

ลักษณะเฉพาะตะกอนสีน้ำตาลิ พ.ศ. 2547และการสำรวจหลักฐานเหตุการณ์สีน้ำตาลิและพายุโบราณ
จังหวัดกระบี่

นายณัฐวีร ระวังสำโรง

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

CHARACTERISTIC OF 2004 TSUNAMI DEPOSIT AND SEARCHING FOR EVIDENCE OF
PALEOTSUNAMI AND STORM SURGE DEPOSITS AT CHANGWAT KRABI

NATTAWEE RAWANGSAMRONG

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

วันที่ส่ง

____/____/____

วันที่อนุมัติ

____/____/____

ลงชื่อ _____

(อาจารย์ ดร.เคธีอวัลย์ จันทร์แก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

**ลักษณะเฉพาะตะกอนสีนํามิ พ.ศ. 2547 และการสำรวจหลักฐานเหตุการณ์สีนํามิและ
พายุโบราณจังหวัดกระบี่**

ณัฐวีร์ ระวังสำโรง และ เครือวัลย์ จันทร์แก้ว

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อีเมลล์: r_nattawee@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะเฉพาะตะกอนสีนํามิ พ.ศ. 2547 และการสำรวจหลักฐานเหตุการณ์สีนํามิและพายุโบราณในจังหวัดกระบี่ มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและบันทึกข้อมูล ในการสำรวจตะกอนสีนํามิได้ใช้แผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสีนํามิเป็นแนวทาง ผลจากการสำรวจไม่พบตะกอนสีนํามิโบราณ แต่พบตะกอนสีนํามิ พ.ศ. 2547 ที่บริเวณเกาะลันตาน้อย และบ้านหาดยาว จึงเก็บตัวอย่างตะกอนได้แก่ ตะกอนสีนํามิ ตะกอนหน้าหาด ตะกอนใต้ชั้นสีนํามิ เพื่อมาวิเคราะห์เชิงปริมาณหาขนาดตะกอนด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer วิเคราะห์เชิงปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี Loss on ignition (LOI) และวิเคราะห์เชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสองตา ผลจากการศึกษาตะกอนสีนํามิที่บริเวณเกาะลันตาน้อยมีความหนา 2 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยขนาดตอน (Phi, ϕ) เท่ากับ 2.77 เป็นตะกอนขนาดทรายละเอียดเป็นส่วนใหญ่ การกระจายตัวขนาดตะกอนเป็นแบบ unimodal มีการคัดขนาดที่ดี ปริมาณอินทรีย์สาร (LOI550) 1.98-2.41 เปอร์เซ็นต์และปริมาณคาร์บอน (LOI950) 0.55-0.65 เปอร์เซ็นต์ ตะกอนสีนํามิที่บ้านหาดยาวมีความหนา 20 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยขนาดตอน (Phi, ϕ) เท่ากับ 3.2 เป็นตะกอนขนาดทรายละเอียดมากเป็นส่วนใหญ่ การกระจายตัวขนาดตะกอนเป็นแบบ unimodal มีการคัดขนาดที่ดี ปริมาณอินทรีย์สาร (LOI550) 1.41-2.97 เปอร์เซ็นต์และปริมาณคาร์บอน (LOI950) 0.34-3.53 เปอร์เซ็นต์ แร่ในตะกอนสีนํามิทั้ง 2 ที่ประกอบด้วยควอตซ์เป็นหลัก มีการคัดขนาดปานกลาง ลักษณะกลมมนปานกลาง และความเป็นทรงกลมสูง จากการสำรวจและบันทึกข้อมูลของปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ในบริเวณแหลมและหัวหาดในพื้นที่จังหวัดกระบี่ พบว่าไม่สามารถระบุได้ก้อนหินมนใหญ่เหล่านี้ถูกพัดพาจากเหตุการณ์สีนํามิหรือพายุ เนื่องจากก้อนหินมนใหญ่มีขนาดไม่ใหญ่มากและพบอยู่ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางไม่มาก ดังนั้นอาจถูกพัดพามาโดยคลื่นทะเลธรรมดาหรือมรสุม

คำสำคัญ: ตะกอนสีนํามิ, ตะกอนสีนํามิโบราณ, พายุ, ปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่,

ลักษณะเฉพาะตะกอนสีนํามิ

Characteristic of 2004 Tsunami Deposit and Searching for Evidence of Paleotsunami
and Storm Surge Deposits at Changwat Krabi

Nattawee Rawangsamrong^{1,*} and Kruawan Jankaew²

^{1,2}Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

*Corresponding author email: r_nattawee@hotmail.com

ABSTRACT

The study of the characteristics of 2004 Tsunami deposits and investigate evidence of paleotsunami and storm surge aims to collect and record information from Changwat Krabi. The investigation utilized the inundation map and found no evidence of paleotsunami. However, 2004 tsunami sands were found at Koh Lanta Noi and Baan Hat Yao, samples of tsunami sand, beach sands and pre-2004 tsunami sands were collected for analysis. Quantitative analysis of particle size was carried out using Particle Size Analyzer. Quantitative analysis of organic matters and carbonate particles was done using loss on ignition (LOI) method, while qualitative analysis of mineral composition was completed using binocular microscope. 2004 tsunami deposit at Koh Lanta Noi is 2 centimeters in thickness with mean grain size (Phi, ϕ) of 2.77, mainly fine sand with unimodal distribution, moderately well sorted, organic content (LOI550) of 1.98-2.41%, carbonate content (LOI950) of 0.55-0.65 %. 2004 tsunami deposit at Baan Hat Yao is 20 centimeters in thickness with mean grain size (Phi, ϕ) of 3.2, mainly very fine sand with unimodal distribution, moderately well sorted, organic content (LOI550) of 1.41-2.97% and carbonate content (LOI950) of 0.34-3.53%. Quartz was the main mineral component of tsunami deposit. Tsunami deposits are moderately well sorted, subrounded-rounded and high sphericity. Coral boulders found in headland and the beach are documented to identify mode of transportation, whether it is a tsunami or storm by using Lorang (2011) equation. The result is that we cannot identify which event transported them, because these coral boulders are too small and their elevation was too close to mean sea level so they could have been transported by normal sea waves.

