$  ถึง  $98^{\circ}16'44''\text{E}$  และละติจูด  $9^{\circ}05'45''\text{N}$  ถึง  $9^{\circ}05'00''\text{N}$  โดยทางด้านตะวันตกติดกับทะเลอันดามัน ดังรูปที่ 1.1 และ 1.2

9°11'58.59" N  
98° 5'44.08" E

9°11'58.59" N  
98°25'12.43" E



9° 1'7.00" N  
98° 5'44.08" E

9° 1'7.00" N  
98°25'12.43" E

รูปที่ 1.1 ภาพถ่ายดาวเทียมเกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา  
(จาก Google Earth, เก็บภาพวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2555)



รูปที่ 1.2 แผนที่ภูมิประเทศ ราวาง 4627II  
ลำดับชุด L7018 “อำเภอคุระบุรี”  
มาตราส่วน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2543)

## 1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

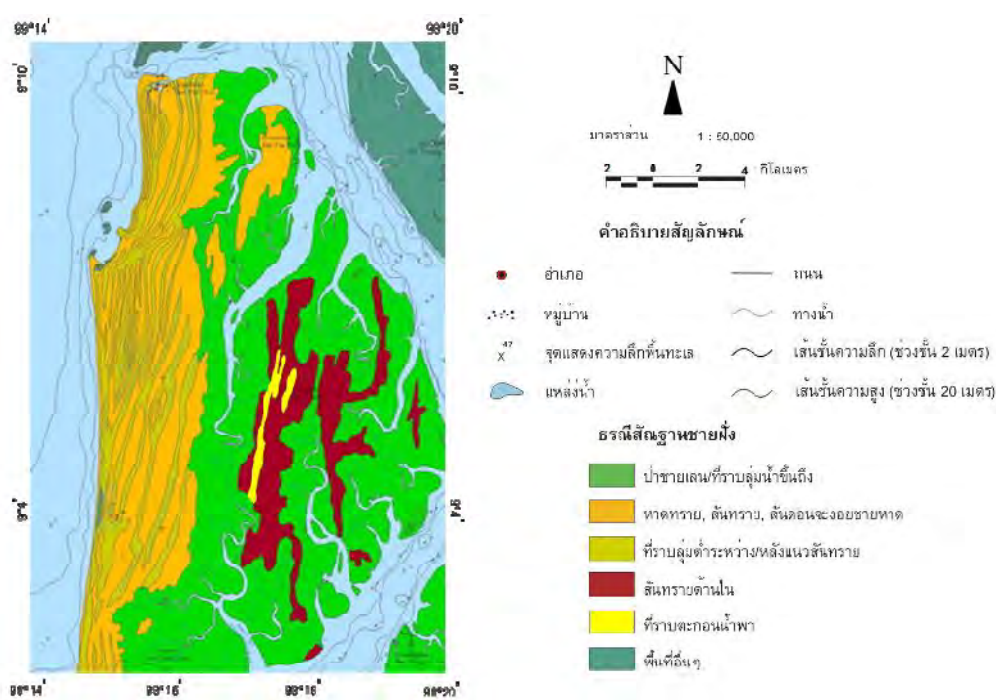
1.7.1 ทราบชนิดและสัดส่วนโดยเปรียบเทียบของแร่ดินในชั้นตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 และตะกอนสีนามีในอดีต

1.7.2 ทราบระดับความลึกน้ำ (โดยประมาณ) ที่สีนามีเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามา

## 1.8 ข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยาของเกาะพะงรอง

### 1.8.1 ลักษณะทางภูมิประเทศและธรณีสัณฐานชายฝั่ง

เกาะพะงรองมีลักษณะภูมิประเทศเป็นชายหาดทางด้านทิศตะวันตกของเกาะที่ติดกับทะเลอันดามัน ถัดมาทางตะวันออกเป็นธรณีสัณฐานแบบที่ราบสลัปลิ้นดอน (Beach-ridge plain) สันทรายวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ขนานกับแนวชายหาด (Brill et al., 2012) สามารถสังเกตเห็น ภาพถ่ายดาวเทียมดังรูปที่ 1.3 โดยพบเป็นบริเวณกว้างบนเกาะ ซึ่งจะมีต้นไม้และไม่พุ่มขึ้น มีป่าชายเลนอยู่ทางบริเวณตะวันออกของเกาะ พบทุ่งหญ้าสะวันนาบริเวณตอนกลางของเกาะ บนเกาะพะงรองไม่พบภูเขาและอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปกติตั้งแต่ 1-10 เมตร



รูปที่ 1.3 แผนที่ธรณีสัณฐานชายฝั่งบริเวณเกาะพะงรอง

(ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548)



### 1.8.2 ธรณีวิทยาของพื้นที่

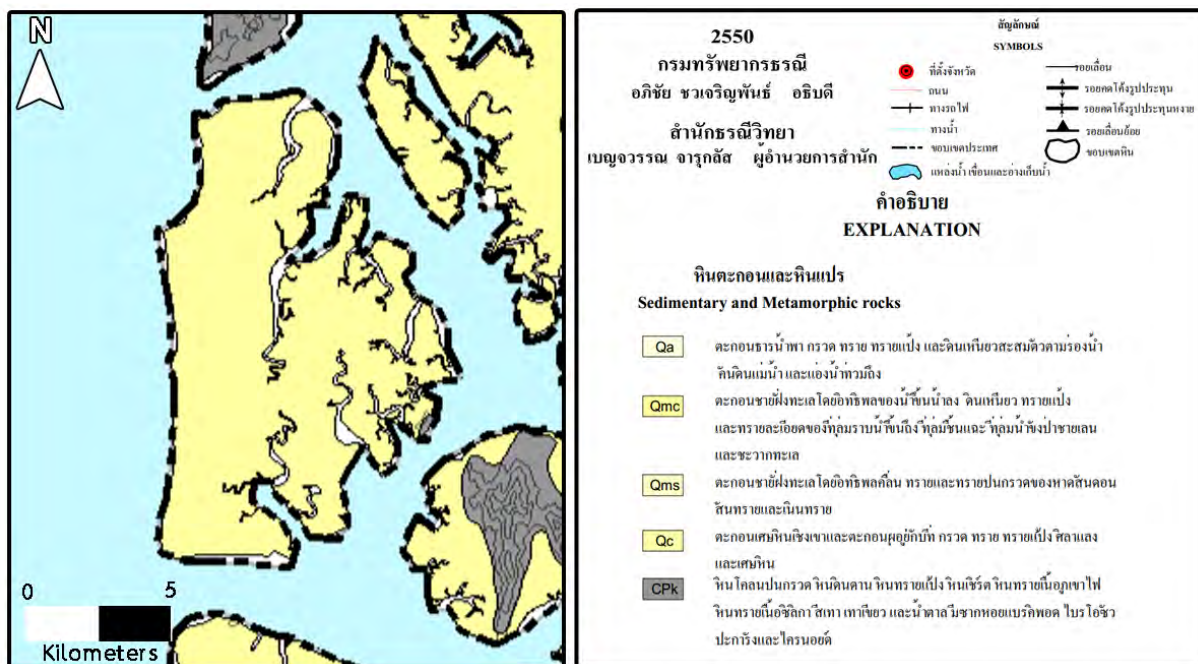
จากการศึกษาธรณีวิทยาบริเวณเกาะพระทองจากแผนที่ธรณีวิทยา และรายงานการสำรวจธรณีวิทยาจังหวัดพังงา มาตราส่วน 1:1,000,000 ของกรมทรัพยากรธรณี พบว่าเกาะพระทองประกอบด้วยหน่วยหิน 2 หน่วย ได้แก่หน่วยหินตะกอนที่วางตัวอยู่ทางด้านตะวันออกสุด และหน่วยตะกอนซึ่งครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ ประมาณ 95% ของเกาะ ดังรูปที่ 1.4 เรียงลำดับจากอายุแก่ไปอ่อนได้ดังนี้

1) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส

ในหน่วยหินตะกอนนี้ พบหินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินทรายเนื้อซิลิกาสีเทา เทาเขียว และน้ำตาล มีซากหอยแบรคิโอพอด ไบรโอโซว์ ปะการัง และไครนอยด์ หินทรายแป้งชั้นบางวางตัวในทิศทาง 210° เอียงเท 25° ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือและในเม็ดกรวดพบแร่ควอตซ์เม็ดเหลี่ยมถึงเม็ดเหลี่ยมค่อนข้างมน หน่วยหินตะกอนนี้ตกสะสมในสภาวะแวดล้อมธารน้ำแข็งลงสู่ทะเล (Glacio-marine environment)

2) หน่วยตะกอนยุคควอเทอร์นารี

ตะกอนที่พบบนเกาะพระทอง ได้แก่ ตะกอนทางน้ำ กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวสะสมตัวตามร่องน้ำ คันดินแม่น้ำ และแอ่งน้ำท่วม



รูปที่ 1.4 แผนที่ธรณีวิทยาเกาะพระทอง มาตราส่วน 1:250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

### 1.8.3 ลักษณะทางสมุทรศาสตร์ของทะเลอันดามัน

#### 1.8.3.1) ความลึกของพื้นที่องทะเล

บริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ตั้งแต่จังหวัดระนอง พังงา ตะวันตก และภูเก็ตทางด้านทิศตะวันตก พื้นที่องทะเลบริเวณนี้เป็นทรายและทรายปนโคลน พื้นที่องทะเลมีความลาดชันสูง ความลึกเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเลปานกลางปกติ 1,000 เมตร ส่วนที่ลึกสุดของแอ่งอันดามันประมาณ 3,000 เมตร ส่วนบริเวณจังหวัดพังงาทางตอนใต้ ภูเก็ตทางด้านทิศตะวันออก กระบี่ และตรัง พื้นที่องทะเลเป็นโคลนและโคลนปนทราย มีความลาดชันน้อย และพื้นที่องทะเลลึกประมาณ 300 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางปกติ (ข้อมูลจากอุทกศาสตร์ชายฝั่งทะเล กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง)

#### 1.8.3.2) ระดับน้ำขึ้น - น้ำลง

บริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ลักษณะการขึ้น - ลงของน้ำ จากข้อมูลอุทกศาสตร์ชายฝั่งทะเล กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง มีการขึ้น - ลงของน้ำวันละ 2 ครั้ง ระดับน้ำขึ้นเฉลี่ยสองครั้ง คือ 0.60 และ 0.56 เมตร ตามลำดับ ระดับน้ำลงเฉลี่ย คือ 1.12 และ 1.17 เมตร และจากข้อมูลระดับน้ำทะเลพยากรณ์โดยกรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ ที่สถานีคุระบุรี จังหวัดพังงา ในปี พ.ศ. 2556 พบว่าระดับน้ำที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.21 เมตร และสูงสุดอยู่ที่ 3.87 เมตร

### 1.9 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจในพื้นที่ 6 จังหวัดชายฝั่งทะเลอันดามัน ที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์สึนามิ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 โดยคณาจารย์จากภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจากรายงานลักษณะตะกอนสึนามิที่พัดพาเข้ามาสะสมโดยทีมวิจัยหลายกลุ่ม (Goto et al., 2007; Hawkes et al., 2007; Hori et al., 2007) หลังจากนั้นได้มีการค้นพบตะกอนสึนามิโบราณในประเทศไทย ที่เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา โดยพบชั้นตะกอนทรายสึนามิทั้งหมด 4 ชั้น แทรกสลับกับชั้นดินสีดำ ชั้นตะกอนทรายสึนามิ ปี 2547 พบหนา 5-20 เซนติเมตร โดยชั้นตะกอนสึนามิในอดีตชั้นถัดลงมา มีอายุประมาณ 550-700 ปี โดยหาอายุจากเปลือกไม้ที่อยู่ระหว่างรอยต่อระหว่างชั้นตะกอนสึนามิชั้นนี้และชั้นดินด้วยวิธีคาร์บอน-14 เหล่านี้เป็นหลักฐานชี้ให้เห็นว่า ก่อนหน้า พ.ศ. 2547 ในมหาสมุทรอินเดียเคยเกิดสึนามิขนาดใหญ่หลายครั้ง (Jankaew et al., 2008)

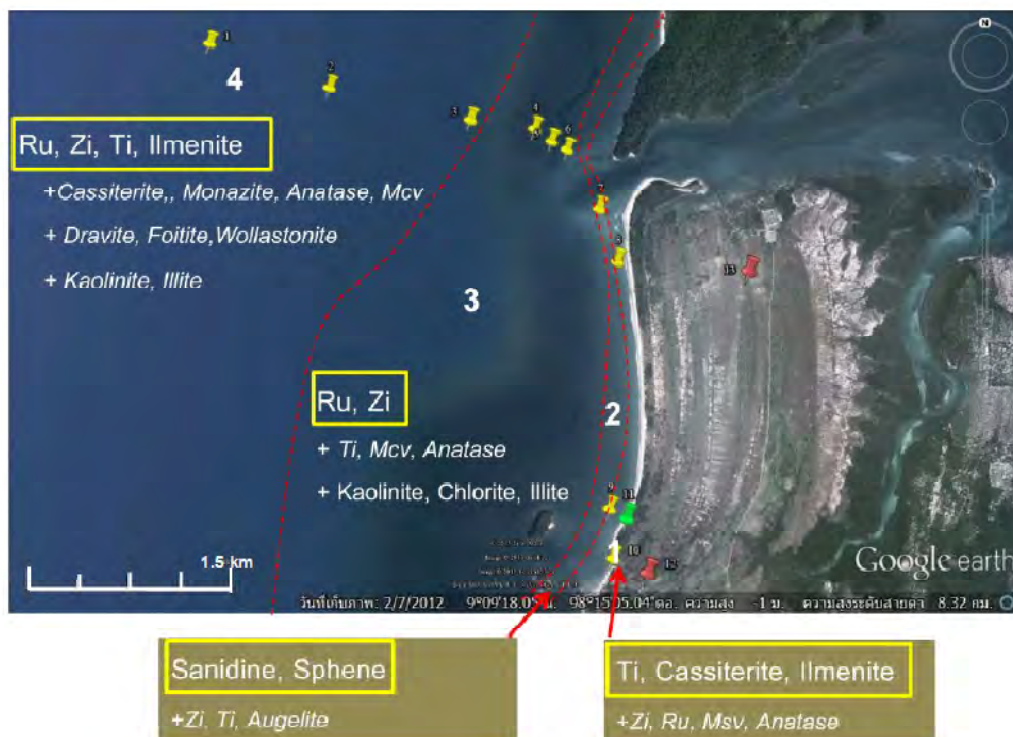
การศึกษาแหล่งที่มา (ระดับความลึก) ของตะกอนสึนามิปี 2547 ในบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน โดย Choowong et al. (2007) ซึ่งศึกษาตะกอนสึนามิที่ตกจากการพัดเข้ามา และพัดออกจากฝั่ง บริเวณหาดบางเทา จังหวัดภูเก็ต และจากหลักฐานโครงสร้างภายในตะกอน ลักษณะพื้นผิวและขนาดของตะกอนพบว่าตะกอนสึนามิที่เข้ามาสะสมบริเวณหลังหาด (Backshore) มาจากหน้าหาด (Foreshore) ในขณะที่ Hawkes et al. (2007) ศึกษาฟอรามินิเฟอร่าในชั้นตะกอนสึนามิ 2547 จากพื้นที่ Sungai Burong

ประเทศมาเลเซีย ฟอรามินิเฟอราที่พบ บ่งชี้ว่าคลื่นสึนามิเริ่มพัดปะทะกอนดังก่อมาจากไหล่ทวีปชั้นใน (Inner shelf)

ทั้งนี้ การศึกษาตะกอนสึนามิในอดีตในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น เช่น ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน ไม่สามารถใช้ฟอรามินิเฟอราหรือไดอะตอมในการศึกษาแหล่งที่มาตะกอนสึนามิในอดีตได้ เนื่องจากในสภาพแวดล้อมนี้ น้ำใต้ดินมีอุณหภูมิสูง เมื่อเวลาผ่านไปสามารถละลายแคลเซียมคาร์บอเนตและซิลิกาซึ่งเป็นโครงสร้างแข็งของฟอรามินิเฟอราและไดอะตอม เป็นผลให้ปริมาณฟอรามินิเฟอราและไดอะตอมที่มีในชั้นตะกอนดังกล่าวสูญหายไปหรือมีปริมาณไม่พอสำหรับศึกษาแหล่งที่มาของตะกอน (Kamatani, 1982; Dominey-Howes et al., 2009; Sawai, 2009) จึงจำเป็นต้องศึกษาโดยใช้วิธีอื่นแทน

ถ้าตะกอนพื้นทะเลกลับเข้าสู่สมดุลเดียวกับขณะก่อนเกิดเหตุการณ์สึนามิปี 2547 องค์ประกอบอื่นของตะกอนสึนามิซึ่งถูกพัดพามาจากตะกอนพื้นทะเล ควรมีองค์ประกอบเช่นเดียวกับตะกอนพื้นทะเล มีการศึกษาการกระจายตัวแร่ดินในบริเวณฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรอินเดีย พบว่าตะกอนในทะเลอันดามันพบแร่ดินชนิดคลอไรต์ อิลไลต์ และคลอไรต์ (Wijayananda, 1991) แสดงลักษณะของตะกอนบก ซึ่งส่วนใหญ่ถูกพัดพามาจากแม่น้ำอิรวดี ส่วนแร่ดินในกลุ่มสเม็กไทต์มีที่มาจากแก้วภูเขาไฟจากทางตอนใต้ของมหาสมุทรอินเดีย (Wijayananda and Cronan, 1991) และแร่ดินที่พบในดินในภาคใต้ของไทย พบแร่เคโอลิไนต์เป็นหลัก (Yoothong et al., 1997)

ภาวินีย์ เชื้อนเพชร (2555) ศึกษาแร่หนักและแร่ดินในชั้นตะกอนสึนามิปี 2547 (Sand A) และตะกอนสึนามิในอดีต 2 ชั้น (Sands B และ C) บริเวณเกาะพระทอง พบแร่เซอร์คอน แร่ทอร์มาลีน แร่รูไทล์ และแร่ไมก้าในชั้นตะกอนสึนามิทั้ง 3 ชั้น (Sands A, B และ C) สัมพันธ์กับตะกอนพื้นทะเลที่ ความลึก 3.2-7.7 เมตร แต่แร่โอลาสโตไนต์ และแร่ควาไรต์พบเพียงในชั้นตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 1 (Sand B) เท่านั้น แร่วิชูเวียไนต์พบเพียงในชั้นตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 2 (Sand C) โดยคุณภาวินีย์ได้สรุปว่า ตะกอนสึนามิในอดีตทั้งสองชั้น มาจากที่ความลึกตั้งแต่ 14.4-22.5 เมตร รูปที่ 1.5 แสดงการกระจายตัวของแร่หนักและแร่ดินในตะกอนพื้นทะเลและตะกอนหน้าหาดจากเกาะพระทอง แต่เนื่องจากแร่ดินที่พบมีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ด้วย X-ray diffractometer วิธีอื่นๆ ที่จะสามารถจำแนกชนิดของแร่ดินได้ จึงวิเคราะห์เพียงวิธี Oriented โดยผลการวิเคราะห์พบเพียงแร่ดินชนิดคลอไรต์ในตะกอนสึนามิในอดีตชั้นที่ 2 (Sand C) เท่านั้น ไม่สามารถนำผลการวิเคราะห์แร่ดินมาสรุปความลึกที่คลื่นสึนามิเริ่มพัดปะทะกอน จึงสรุปจากผลการวิเคราะห์แร่หนักในเบื้องต้นว่าสึนามิปี 2547 และสึนามิในอดีตนั้นเริ่มพัดปะทะกอนบริเวณพื้นที่ระดับความลึกมากกว่า 22.5 เมตร



รูปที่ 1.5 แผนที่แสดงการกระจายตัวของแร่หนักและแร่ดินในตะกอนพื้นทะเล และตะกอนหน้าหาด ซึ่งแบ่งเป็น 4 เขต โดยกรอบสี่เหลี่ยมสีแดง แสดงถึงแร่หนักที่พบเป็นปริมาณมากในเขตนั้น

(ภาวินีย์ เชื้อนเพชร, 2555)

## บทที่ 2

### ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

ขั้นตอนการศึกษาในงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่

#### 1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และวิธีการศึกษาเบื้องต้น

1.1 ศึกษาธรณีวิทยาทั่วไปและธรณีวิทยาชายฝั่งของพื้นที่ศึกษา

1.2 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว

1.3 ศึกษาการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์แร่ดิน และการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง X-ray diffractometer แบบ Random, Oriented, Glycolated และ Heated

1.4 ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา และข้อมูลพื้นที่โดยรวม

#### 2. การสำรวจภาคสนาม

เก็บตะกอนตัวอย่างตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ ได้แก่

1) ตะกอนสีนามิปี 2547 และตะกอนสีนามิในอดีตทุกชั้น

2) ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง (Washover deposit)

3) ตะกอนหน้าหาด (Swash zone deposit)

4) ตะกอนพื้นที่ทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ

#### 3. ศึกษาในห้องปฏิบัติการ

3.1 ร่อนคัดขนาดตะกอนโดยการแยกขนาดแบบใช้น้ำ (Wet sieving) เพื่อแยกตะกอนออกเป็นสองส่วน คือ เม็ดตะกอนขนาดใหญ่กว่า  $>0.044$  มิลลิเมตร และเม็ดตะกอนขนาดเล็กกว่า  $0.044$  มิลลิเมตร

3.2 วิเคราะห์ขนาดตะกอน

3.3 แยกแร่ดินออกจากตะกอนตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่า  $0.044$  มิลลิเมตร

3.4 วิเคราะห์เชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ดิน โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง X-ray diffractometer แบบ Random, Oriented, Glycolated และวิธี Heated เพื่อแยกแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์ มอนต์มอริลโลไนต์ คลอไรต์ และซิลไลต์

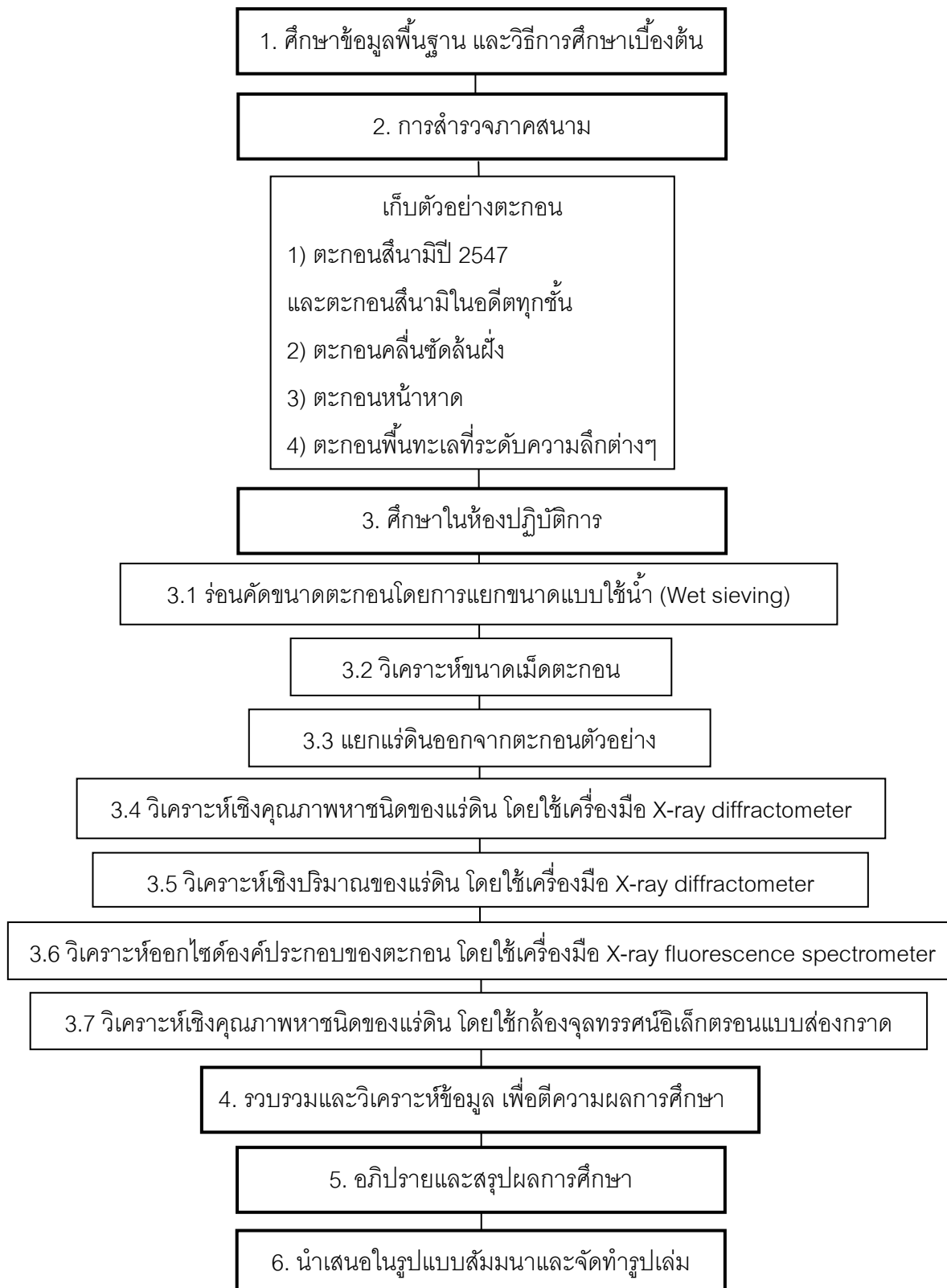
3.5 วิเคราะห์เชิงปริมาณของแร่ดิน โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง X-ray diffractometer แบบ Random และ Oriented