Keywords: Tsunami deposit, Paleotsunami deposit, Storm surge, Coral boulder,

Characteristic of tsunami sediments

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการวิทยาศาสตร์ (Senior project) ที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างประสบการณ์ในการทำงานวิจัยให้แก่บัณฑิตชั้นปีที่ 4 ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.เครือวัลย์ จันทร์แก้ว และสามี ในการให้ความรู้ คำแนะนำ ประสบการณ์ ต่างๆ ด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทางการเงิน (ในการออกภาคสนาม และการวิเคราะห์ตัวอย่าง) จากโครงการวิจัยการศึกษาตะกอนสีนํามีโบราณ เกาะพระทอง จังหวัดพังงา และชายฝั่งทะเลอันดามันของไทย ประวัติการเกิดสึนามิขนาดใหญ่ในประเทศไทย (ปีที่ 2) จากสภาวิจัยแห่งชาติของ ดร.เครือวัลย์ จันทร์แก้ว

ขอขอบพระคุณคุณอาจารย์ภาควิชาธรณี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่คอยประสิทธิ์ประสาทวิชาและอบรมสั่งสอน และขอขอบพระคุณคณะบุคลากรทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำงานวิจัย

และขอขอบพระคุณสมหมาย กุลพ่อ ผู้ซึ่งอนุญาตให้เข้าไปสำรวจในพื้นที่ของบ้านของตนเอง และยินดีให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ นางสาวณิชากร อมรปิยะพงศ์ นางสาวชินีนางู พระไชยบุญ และนายพีรพงศ์ ศรีตั้งศิริกุล และเพื่อนๆ GEO 55 ทุกคนที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือตลอดเวลา

สารบัญ

	หน้า
หัวข้อภาษาไทย	ก
หัวข้อภาษาอังกฤษ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ข้อความเบื้องต้น	1
1.2 นิยามปัญหา	1
1.3 วัตถุประสงค์	1
1.4 สมมติฐาน	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
1.6 พื้นที่ศึกษา	2
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.8 ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดกระบี่	2
1.9 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย	10
2.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น	12
2.2 สัมภาษณ์	12
2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ	13
บทที่ 3 ผลการศึกษาและการตีความข้อมูล	19
3.1 การสัมภาษณ์	19
3.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ	23

สารบัญ (ต่อ)

3.2.1 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน	23
3.2.2 ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณอินทรีย์สารและ ปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี LOI	29
3.2.3 ผลการศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา	29
3.2.4 ผลการการจำแนกเหตุการณ์สีน้ำมีหรือพายุจากปะการัง ขนาดก้อนหินมนใหญ่	31
บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผล	33
4.1 อภิปรายผลการวิจัย	33
4.1.1 การสำรวจภาคสนาม	33
4.1.2 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน	34
4.1.3 วิเคราะห์เชิงปริมาณหาปริมาณอินทรีย์สารและ ปริมาณคาร์บอน ด้วยวิธี LOI	34
4.1.4 การศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา	36
4.1.5 การจำแนกเหตุการณ์สีน้ำมีหรือพายุจากปะการัง ขนาดก้อนหินมนใหญ่	36
4.2 สรุปผลการศึกษา	37
4.3 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก	43
ภาคผนวก ข	48

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่งจุดสำรวจตะกอนสึนามิ	19
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่	20
ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงค่าทางสถิติตะกอนจุดศึกษาที่ 2 (a คือแกนที่ยาวที่สุด, b คือแกนที่ยาวรองลงมา, c คือแกนที่สั้นที่สุด และแกน a, b, c ตั้งฉากซึ่งกันและกัน)	24
ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงค่าทางสถิติตะกอนจุดศึกษาที่ 11	28
ตารางที่ 3.5 ผลการคำนวณปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่จากสมการของ Lorang (2011)	32
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าทางสถิติของตะกอนหน้าหาดและตะกอนใต้ชั้นสึนามิ จุดสำรวจที่ 11	34

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของจังหวัดกระบี่ (ภาพจาก Google Earth)	3
รูปที่ 1.2 แสดงความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางของจังหวัดกระบี่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2555)	4
รูปที่ 1.3 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกระบี่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)	5
รูปที่ 1.4 ผลที่ได้การจำลองความสูงของน้ำจากเหตุการณ์สึนามิ พ.ศ. 2547 ในพื้นที่จังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง (Ioualalen et al., 2007)	7
รูปที่ 1.5 พื้นที่ที่มีการศึกษาตะกอนสึนามิโบราณ ชายฝั่งทะเลอันดามันประเทศไทย (Yawsangratt et al., 2012)	8
รูปที่ 1.6 ชั้นตะกอนสึนามิ ที่เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา (Jankaew et al., 2008)	9
รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน	11
รูปที่ 2.2 การเก็บข้อมูลก่อนหินมนใหญ่	13
รูปที่ 2.3 แสดงระดับน้ำทำนาย (ทำการปรับแก้ค่าแล้ว) วันที่ทำการสำรวจก่อนหินมนใหญ่	14
รูปที่ 2.4 เครื่องมือวิเคราะห์ขนาดตะกอน Particle Size Analyzer รุ่น Mastersizer S	14
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างตะกอนจัดเรียงในเตาเผา Furnace	15
รูปที่ 2.6 วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสองตา	16
รูปที่ 2.7 สมการในการคำนวณของ Lorang (2011)	17
รูปที่ 3.1 แท่งตัวอย่างตะกอน (ซ้าย) และหลุมสำรวจที่ 2 (ขวา)	19
รูปที่ 3.2 แท่งตัวอย่างตะกอน (ซ้าย) และหลุมสำรวจที่ 11 (ขวา)	20
รูปที่ 3.3 ก้อนหินมนใหญ่ตัวอย่าง 4.11 (ซ้าย) และ 18 (ขวา)	21
รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงจุดสำรวจซ้อนทับลงบนแผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสึนามิจังหวัดกระบี่ (ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2548)	22
รูปที่ 3.5 สมการคำนวณทางสถิติและการแปลผล (Krumbein และ Pettijohn, 1938)	23
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนสึนามิจุดสำรวจที่ 2 (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสึนามิชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)	24

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนหน้าหาดจุดสำรวจที่ 2 (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสีนามิชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)	24
รูปที่ 3.8 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนสีนามิและตะกอนใต้ชั้นสีนามิ จุดสำรวจที่ 11 (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสีนามิ ชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)	26
รูปที่ 3.9 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนหน้าหาดจุดสำรวจที่ 11 (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสีนามิชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)	26
รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางสถิติกับชั้นตะกอนสีนามิ จุดสำรวจที่ 11	27
รูปที่ 3.11 แสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารและคาร์บอนเนต จุดสำรวจที่ 11	30
รูปที่ 3.12 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนสีนามิ พ.ศ. 2547 จุดสำรวจ 11	30
รูปที่ 3.13 เปลือกหอยที่พบจุดสำรวจ 11	31
รูปที่ 3.14 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนสีนามิ พ.ศ. 2547 จุดสำรวจ 2	31
รูปที่ 4.1 ผลที่ได้จากการจำลองความสูงของคลื่นสีนามิ พ.ศ. 2547 ในพื้นที่จังหวัดกระบี่ และจังหวัดตรัง (loualalen et al., 2007) และแสดงตำแหน่งจุดสำรวจที่ 2 และ 11	33
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกัดเซาะและปริมาณอินทรีย์สารและคาร์บอนเนต จุดสำรวจที่ 11	35
รูปที่ 4.3 สมการที่ 1 ของ Lorang (2011) เพื่อความสูงของคลื่นพายุ	36
รูปที่ 4.4 สมการที่ 2 ของ Lorang (2011) เพื่อความสูงของคลื่นสีนามิ	36
รูปที่ 4.5 แสดงระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางของปะการังก้อนหินมนใหญ่ เรียงจากทิศเหนือ (ซ้าย) ไปทางทิศใต้ (ขวา)	37

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ข้อความเบื้องต้น

เหตุการณ์สึนามิเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 เป็นเหตุการณ์ธรณีพิบัติภัยที่ร้ายแรงที่สุดในประเทศไทยที่ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ทำให้มีผลกระทบต่อพื้นที่ตลอดแนวชายฝั่งทะเลอันดามันของไทย 6 จังหวัดได้แก่ ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ สตูล และตรัง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ประเทศไทยตระหนักถึงพิบัติภัยสึนามิและเริ่มมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสึนามิในอดีตมากขึ้น

จากหลักฐานการศึกษาสึนามิโบราณที่เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา ซึ่งเผยให้เห็นว่ามีเหตุการณ์สึนามิเกิดขึ้นกับประเทศไทยหลายครั้งในอดีต (Fujino et al., 2006; Jankaew et al., 2008; 2011) จึงมีความจำเป็นที่จะศึกษาหาหลักฐานสึนามิโบราณในบริเวณอื่นๆของชายฝั่งทะเลอันดามัน โดยจังหวัดกระบี่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากสึนามิ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 โดยข้อมูลจากผู้อยู่ในเหตุการณ์แจ้งว่าคลื่นมีความสูง 3-4 เมตรซัดเข้าชายฝั่ง (Marchand, 2006) และจากแผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสึนามิจังหวัดกระบี่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2548) แสดงให้เห็นบริเวณที่น้ำท่วมเข้ามา (Inundation area) อย่างกว้างขวาง จังหวัดกระบี่จึงเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจสำหรับศึกษาหาหลักฐานสึนามิโบราณและนอกจากนี้บางบริเวณยังมีธรณีสัณฐานเป็นแหลมซึ่งอาจมีหลักฐานอื่นๆเช่น ก้อนหินกลมใหญ่ (boulder) ซึ่งเป็นหลักฐานสำคัญในการศึกษาสึนามิและพายุโบราณ (Lorang, 2011)

ทั้งนี้ยังมีความจำเป็นที่จะต้องรวบรวมและเก็บข้อมูลลักษณะเฉพาะตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 ในพื้นที่จังหวัดกระบี่ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกับตอนหลังเหตุการณ์ และในอนาคต เพื่อศึกษาศักยภาพการคงสภาพ (Preservation potential) ของตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 ในพื้นที่จังหวัดกระบี่

1.2 นิยามปัญหา

ในจังหวัดกระบี่ยังขาดการศึกษาลักษณะเฉพาะตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 และหลักฐานเหตุการณ์สึนามิและพายุโบราณ

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อให้ได้ลักษณะเฉพาะของตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 จังหวัดกระบี่

1.3.2 เพื่อหาหลักฐานเหตุการณ์การท่วมเข้ามาของน้ำทะเลในอดีตจากสึนามิหรือพายุในพื้นที่จังหวัดกระบี่

1.4 สมมติฐาน

แผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสึนามิ (Tsunami inundation map) จังหวัดกระบี่ สามารถนำไปสู่การสำรวจหาลักษณะตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 ได้ และบางพื้นที่ที่สามารถพบหลักฐานเหตุการณ์การท่วมเข้ามาของน้ำทะเลในอดีต

1.5 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาลักษณะเฉพาะตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 และหลักฐานเหตุการณ์การท่วมเข้ามาของน้ำทะเลในอดีต

1.6 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือจังหวัดกระบี่ ตั้งอยู่ในลองติจูด $98^{\circ}21'E$ ถึง $99^{\circ}19'E$ และละติจูด $7^{\circ}22'N$ ถึง $8^{\circ}41'N$ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550) ดังรูปที่ 1.1

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบลักษณะเฉพาะของตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547