3.6 วิเคราะห์ออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือ X-ray fluorescence spectrometer

3.5 วิเคราะห์เชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ดิน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM)

4. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา
5. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา
6. นำเสนอในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรูปเล่มรายงาน

#### ขั้นตอนการศึกษา



## 2.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น

### 2.1.1 ศึกษาธรณีวิทยาทั่วไปและธรณีวิทยาชายฝั่งของพื้นที่ศึกษา

ทำการสืบค้นข้อมูล ศึกษาธรณีวิทยาทั่วไปและธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา จากหนังสือธรณีวิทยาประเทศไทย รายงานการสำรวจธรณีวิทยา โดยกรมทรัพยากรธรณี ลักษณะทางสมุทรศาสตร์ และข้อมูลอุทกศาสตร์เพื่อประกอบการวางแผนการศึกษาในภาคสนาม ประกอบกับแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ศึกษา

### 2.1.2 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว

ศึกษารายงานการวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวข้องจากผู้ที่เคยศึกษาในเรื่องตะกอนสีนามี, องค์ประกอบของตะกอนสีนามี, การวิเคราะห์แหล่งที่มาของตะกอนสีนามี, การแยกขนาดตะกอนโดยการร่อนแบบใช้น้ำ, การวิเคราะห์การกระจายตัวตะกอนด้วยวิธีการทางสถิติ, การวิเคราะห์ชนิดแร่ดินที่เป็นส่วนประกอบของตะกอน และการศึกษาออกไซด์องค์ประกอบวิเคราะห์โดย X-ray fluorescence เพื่อออกแบบวางแผนการศึกษาทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ

### 2.1.3 ศึกษาการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์แร่ดิน และการใช้เครื่องมือวิเคราะห์

ตัวอย่าง X-ray diffractometer แบบ Random, Oriented, Glycolated และ Heated

ศึกษาการเก็บตัวอย่างตะกอนสีนามีและตะกอนพื้นทะเล, การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ X-ray diffractometer ด้วยเทคนิคต่างๆ, ศึกษาวิธีใช้เครื่องมือ, ข้อดีข้อเสียของแต่ละเทคนิควิธีวิเคราะห์และข้อจำกัดของเครื่องมือ

### 2.1.3 ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา และข้อมูลพื้นที่โดยรวม

สืบค้นข้อมูลการสำรวจพื้นที่ศึกษาบริเวณตอนเหนือของเกาะพระทอง นำข้อมูลทางธรณีวิทยา มาประกอบกับข้อมูลทางอุทกศาสตร์ เพื่อวางแผนเก็บตัวอย่างตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ เลือกบริเวณที่จะเก็บตะกอนสีนามี ตะกอนหน้าหาด และตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่ง

## 2.2 การสำรวจภาคสนาม

ทำการออกภาคสนาม เก็บตัวอย่างตะกอนสีนามี ตะกอนหน้าหาด ตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่งและตะกอนพื้นทะเล ที่เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา ตั้งแต่วันอังคารที่ 4 ถึงวันพุธที่ 11 ธันวาคม 2556

### เก็บตะกอนตัวอย่างในแต่ละตำแหน่งที่กำหนดไว้

เก็บตัวอย่างตะกอนสีนามี ตะกอนหน้าหาด ตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่งและตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ รวมตัวอย่างทั้งหมด 21 ตัวอย่าง (ตาราง 2.1) เดิมได้กำหนดแนวเก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 แนว รวมจุดเก็บตัวอย่างตะกอนพื้นทะเล 20 จุด แต่ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ครบทุกจุดที่กำหนดไว้ เนื่องจากเครื่องเก็บตะกอนไม่สามารถเก็บตะกอนที่ความลึกน้ำประมาณ 20 เมตรขึ้นไปได้เพราะขณะ

เก็บตัวอย่าง น้ำที่ถูกเก็บมาพร้อมกับตะกอนจะพาตะกอนออกทางรูระบายน้ำจนหมด จึงสามารถเก็บตัวอย่างได้เพียง 12 จุดศึกษาเท่านั้น โดยตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่าง บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของเกาะพระทอง (ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth, เก็บภาพวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2555)

ตัวอย่างตะกอนที่ทำการเก็บในภาคสนามมีรายละเอียด ดังนี้

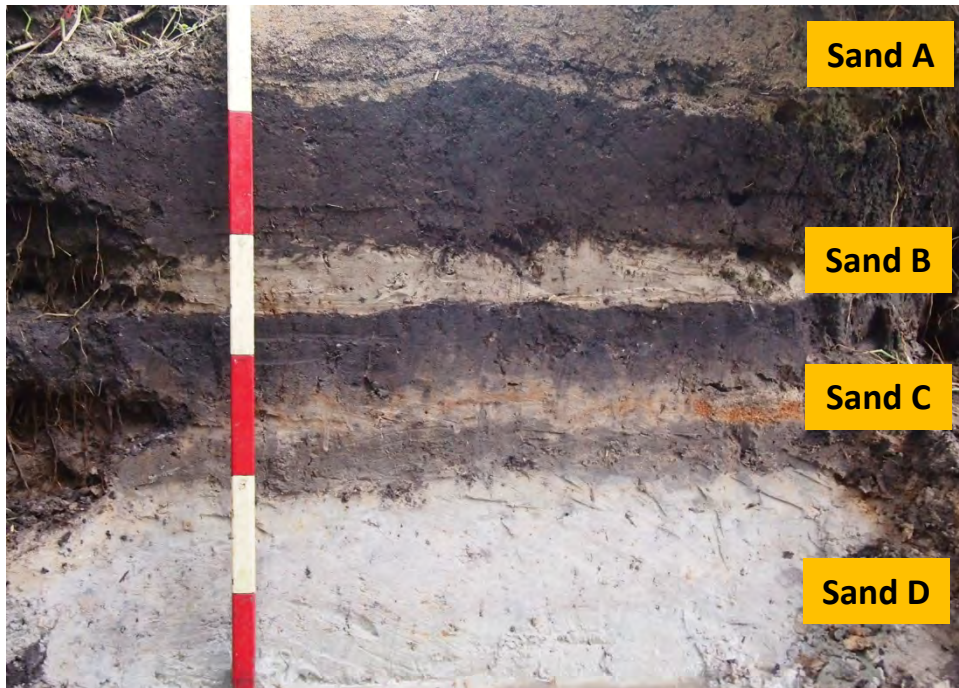
1) ตะกอนสีนํ้ามึ ปี พศ.2547 และตะกอนสีนํ้ามึในอดีต

ตะกอนทั้งหมดเป็นตะกอนทราย ตำแหน่งที่เก็บคือบริเวณทางน้ำได้สะพานไม้ใกล้ทับตาชวย โดยเก็บตะกอนสีนํ้ามึปี 2547 (Sand A) ซึ่งอยู่ชั้นบนสุด และเก็บตัวอย่างตะกอนสีนํ้ามึในอดีต ชั้น Sand B, C และ D รวมเก็บตะกอนสีนํ้ามึทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 2.1



ลำดับที่	ตัวอย่าง	รายละเอียด	ละติจูด	ลองจิจูด
1	Sand A	ตะกอนสีนํามี ปี พ.ศ.2547	} N 9° 07' 53"	E 98° 15' 43"
2	Sand B	ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 1		
3	Sand C	ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 2		
4	Sand D	ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 3		
5	Washover	ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง ปี พ.ศ.2556	N 9° 08' 12"	E 98° 15' 37"
6	Swash 1	ตะกอนที่ตกสะสมจากคลื่นซัดหาด บริเวณด้านหน้าตะวันบาร์	N 9° 08' 04"	E 98 ° 15' 34"
7	Swash 2	ตะกอนที่ตกสะสมจากคลื่นซัดหาด บริเวณหน้าหาดใกล้ตะวันบาร์	N 9° 08' 04"	E 98 ° 15' 33"
8	Swash 3	ตะกอนที่ตกสะสมจากคลื่นซัดหาด บริเวณหน้าหาดใกล้ทับตาชุก	N 9° 07' 57"	E 98 ° 15' 31"
9	Swash 4	ตะกอนที่ตกสะสมจากคลื่นซัดหาด บริเวณสันทรายใกล้ทับตาชุก	N 9° 07' 58"	E 98 ° 15' 32"
ลำดับที่	ตัวอย่าง	ตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก (เมตร)	ละติจูด	ลองจิจูด
10	Offshore 1	23	N 9° 08' 52"	E 98° 12' 52"
11	Offshore 2	20	N 9° 09' 21"	E 98° 13' 50"
12	Offshore 3	20	N 9° 08' 34"	E 98° 14' 08"
13	Offshore 4	17	N 9° 08' 04"	E 98° 14' 14"
14	Offshore 5	14.5	N 9° 08' 07"	E 98° 14' 49"
15	Offshore 6	15	N 9° 08' 39"	E 98° 14' 22"
16	Offshore 7	12	N 9° 09' 21"	E 98° 14' 37"
17	Offshore 8	18	N 9° 09' 39"	E 98° 14' 39"
18	Offshore 9	8	N 9° 09' 22"	E 98° 15' 32"
19	Offshore 10	7	N 9° 09' 27"	E 98° 15' 36"
20	Offshore 11	7.5	N 9° 09' 37"	E 98° 15' 26"
21	Offshore 12	6	N 9° 08' 44"	E 98° 15' 34"

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างตะกอน



รูปที่ 2.2 ชั้นตะกอนดินนามิ ปี พ.ศ.2547 (Sand A) และชั้นตะกอนดินนามิในอดีต Sand B, C, D ตรงทางน้ำ  
ใต้สะพานไม้ใกล้ทับตาชุก (แถบไม้กว้าง 10 เซนติเมตร)

## 2) ตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่ง

ตัวอย่างเป็นตะกอนทรายที่มีแร่หนักปนอยู่มาก ซึ่งแร่หนักพบเป็นชั้นบางสีดำแทรก  
ระหว่างชั้นทราย ที่องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ เห็นเป็นแถบสีสลับกัน (รูปที่ 2.3) เป็นตะกอนที่  
เกิดจากการพัดพาของคลื่นซัดล้นฝั่งเมื่อปี พ.ศ. 2556



รูปที่ 2.3 ตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่งที่มีแร่หนัก (ชั้นสีดำ) เป็นองค์ประกอบอยู่สูง (แถบไม้กว้าง 10 เซนติเมตร)

3) ตะกอนหน้าหาด ทำการเก็บทั้งหมด 4 ตัวอย่าง รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.1

4) ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ

ใช้เครื่องเก็บตะกอน (Grab sampler) (ดังแสดงในรูปที่ 2.4) เก็บตะกอนพื้นทะเลทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึกของน้ำทะเล 6-23 เมตร รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.4 เครื่องเก็บตะกอนทะเล (Grab Sample) ที่ใช้เก็บตะกอนที่อยู่บนพื้นทะเลที่ความลึกต่างๆ



## 2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

### 2.3.1 การเตรียมตัวอย่างตะกอนสำหรับการวิเคราะห์

ตะกอนตัวอย่างจากภาคสนามทั้งหมด 21 ตัวอย่าง ได้นำมาทำความสะอาดโดยการนำเอาเศษวัชพืช และเปลือกหอยออกจากตะกอนตัวอย่าง เพื่อนำเฉพาะตะกอนไปศึกษา จากนั้นนำไปร่อนคัดขนาดตะกอนโดยการแยกขนาดตะกอนแบบใช้น้ำ (Wet sieving) ด้วยเครื่อง Retsch ดังรูปที่ 2.5 ใช้ตะแกรงขนาดมาตรฐานอเมริกัน (American Society for Testing and Materials: A.S.T.M.) ทั้งหมด 7 หมายเลข ได้แก่ ตะแกรงหมายเลข (Mesh No.) 8, 18, 40, 60, 120, 230 และ 325 เทียบเท่ากับขนาดตะกอน (Phi class,  $\phi$ ) = 1.25, 0, 1.25, 2.0, 3.0, 4.0 และ 4.5 ตามลำดับ เพื่อแยกตะกอนออกเป็นขนาดต่างๆ และเพื่อแยกตะกอนขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่าทรายแป้งหยาบ (0.044 มิลลิเมตร) ไปวิเคราะห์ในลำดับถัดไป ทำการร่อนเป็นเวลา 10 นาทีต่อตัวอย่าง จากนั้นนำน้ำที่ผสมกับตะกอนขนาดเล็กกว่า 0.044 มิลลิเมตร ตั้งทิ้งไว้จนตกตะกอน แล้วถ่ายน้ำออก นำตะกอนไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 75 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตะกอนตัวอย่างไปบดละเอียดด้วยเครื่อง Dish mill เป็นเวลา 2 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง



รูปที่ 2.5 การร่อนคัดขนาดเม็ดตะกอนแบบใช้น้ำ (Wet sieving)

### 2.3.2 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน

ทำการชั่งน้ำหนักตะกอนตัวอย่างที่แห้งแล้วที่ได้จากตะแกรงแต่ละอัน นำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตดูการกระจายตัวขนาดตะกอน และคำนวณค่าตัวแปรทางสถิติของการกระจายตัวขนาดเม็ดตะกอนจากการพล็อตกราฟเส้นโค้งความถี่สะสม (Cumulative frequency curve) แบบที่มีการลำดับตัวเลขด้วยปริมาณคงที่ (Arithmetic scale) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเม็ดตะกอน ( $\Phi$ ,  $\phi$ ) (ในแนวแกน X) และความถี่สะสมของขนาดตะกอน (ในแนวแกน Y) ทำการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ ณ ตำแหน่งต่างๆ จากกราฟเพื่อหาค่าตัวแปรทางสถิติ ได้แก่

- ค่าเฉลี่ยของกราฟ (Graphic mean)
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟ (Inclusive graphic standard deviation)
- Simple sorting measure
- ค่าการบิดเบี้ยวของกราฟหรือค่าความเบ้ของกราฟ (Inclusive graphic skewness)
- Simple skewness measure
- ความแหลมของกราฟ (Graphic kurtosis)

และพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง

(1) Simple skewness measure และ Simple sorting measure

(2) ค่าการบิดเบี้ยวของกราฟหรือค่าความเบ้ของกราฟ (Inclusive graphic skewness) และ

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟ (Inclusive graphic standard deviation)

เพื่อใช้ในการอ้างอิงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวตะกอน

### 2.3.3 การวิเคราะห์เชิงปริมาณของตะกอนตัวอย่างโดยเครื่องมือ X-ray Fluorescence spectrometer

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมด 11 ตัวอย่าง และตัวอย่างมาตรฐาน 5 ตัวอย่าง เนื่องจากมีตะกอนเพียง 11 ตัวอย่างที่มีปริมาณเพียงพอ สำหรับการเตรียมตัวอย่างแบบ Pressed powder โดยทำการชั่งตะกอนตัวอย่างขนาดเล็กกว่า 0.044 มิลลิเมตรที่ผ่านการอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำหนัก 8 กรัม ผสมสารยึดเกาะ (binder) 1 กรัม เทส่วนผสมลงในขวดพลาสติกใส ปิดฝาให้สนิท และเขย่าสารให้เข้ากัน และอัดลงในแป้นใส่ตัวอย่างอะลูมิเนียมด้วยความดัน 200 Pa จากนั้นนำไปวิเคราะห์ในเครื่อง X-ray Fluorescence spectrometer นำผลวิเคราะห์ออกไซด์องค์ประกอบจากตะกอนทั้ง 11 ตัวอย่างเทียบกับค่าที่ได้จากสารมาตรฐานเพื่อหาน้ำหนักของออกไซด์แต่ละชนิดในหน่วยกรัม นำไปรวมกับผลการวิเคราะห์ Loss on ignition (LOI) และคำนวณออกไซด์องค์ประกอบในตัวอย่างรวมกันจะได้ 100 เปอร์เซ็นต์

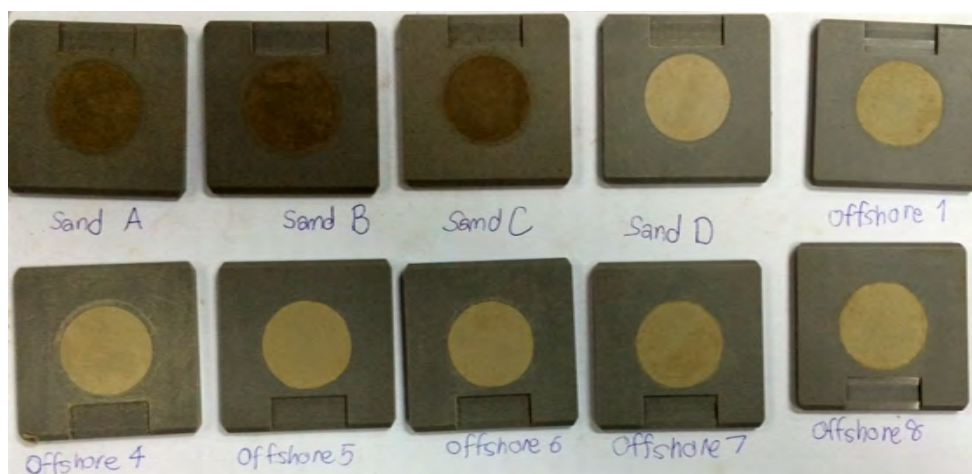
สำหรับการวิเคราะห์ Loss on ignition ทำได้โดยการเตรียมตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยเซรามิก ตัวอย่างละ 3 ถ้วย ในเผาเตาอบที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนัก ตัวอย่าง หลังจากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์มวลที่หายไป ได้แก่ องค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนเนต และสารอินทรีย์ (Dean, 1974)

จากนั้นพล็อตองค์ประกอบออกไซด์ในแผนภูมิไอแมงมุม เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ สัดส่วนออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนจากแต่ละบริเวณ

### 2.3.4 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของแร่ดินโดยเครื่องมือ X-ray diffractometer

2.3.4.1 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย X-ray diffractometer มี 4 วิธี (Poppe et al., 2002; Srodon, 2013) ดังนี้

1) วิธี Powder XRD หรือ Random โดยการนำตะกอนขนาดเล็กกว่า 0.044 มิลลิเมตร ที่บดละเอียดแล้ว ใส่ลงในหลุมวงกลมบนแป้นอัดตัวอย่าง (Sample holder) ให้เต็มและให้ผิวหน้าตัวอย่าง มีลักษณะเรียบ ดังรูปที่ 2.6 ในการศึกษานี้ใช้เครื่องวิเคราะห์ X-ray diffractometer รุ่น D8 Advance



รูปที่ 2.6 แป้นอัดตัวอย่าง (Sample holder) ที่ใส่ตะกอนตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ XRD แบบ Powder XRD หรือ Random

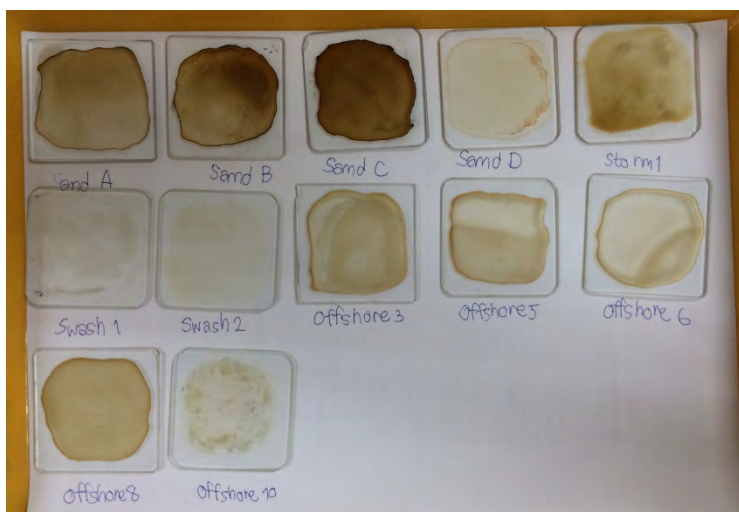
2) วิธี Oriented เตรียมตัวอย่างโดยการผสมตะกอนตัวอย่าง 15 กรัม กับสาร Calgon (Sodium Hexametaphosphate (( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub>)) 2 กรัม และน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร (สำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยมาก เตรียมตัวอย่างโดยผสมตัวอย่าง 2 กรัม สาร Calgon 2 กรัม และน้ำกลั่น 45 มิลลิลิตร เพื่อให้แร่ดินในตะกอนตัวอย่างสามารถแยกตัวจากเม็ดตะกอนที่เป็นแร่ควอตซ์ และแร่ชนิดอื่นได้ดีขึ้น) ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน และปล่อยให้ตัวอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เพื่อให้องค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่แร่ดินตกตะกอนสู่ก้นบีกเกอร์ ดังรูปที่ 2.7 ใช้หลอดหยดดูดแร่ดินที่ลอยอยู่ในบีกเกอร์ หยดลงบน

กระจกสไลด์ ขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 1.5 นิ้ว ปล่อยให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิห้อง ดังรูปที่ 2.8 หลังจากนั้น นำเข้าเครื่องวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างวิธี Oriented จะทำให้แร่ดินเรียงตัวเป็นระนาบเดียวกันตามแนวแกน C ที่แสดง ถึงการขยายตัวหรือหดตัวของแร่ เมื่อรังสีเอกซ์ตกกระทบบนแกน C แล้ว จะเกิดการหักเหมากที่สุด ทำให้ได้ Diffraction pattern ที่แสดงความเข้มข้นของแร่ดินและจะสามารถวิเคราะห์ชนิดแร่ดินในตะกอนตัวอย่างได้ ดีขึ้น



รูปที่ 2.7 บีกเกอร์ส่วนผสมระหว่างตะกอนตัวอย่างกับสาร Calgon และน้ำกลั่น หลังจากปล่อยให้ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง องค์ประกอบส่วนที่ไม่ใช่แร่ดินได้ตกตะกอนสู่ก้นบีกเกอร์



รูปที่ 2.8 กระจกสไลด์ที่หยดน้ำจากบีกเกอร์และปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง สำหรับนำไปวิเคราะห์ XRD ด้วยเทคนิค Oriented

3) วิธี Glycolated เมื่อวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว เตรียมตัวอย่างโดยนำกระจกสไลด์ไปใส่ใน Desiccators ที่มีสาร Ethylene glycol ดังรูปที่ 2.9 ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าเครื่องวิเคราะห์ XRD อีกครั้ง

การนำตัวอย่างใส่ใน Dessicators เป็นเวลา 12 ชั่วโมง สาร Ethylene glycol เป็นสารอินทรีย์ที่ทำให้แร่ดินชนิดมอนต์มอริลโลไนต์ขยายตัว เป็นผลให้มีค่า d-spacing เปลี่ยนแปลงไป วิธีการนี้ทำให้สามารถแยกแร่ดินชนิดมอนต์มอริลโลไนต์ได้