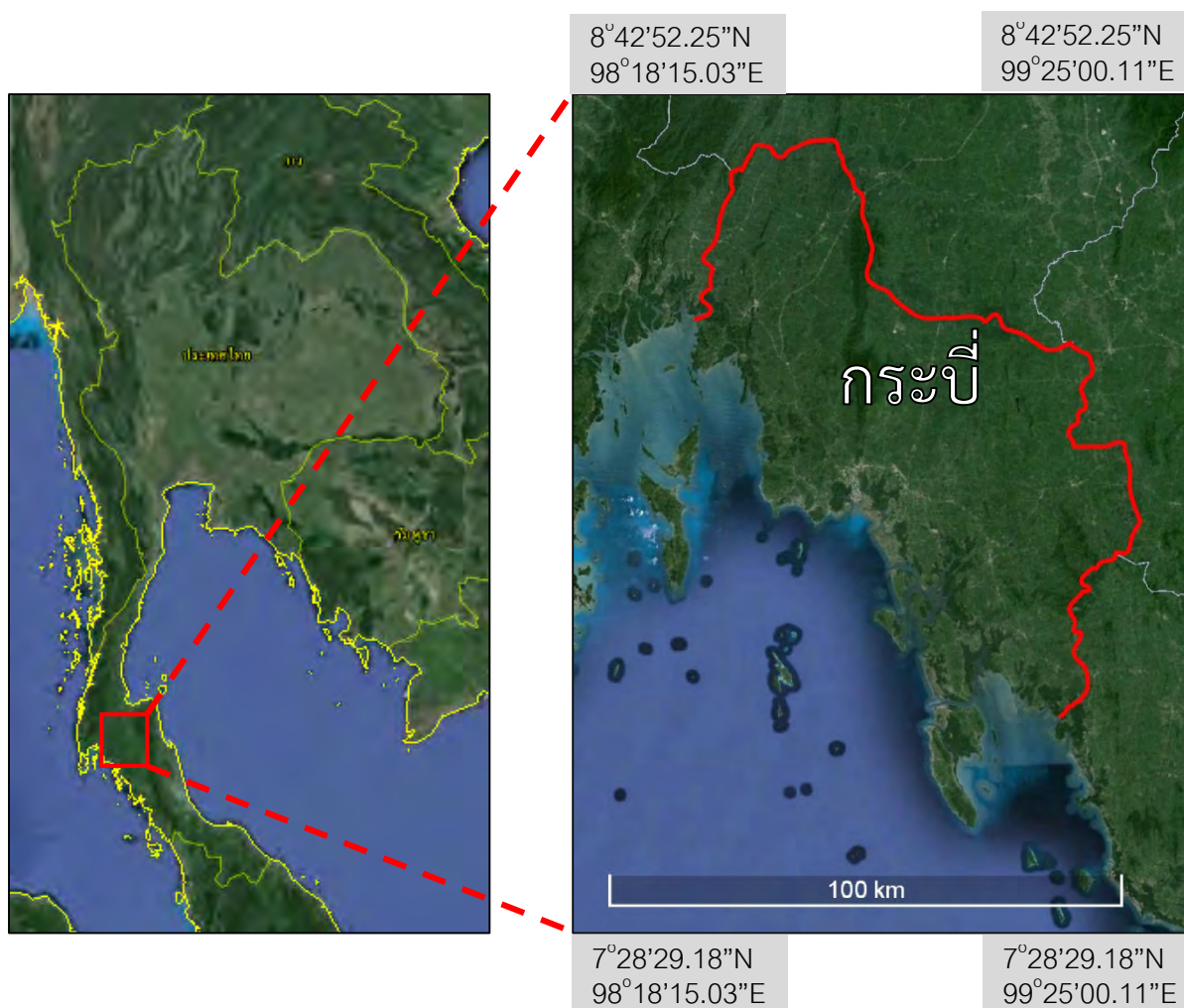
1.7.2 ทราบหลักฐานเหตุการณ์สึนามิและพายุโบราณ

1.8 ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดกระบี่

จังหวัดกระบี่อยู่ในภาคใต้ของประเทศไทย ห่างจากจังหวัดภูเก็ตไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เป็นระยะทาง 176 กิโลเมตร ทิศเหนือติดต่อกับจังหวัดพังงาและสุราษฎร์ธานี ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดตรังและนครศรีธรรมราช ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดตรังและทะเลอันดามัน และด้านตะวันตกติดต่อกับทะเลอันดามัน ครอบคลุมพื้นที่ 4,708 ตารางกิโลเมตร

1.8.1 ลักษณะทางภูมิประเทศและธรณีสัณฐาน

จากข้อมูลในเอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ความรู้ธรณีวิทยา ทรัพยากรธรณี และธรณีพิบัติภัย จังหวัดกระบี่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของจังหวัดกระบี่ ประกอบด้วย ที่ราบ ที่ราบชายฝั่งทะเล เขาโดด หรือเนินเตี้ยๆ และทิวเขาสูง ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของจังหวัดกระบี่ (ภาพจาก Google Earth)

บริเวณที่ราบลุ่ม ได้แก่ พื้นที่ทางตอนกลางถึงตอนล่างทางด้านตะวันตก และช่วงกลางตอนบนของจังหวัดครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันตกของอำเภอคลองท่อม ตอนกลางของอำเภอเหนือคลอง และอำเภอเมือง ตอนบนของอำเภออ่าวลึก และบางส่วนของทิศใต้ของอำเภอปลายพระยา สามารถแบ่งได้เป็น

1) ที่ราบลุ่มน้ำหลาก คือพื้นที่ตามบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำคลองสายต่างๆ