4) วิธี Heated นำกระจกสไลด์ที่ผ่านการวิเคราะห์จากการเตรียมแบบ Glycolated ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปวิเคราะห์ XRD อีกครั้ง

การอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ทำให้แร่ดินมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแร่ ทำให้ค่า d-spacing เปลี่ยนไป เช่น แร่มอนต์มอริลโลไนต์ หรือในกรณีที่โครงสร้างของแร่ถูกทำลายก็จะไม่สามารถตรวจหาแร่ดินได้ เช่น แร่เคโอลิไนต์



**รูปที่ 2.9** กระจกสไลด์ที่เตรียมด้วยวิธี Glycolated จัดเรียงใน Desiccators ที่มีสาร Ethylene glycol เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

ทำการระบุชนิดของแร่ดินที่เป็นองค์ประกอบในตะกอนตัวอย่าง โดยการเทียบจุดยอดของกราฟที่ได้กับค่ามาตรฐานขององค์กร JCPDs และคำนวณปริมาณของแร่ดินชนิดที่พบจากพื้นที่ใต้กราฟด้วยโปรแกรม DIFFRAC<sup>plus</sup> EVA



#### 2.3.4.2 การแปลผลจาก Diffraction Pattern

กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ XRD แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า 2Theta (แกน X) และค่าความเข้ม (แกน Y) ที่แทนด้วยความสูงของจุดยอด (peak) โดยแร่ดินชนิดต่างๆ จะมีลักษณะพิเศษที่สามารถตรวจสอบได้จากค่า d-spacing และค่า 2Theta ดังตารางที่ 2.2

Minerals	Oriented		Glycolated		Heated	
	d-spacing (Å)	2Theta (degree)	d-spacing (Å)	2Theta (degree)	d-spacing (Å)	2Theta (degree)
Kaolinite	7	12.6	7	12.6	Collapsed	Collapsed
Illite	10, 12	7.4, 8.8	10, 12	7.4, 8.8	10, 12	7.4, 8.8
Chlorite	14	6.3	14	6.3	14	6.3
Montmorillonite	14	6.3	18	4.9, 5.5	10	7.4, 8.8

**ตารางที่ 2.2** ค่า d-spacing และ 2Theta เฉพาะของแร่ดินชนิดต่างๆ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันตามเทคนิคการวิเคราะห์ สำหรับการระบุชนิดแร่ดินที่พบในตะกอนตัวอย่าง

## บทที่ 3

### ผลการศึกษาและการตีความข้อมูล (Result and Interpretation)

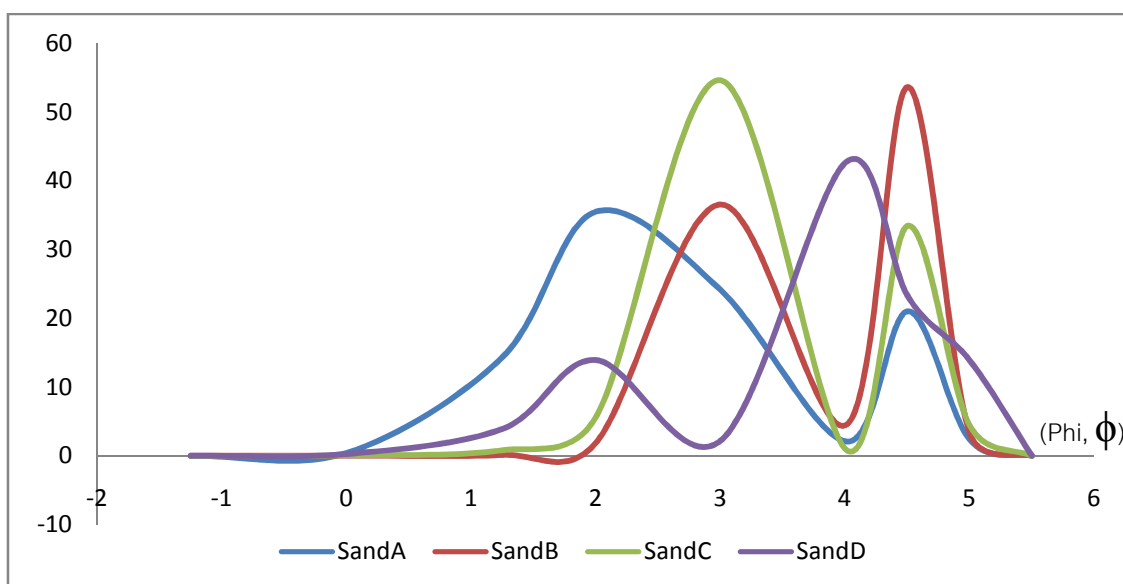
ผลจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ขนาดเม็ดตะกอน ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของแร่ดินในตัวอย่างทั้งหมด 19 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีปริมาณมากพอสำหรับการนำไปร่อนคัดขนาดตะกอน รวมถึงวิเคราะห์ด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งตัวอย่าง Offshore 1 และ Offshore 2 มีปริมาณน้อยมาก จึงนำเพียงข้อมูลความลึกมาใช้เท่านั้น ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ การวิเคราะห์ต่างๆ ของตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

#### 3.1 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกอนขนาดต่างๆ ที่ได้จากการร่อนคัดขนาดตะกอนโดยใช้น้ำ โดยตะกอนที่แยกได้มีขนาดดังนี้ กรวด, ทรายหยาบมาก, ทรายหยาบ, ทรายขนาดปานกลาง, ทรายละเอียด, ทรายละเอียดมาก, ทรายแป้งหยาบ และทรายแป้งถึงดินเหนียว น้ำหนักตะกอนแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ตะกอนตัวอย่างแต่ละชนิดมีลักษณะการกระจายตัวดังนี้

ตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 (Sand A) ตะกอนสีนามีในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D)

ตะกอนสีนามีจากชั้นตะกอนสีนามี 4 ชั้น รวม 4 ตัวอย่าง มีลักษณะการกระจายตัวขนาดเม็ดตะกอนในลักษณะ bimodal หรือขนาดเม็ดตะกอนสองกลุ่มที่เป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่มาก ได้แก่ เม็ดตะกอนขนาดทรายขนาดปานกลางถึงทรายละเอียด และเม็ดตะกอนขนาดทรายแป้งหยาบ แสดงดังรูปที่ 3.1 โดยตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 มีสัดส่วนของเม็ดตะกอนขนาดหยาบมากที่สุด



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวขนาดตะกอนของตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 (Sand A) และ ตะกอนสีนามีในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D)

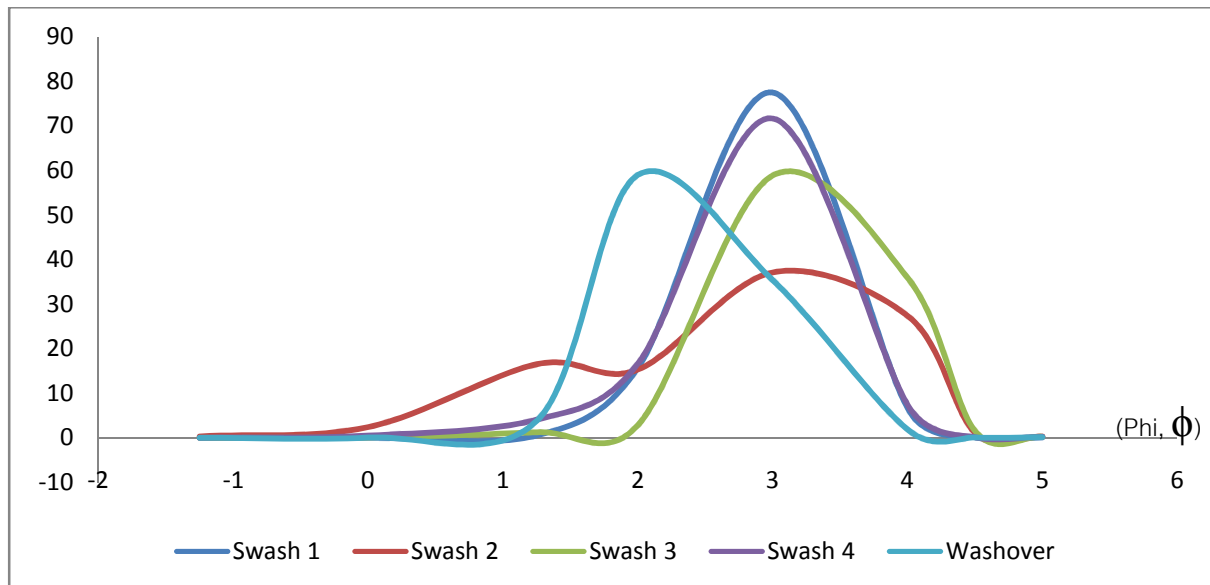
ลำดับ ที่	ชื่อตัวอย่าง	วิธีการวิเคราะห์					
		Wet sieving	XRF	XRD			
				Random	Oriented	Glycolated	Heated
1	Sand A	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Sand B	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Sand C	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Sand D	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Washover	✓	-	-	✓	✓	✓
6	Swash 1	✓	-	-	✓	✓	✓
7	Swash 2	✓	-	-	✓	-	-
8	Swash 3	✓	-	-	-	-	-
9	Swash 4	✓	-	-	-	-	-
10	Offshore 1	-	-	-	-	-	-
11	Offshore 2	-	-	-	-	-	-
12	Offshore 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	Offshore 4	✓	✓	✓	-	-	-
14	Offshore 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	Offshore 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16	Offshore 7	✓	✓	✓	-	-	-
17	Offshore 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18	Offshore 9	✓	-	-	-	-	-
19	Offshore 10	✓	-	-	✓	✓	✓
20	Offshore 11	✓	-	-	-	-	-
21	Offshore 12	✓	✓	✓	-	-	-

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการวิเคราะห์ที่ใช้ศึกษาตะกอนตัวอย่าง

(หมายเหตุ: ✓ = ทำการวิเคราะห์, - = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์)

ตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่ง (Washover) และตะกอนหน้าหาด (Swash 1, Swash 2, Swash 3 และ Swash 4)

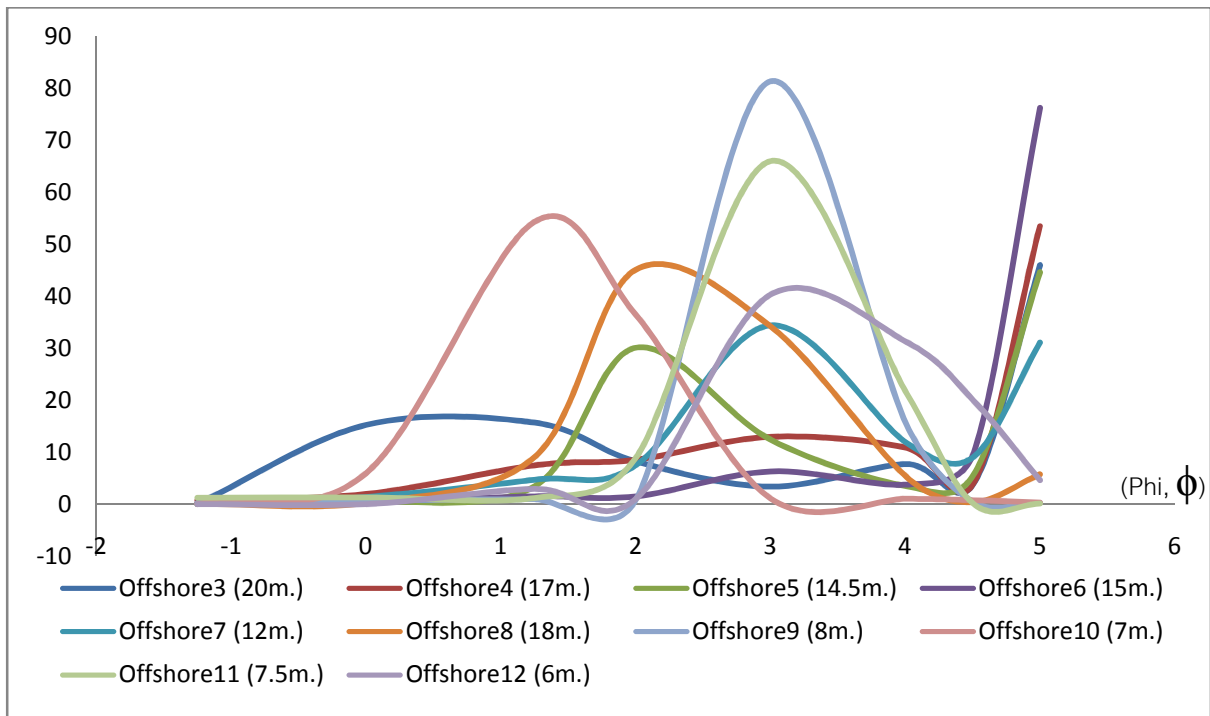
ลักษณะการกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอนในตัวอย่างสองชนิดนี้ มีความคล้ายคลึงกัน โดยตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่งมีสัดส่วนของตะกอนขนาดทรายขนาดปานกลางมากที่สุด ส่วนตะกอนหน้าหาดส่วนใหญ่ มีเม็ดตะกอนขนาดทรายละเอียดมากที่สุด จากรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าตะกอนดังกล่าวมีเม็ดตะกอนขนาดปานกลางในสัดส่วนสูงสุด โดยตะกอนหน้าหาดบริเวณตะวันตก (Swash 2) มีลักษณะการกระจายตัวแบบ bimodal แตกต่างจากตัวอย่างอื่น คือมีตะกอนขนาดทรายหยาบรองจากทรายละเอียด



**รูปที่ 3.2** กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวของขนาดตะกอนของตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่ง (Washover) และตะกอนหน้าหาด (Swash 1, Swash 2, Swash 3 และ Swash 4)

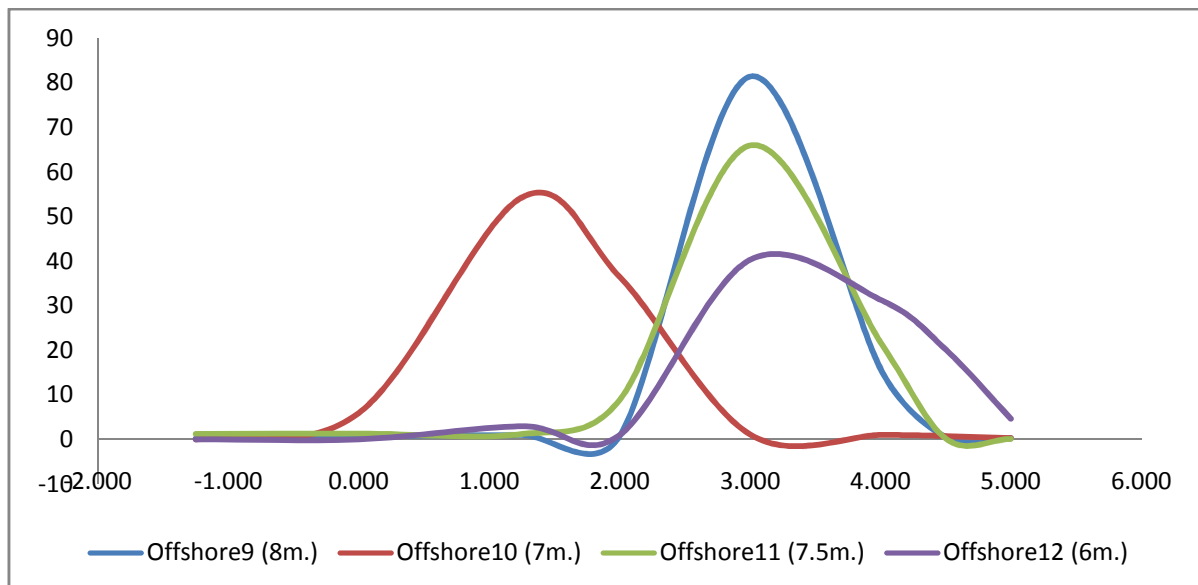
ตะกอนพื้นที่ระดับความลึกต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของตะกอนพบว่า ตะกอนพื้นที่ระดับความลึกประมาณ 6-8 เมตร จะมีการกระจายตัวของตะกอนที่แตกต่างจากตะกอนพื้นที่ระดับความลึกประมาณ 12-20 เมตร ดังรูปที่ 3.3 แสดงการกระจายตัวของตะกอนในตะกอนพื้นที่จำนวน 10 ตัวอย่าง โดยสามารถแบ่งการกระจายตัวออกเป็นสองกลุ่ม ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ



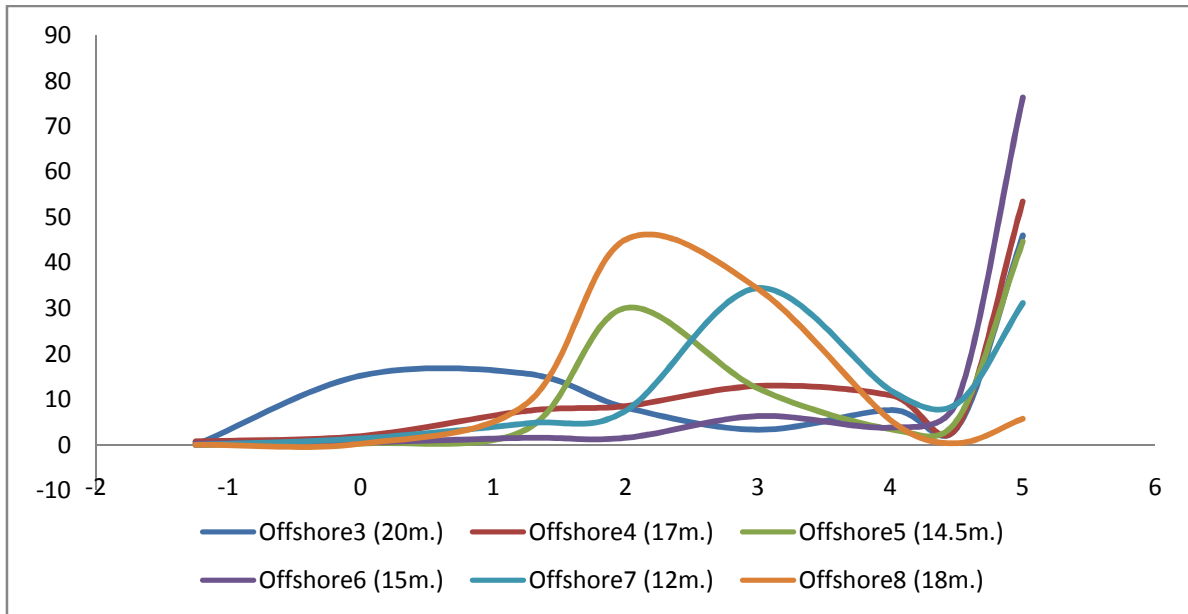
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวของขนาดตะกอนของตะกอนพื้นที่ระดับความลึกต่างๆ  
(Offshore 3-12)

กลุ่มที่ 1 ตะกอนพื้นที่ระดับ 6-8 เมตร (Offshore 9-12) ตะกอนพื้นที่เลกลุ่มนี้มีการกระจายตัวแบบปกติ ประกอบด้วยเม็ดตะกอนขนาดทรายหยาบถึงทรายละเอียดมากที่สุด ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวของขนาดตะกอนของตะกอนพื้นที่ความลึก 6-8 เมตร  
(Offshore 9-12)

กลุ่มที่ 2 ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับ 12-20 เมตร (Offshore 3-8) ตะกอนพื้นทะเลกลุ่มนี้ประกอบด้วย เม็ดตะกอนขนาดทรายแป้งหยาบและทรายแป้งถึงดินเหนียวในสัดส่วนที่มากขึ้น ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวขนาดตะกอนของตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 12-20 เมตร (Offshore 3-8)

ผลการคำนวณความถี่สะสมเม็ดตะกอนขนาดต่างๆ แสดงในตารางที่ 3.3 เมื่อนำไปพล็อตกราฟเส้นโค้งความถี่สะสม (Cumulative frequency curve) สามารถคำนวณค่าทางสถิติ (Folk and Ward, 1957) ได้และแสดงดังตารางที่ 3.4

โดยการคำนวณโดยใช้สูตรต่อไปนี้

- ค่าเฉลี่ยของกราฟ (Graphic mean,  $M_z$ )

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟ (Inclusive graphic standard deviation,  $\sigma_1$ )

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

- Simple sorting measure ( $So_s$ )

$$So_s = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2}$$

- ค่าการบิดเบี้ยวของกราฟหรือค่าความเบ้ของกราฟ (Inclusive graphic skewness,  $SK_I$ )

$$SK_I = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} + \phi_5)}$$

- Simple skewness measure ( $\alpha_s$ )

$$\alpha_s = (\phi_{95} + \phi_5) - 2\phi_{50}$$

- ความแหลมของกราฟ (Graphic kurtosis,  $K_G$ )

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

(หมายเหตุ:  $\phi_5$  = ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ที่อ่านได้จากเส้นโค้งความถี่สะสม)

และพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง

(1) Simple skewness measure และ Simple sorting measure ดังแสดงในรูปที่ 3.6

(2) ค่าการบิดเบี้ยวของกราฟหรือค่าความเบ้ของกราฟ (Inclusive graphic skewness) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟ (Inclusive graphic standard deviation) (Friedman, 1979) ดังแสดงในรูปที่ 3.7 และ 3.8

Grain size	Phi ( $\phi$ )	SandA	SandB	SandC	SandD	Offshore3 (20m.)	Offshore4 (17m.)	Offshore5 (14.5m.)	Offshore6 (15m.)	Offshore7 (12m.)	Offshore8 (18m.)
Granule	-1.251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.758	0.000	0.260	0.000	0.036
Very coarse sand	0.000	0.426	0.021	0.069	0.250	15.215	1.951	0.345	0.521	1.375	0.253
Coarse sand	1.252	14.381	0.128	0.846	3.910	15.662	7.476	3.446	1.521	4.704	9.085
Medium sand	2.000	35.509	1.869	5.619	13.910	8.233	8.544	30.100	1.503	7.482	45.116
Fine sand	3.000	24.155	36.532	54.635	2.157	3.336	12.959	12.412	6.302	34.429	34.259
Very fine sand	4.012	2.087	4.508	0.869	42.728	7.672	10.816	3.422	3.796	11.782	5.158
Coarse silt	4.506	21.034	53.620	33.476	23.141	3.858	4.006	5.582	9.811	9.086	0.363
Silt to clay	-	2.408	3.321	4.486	13.903	46.024	53.490	44.692	76.286	31.143	5.731
Total (%)		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

Grain size	Phi ( $\phi$ )	Offshore9 (8m.)	Offshore10 (7m.)	Offshore11 (7.5m.)	Offshore12 (6m.)	Swash 1	Swash 2	Swash 3	Swash 4	Washover
Granule	-1.251	0.215	0.000	1.211	0.019	0.000	0.337	0.000	0.000	0.000
Very coarse sand	0.000	0.710	5.940	1.308	0.023	0.000	2.416	0.072	0.478	0.043
Coarse sand	1.252	0.978	54.358	1.196	2.936	0.551	16.520	1.254	4.084	3.848
Medium sand	2.000	0.771	36.510	8.861	0.981	15.751	15.307	2.830	16.635	58.977
Fine sand	3.000	81.428	1.109	66.012	40.292	77.471	37.097	58.845	71.666	35.359
Very fine sand	4.012	15.187	1.029	21.243	31.152	6.056	27.074	35.424	6.823	1.566
Coarse silt	4.506	0.440	0.755	0.074	19.976	0.098	0.968	1.332	0.084	0.056
Silt to clay	-	0.270	0.299	0.095	4.621	0.074	0.282	0.243	0.230	0.152
Total (%)		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

ตารางที่ 3.2 น้ำหนักเม็ดตะกอนขนาดต่างๆ ที่ได้จากกรร่อนคัดขนาดตะกอนแบบใช้น้ำ (Wet sieving)

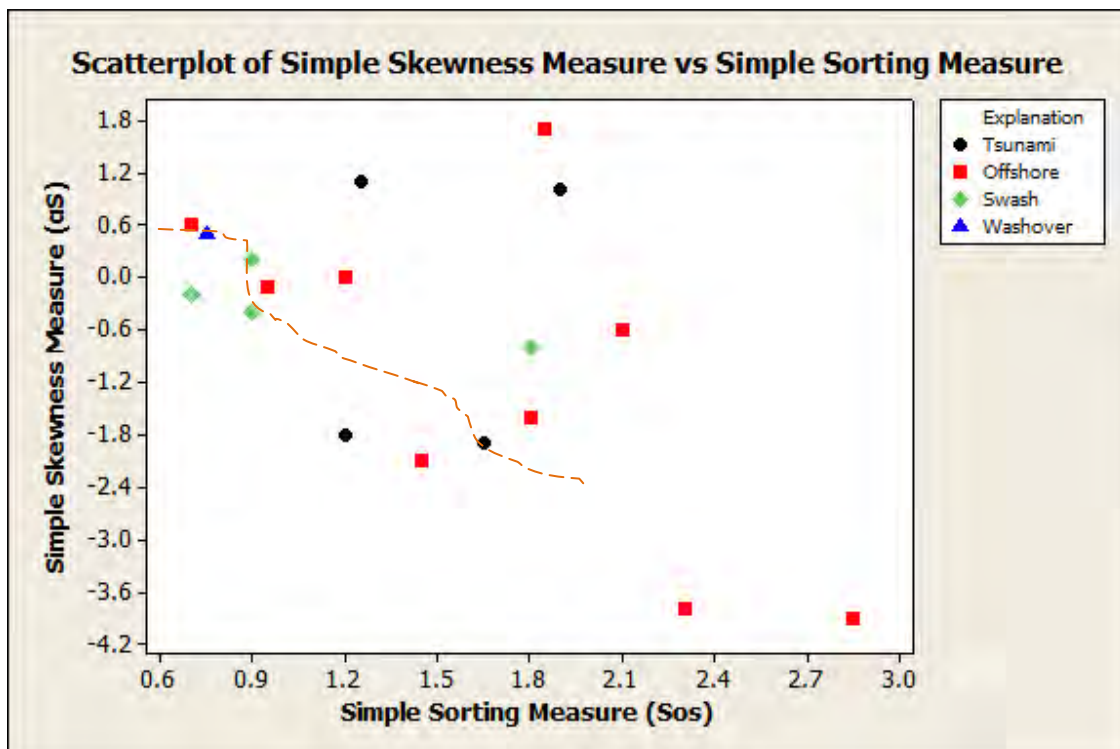


Grain size	Phi ( $\phi$ )	SandA	SandB	SandC	SandD	Offshore3 (20m.)	Offshore4 (17m.)	Offshore5 (14.5m.)	Offshore6 (15m.)	Offshore7 (12m.)	Offshore8 (18m.)
Granule	-1.251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.758	0.000	0.260	0.000	0.036
Very coarse sand	0.000	0.426	0.021	0.069	0.250	15.215	2.708	0.345	0.781	1.375	0.289
Coarse sand	1.252	14.807	0.150	0.914	4.160	30.877	10.184	3.791	2.302	6.079	9.374
Medium sand	2.000	50.316	2.019	6.533	18.071	39.110	18.728	33.891	3.805	13.561	54.490
Fine sand	3.000	74.470	38.551	61.168	20.228	42.446	31.687	46.303	10.107	47.989	88.749
Very fine sand	4.012	76.557	43.059	62.038	62.956	50.118	42.504	49.726	13.903	59.771	93.907
Coarse silt	4.506	97.592	96.679	95.514	86.097	53.976	46.510	55.308	23.714	68.857	94.269
Silt to clay	-	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Grain size	Phi ( $\phi$ )	Offshore9 (8m.)	Offshore10 (7m.)	Offshore11 (7.5m.)	Offshore12 (6m.)	Swash 1	Swash 2	Swash 3	Swash 4	Washover	
Granule	-1.251	0.215	0.000	1.211	0.019	0.000	0.337	0.000	0.000	0.000	
Very coarse sand	0.000	0.925	5.940	2.519	0.042	0.000	2.752	0.072	0.478	0.043	
Coarse sand	1.252	1.903	60.297	3.715	2.978	0.551	19.272	1.326	4.562	3.890	
Medium sand	2.000	2.674	96.808	12.577	3.959	16.301	34.580	4.156	21.197	62.867	
Fine sand	3.000	84.102	97.917	78.588	44.251	93.772	71.677	63.001	92.864	98.226	
Very fine sand	4.012	99.289	98.946	99.831	75.402	99.828	98.751	98.425	99.686	99.792	
Coarse silt	4.506	99.730	99.701	99.905	95.379	99.926	99.718	99.757	99.770	99.848	
Silt to clay	-	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	

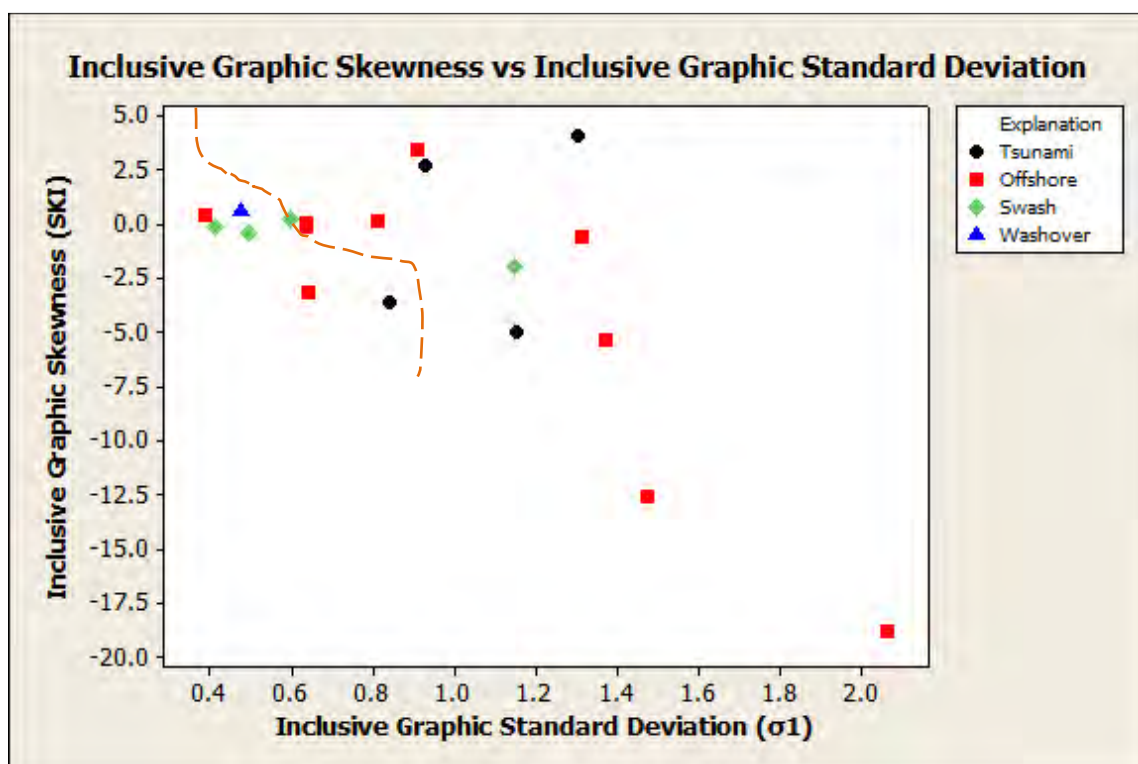
ตารางที่ 3.3 ความถี่สะสมของน้ำหนักเม็ดตะกอนขนาดต่างๆ (ในหน่วย %) ที่ได้จากการร่อนคัดขนาดตะกอนแบบใช้น้ำ (Wet sieving)

Sample	Phi at percentile							$M_z$	$\sigma_1$	$So_s$	$SK_1$	$\alpha_s$	$K_G$
	5	16	25	50	75	84	95						
SandA	0.6	1.3	1.5	2.0	3.0	4.2	4.4	2.500	1.301	1.900	4.075	1.000	2.336
SandB	2.1	2.5	2.6	4.2	4.3	4.4	4.5	3.700	0.839	1.200	-3.585	-1.800	1.672
SandC	2.0	2.2	2.3	2.7	4.3	4.4	4.5	3.100	0.929	1.250	2.695	1.100	2.049
SandD	1.2	1.8	3.2	3.8	4.3	4.4	4.5	3.333	1.150	1.650	-4.955	-1.900	1.488
Offshore3	-0.8	0.0	0.8	4.0	4.7	4.8	4.9	2.933	2.064	2.850	-18.795	-3.900	9.111
Offshore4	0.4	1.8	2.5	4.6	4.8	4.9	5.0	3.767	1.472	2.300	-12.615	-3.800	4.336
Offshore5	1.4	1.6	1.8	4.0	4.8	4.9	5.0	3.500	1.370	1.800	-5.355	-1.600	4.426
Offshore6	2.2	4.2	4.5	4.7	4.9	5.0	5.1	4.633	0.639	1.450	-3.125	-2.100	0.475
Offshore7	0.8	2.1	2.4	3.2	4.7	4.8	5.0	3.367	1.311	2.100	-0.585	-0.600	3.959
Offshore8	0.9	1.4	1.8	1.9	2.5	2.8	4.6	2.033	0.911	1.850	3.425	1.700	1.061
Offshore9	2.1	2.2	2.3	2.5	2.8	2.9	3.5	2.533	0.387	0.700	0.455	0.600	0.287
Offshore10	0.0	0.3	0.5	1.0	1.5	1.7	1.9	1.000	0.638	0.950	-0.095	-0.100	0.779
Offshore11	1.4	2.1	2.2	2.6	2.8	3.2	3.8	2.633	0.639	1.200	0.055	0.000	0.590
Offshore12	2.0	2.4	2.6	3.2	4.0	4.2	4.4	3.267	0.814	1.200	0.180	0.000	1.377
Swash 1	1.6	2.0	2.2	2.4	2.7	2.8	3.0	2.400	0.412	0.700	-0.140	-0.200	0.287
Swash 2	0.2	1.0	1.6	2.4	3.1	3.4	3.8	2.267	1.145	1.800	-1.920	-0.800	2.213
Swash 3	2.0	2.2	2.4	2.8	3.3	3.5	3.8	2.833	0.598	0.900	0.245	0.200	0.664
Swash 4	1.3	1.9	2.2	2.4	2.6	2.8	3.1	2.367	0.498	0.900	-0.405	-0.400	0.295
Washover	1.3	1.5	1.6	1.8	2.3	2.5	2.8	1.933	0.477	0.750	0.575	0.500	0.430

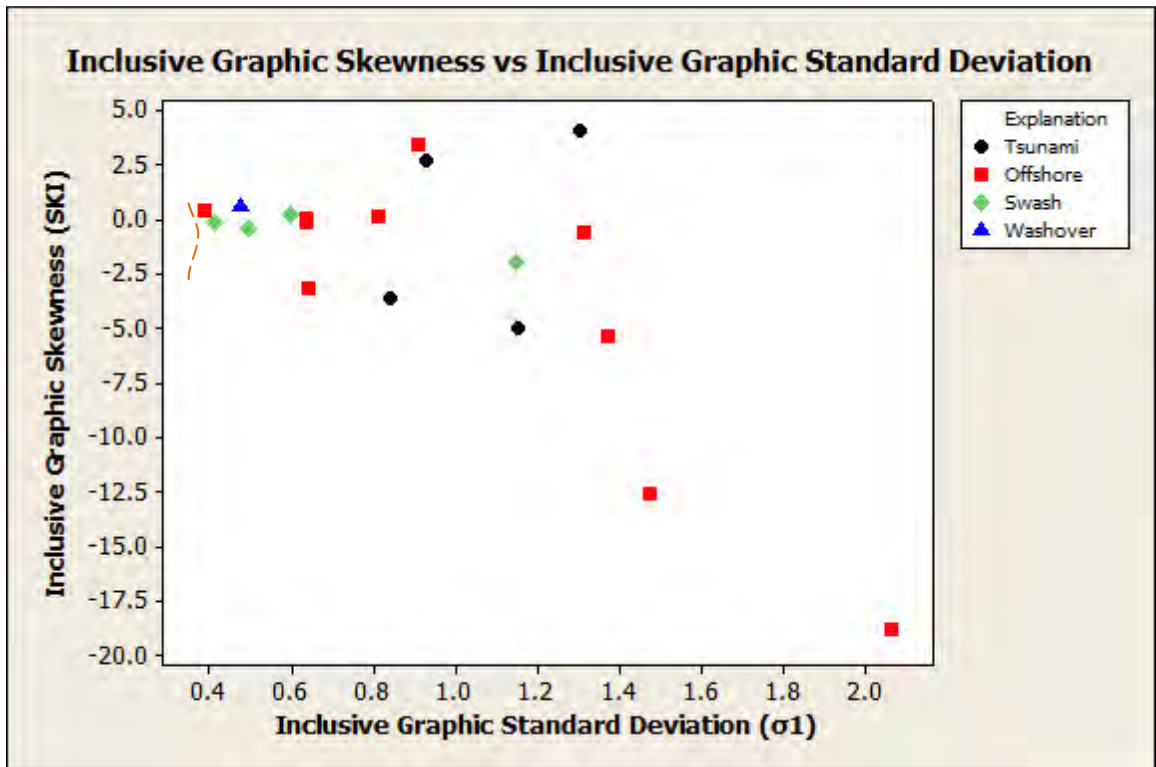
ตารางที่ 3.4 ค่าทางสถิติจากการคำนวณทางตะกอน (Phi,  $\phi$ ) ณ เปอร์เซ็นต์ไทล์ต่างๆ



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Simple skewness measure และ Simple sorting measure ของตะกอนคลื่นน้ำมึ ตะกอนพื้นทะเล ตะกอนหน้าหาด และตะกอนคลื่นซัดคลื่นฝั่ง



รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบิดเบี้ยวของกราฟหรือค่าความเบ้ของกราฟ (Inclusive graphic skewness) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟ (Inclusive graphic standard deviation)



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบิดเบี้ยวของกราฟหรือค่าความเบ้ของกราฟ (Inclusive graphic skewness) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟ (Inclusive graphic standard deviation)

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Simple skewness measure และ Simple sorting measure ในรูปที่ 3.6 ตะกอนหน้าหาดส่วนใหญ่มีการกระจายตัวคล้ายกับตะกอนคลื่นซัดคลื่นฝั่ง อยู่ในบริเวณใต้เส้นประ หมายถึงมีสภาพแวดล้อมตอนตกสะสมตัวในบริเวณที่มีกระแสพัดพาสองทิศทางบนชายหาด ซึ่งมีตะกอนหน้าหาดหนึ่งตัวอย่างที่มีการกระจายตัวแตกต่างออกไป เนื่องจากกระแสน้ำที่เป็นตัวพัดพาตะกอนนั้น อาจมีพลังงานสูงกว่าทำให้มีการพาตะกอนขนาดทรายหยาบเข้ามาสะสมด้วย สอดคล้องกับผลการศึกษาระบายตัวของตะกอนหน้าหาดบริเวณตะวันออก (Swash 2) ที่มีการกระจายตัวแบบ bimodal เช่นเดียวกับตะกอนคลื่นและตะกอนพื้นทะเลในกลุ่มที่ 2

ส่วนตะกอนพื้นทะเล และตะกอนคลื่นส่วนใหญ่มีการกระจายตัวอยู่ทางตอนบนของเส้นประ หมายถึงมีสภาพการสะสมตัวในท้องน้ำ หรือแม่น้ำที่มีกระแสพัดพาในทิศทางเดียว

สำหรับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบิดเบี้ยวของกราฟหรือค่าความเบ้ของ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกราฟ จากรูปที่ 3.8 การคัดขนาดสามารถระบุสภาพแวดล้อมบริเวณที่สะสมตัวของตะกอน ซึ่งทั้งตะกอนสีนํามี ตะกอนหน้าหาด ตะกอนพื้นทะเล และตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่ง กระจายตัวอยู่ทางด้านบนขวาของเส้นประ หมายถึงมีสภาพแวดล้อมการสะสมตัวเนินทรายบนฝั่ง (inland dune sand)

และจากการกระจายตัวของตะกอนตัวอย่างในรูปที่ 3.7 พบว่าสามารถจำแนกลักษณะการกระจายตัวออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

**กลุ่มที่ 1** ตะกอนหน้าหาดและตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่งกระจายตัวอยู่ในบริเวณด้านซ้ายของเส้นประที่สามารถระบุสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบทรายชายหาด (beach sand) โดยพบตะกอนหน้าหาดบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ (Swash 2) ที่แสดงสภาพแวดล้อมแบบเนินทรายบนฝั่ง เนื่องจากขนาดตะกอนที่พบแตกต่างจากตัวอย่างอื่นๆ คือมีตะกอนทรายขนาดปานกลางในสัดส่วนมาก

**กลุ่มที่ 2** ตะกอนสีนํามีและตะกอนพื้นทะเลส่วนใหญ่ กระจายตัวอยู่บริเวณที่บ่งบอกสภาพแวดล้อมแบบเนินทรายบนฝั่ง (inland-dune sand) สำหรับตะกอนพื้นทะเลและตะกอนสีนํามีบางส่วนนั้น แสดงสภาพแวดล้อมแบบทรายชายหาดซึ่งแตกต่างออกไป เนื่องจากพบว่าประกอบไปด้วยตะกอนขนาดปานกลางในสัดส่วนมากกว่าตัวอย่างอื่นในกลุ่มที่ 2

### 3.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของแร่ดิน

ผลการวิเคราะห์ชนิดของแร่ดินในตัวอย่างตะกอนจากเครื่อง X-ray diffractometer ด้วย 4 เทคนิควิธี

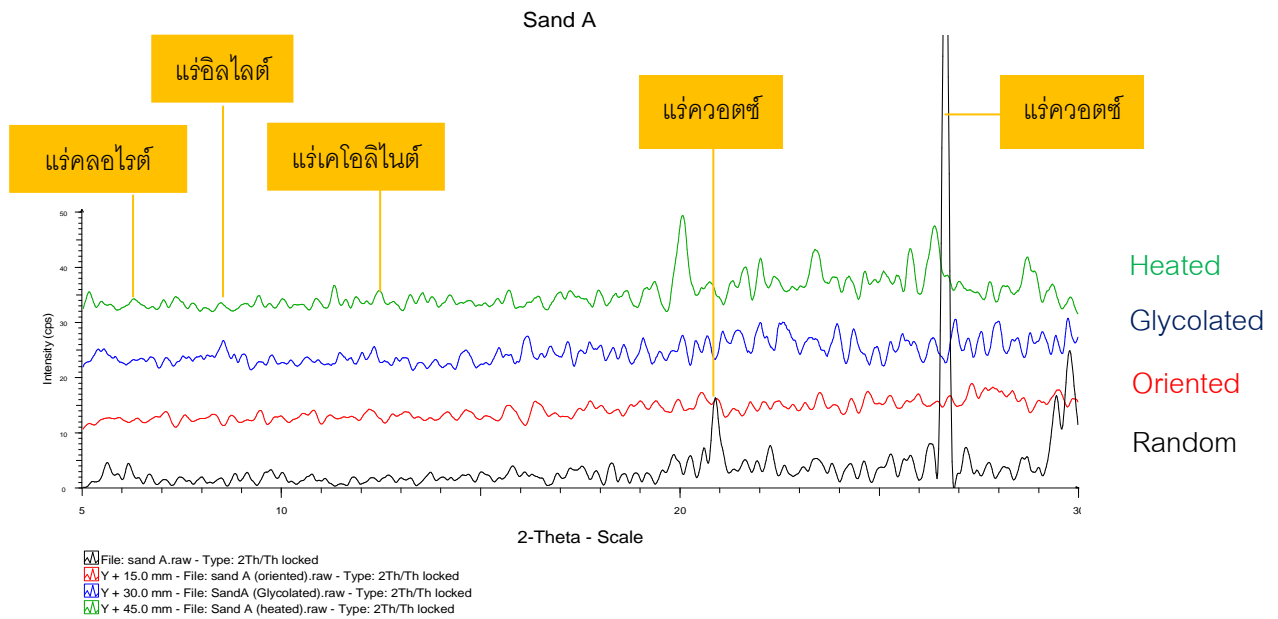
ได้แก่	- Random (Powder XRD)	11 ตัวอย่าง
	- Oriented	13 ตัวอย่าง
	- Glycolated	12 ตัวอย่าง
	- Heated	12 ตัวอย่าง

สามารถระบุชนิดของแร่ดินที่พบ โดยนำจุดยอดกราฟใน Diffraction pattern เทียบกับมาตรฐานของแร่ดินชนิดต่างๆ ในการศึกษานี้ทำการระบุแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์, อิลไลต์, คลอไรต์ และมอนต์มอริลโลไนต์

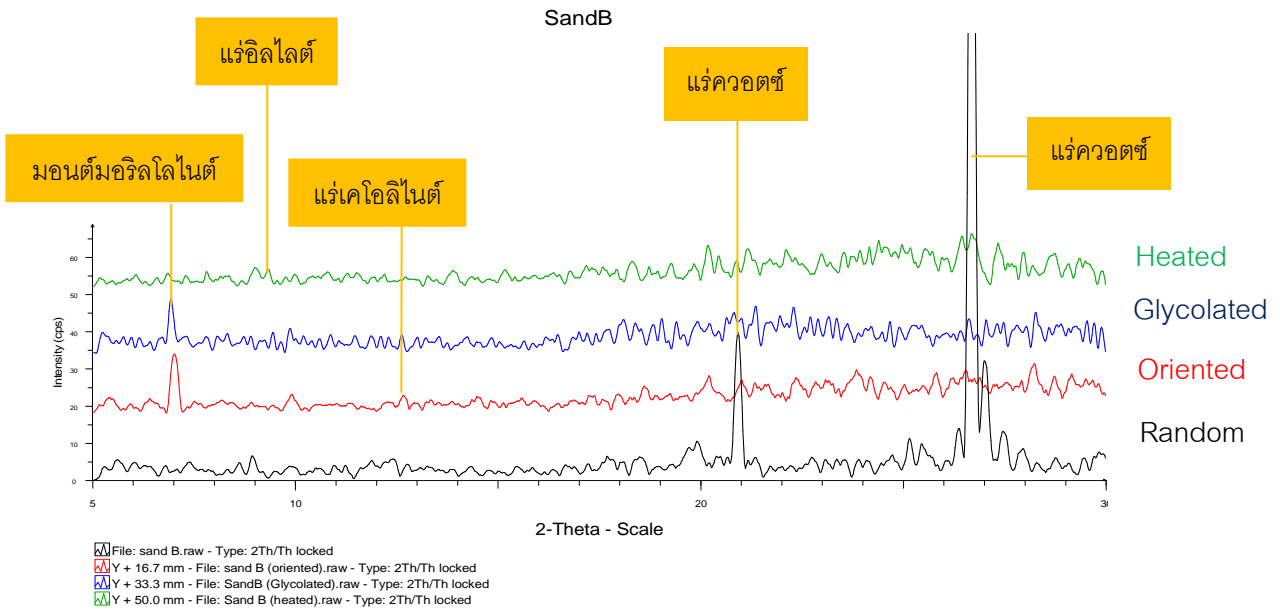
การวิเคราะห์วิธี Powder XRD ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยกำหนดค่า 2Theta ตั้งแต่ 5-70 องศา แร่ที่มีปริมาณมาก จุดยอดกราฟของแร่ดังกล่าวจะมีค่าสูง เช่น แร่ควอตซ์ รวมถึงคลื่นรบกวนจากแร่อื่นๆ มีผลให้แร่ดินซึ่งมีปริมาณไม่มาก ปรากฏจุดยอดของกราฟไม่ชัดเจน

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Oriented จะสามารถเห็นแร่ดินชนิดต่างๆ ได้ชัดเจนขึ้น เนื่องจากแร่องค์ประกอบอื่นๆ ถูกแยกให้ตกตะกอนในปีกเกอร์โดยสาร Calgon ในขั้นเตรียมตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยกำหนดค่า 2Theta ตั้งแต่ 5-30 องศา เช่นเดียวกับวิธี Glycolated และ Heated