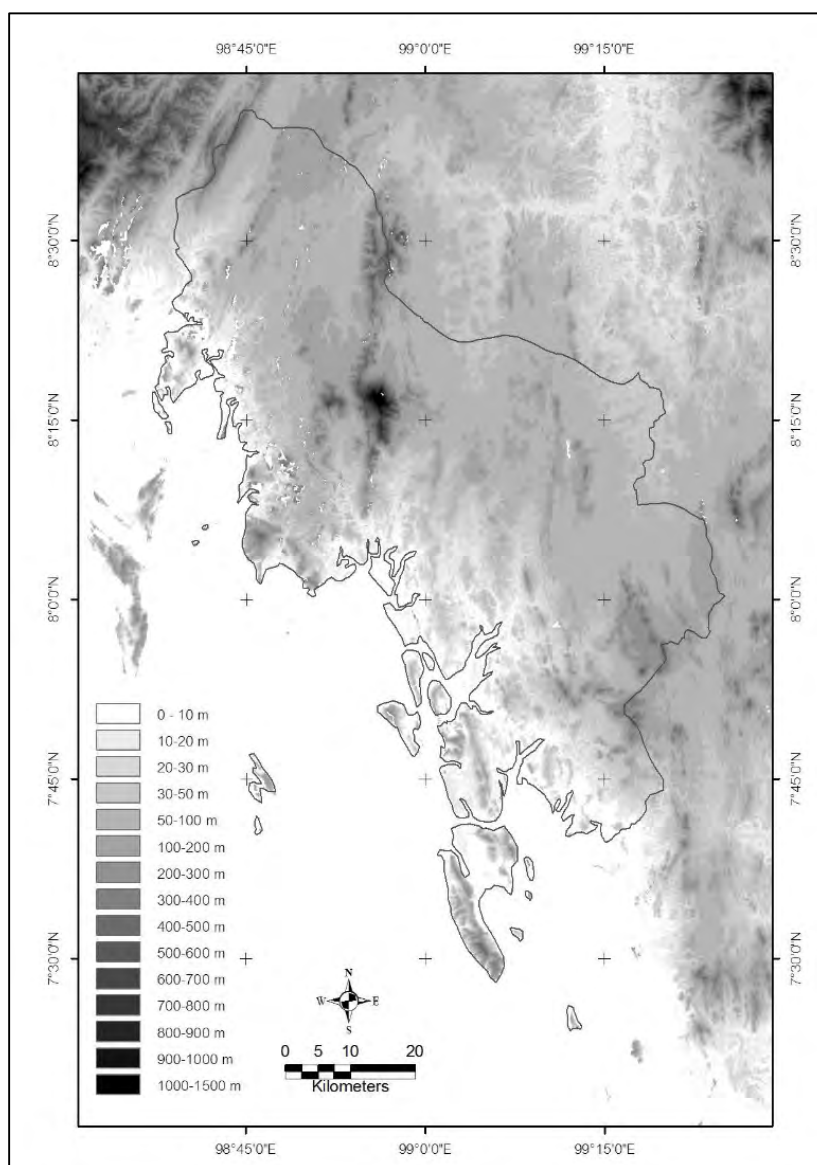
2) ที่ราบตะกอนเชิงเขา เกิดจากการกัดเซาะของทางน้ำจนมีลักษณะเป็นที่ราบ พบตามบริเวณเชิงเขาที่มีการพุดังอย่างรุนแรง มีความสูงเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 10-30 เมตร

3) ที่ราบชายฝั่งทะเล เป็นป่าชายเลนและสันทรายชายหาด

บริเวณเขาโดดหรือเนินเตี้ยๆ เป็นพื้นที่ซึ่งกระจายตัวอยู่ทั่วไป บริเวณเขาโดดที่สำคัญได้แก่ บริเวณตอนกลางและฝั่งตะวันตกของอำเภออ่าวลึก ส่วนเนินเตี้ยๆ นั้นมีเกือบทุกอำเภอ แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ที่อำเภอลำทับ อำเภอเขาพนม อำเภอเหนือคลองตอนบน และอำเภอคลองท่อมตอนบน มีระดับความสูงอยู่ในช่วง 10-100 เมตร บางบริเวณมีความสูงถึง 200-250 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

บริเวณทิวเขาสูง แบ่งออกเป็น 4 บริเวณ ด้วยกันคือ

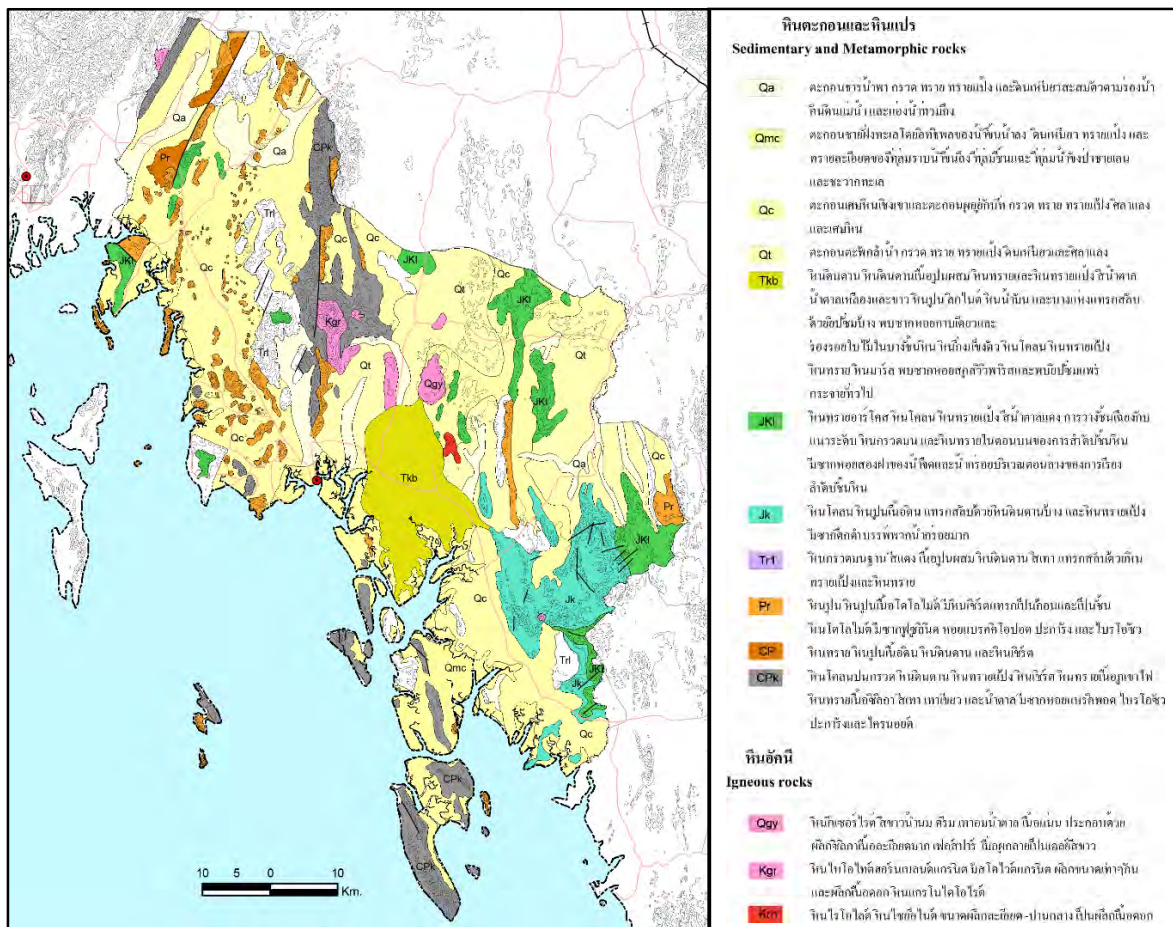
- 1) บริเวณรอยต่อระหว่างจังหวัดกระบี่ และจังหวัดพังงา บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอปลายพระยา
- 2) บริเวณตอนกลางของจังหวัดกระบี่ขึ้นเหนือเข้าไปยังจังหวัดสุราษฎร์ธานีได้แก่ เพือกเขาพนม
- 3) บริเวณด้านทิศตะวันออกถึงตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัด
- 4) บริเวณตอนใต้ของจังหวัด อันได้แก่บริเวณเกาะลันตาใหญ่ ยอดเขาสูงสุดมีความสูงประมาณ 820 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง



รูปที่ 1.2 แสดงความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางของจังหวัดกระบี่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2555)

1.8.2 ธรณีวิทยาของพื้นที่

ข้อมูลธรณีวิทยาบริเวณจังหวัดกระบี่จากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกระบี่ มาตราส่วน 1:1,000,000 (รูปที่ 1.3) และข้อมูลจากเอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ความรู้ธรณีวิทยาทรัพยากรธรณีและธรณีพิบัติภัย ของกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2555 พบว่าจังหวัดกระบี่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยตะกอนยุคควอเทอร์นารี ส่วนหินแข็งพบตามพื้นที่ภูเขา พื้นที่เนินเขา ดังรูป 1.3 โดยพบหินเรียงลำดับจากอายุแก่ไปอ่อนดังนี้



รูปที่ 1.3 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกระบี่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

1) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน

ในกลุ่มหินอายุนี้ แบ่งได้เป็น (1) กลุ่มหินแก่กระเจานตอนล่าง (CPK) ประกอบด้วย หินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต หินทรายภูเขาไฟ หินทรายเนื้อซิลิกาสีเทา เทาเขียว และน้ำตื้น มีซากหอยแบริคิโอพอด ไบรโอโซว ปะการังและไครนอยด์ และ (2) กลุ่มหินแก่กระเจานตอนบน (CP) ประกอบด้วย หินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน และหินเชิร์ต ซึ่งวางตัวอย่างต่อเนื่องกับหินยุคเพอร์เมียน

2) หินยุคเพอร์เมียน

กลุ่มหินราชบุรี (Pr) ประกอบด้วย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ มีหินเชิร์ตแทรกเป็นก้อนและเป็นชั้น หินโดโลไมต์มีซากฟอสซิลชนิด หอยแบรคคิโอพอด ปะการัง และไบโอซัว ส่วนมากแสดงลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ (karst)

3) หินยุคไทรแอสซิก

หมวดหินไสบอน (Tr1) ประกอบด้วย หินกรวดมนฐานสีแดงเนื้อปูนผสม หินดินดานสีเทาแทรกสลับด้วยหินทรายแป้งและหินทราย

4) หินยุคจูแรสซิก – ครีเทเชียส

Jk ประกอบด้วย หินโคลน หินปูนเนื้อดินแทรกสลับด้วยหินดินดานบ้าง และหินทรายแป้งมีซากดึกดำบรรพ์พวกน้ำกร่อย

JKL ประกอบด้วย หินทรายอาร์โคส หินโคลน หินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง การวางชั้นเฉียงกับแนวระดับ หินกรวดมน และหินทรายในตอนบนของลำดับชั้นหิน มีซากหอยสองฝา น้ำจืดและน้ำกร่อยบริเวณตอนล่างของการเรียงลำดับชั้นหิน

5) หินยุคเทอร์เชียรี

กลุ่มหินกระบี่ (Tkb) หินดินดาน หินดินดานเนื้อปูนผสม หินทรายและหินทรายแป้งสีน้ำตาล น้ำตาลเหลืองและขาว หินปูน ลิกไนต์ หินน้ำมัน และบางแห่งแทรกสลับด้วยยิปซัมบ้าง พบหอยกาบเดียว และร่องรอยใบไม้ในบางชั้นหิน หินกึ่งแข็งตัว หินโคลน หินทรายแป้ง หินทราย หินมาร์ล พบซากหอยสกุล วิวิพาร์สและยิปซัมแพร่กระจายทั่วไป

หินอัคนี (Igneous Rocks) ประกอบด้วย

1) Granite (Kgr) หินไบโอไทต์ฮอร์นเบลนด์แกรนิต มัสโคไวต์แกรนิต ผลึกขนาดเท่าๆกัน และผลึกเนื้อดอก หินแกรโนไดโอไรต์ อายุครีเทเชียส พบกระจายตัวบริเวณเขาพนม

2) Rhyolite (Krh) หินไรโอไรต์ หินไซไฟไนต์ ขนาดผลึกละเอียด – ปานกลาง เป็นผลึกเนื้อดอก อายุครีเทเชียส พบกระจายตัวบริเวณตะวันออกของอำเภอเหนือคลอง

3) Gyserite (Qgy) หินกีเซอร์ไรต์ เป็นหินที่เกิดจากการสะสมตัวใหม่จากแร่ซิลิกา มีสีขาวนํ้านม ครีมเทาอมน้ำตาล เนื้อแน่น ประกอบด้วย ผลึกซิลิกาเนื้อละเอียดมาก เฟลสปาร์ เมื่อผุกลายเป็นเคลย์สี ขาว อายุควอเทอร์นารี พบกระจายตัวบริเวณตะวันออกของเขาพนม