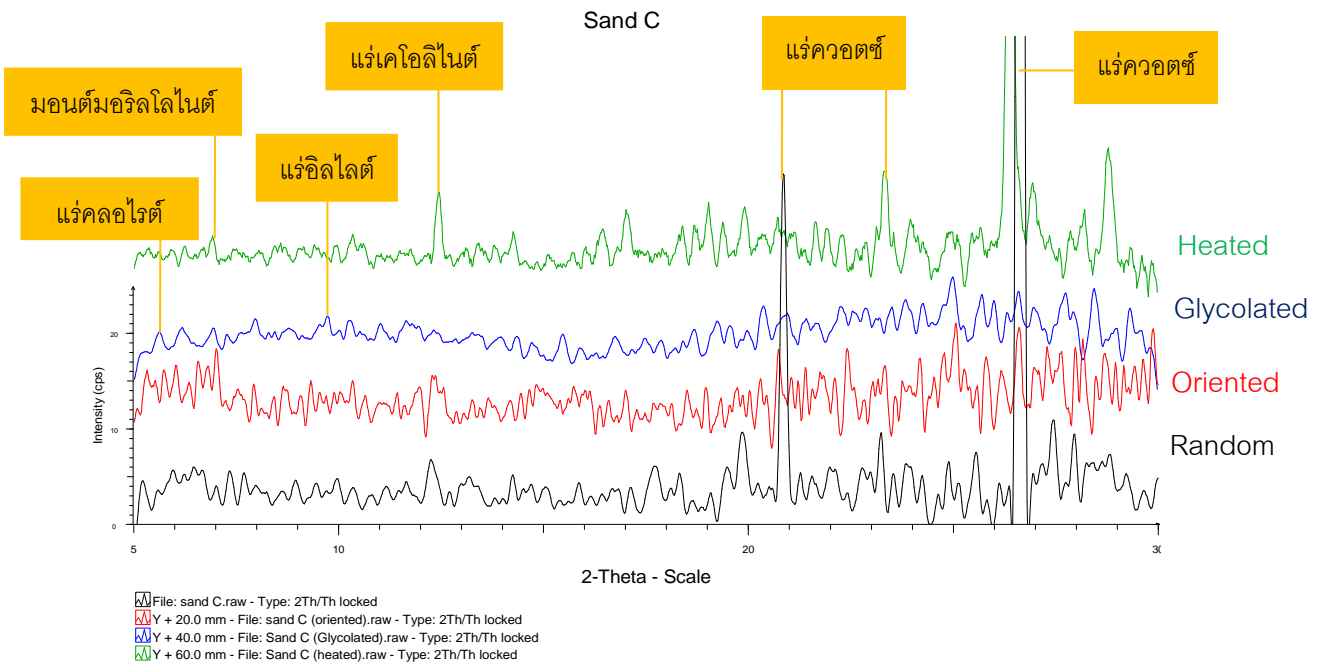
แร่ดินแต่ละชนิดจะมีค่า d-spacing และค่า 2Theta เฉพาะตัวในแต่ละเทคนิควิธี ซึ่งทำให้สามารถจำแนกชนิดของแร่ดินได้ การสรุปชนิดของแร่ดินที่พบจึงต้องทำการเปรียบเทียบค่า d-spacing จากทุกเทคนิค แต่บางกรณีจุดยอดกราฟของแร่ดินชนิดเดียวกันอาจมีค่า 2 Theta ต่างกัน เนื่องจากสัดส่วนของธาตุองค์ประกอบในแร่ดินชนิดนั้นต่างกัน การเปรียบเทียบ Diffraction pattern ของตะกอนสีนามิปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนสีนามิในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D) ที่ผ่านการวิเคราะห์ทั้ง 4 เทคนิค แสดงในรูปแบบที่ 3.9, 3.10, 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ



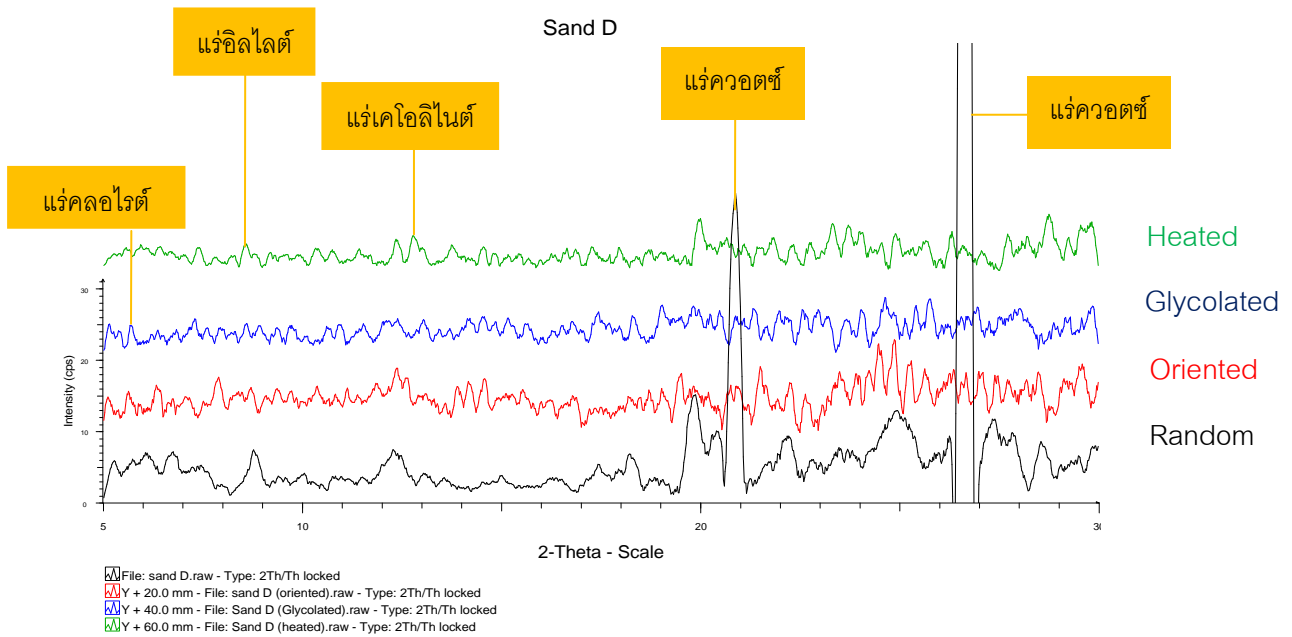
รูปที่ 3.9 Diffraction pattern เปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ XRD ด้วยวิธีต่างๆ ของตะกอนสีนามิปี พ.ศ.2547 (Sand A) ซึ่งพบแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์, อิลไลต์ และโคลไรต์



รูปที่ 3.10 Diffraction pattern เปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ XRD ด้วยวิธีต่างๆ ของตะกอนสีนํามีโนอิตต์ (Sand B) ซึ่งพบแร่ดินชนิดเคลโอลิไนต์, อิลไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์



รูปที่ 3.11 Diffraction pattern เปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ XRD ด้วยวิธีต่างๆ ของตะกอนสีนํามีโนอิตต์ (Sand C) ซึ่งพบแร่ดินชนิดเคลโอลิไนต์, อิลไลต์, คลอไรต์ และมอนต์มอริลโลไนต์



**รูปที่ 3.12** Diffraction pattern เปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ XRD ด้วยวิธีต่างๆ ของตะกอนสีนามิในอดีต (Sand D) ซึ่งพบแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์, อิลไลต์ และโคลไรต์

จากการวิเคราะห์ทั้ง 4 วิธี พบว่าแร่ควอตซ์ที่มีจุดยอดกราฟสูงมาก ในการวิเคราะห์วิธี Powder XRD ลดลงในผลการวิเคราะห์วิธี Oriented, Glycolated และ Heated ซึ่งในตัวอย่าง Sand B, Sand C และ Sand D จุดยอดของกราฟมีลักษณะชัดเจนยิ่งขึ้น สามารถสรุปชนิดของแร่ดินที่พบโดยแบ่งตามเทคนิควิธีที่ใช้วิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 3.5



ลำดับ ที่	ตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	แร่ดินที่พบ				Clay minerals
			Random	Oriented	Glycolated	Heated	
1.	Sand A		K, I, C	K, I, C	K, I, C	K, I, C	K, I, C
2.	Sand B		K, I, M	K, I, M	K, I, M	K, I, M	K, I, M
3.	Sand C		K, I, C	K, I, C, M	K, I, C, M	K, I, C, M	K, I, C, M
4.	Sand D		K, I, C	K, I, C	K, I, C	K, I, C	K, I, C
5.	Offshore 3	20	K, I, C,	K, C, M	K, I, C, M	K, I, C, M	K, I, C, M
6.	Offshore 4	17	K, I, C, M	-	-	-	K, I, C, M
7.	Offshore 5	14.5	K, I, M	K, I, M	K, I, M	K, I, M	K, I, M
8.	Offshore 6	15	K, I, M	K, I, M	I, C, M	K, I, C, M	K, I, C, M
9.	Offshore 7	12	K, I, C, M	-	-	-	K, I, C, M
10.	Offshore 8	18	K, I	K, I, C, M	K, I, C, M	K, I, C, M	K, I, C, M
11.	Offshore 10	7	-	I, C	I, C	I, C	I, C
12.	Offshore 12	6	I, C	-	-	-	I, C
13.	Swash 1		-	K, I, M	K, I, M	K	K, I, M
14.	Swash 2		-	ไม่พบแร่ดิน	-	-	ไม่พบแร่ดิน
15.	Washover		-	I, M	K, I, C, M	M	I, M

ตารางที่ 3.5 แสดงแร่ดินชนิดต่างๆ ที่พบในตะกอนสีนํ้ามึ ตะกอนพื้นทะเล ตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่ง และตะกอนหน้าหาด

ทั้งหมด 15 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเครื่อง XRD วิธีต่างๆ

(หมายเหตุ: K = แร่เคโอลิไนต์, I = แร้อิลไลต์, C = แร่คลอไรต์, M = แร่มอนต์มอริลโลไนต์)

### 3.3 การวิเคราะห์แร่ดินเชิงปริมาณ

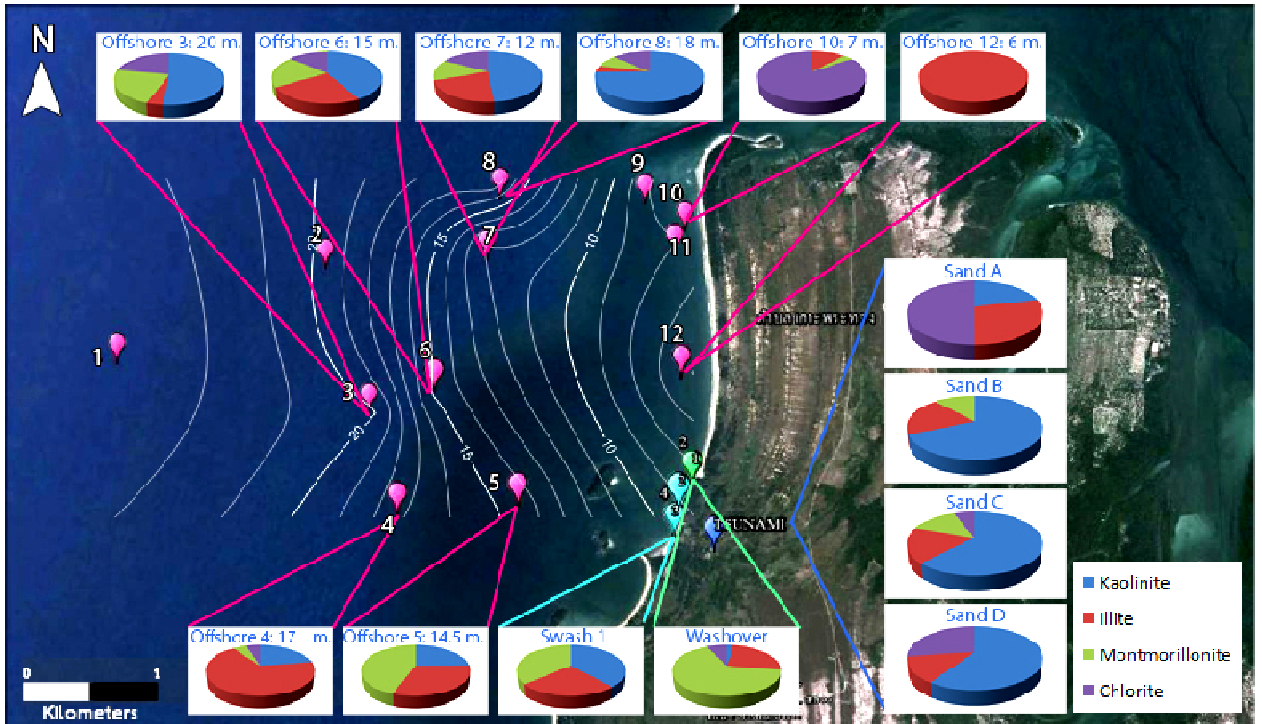
วิเคราะห์หาสัดส่วนร้อยละของแร่ดินแต่ละชนิดที่พบในตะกอน 14 ตัวอย่างจากทั้งหมด 15 ตัวอย่าง เนื่องจากตะกอน Swash2 ไม่พบแร่ดิน โดยคำนวณพื้นที่ได้กราฟบริเวณจุดยอดของแร่ดินชนิดที่พบใน Diffraction pattern จากเครื่อง X-ray diffractometer ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ดินในตะกอนสีนามิปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนสีนามิในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D) ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ ตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่ง และตะกอนหน้าหาด ด้วยโปรแกรม DIFFRAC<sup>plus</sup> EVA พบว่าแร่ดินแต่ละชนิดมีสัดส่วนดัง ตารางที่ 3.6 และรูปที่ 3.13

Sample	Kaolinite	Illite	Montmorillonite	Chlorite	Total
Sand A	21.24	28.71	0.00	50.04	99.99
Sand B	68.37	19.83	11.80	0.00	100.00
Sand C	62.19	18.17	13.56	6.08	100.00
Sand D	59.38	13.52	0.00	27.09	99.99
Offshore 3 (20 m.)	17.60	39.95	42.45	0.00	100.00
Offshore 4 (17 m.)	22.46	67.76	4.87	4.92	100.01
Offshore 5 (14.5 m.)	24.90	30.74	44.36	0.00	100.00
Offshore 6 (15 m.)	17.34	12.14	70.52	0.00	100.00
Offshore 7 (12 m.)	48.53	20.91	13.42	17.14	100.00
Offshore 8 (18 m.)	74.69	4.33	7.77	13.21	100.00
Offshore 10 (7 m.)	0.00	11.85	3.39	84.77	100.01
Offshore 12 (6 m.)	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
Swash 1	38.30	25.18	36.52	0.00	100.00
Washover	2.65	25.07	65.49	6.78	99.99

ตารางที่ 3.6 สัดส่วนของชนิดแร่ดินชนิดที่พบในตัวอย่างตะกอนทั้งหมด 14 ตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณจาก Diffraction pattern ที่ได้จากวิธี Oriented

(Offshore 4, Offshore 7, Offshore 12 วิเคราะห์เชิงปริมาณจาก Diffraction pattern ที่ได้จากวิธี Random)



รูปที่ 3.13 แผนที่และแผนภูมิวงกลมแสดงองค์ประกอบแร่ดินชนิดต่างๆ ในสัดส่วนร้อยละ ที่พบในตะกอน ตัวอย่างจากชั้นตะกอนสึนามิปี พ.ศ.2547, ตะกอนสึนามิในอดีต, ตะกอนคลื่นซัดถันฝั่ง, ตะกอนหน้าหาด และตะกอนพื้นที่ทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ

จากผลการวิเคราะห์แร่ดินทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ สามารถแบ่งกลุ่มตามชนิดของแร่ดินที่พบได้ 6 กลุ่ม ดังตารางที่ 3.7

กลุ่ม	แร่ดินที่พบ	ตะกอนตัวอย่าง
1	อิลไลต์	Offshore 12
2	อิลไลต์, คลอไรต์ และมอนต์มอริลโลไนต์	Offshore 9
4	เคโอลิไนต์, อิลไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์	Sand B, Swash 1, Offshore 5
5	เคโอลิไนต์, อิลไลต์ และคลอไรต์	Sand A, Sand D
6	เคโอลิไนต์, อิลไลต์, คลอไรต์ และมอนต์มอริลโลไนต์	Sand C, Offshore 4, Offshore 6, Offshore 7, Offshore 8, Washover

ตารางที่ 3.7 กลุ่มของตะกอนตัวอย่างที่พบแร่ดินชนิดเดียวกัน

### 3.4 การวิเคราะห์ออกไซด์องค์ประกอบของตะกอนตัวอย่าง

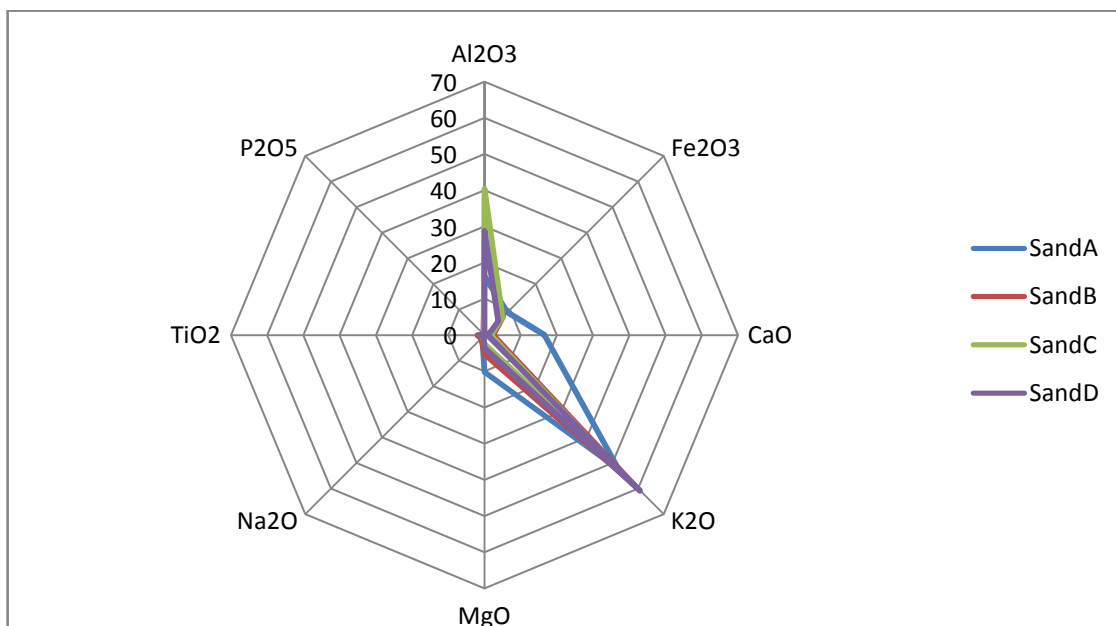
จากการวิเคราะห์ออกไซด์องค์ประกอบของตะกอนตัวอย่างทั้งหมด 10 ตัวอย่าง (แสดงในตารางที่ 3.1) ซึ่งมีปริมาณตัวอย่างเหลือมากเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence

พบว่าตะกอนตัวอย่างมีออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบหลัก (major oxide) ได้แก่  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  และ  $\text{P}_2\text{O}_5$  ดังตารางที่ 3.8 ทำการเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีการกระจายของออกไซด์คล้ายคลึงกันได้ 4 กลุ่ม และแสดงโดยแผนภูมิใยแมงมุมออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนตัวอย่าง ได้แก่  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  และ  $\text{P}_2\text{O}_5$  เนื่องจาก  $\text{SiO}_2$  เป็นออกไซด์ที่พบมากที่สุดในทุกตัวอย่างและทำให้แผนภูมิไม่สามารถแสดงค่าออกไซด์อื่นๆ ซึ่งมีปริมาณน้อยได้

กลุ่มของตัวอย่างที่มีการกระจายของออกไซด์คล้ายคลึงกัน ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ตะกอนสีนํามิปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนสีนํามิในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D)

ตะกอนสีนํามิปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนสีนํามิในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D) ประกอบด้วย  $\text{SiO}_2$  มากที่สุด รองลงมาประกอบด้วย  $\text{K}_2\text{O}$  ตามด้วย  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  และ  $\text{P}_2\text{O}_5$  ตามลำดับ แสดงดังแผนภูมิใยแมงมุมในรูปที่ 3.14 นอกจากนี้ตะกอนในกลุ่มนี้มีค่าวิเคราะห์ LOI สูงมาก กล่าวคือมีองค์ประกอบเป็นคาร์บอนและสารอินทรีย์สูง



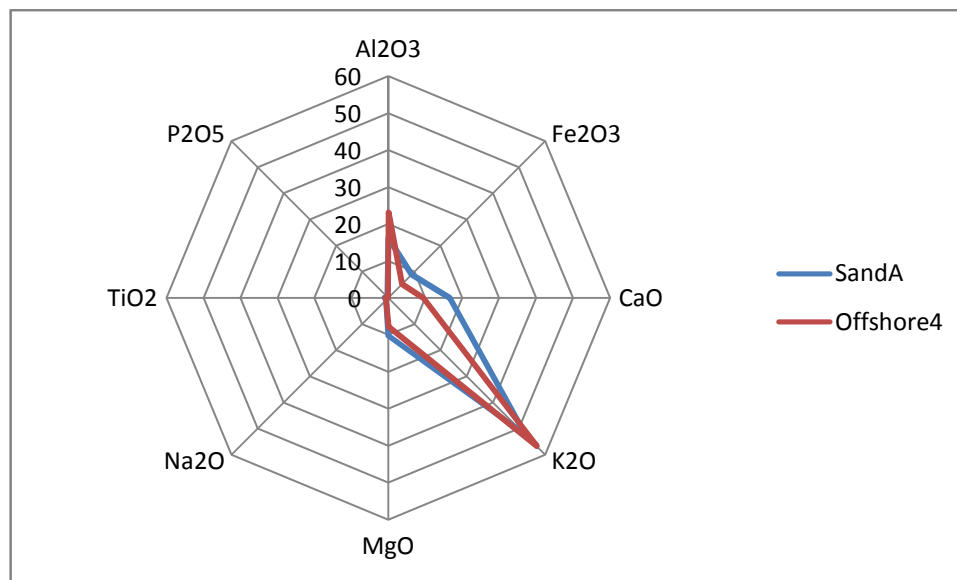
รูปที่ 3.14 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนสีนํามิปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนสีนํามิในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D)

Oxide	SandA	SandB	SandC	SandD	Offshore3	Offshore4	Offshore5	Offshore6	Offshore7	Offshore8	Offshore12
SiO <sub>2</sub>	22.442	32.094	31.567	39.802	31.478	34.219	33.212	33.413	34.903	31.082	37.541
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.462	11.774	20.146	14.359	12.081	11.841	12.024	11.903	11.582	12.637	7.857
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.111	3.276	3.521	2.725	2.818	2.693	3.106	2.794	2.689	3.047	2.262
CaO	7.619	1.097	0.871	0.499	4.917	4.813	3.860	4.576	4.737	3.979	6.744
K <sub>2</sub> O	24.131	26.126	23.283	30.349	29.080	29.092	28.739	28.867	28.848	29.008	27.080
MgO	1.664	1.365	1.018	1.042	1.863	1.807	1.750	1.850	1.763	1.980	1.960
Na <sub>2</sub> O	0.372	0.568	0.288	0.190	0.533	0.473	0.568	0.525	0.413	0.656	0.945
TiO <sub>2</sub>	0.481	0.868	0.622	0.735	0.446	0.426	0.488	0.419	0.488	0.460	0.550
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.162	0.148	0.115	0.000	0.133	0.126	0.130	0.132	0.133	0.131	0.138
%LOI	31.556	22.684	18.567	10.300	16.650	14.510	16.122	15.522	14.444	17.022	14.922
Total	100.000	100.000	99.998	100.001	99.999	100.000	99.999	100.001	100.000	100.002	99.999

ตารางที่ 3.8 ออกไซด์องค์ประกอบหลักและ LOI ของตะกอนตัวอย่าง

กลุ่มที่ 2 ตะกอนสีนํ้ามีปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 17 เมตร (Offshore 4)

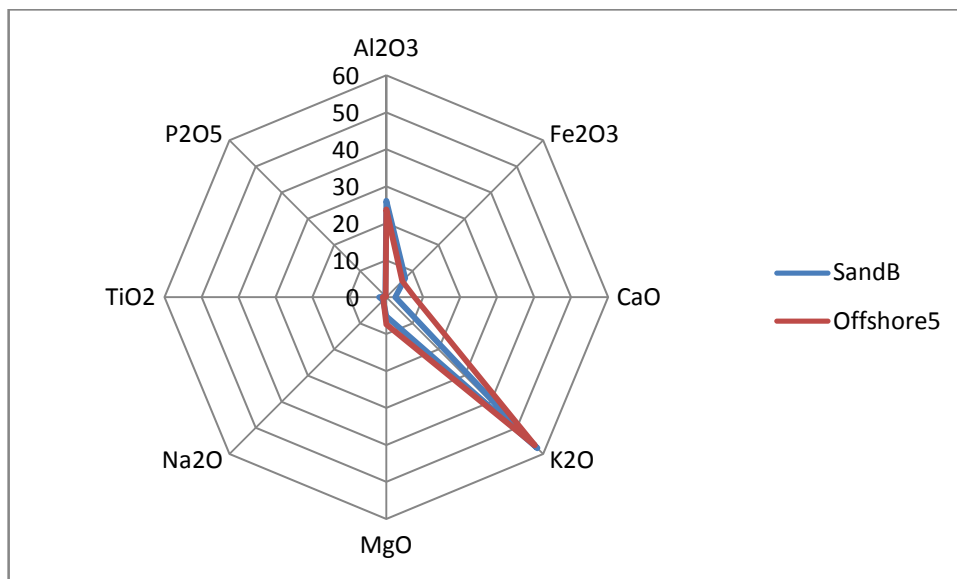
ตะกอนในกลุ่มนี้พบว่ามีสัดส่วนของออกไซด์องค์ประกอบคล้ายกัน คือ ประกอบด้วย  $\text{SiO}_2$  มากที่สุด ประกอบด้วย  $\text{K}_2\text{O}$  ในปริมาณรองลงมา และ  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  และ  $\text{P}_2\text{O}_5$  ตามลำดับ ซึ่งตะกอนกลุ่มนี้มี  $\text{CaO}$  และ  $\text{Fe}_2\text{O}$  มากกว่าตะกอนในกลุ่มอื่นๆ แสดงดังแผนภูมิวงกลมในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แผนภูมิวงกลมแสดงออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนสีนํ้ามีปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 17 เมตร (Offshore 4)

กลุ่มที่ 3 ตะกอนสีนํ้าในอดีต (Sand B) และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 14.5 เมตร (Offshore 5)

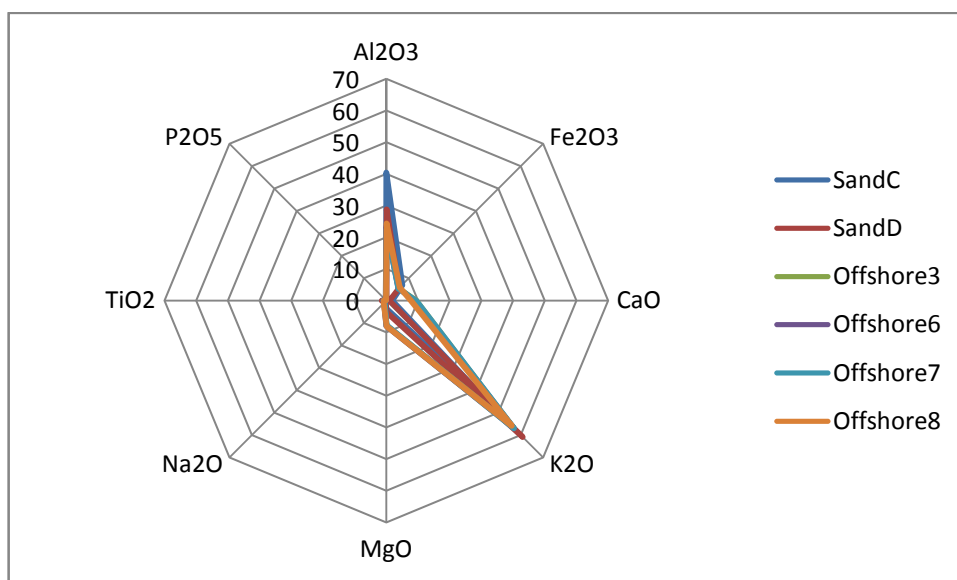
ตะกอนสองตัวอย่างนี้ประกอบด้วยสัดส่วนของออกไซด์ที่สอดคล้องกัน คือ ประกอบด้วย  $\text{SiO}_2$  มากที่สุด รองลงมาประกอบด้วย  $\text{K}_2\text{O}$  ตามด้วย  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  และ  $\text{P}_2\text{O}_5$  ตามลำดับ แสดงดังแผนภูมิวงกลมในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.16 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 (Sand B) และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 14.5 เมตร (Offshore 5)

กลุ่มที่ 4 ตะกอนสีนามีในอดีต (Sand C และ Sand D) และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 12, 15, 18 และ 20 เมตร (Offshore 3, Offshore 6, Offshore 7 และ Offshore 8)

ตะกอนในกลุ่มนี้มีสัดส่วนของออกไซด์องค์ประกอบคล้ายกัน คือ ประกอบด้วย SiO<sub>2</sub> มากที่สุด ประกอบด้วย K<sub>2</sub>O เป็นอันดับสอง และประกอบด้วย Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ตามลำดับ ซึ่งตะกอนกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มี Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> สูงกว่าตะกอนตัวอย่างในกลุ่มอื่นๆ แสดงดังแผนภูมิใยแมงมุมในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แผนภูมิใยแมงมุมแสดงออกไซด์องค์ประกอบในตะกอนสีนามีในอดีต (Sand C และ Sand D) และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 12, 15, 18, 20 เมตร (Offshore 3, Offshore 6, Offshore 7, Offshore 8)

## บทที่ 4

### อภิปรายและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

#### 4.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของตะกอน การวิเคราะห์เชิงปริมาณ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพหรือการระบุชนิดของแร่ดินด้วยเทคนิควิธี Random, Oriented, Glycolated และ Heated โดยเครื่อง X-ray diffractometer รวมถึงการวิเคราะห์ออกไซด์องค์ประกอบหลัก (major oxide) โดยเครื่อง X-ray fluorescence สามารถอภิปรายผลการศึกษาดังหัวข้อต่อไปนี้

##### 4.1.1 การกระจายตัวขนาดตะกอน

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ สามารถแบ่งตะกอนออกเป็นสองกลุ่ม โดยการเบี่ยงของเส้นโค้งการกระจายตัวปกติ หรือค่า Skewness แสดงถึงการคัดขนาดตะกอน (Sorting) ที่แตกต่างกัน โดยตะกอนหน้าหาดและตะกอนคลื่นพายุซัดล้างมีค่า Skewness น้อย แสดงถึงการคัดขนาดตะกอนดี สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมการสะสมตัวตะกอนแบบชายหาด ซึ่งจะมีการคัดขนาดที่ดี พบตะกอนขนาดใกล้เคียงกัน โดยพบตะกอนทรายขนาดปานกลางและขนาดละเอียดมากที่สุด พบตะกอนทรายแป้งน้อยมาก

ส่วนตะกอนสีนํามีและตะกอนพื้นทะเลส่วนใหญ่มีการคัดขนาดไม่ดี เนื่องจากมีค่า Skewness มาก และมีการกระจายตัวแบบ bimodal นั่นคือพบตะกอนขนาดแตกต่างกันอยู่ร่วมกัน โดยพบทั้งตะกอนทรายขนาดปานกลางและตะกอนทรายแป้ง สอดคล้องกับสภาพการตกสะสมตัว

นอกจากนั้น ตะกอนสีนํามี และตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ ซึ่งมีการคัดขนาดเช่นเดียวกัน พบว่าอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีทิศของกระแสน้ำสองทิศทาง ตะกอนดังกล่าวถูกพาเข้ามาสะสมตัวขณะที่เกิดสีนํามี เนื่องจากการกระจายตัวสอดคล้องกับลักษณะเนินทรายในฝั่ง (inland dune sand) ส่วนตะกอนหน้าหาดและตะกอนคลื่นซัดล้าง แสดงลักษณะที่ตกตะกอนในบริเวณที่มีกระแสน้ำสองทิศทางเดียว อาจเป็นเพราะบริเวณหน้าหาดซึ่งปกติจะมีกระแสน้ำสองทิศทาง แต่มีกระแสน้ำทิศทางใดทิศทางหนึ่งที่ส่งผลต่อการตกสะสมตัวมากกว่า ทั้งนี้มีการกระจายตัวเม็ดตะกอนสอดคล้องกับตะกอนชายหาด (beach sand)

##### 4.1.2 แร่ดินที่พบในตะกอนสีนํามีปี พ.ศ.2547 (Sand A) เปรียบเทียบกับตะกอนสีนํามีในอดีต (Sand B, Sand C และ Sand D)

ชนิดของแร่ดินที่พบในตะกอนสีนํามีทั้งสิ้น ได้แก่ แร่เคโอลิไนต์ และแร่ซิลไลต์ ส่วนแร่คลอไรต์ สามารถพบได้ในชั้นตะกอนสีนํามีปี พ.ศ.2547 (Sand A) และตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 2 และ 3 (Sand C และ Sand D) ส่วนแร่ดินชนิดมอนต์มอริลโลไนต์พบเฉพาะในตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 1 และ 2 (Sand B และ Sand C)



พบว่าแร่ซิลไลต์ที่พบในตะกอนสีนามีทุกชั้น และพบแร่คลอไรต์ในตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 2 สอดคล้องกับการศึกษาของภาวินีย์ เชื้อนเพชร (2555) เมื่อทำการเตรียมตัวอย่าง และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคที่เพิ่มขึ้นจากเดิมที่ทำการวิเคราะห์เพียงวิธี Oriented ทำให้พบชนิดของแร่ดินมากขึ้น โดยพบแร่เคโอลิไนต์ในตะกอนสีนามีทุกชั้น รวมถึงพบแร่มอนต์มอริลโลไนต์ในตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 1, 2 พบแร่คลอไรต์ในตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 และตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 3 อีกด้วย เปรียบเทียบผลที่ได้จากงานวิจัยของภาวินีย์ในตารางที่ 4.1

ชั้นตะกอนสีนามี	ภาวินีย์ เชื้อนเพชร (2555)	งานวิจัยนี้
Sand A ปี พ.ศ.2547	ซิลไลต์	เคโอลิไนต์ <b>ซิลไลต์</b> คลอไรต์
ในอดีตชั้นที่ 1	ซิลไลต์	เคโอลิไนต์ <b>ซิลไลต์</b> มอนต์มอริลโลไนต์
ในอดีตชั้นที่ 2	ซิลไลต์ คลอไรต์	เคโอลิไนต์ <b>ซิลไลต์ คลอไรต์</b> มอนต์มอริลโลไนต์
ในอดีตชั้นที่ 3	ไม่ได้ทำการศึกษ	เคโอลิไนต์ <b>ซิลไลต์</b> คลอไรต์

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลการศึกษานิตแร่ดินที่พบในตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 และตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 1, 2 และ 3 ระหว่างการศึกษาของภาวินีย์ เชื้อนเพชร (2555) กับผลการศึกษาในงานวิจัยนี้

ในเชิงปริมาณพบว่า ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 1, 2 และ 3 มีแร่เคโอลิไนต์ในสัดส่วนมากที่สุด และมากกว่าแร่ซิลไลต์ แตกต่างจากตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 ที่พบแร่คลอไรต์สูงสุด และมีแร่ซิลไลต์สูงกว่าแร่เคโอลิไนต์

#### 4.1.3 แร่ดินที่พบในตะกอนสีนามี เปรียบเทียบกับตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง (Washover)

สำหรับตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่งพบแร่ดิน ได้แก่ แร่เคโอลิไนต์ (2.65%) แร่ซิลไลต์ (25.2%) แร่คลอไรต์ (6.78%) และแร่มอนต์มอริลโลไนต์ (65.49%) ในเชิงคุณภาพนั้น ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่งพบชนิดแร่ดินเช่นเดียวกับตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 2 แต่ต่างจากตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 1 และตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 3 ส่วนในเชิงปริมาณของแร่ดิน เมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนสีนามีในอดีต ชั้นที่ 2 มีความแตกต่าง คือ ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่งพบแร่มอนต์มอริลโลไนต์มากกว่าแร่เคโอลิไนต์ ซึ่งตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 2 พบแร่เคโอลิไนต์ (62.19%) มากกว่าแร่มอนต์มอริลโลไนต์ (13.56%)

#### 4.1.4 การกระจายตัวของแร่ดินในตะกอนพื้นทะเลและตะกอนหน้าหาด (Swash 1, Swash 2, Swash 3 และ Swash 4)

ผลจากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของแร่ดินในตะกอนหน้าหาด (Swash 1 และ Swash 2) พบแร่ดินเฉพาะตัวอย่าง Swash 1 โดยพบแร่เคโอลิไนต์ (38.3%) แร่ซิลไลต์ (25.18%) และแร่มอนต์มอริลโลไนต์ (36.52%) สำหรับชนิดของแร่ดินที่พบในตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึกต่างๆ สามารถแบ่งบริเวณของจุดศึกษาที่พบชนิดของแร่ดินที่มีการกระจายตัวแตกต่างกัน โดยบริเวณพื้นทะเลสามารถแบ่งได้เป็น 4 บริเวณ ดังนี้

บริเวณที่ 1 พบการกระจายตัวของแร่ดินชนิดซิลไลต์

ได้แก่ ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 6 เมตร (Offshore 12)

บริเวณที่ 2 พบการกระจายตัวของแร่ดินชนิดซิลไลต์ คลอไรต์ และมอนต์มอริลโลไนต์

ได้แก่ ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 7 เมตร (Offshore 10)

บริเวณที่ 3 พบการกระจายตัวของแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์ ซิลไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์

ได้แก่ ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 14.5 เมตร (Offshore 5)

บริเวณที่ 4 พบการกระจายตัวของแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์ ซิลไลต์ คลอไรต์ และมอนต์มอริลโลไนต์

ได้แก่ - ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 20 เมตร (Offshore 3)

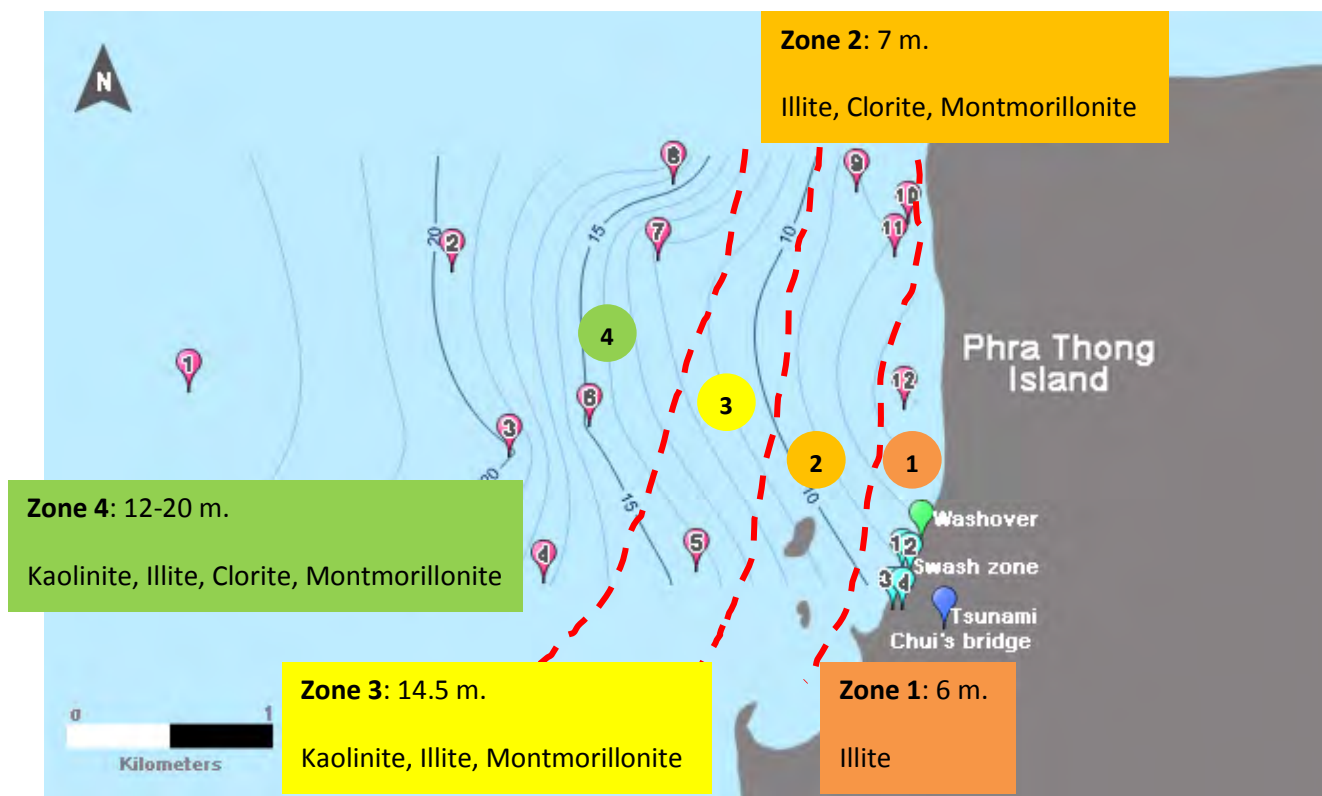
- ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 17 เมตร (Offshore 4)

- ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 15 เมตร (Offshore 6)

- ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 12 เมตร (Offshore 7)

- ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 18 เมตร (Offshore 8)

แสดงการแบ่งบริเวณพื้นทะเลตามชนิดของแร่ดินที่พบแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงการแบ่งบริเวณพื้นที่ทะเลเกาะพระทอง ตามชนิดของแร่ดินที่พบ

#### 4.1.5 แนวโน้มที่มาของตะกอนสีนํามี และตะกอนคลื่นซัดล้นฝั่ง

##### 4.1.4.1 ตะกอนสีนํามี

เนื่องจากตะกอนสีนํามีแต่ละชั้นพบชนิดของแร่ดินแตกต่างกัน แนวโน้มที่มาของตะกอนสามารถอภิปรายโดยเทียบสัมพันธ์ระหว่างชนิดแร่ดินที่พบในตะกอนสีนํามี และการกระจายตัวของแร่ดินในตะกอนพื้นที่ทะเลทั้ง 4 บริเวณซึ่งเป็นการศึกษาความลึกของน้ำที่คลื่นสีนํามีเริ่มพัดพาตะกอน ดังนี้

ตะกอนสีนํามีปี พ.ศ.2547 มีองค์ประกอบแร่ดินชนิด เคโอลิไนต์ อิลไลต์ และคลอไรต์ เช่นเดียวกับตะกอนพื้นที่ความลึก 12, 14, 15, 17, 18, 20 เมตร ในบริเวณที่ 4 ซึ่งพบแร่เคโอลิไนต์ อิลไลต์ และคลอไรต์ รวมถึงมอนต์มอริลโลไนต์ ในเชิงปริมาณแร่ดิน ถึงแม้ว่าตะกอนพื้นที่ความลึก 17 เมตรจะพบแร่ดิน 4 ชนิด เช่นเดียวกับตะกอนที่ความลึกอื่นๆ ในบริเวณเดียวกัน แต่มีความสัมพันธ์ของสัดส่วนตะกอนที่แตกต่างกัน โดยพบว่าตะกอนพื้นที่ความลึก 17 เมตรมีแร่อิลไลต์มากกว่าแร่เคโอลิไนต์ เช่นเดียวกับสีนํามีปี พ.ศ.2547

ดังนั้นตะกอนสีนํามีปี พ.ศ.2547 มีแนวโน้มมาจากพื้นที่ทะเลบริเวณที่ 4 ที่ความลึก 17 เมตร แสดงความสัมพันธ์ของออกไซด์องค์ประกอบในรูปที่ 3.15

ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 1 มีองค์ประกอบแร่ดินชนิดเดียวกับตะกอนพื้นที่ความลึก 14.5 เมตร ในบริเวณที่ 2 ประกอบด้วยแร่ดินชนิดเดียวกัน ได้แก่ แร่เคโอลิไนต์ อิลไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์ โดยเป็นแนวความลึกแรกที่พบแร่ดินชนิดเคโอลิไนต์ ดังนั้นตะกอนสีนํามีในชั้นนี้มีแนวโน้มมาจากพื้นที่ความลึก 14.5 เมตร สอดคล้องกับความสัมพันธ์ของออกไซด์องค์ประกอบ ดังแผนภูมิโยงมุมในรูปที่ 3.16

ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 2 มีองค์ประกอบแร่ดินชนิดเดียวกับตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 12, 15, 17, 18, 20 เมตร ในบริเวณที่ 4 ได้แก่ แร่เคโอลิไนต์ อิลไลต์ คลอไรต์ และมอนต์มอริลโลไนต์ อีกทั้งในเชิงปริมาณ พบว่า ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 2 และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 12, 15, 18, 20 เมตร ประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์มากที่สุด ตามด้วยแร่อิลไลต์ แร่มอนต์มอริลโลไนต์ และแร่คลอไรต์ ตามลำดับ ส่วนตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 3 มีองค์ประกอบแร่ดินได้แก่ แร่เคโอลิไนต์ อิลไลต์ และคลอไรต์ แร่ทั้ง 3 ชนิด พบในตะกอนพื้นทะเลในบริเวณที่ 4 รวมทั้งมีออกไซด์องค์ประกอบที่สอดคล้องกันแสดงในแผนภูมิใยแมงมุม รูปที่ 3.17 และ 3.18

จากความสัมพันธ์ของชนิดแร่ดินข้างต้น พบว่าไม่สามารถเชื่อมโยงชนิดแร่ดินได้ชัดเจนระหว่างตะกอนสีนํามีปี พ.ศ.2547 ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 3 กับตะกอนพื้นทะเลที่ความลึกต่างๆ เนื่องจากความแตกต่างของชนิดแร่ดินที่พบในแต่ละบริเวณไม่ชัดเจน กล่าวคือพบแร่ดินชนิดเดียวกันเป็นบริเวณกว้าง จึงไม่มีแร่ดินที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ระดับความลึกต่างๆ ได้ดีนัก

#### 4.1.4.2 ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง

ตะกอนพื้นทะเลที่ระดับความลึก 12, 15, 17, 18 และ 20 เมตร (บริเวณที่ 1) มีองค์ประกอบแร่เช่นเดียวกับตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง ซึ่งพบแร่เคโอลิไนต์ อิลไลต์ คลอไรต์ และมอนต์มอริลโลไนต์ แต่เนื่องจากสีนํามีเป็นเหตุการณ์ที่มีความรุนแรงกว่ามรสุม, พายุ หรือคลื่นซัดล้างฝั่ง จากการศึกษาของ Morton et al. (2007) พบว่ากลไกการเคลื่อนที่ของน้ำขณะที่เกิดคลื่นสีนํามีมีความรุนแรงมากกว่าคลื่นพายุ โดยคลื่นมีความเร็วมาก และอาจมีความสูงคลื่นมากกว่า 10 เมตร ทำให้เกิดการกัดเซาะตะกอนตั้งแต่บริเวณหน้าหาดไปจนถึงตะกอนบนฝั่ง ส่วนคลื่นจากพายุ, มรสุม หรือคลื่นซัดล้างฝั่งเกิดจากคลื่นค่อยๆ กัดเซาะตะกอนบนฝั่ง ความสูงของคลื่นไม่เกิน 3 เมตร ดังนั้นตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง มักจะมาจากบริเวณที่ตื้นกว่าบริเวณที่ตะกอนสีนํามีเริ่มถูกพัดพาเข้ามาสะสมตัว อีกทั้งปัจจัยที่ทำให้องค์ประกอบของตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่งเป็นชนิดเดียวกับตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 2 อาจเป็นผลมาจากตะกอนหน้าหาดที่ประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์ อิลไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์ โดยเฉพาะแร่มอนต์มอริลโลไนต์มีปริมาณมาก จึงทำให้ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่งประกอบด้วยแร่มอนต์มอริลโลไนต์ในสัดส่วนที่สูงกว่าตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 2 และตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 14.5 เมตร (บริเวณที่ 2)

จากการศึกษาการกระจายตัวตะกอนครั้งนี้ ในเบื้องต้นพบว่า ตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่งมีแนวโน้มถูกพัดพามาจากตะกอนหน้าหาดและตะกอนพื้นทะเลบางส่วน ที่แสดงลักษณะการตกตะกอนในบริเวณที่มีกระแสสองทิศทาง เพราะอิทธิพลของคลื่นบริเวณหน้าหาดซึ่งมีกระแสน้ำสองทิศทาง ค่อยๆ กัดเซาะตะกอนพื้นทะเลขึ้นและตะกอนหน้าหาดเข้ามาสะสมตัวเป็นตะกอนคลื่นซัดล้างฝั่ง ทั้งนี้มีการกระจายตัวตะกอนสอดคล้องกับตะกอนชายหาด (beach sand)

ตะกอนสีนามีพบแร่ดินชนิดเดียวกับตะกอนพื้นทะเล โดยบ่งบอกได้ว่าตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 น่าจะถูกพัดพามาจากบริเวณที่ 4 หรือจากพื้นทะเลที่มีความลึก 17 เมตร ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 1 ถูกพามาจากพื้นทะเลบริเวณที่ 3 ที่มีความลึก 14.5 เมตร ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 2 และ 3 น่าจะถูกพามาจากพื้นทะเลในบริเวณที่ 4 ที่ความลึก 12-20 เมตร เมื่อพิจารณาแร่ดินที่พบในบริเวณที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งพบเป็นส่วนหนึ่งของบริเวณที่ 4 เมื่อเกิดการพาตะกอนพื้นทะเลของคลื่นสีนามีที่บริเวณโซน 4 อาจมีการพาตะกอนในบริเวณโซน 1, 2 หรือ 3 มาด้วย

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ระบุได้ว่าตะกอนสีนามีปี พ.ศ. 2547 น่าจะถูกพามาจากความลึกมากกว่า 17 เมตร และพาเอาตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 17 เมตรมาด้วย ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 1 ถูกพามาจากความลึกประมาณ 14.5 เมตร ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 2 และ 3 ถูกพามาจากพื้นทะเลที่มีความลึกมากกว่า 12-20 เมตร และพาเอาตะกอนในบริเวณที่ 4 (ความลึก 12-20 เมตร) มาด้วย มีความใกล้เคียงกันกับผลการศึกษาของ ภาวินีย์ เชื้อนเพชร (2555) ที่ระบุว่า ตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 และตะกอนสีนามีในอดีตมีแนวโน้มที่จะถูกพัดพามาจากพื้นทะเลที่ระดับความลึกมากกว่า 22.5 เมตร รวมถึงการศึกษาระดับความลึกน้ำที่คลื่นสีนามีเริ่มพาตะกอนพื้นทะเลเข้ามา โดย Hawkes et al. (2007) พบว่าสีนามีเริ่มพาเอาตะกอนพื้นทะเลที่บริเวณไหล่ทวีปชั้นใน (inner shelf) Kokocinski et al. (2009) ระบุว่าสีนามีเริ่มกัดเซาะและพาตะกอนบริเวณทะเลตื้น (shallow) และบริเวณใกล้ชายฝั่ง (near shore zone) รวมถึงการศึกษาของ Sawai et al. (2009) พบว่ามาจากบริเวณต่ำกว่าบริเวณชายหาด (Beach) และบริเวณที่ระดับน้ำลงต่ำสุด (Subtidal zone)

ด้วยข้อจำกัดของเครื่องเก็บตะกอน ทำให้การศึกษานี้ไม่สามารถนำตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึกมากกว่า 23 เมตรมาวิเคราะห์ได้แม้จะทำกรวางแนวเก็บตัวอย่างเพิ่มเป็นสามแนว และระบุตำแหน่งที่ลึกกว่าการศึกษาของ ภาวินีย์ เชื้อนเพชร (2555) การศึกษานี้จึงทำการวิเคราะห์แร่ดินในตะกอนพื้นทะเลลึกที่สุดเพียง 20 เมตร เท่านั้น ประกอบกับแร่ดินที่เป็นองค์ประกอบส่วนน้อยในตะกอนต่างๆ ทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ทุกตัวอย่าง ทำให้มีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะระบุความลึกที่แน่นอนที่สีนามีเริ่มพาตะกอนเข้ามาโดยใช้ความสัมพันธ์ของชนิดแร่ดินได้

## 4.2 สรุปผล

แร่ดินที่พบในตะกอนสีนามีทั้งหมด 4 ชั้น ได้แก่ แร่เคลอิไลต์ และอีลไลต์ นอกจากนี้แร่ดินที่พบเฉพาะในตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 2 และตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 3 ได้แก่ แร่คลอไรต์ ส่วนแร่ดินที่พบในตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 1 และตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 2 ได้แก่ แร่มอนต์มอริลโลไนต์

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของแร่ดิน การกระจายตัวตะกอน และออกไซด์องค์ประกอบ ในเบื้องต้นสามารถระบุความลึกน้ำที่สีนามีเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาสะสมตัวเป็นชั้นตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547 ที่ระดับความลึกมากกว่า 17 เมตร ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 1 เริ่มถูกสีนามีพัดพามาจากความลึกน้ำประมาณ 14.5 เมตร และตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 2 และตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 3 เริ่มถูกพัดพามาจากความลึกน้ำมากกว่า 20 เมตร เนื่องจากขาดข้อมูลในบริเวณที่ลึกกว่า 20 เมตรจึงไม่สามารถสรุประดับความลึกของน้ำที่สีนามีเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามาได้

## 4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 เนื่องจากขาดข้อมูลที่ระดับความลึกมากกว่า 20 เมตร จึงควรทำเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึกเพิ่มเติม และเพิ่มแนวเก็บตัวอย่างให้มากขึ้น โดยใช้เครื่องมือเก็บตะกอนที่มีประสิทธิภาพกว่าเครื่องเก็บตะกอน (Grab sampler) ที่ยังมีข้อจำกัดเมื่อใช้งานในจุดศึกษาที่มีระดับน้ำลึก ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่มากเพียงพอมาสรุประดับความลึกของน้ำที่สีนามีเริ่มพัดเอาตะกอนเข้ามา

4.3.2 สำหรับในการศึกษานี้ไม่สามารถแบ่งตัวอย่างในแต่ละจุดศึกษาออกเป็นหลายตัวอย่างต่อหนึ่งจุดศึกษาได้ เนื่องจากปริมาณตัวอย่างที่เก็บจากภาคสนามแม้จะมีปริมาณมาก (3-5 กิโลกรัม) แล้วก็ตาม จึงควรทำการเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมในแต่ละจุดศึกษา เพื่อปริมาณแร่ดินที่มากขึ้น เพื่อทำการวิเคราะห์ได้หลายวิธีมากขึ้น และสามารถจำแนกชนิดและคำนวณปริมาณแร่ดินที่พบได้แม่นยำยิ่งขึ้น

4.3.3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของแร่ดินด้วยเครื่อง X-ray diffractometer โดยใช้เทคนิควิธีทั้ง Random, Oriented, Glycolated และ Heated จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการปรับปรุงข้อมูลกราฟ Diffraction pattern โดยลดคลื่นรบกวนและทำให้จุดยอดของกราฟของแต่ละแร่ชัดเจนยิ่งขึ้นก่อน แต่เนื่องจากแร่ดินที่ต้องการวิเคราะห์มีปริมาณน้อย ทำให้ปรับลดคลื่นรบกวนได้ยาก ส่งผลต่อการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ หรือความถูกต้องของปริมาณแร่ดินที่พบยังขาดความแม่นยำ

## เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. ข้อมูลอุทกศาสตร์ชายฝั่งทะเล. [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา:  
<http://www.dmcr.go.th/marinecenter/coastalzone-lesson5.php> [28 พฤศจิกายน 2556]
- กรมทรัพยากรธรณี. แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดพังงา มาตราส่วน 1:250,000 จังหวัดพังงา [ออนไลน์]. 2550.  
 แหล่งที่มา: <http://www.dmr.go.th/download/pdf/South/Pangnga.pdf> [20 พฤศจิกายน 2556]
- กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ. ระดับน้ำทะเล (รายชั่วโมง). [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา:  
<http://tiwrm.haii.or.th/data/report/php/sealevel/sealevel.php> [2 ธันวาคม 2556]
- กองธรณีวิทยา. 2543. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 อำเภอคุระบุรี ระวัง 4627II. พิมพ์ครั้งที่ 2.  
 กรมแผนที่ทหาร: กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548. แผนที่แสดงสภาพธรณี ฐานฐานวิทยา  
 ชายฝั่งบริเวณเกาะพระทอง มาตราส่วน 1:50,000. ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย:  
 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี.
- ภาวินีย์ เขื่อนเพชร, 2555. แร่หนักและแร่ดินในตะกอนสีนามีในอดีต บริเวณพื้นที่เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี  
 จังหวัดพังงา. วิทยานิพนธ์ (ธรณีวิทยา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 50 หน้า.
- Biscaye, P.E., 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in Atlantic Ocean  
 and adjacent seas and oceans. The Geological Society of America Bulletin 76, 803–832.
- Brill, D., Klasen, N., Brukner, H., Jankaew, K., Scheffers, A., 2012. OSL dating of tsunami deposits  
 from Phra Thong Island, Thailand. Quaternary Geochronology 10(2012), 224-229.
- Choowong, M., Murakoshi, N., Hisada, K., Charusiri, P., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V.,  
 Jankaew, K., Kanjanapayont, P., Phantuwongraj, S., 2007. 2004 Indian Ocean tsunami inflow  
 and outflow at Phuket, Thailand. Marine Geology 248, 179-192.
- Dean, W. E., 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and  
 sedimentary rock by loss on ignition: compare with other methods. Journal of Sedimentary  
 Petrology Vol. 44 No. 1, 244-248.
- Folk, R., Ward, W. C., 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters.  
 Journal of Sedimentary Petrology Vol 27, No. 1, 3-26.
- Fagherazzi, S., Dub, X., 2008. Tsunamigenic incisions produced by the December 2004 earthquake  
 along the coasts of Thailand, Indonesia and Sri Lanka. Geomorphology 99, 120-129.
- Friedman, G. M., 1979. Differences in size distributions of populations of particles among sands of  
 various origins: addendum to IAS. Sedimentology (I 979) 26, 859-862.

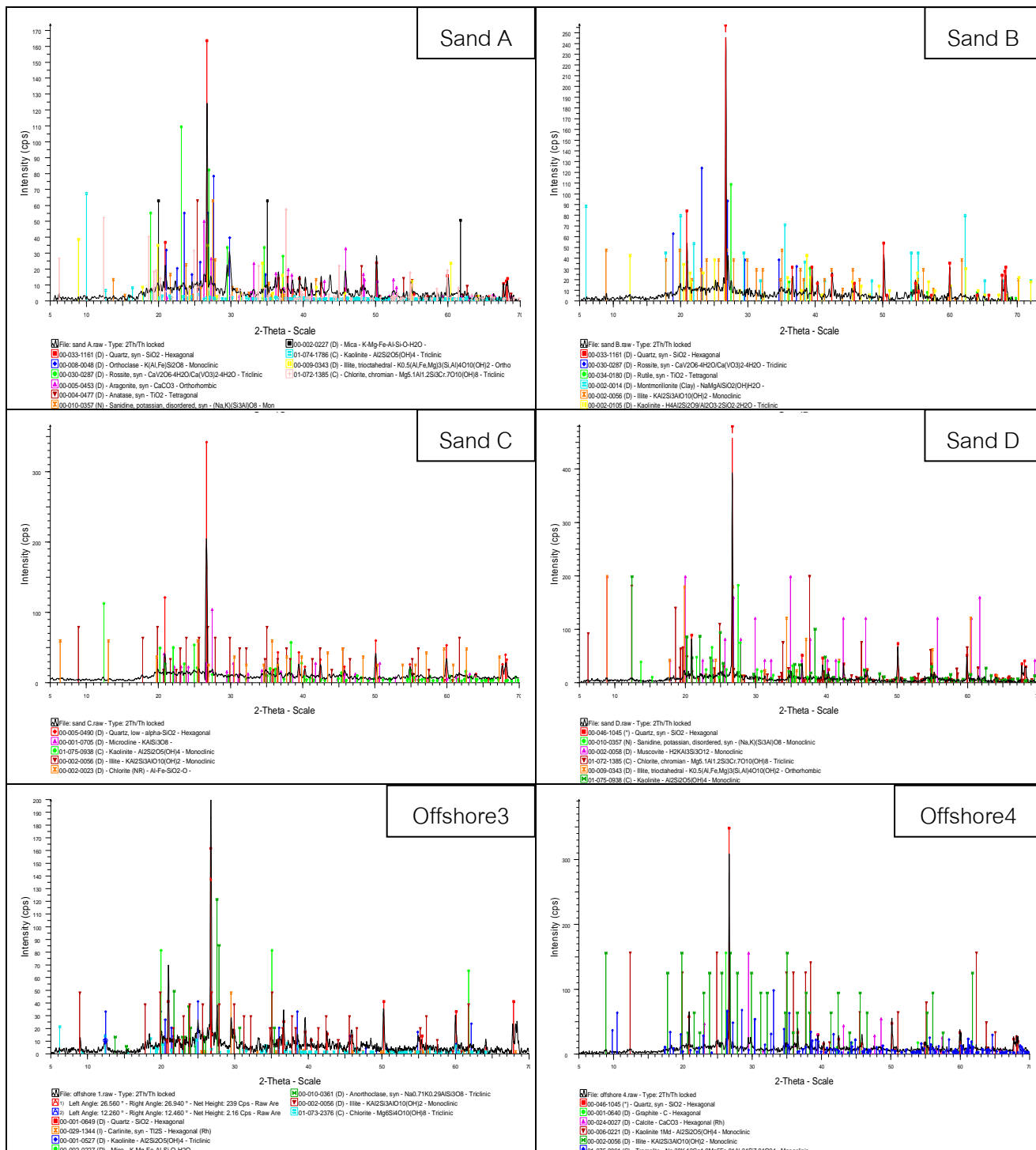
- Fujino, S., Naruse, H., Matsumoto, D., Sakakura, N., Suphawajruksakul, A., Jarupongsakul, T., 2010. Detailed measurements of thickness and grain size of a widespread onshore tsunami deposit in Phang-nga Province, southwestern Thailand. *Island Arc* Volume 19 Issue 3, 389-398.
- Goto, K., Chavanich, A.S., Imamura, F., Kunthasap, P., Matsui, T., Minoura, K., Sugawara, D., Yanagisawa, H., 2007. Distribution, origin and transport process of boulders deposited by the 2004 Indian Ocean tsunami at Pakarang Cape, Thailand. *Sedimentary Geology* 202, 821-837.
- Hawkes, A.D., Bird, M., Cowie, S., Grundy-warr, C., Horton, B.P., Hwai, A.T.S., Law, L., Macgregor, C.J., Nott, J., Ong, J.O., Rigg, J., Robinson, R., Tan-mullins, M., SA, T.T., Yasin, Z. and Aik, L.W., 2007. Sediments deposited by the 2004 Indian Ocean Tsunami along the Malaysia-Thailand Peninsula. *Marine Geology* 242(1-3), 169-190.
- Hori, K., Kuzumoto, R., Hirouchi, D., Umitsu, M., Janjirawuttikul, N., Patanakanok, B., 2007. Horizontal and vertical variation of 2004 Indian tsunami deposits: And example of two transects along the western coast of Thailand. *Marine Geology* 239(3-4), 163-172.
- Dominey-Howes, D. T. M., Humphreys, G. S., Hesse, P. P., 2006. Tsunami and palaeotsunami depositional signatures and their potential value in understanding the late-Holocene tsunami record. *The Holocene* 16, 8 (2006) pp. 1095-1107.
- Jankaew, K., Atwater, B., Sawai, Y., Choowong, M., Chareontitirat, T., Martin, M.E., Prendergast, A., 2008. Medieval forewearing of the 2004 Indian Ocean tsunamis in Thailand. *Nature* 445, 1228-1231.
- Jankaew, K., Brill, D., Martin, M. E., Sawai, Y., 2011. Distribution and sedimentary characteristics of tsunami deposits on Phra Thong island, Thailand. 2nd INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering, Corinth, Greece (2011).
- Kamatani, A., 1982. Dissolution rates of silica from diatoms decomposing at various temperatures. *Marine Biology* 68, 91-96.
- Newman, A.C.D., 1987, *Chemistry of clays and clay minerals*. Wiley-Interscience, 480 p.
- Poppe, L. J., Paskevich, V. F., Hathaway, J. C., Blackwood, D. S., 2002. A laboratory manual for X-ray diffraction. U.S.Geological Survey Open-File Report 01-041



- Prendergast, A.L., Cupper, M.L., Jankaew, K., Sawai, Y., 2012. Indian Ocean tsunami recurrence from optical dating of tsunami sand sheets in Thailand, *Marine Geology* 295-298, 20-27.
- Ruan, C.D, Ward, C.R., 2002. Quantitative X-ray powder diffraction analysis of clay minerals in Australian coals using Rietveld methods, *Applied Clay Science* 21, 227-240.
- Sawai, Y., Jankaew, K., Martin, M. E., Prendergast, A., Choowong, M., Charoentitirat, T., 2009. Diatom assemblages in tsunami deposits associated with the 2004 Indian Ocean tsunami at Phra Thong Island, Thailand. *Marine micropaleontology* 73(2009), 70-79.
- Srodon, J., 2013. Handbook of Clay Science - Identification and Quantitative Analysis of Clay Minerals. *Developments in Clay Science*, Vol. 5B.
- Synder, N.P., Allen, J.R., Dare, C., Hampton, M.A., Schneider, G., Wooley, R.J., Alpers, C.N., Marvin-DiPasquale, M.C., 2004. Sediment grain-size and loss-on-ignition analyses from 2002 Englebright Lake coring and sampling campaigns, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1080, 46p.
- Wijayananda, N.P., 1991. Geochemical investigations on some sediments from the eastern Indian Ocean. Ph.D. Thesis, Department of Geology, Imperial College, London. (Unpubl.)
- Wijayananda, N. P., Cronan, D.S., 1994. The geochemistry and mineralogy of marine sediments from the eastern Indian Ocean. *Marine Geology* 117 (1994), 275-285.
- Xu, K., Milliman, J.D., Li, A., Liu, J.P., Kao, S., Wan, S., 2009. Yangtze- and Taiwan-derived sediments on the inner shelf of East China Sea. *Continental Shelf Research* 29, 2240-2256.
- Yoothong, K., Moncharoen, L., Vijarnson, P., Eswaran, H., 1997. Clay mineralogy of Thai soils. *Applied Clay Science* 11 (1997), 357-371.

## ภาคผนวก

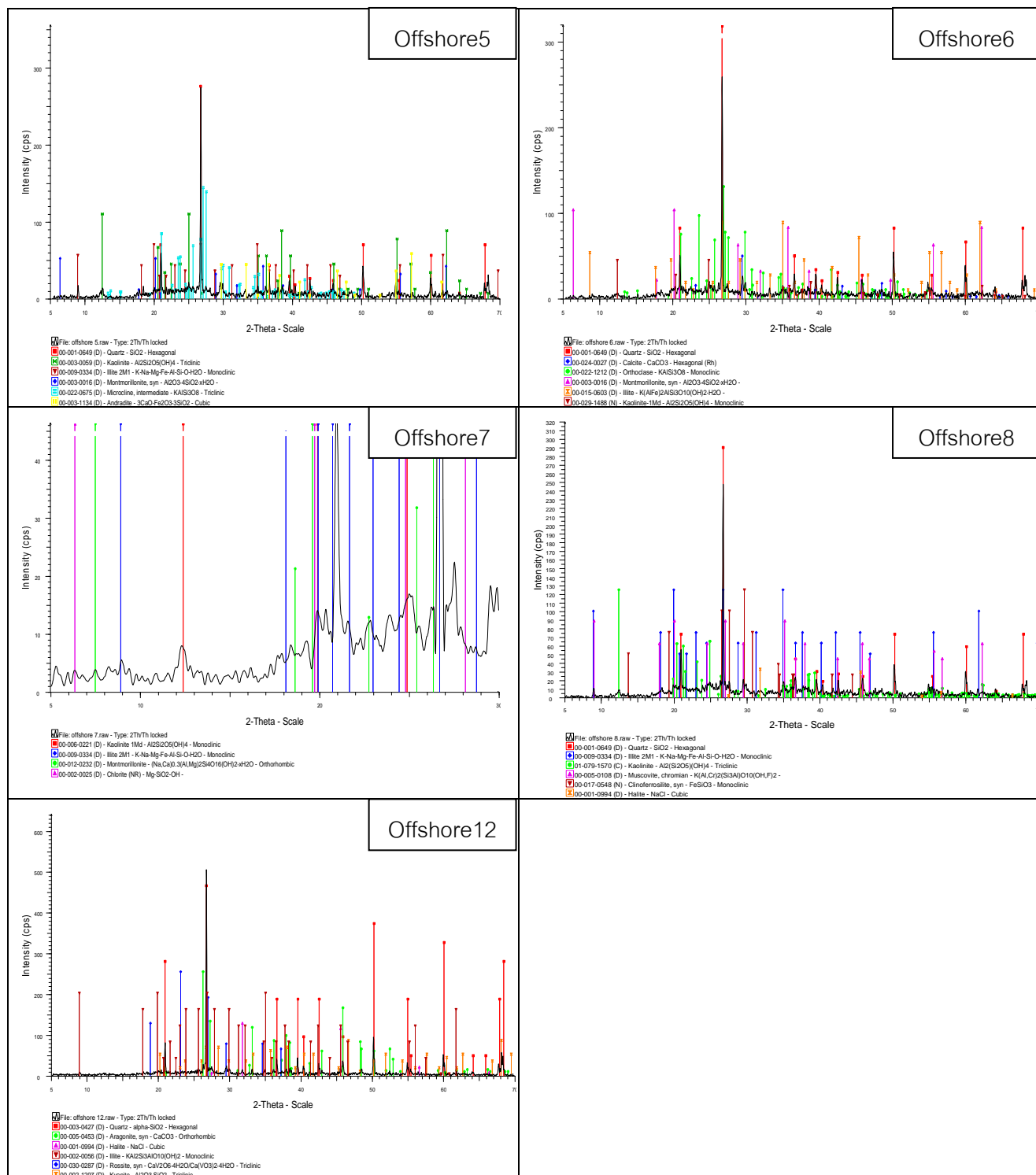
กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ชนิดของแร่ดินโดยเครื่องมือวิเคราะห์ X-ray diffractometer เทคนิค Random



Sand A: ตะกอนสีน้ำมึ่ปี พ.ศ.2547  
 Sand B: ตะกอนสีน้ำมึ่ในอดีต ชั้นที่ 1

Sand C: ตะกอนสีน้ำมึ่ในอดีตชั้นที่ 2  
 Sand D: ตะกอนสีน้ำมึ่ในอดีตชั้นที่ 3

Offshore 3: ตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 20 เมตร  
 Offshore 4: ตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 17 เมตร



Offshore 5: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 14.5 เมตร

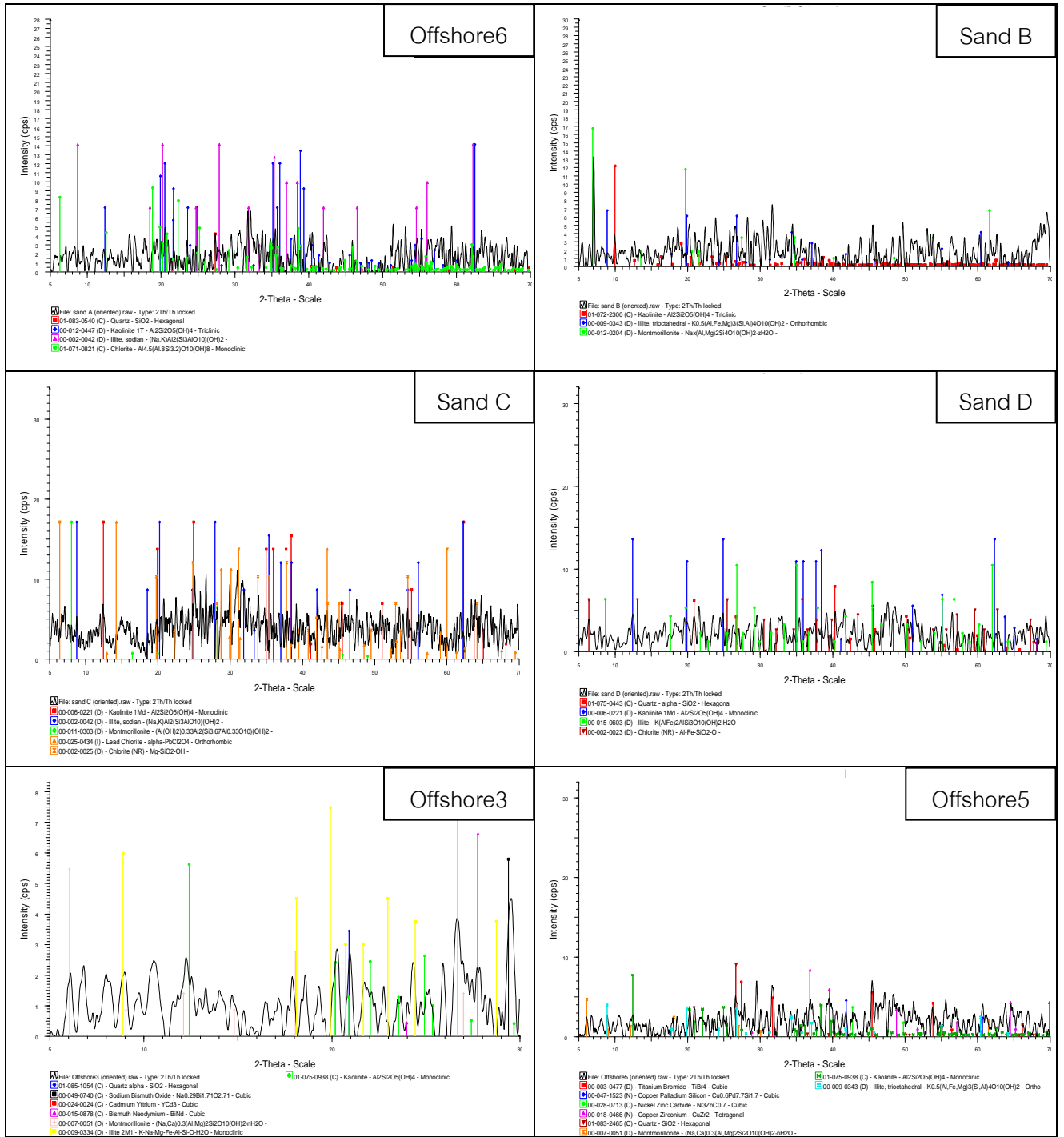
Offshore 6: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 15 เมตร

Offshore 12: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 6 เมตร

Offshore 7: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 12 เมตร

Offshore 8: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 18 เมตร

กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ชนิดของแร่ดินโดยเครื่องมือวิเคราะห์ X-ray diffractometer เทคนิค Oriented



Sand A: ตะกอนสีนํามีปี พ.ศ.2547

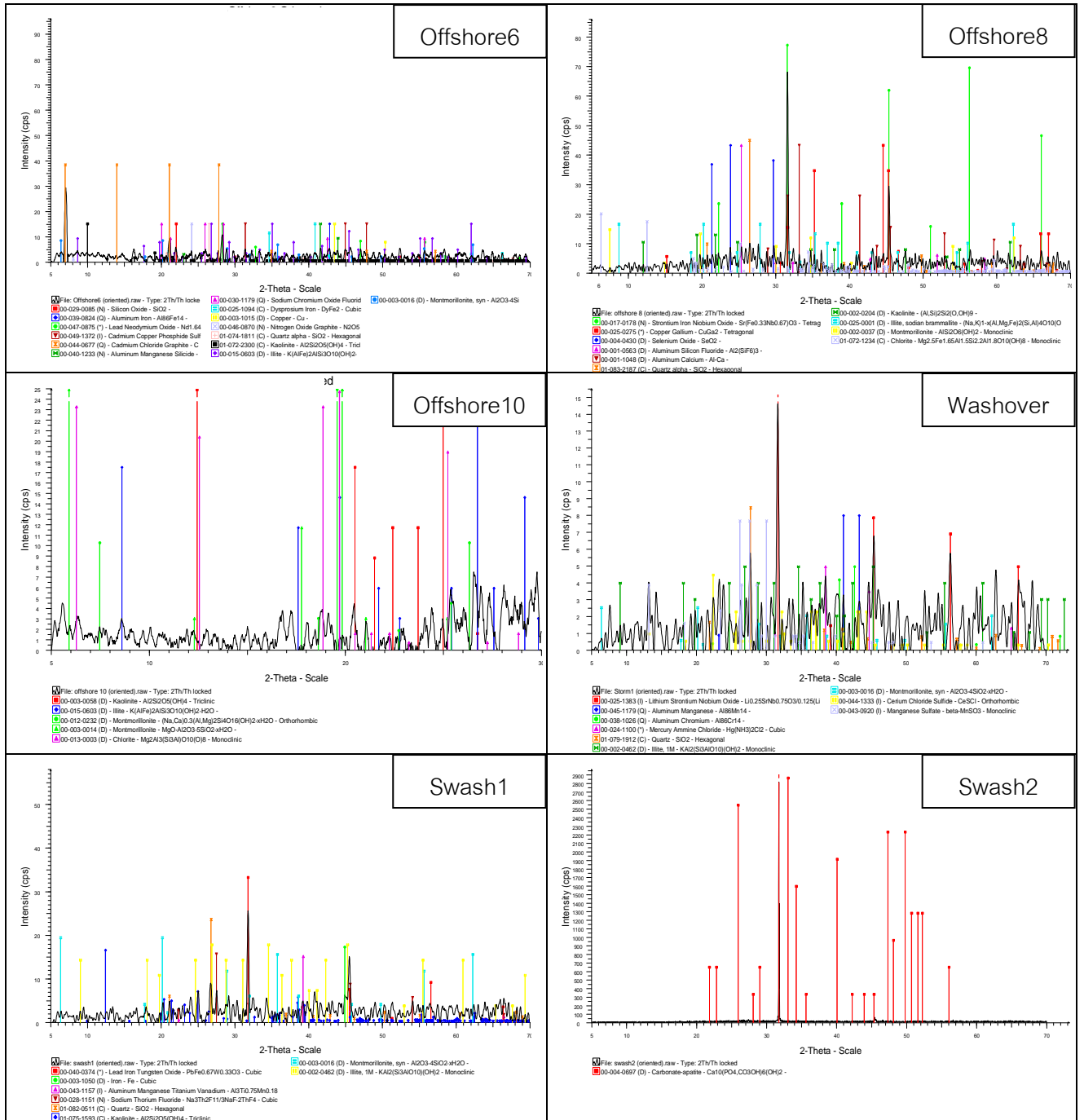
Sand B: ตะกอนสีนํามีในอดีต ชั้นที่ 1

Sand C: ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 2

Sand D: ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 3

Offshore 3: ตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 20 เมตร

Offshore 5: ตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 14.5 เมตร



Offshore 6: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 15 เมตร

Offshore 10: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 7 เมตร

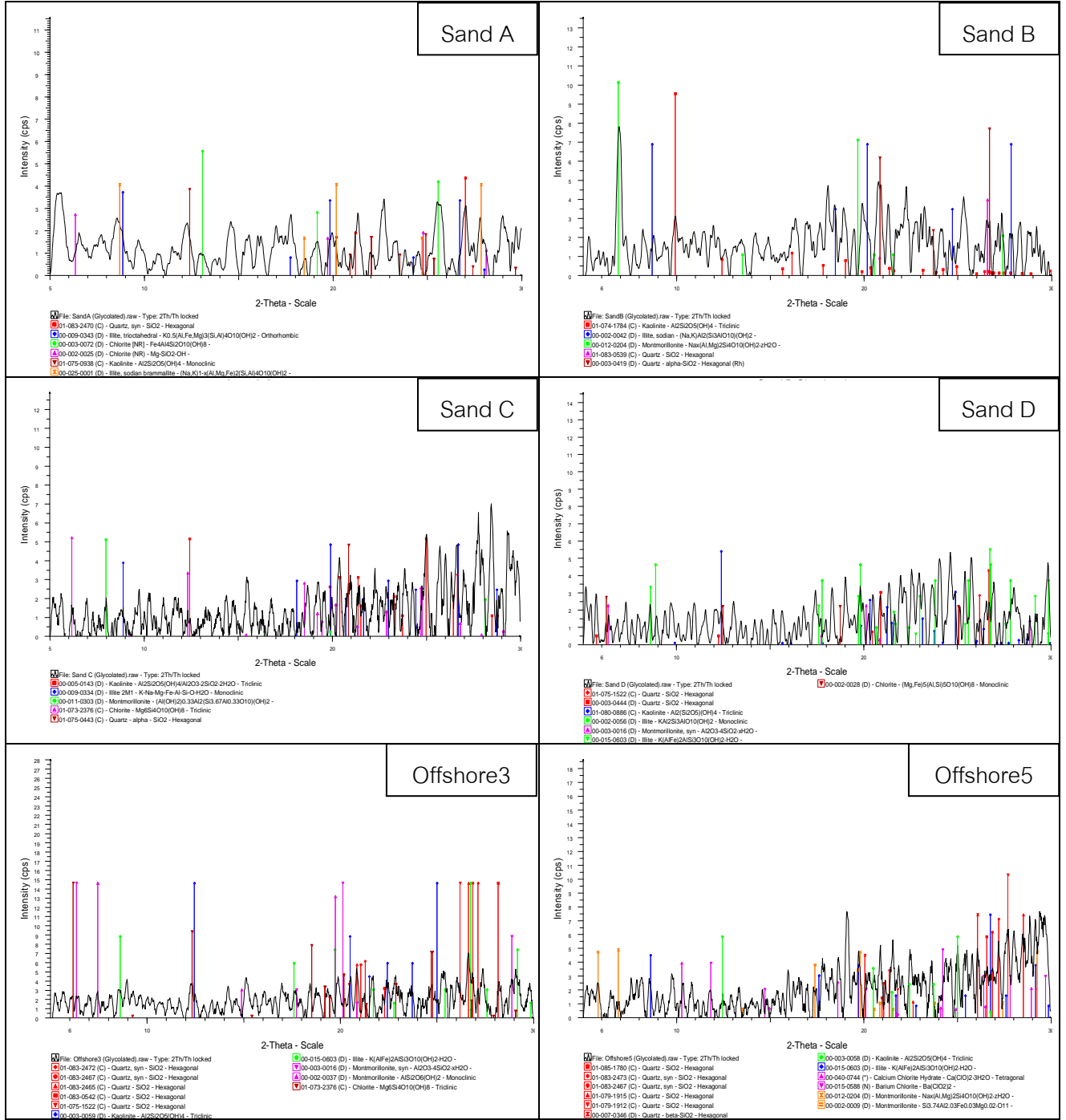
Offshore 8: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 18 เมตร

Washover: ตะกอนคลื่นซัดคลื่นฝั่ง

Swash 1: ตะกอนที่ตกสะสมจากคลื่นซัดหาดด้านหน้าตะวันบาร์

Swash 2: ตะกอนที่ตกสะสมจากคลื่นซัดหาดบริเวณหน้าหาดใกล้ตะวันบาร์

กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ชนิดของแร่ดินโดยเครื่องมือวิเคราะห์ X-ray diffractometer เทคนิค Glycolated



Sand A: ตะกอนสีนํามีป พ.ศ.2547

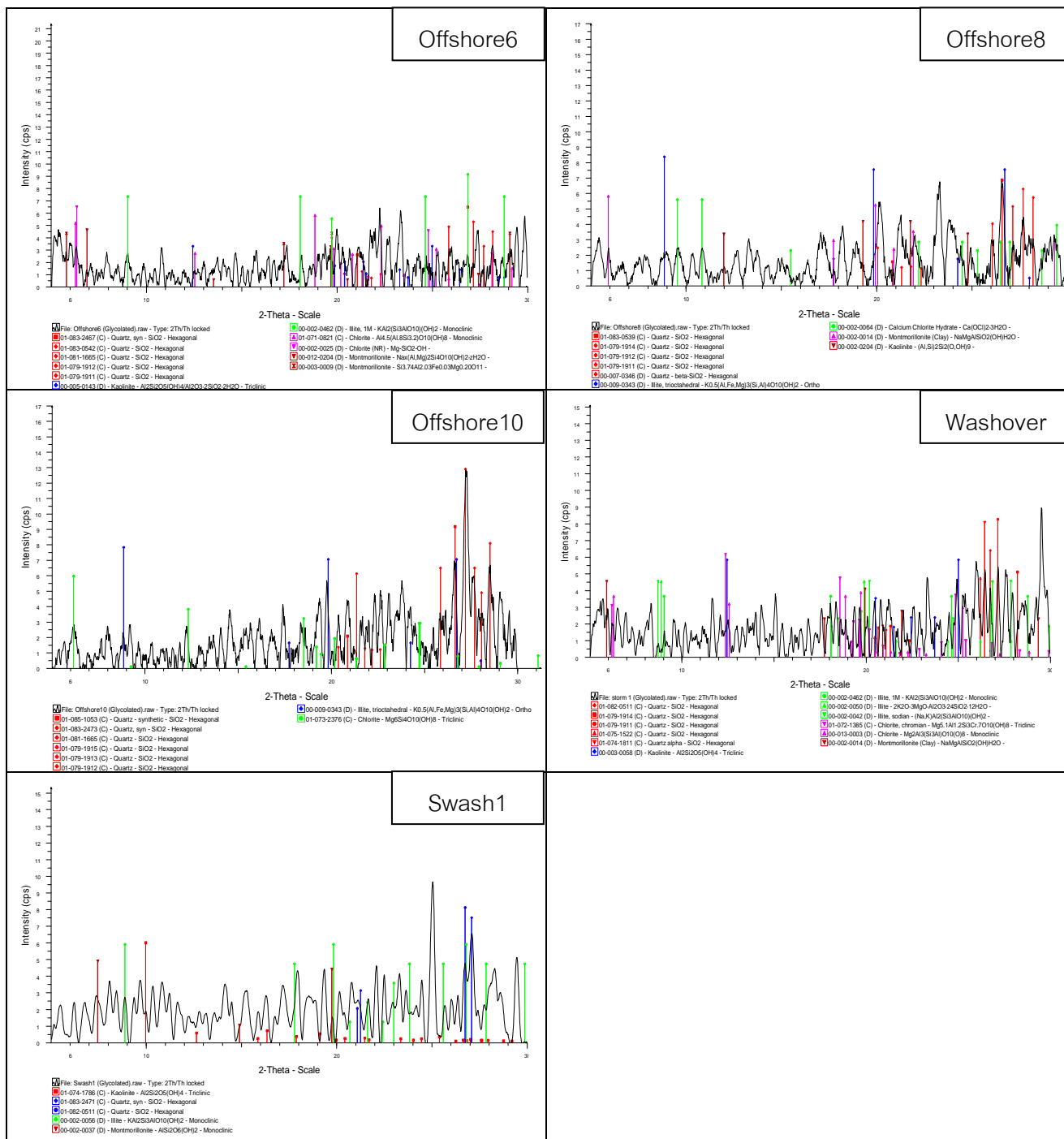
Sand C: ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 2

Offshore 3: ตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 20 เมตร

Sand B: ตะกอนสีนํามีในอดีต ชั้นที่ 1

Sand D: ตะกอนสีนํามีในอดีตชั้นที่ 3

Offshore 5: ตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 14.5 เมตร



Offshore 6: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 15 เมตร

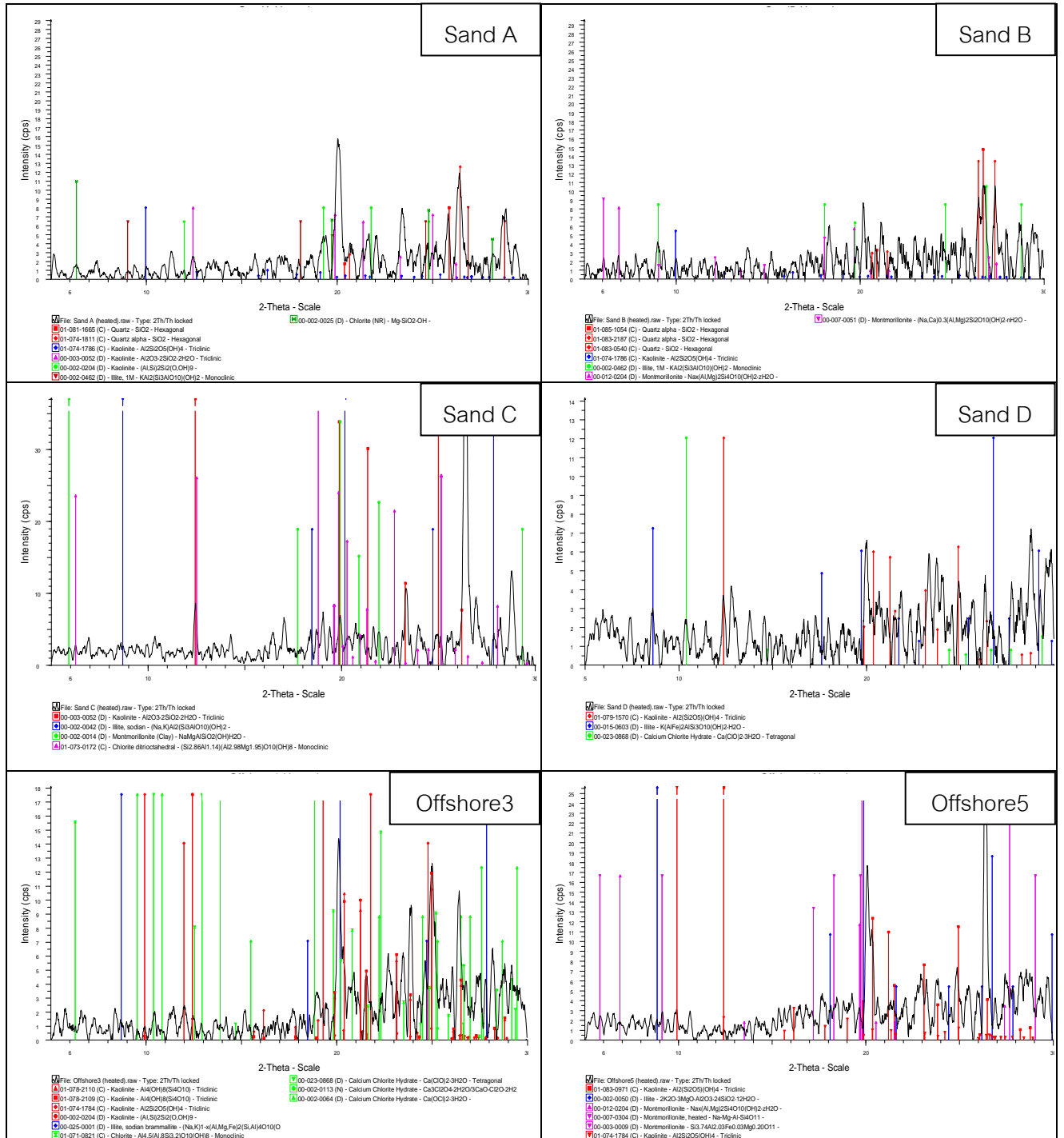
Offshore 10: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 7 เมตร

Offshore 8: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 18 เมตร

Washover: ตะกอนคลื่นซัดขึ้นฝั่ง

Swash 1: ตะกอนที่ตกสะสมจากคลื่นซัดหน้าด้านหน้าตวันบาร์

กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ชนิดของแร่ดินโดยเครื่องมือวิเคราะห์ X-ray diffractometer เทคนิค Heated



Sand A: ตะกอนสีนามีปี พ.ศ.2547

Sand C: ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 2

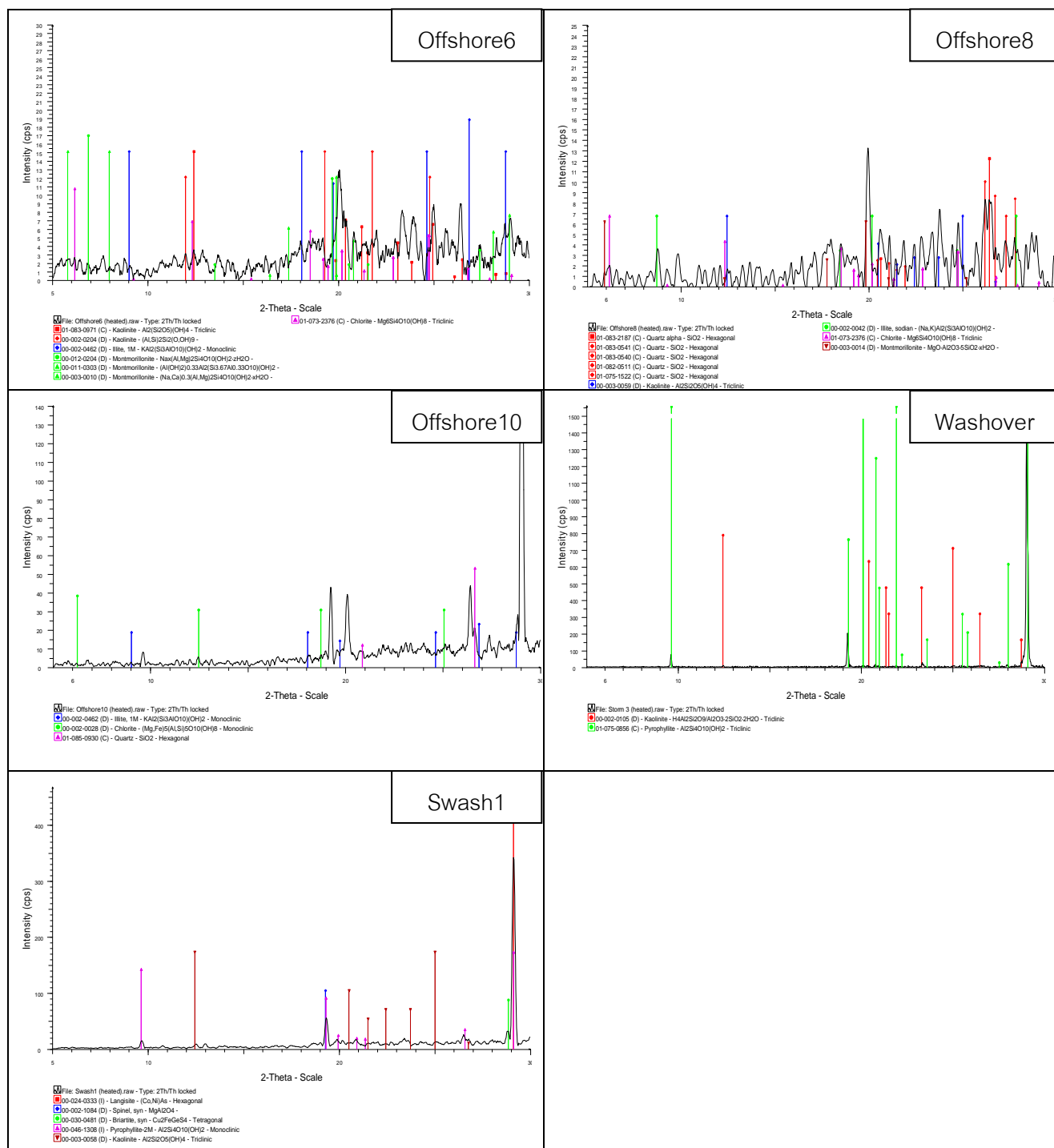
Offshore 3: ตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 20 เมตร

Sand B: ตะกอนสีนามีในอดีต ชั้นที่ 1

Sand D: ตะกอนสีนามีในอดีตชั้นที่ 3

Offshore 5: ตะกอนพื้นทะเลที่ความลึก 14.5 เมตร





Offshore 6: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 15 เมตร

Offshore 10: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 7 เมตร

Offshore 8: ตะกอนพื้นทะเลที่มีความลึก 18 เมตร

Washover: ตะกอนคลื่นซัดขึ้นฝั่ง

Swash 1: ตะกอนที่ตกสะสมจากคลื่นซัดหาดด้านหน้าตัวบาร