ตะกอนร่วนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารี เกิดจากขบวนการผุพัง ทำลาย แล้วมาสะสมตัวโดยตัวกลางที่แตกต่างกัน เช่น ทางน้ำ คลื่น กระแสน้ำขึ้น-ลง เป็นต้น ตะกอนร่วนแบ่งได้ดังนี้

1) Qt ตะกอนตะพักลำน้ำ กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวและศิลาแลง

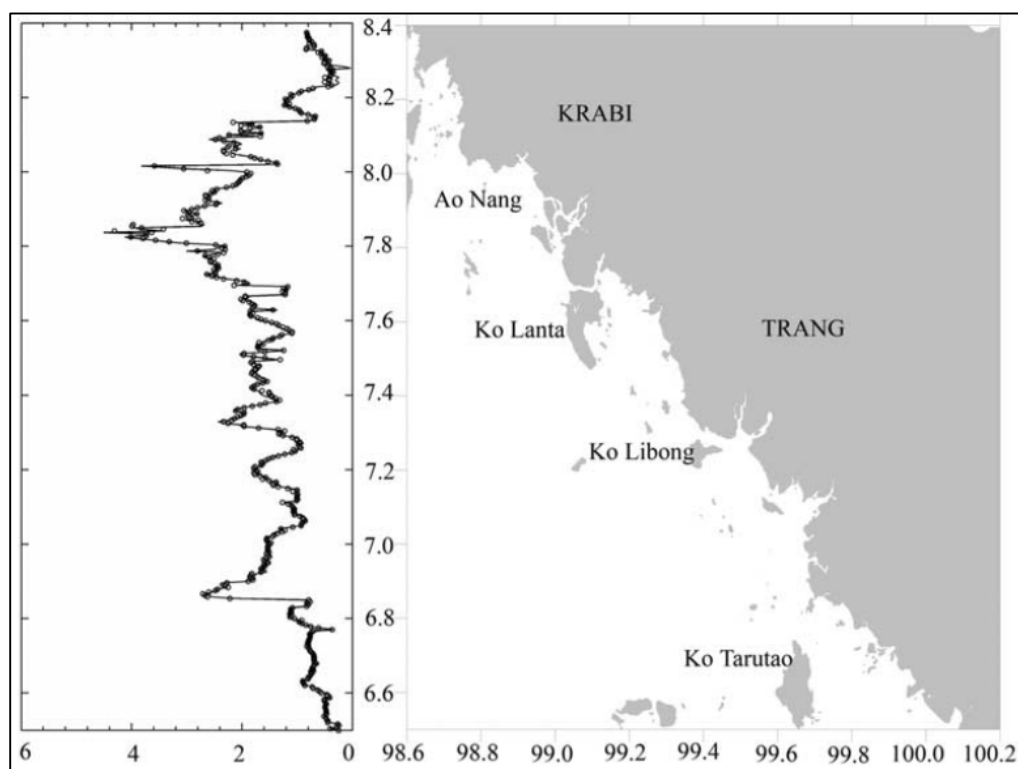
2) Qc ตะกอนเศษหินเชิงเขาและตะกอนฝูฟุ้งอยู่กับที่ กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียวและ
ศิลาแลง และเศษหิน

3) Qmc ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้น-ลง ดินเหนียว ทรายแป้ง และทรายละเอียด
ของที่ราบน้ำขึ้นถึง ที่ลุ่มชื้นแฉะ ที่ลุ่มน้ำขังป่าชายเลน และชะวากทะเล

4) Qa ตะกอนธารน้ำพา กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวสะสมตัวตามร่องน้ำ คันดินแม่น้ำ
และแอ่งน้ำท่วม

1.9 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลังเหตุการณ์สึนามิ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 Ioualalen et al. (2007) ได้รวบรวมข้อมูล
ต่างๆเกี่ยวกับสึนามิเช่นจุดกำเนิด ระยะห่างจากชายฝั่ง ความลึกของพื้นทะเล ทำแบบจำลองโมเดลความ
สูงของสึนามิ (ดังรูปที่ 1.4) พบว่าความสูงน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีความแม่นยำใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้
จากการสำรวจ และทำให้ได้ข้อมูลความสูงของคลื่นสึนามิในพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการสำรวจ



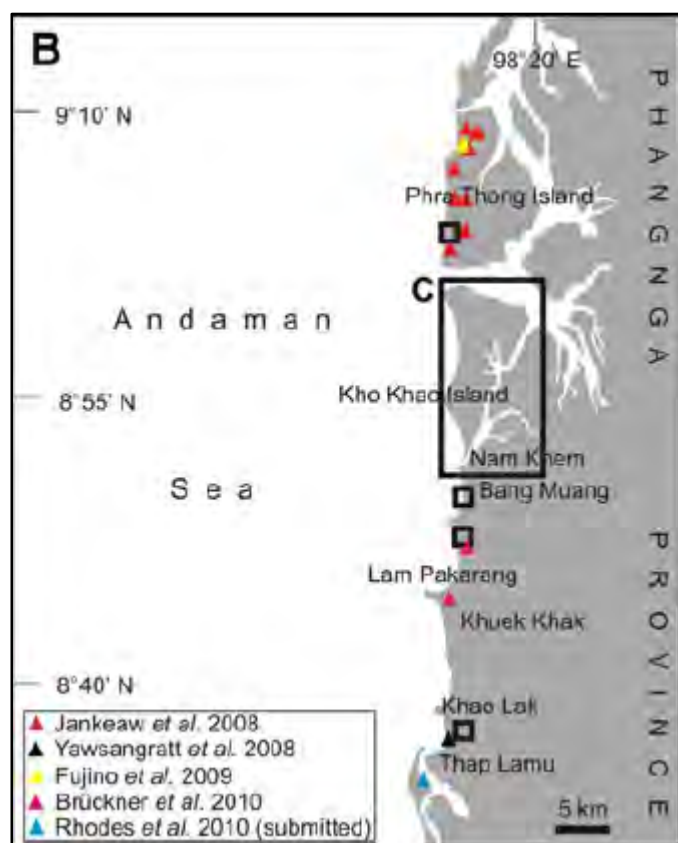
รูปที่ 1.4 ผลที่ได้จากการจำลองความสูงของน้ำจากเหตุการณ์สึนามิ พ.ศ. 2547 ในพื้นที่
จังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง (Ioualalen et al., 2007)

จากการศึกษาตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 โดย Hawkes et al. (2007) ที่ Somewhere Else Resort
อำเภอเกาะลันตาใหญ่ จังหวัดกระบี่ พบว่าบริเวณนี้คลื่นสึนามิสูง 6.3 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง
พบการสะสมตัวของชั้นตะกอนสึนามิที่มีความหนา 30 เซนติเมตร มีลักษณะชั้นตะกอนเรียงจากใหญ่ขึ้นไป

เล็ก (fining upward sequence) และพบเศษเปลือกหอยตลอดชั้น มีรอยต่อระหว่างชั้นตะกอนสีนํามีกับชั้นด้านใต้เป็นแบบชัดเจน (sharp contact) ชั้นสีนํามีมีค่าเปอร์เซ็นต์มวลที่หายไปของอินทรีย์สาร (LOI) ระหว่าง 2.3 - 2.9 ในขณะที่ชั้นตะกอนด้านใต้มีค่าสูงถึง 4.2 และที่หมู่บ้านต้นไทร เกาะพีพี จังหวัดกระบี่ พบคลื่นสีนํามีสูง 9.2 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง พบการสะสมตัวของชั้นตะกอนสีนํามีหนา 11 เซนติเมตร มีลักษณะชั้นตะกอนเรียงจากใหญ่ขึ้นไปเล็ก ไม่พบเศษเปลือกหอย มีรอยต่อระหว่างชั้นตะกอนสีนํามีกับชั้นด้านใต้เป็นแบบชัดเจนและมีลักษณะไม่เรียบ ชั้นตะกอนสีนํามีมีค่าเปอร์เซ็นต์มวลที่หายไปของอินทรีย์สาร (LOI) ที่ต่ำมากคือ 0.2 ในขณะที่ชั้นตะกอนด้านใต้มีค่าสูงถึง 5.2

การสำรวจหลักฐานตะกอนสีนํามีโบราณในประเทศไทยนั้น มีรายงานการค้นพบตะกอนสีนํามีโบราณในบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันประเทศไทยในหลายบริเวณ โดยพื้นที่ที่มีการศึกษาแสดงดังรูปที่

1.5



รูปที่ 1.5 พื้นที่ที่มีการศึกษาตะกอนสีนํามีโบราณ ชายฝั่งทะเลอันดามันประเทศไทย

(Yawsangratt et al., 2012)

ส่วนบริเวณเกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา Jankaew et al. (2008) รายงานพบชั้นตะกอนทรายที่คาดว่าเป็นตะกอนสีนํามีทั้งหมด 4 ชั้น (รูปที่ 1.6) พบที่บริเวณด้านตะวันตกของเกาะมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มระหว่างสันทราย (Swale) ชั้นบนสุดคือตะกอนสีนํามี พ.ศ. 2547 มีความหนา 5-20 เซนติเมตร ชั้นอื่นแทรกอยู่ระหว่างชั้นดินสีดำ (peaty soil) และจากการนำชิ้นส่วนเปลือกไม้ที่อยู่ใต้ชั้น

ตะกอนทรายไปหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 (^{14}C) ทำให้ทราบอายุของชั้นตะกอนทรายที่คาดว่าเป็น ตะกอนสึนามิโบราณ ชั้นบนสุดมีอายุประมาณ 600 ปี

เกาะคอเขา ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของเกาะพระทอง เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจาก เหตุการณ์สึนามิ พ.ศ. 2547 เช่นเดียวกัน Yawsangratt et al. (2012) ได้ศึกษาชั้นตะกอนที่สันนิษฐานว่า เป็นตะกอนสึนามิโบราณ อยู่ทางทิศตะวันตกของเกาะ บริเวณระหว่างชายหาดกับสันทราย (Beach berm) โดยชั้นตะกอนที่สันนิษฐานนี้มีความหนา 1 เมตร ขนาดตะกอนหยาบ พบเปลือกหอย และก้อนโคลน (Mud clast) จากการนำเปลือกหอยไปหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 (^{14}C) มีอายุอย่างต่ำ 40,000 ปี บริเวณท่าเรือ ทับละมู ฐานทับเรือพังงา ถัดลงมาทางทิศใต้ของเกาะคอเขา พบหินแกรนิตขนาดก้อนหินมนใหญ่ อยู่ห่าง จากฝั่งเป็นระยะทาง 250-300 เมตร ไม่พบร่องรอยการถูกพัดพามา ก้อนหินมนใหญ่เหล่านี้มีปริมาตร 0.14-5.5 ลูกบาศก์เมตร ก้อนที่หนักสุดหนักประมาณ 15 ตัน คาดว่าถูกพัดพามาโดยสึนามิโบราณ ก่อน สึนามิ พ.ศ. 2547 (Yawsangratt et al., 2009) นอกจากนี้ยังมีรายงานพบการสะสมตัวของตะกอนที่คาด ว่าเป็นตะกอนสึนามิโบราณในสภาพแวดล้อมแบบป่าโกงกางโดย Rhodes et al. (2011)



รูปที่ 1.6 ชั้นตะกอนสึนามิ ที่เกาะพระทอง อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา (Jankaew et al., 2008)

ก้อนหินมนใหญ่ (Boulder) สามารถใช้บ่งบอกถึงเหตุการณ์การท่วมเข้ามาของน้ำทะเลจาก เหตุการณ์พายุหรือสึนามิ ที่พัดเอาก้อนหินมนใหญ่เหล่านี้มาสะสมตัวได้ (Paris et al., 2011) ตัวอย่างเช่น บริเวณแหลมปะการัง จังหวัดพังงา พบก้อนหินมนใหญ่ ที่เชื่อว่าถูกพัดพามาโดยสึนามิ พ.ศ. 2547 เป็น จำนวนมาก (Goto et al., 2007; 2010) และบริเวณเกาะล้าน จังหวัดพัทยา พบปะการังขนาดก้อนหินมน ใหญ่เช่นกัน แต่เชื่อว่าถูกพัดพามาโดยพายุ (Terry et al., 2015. Accepted to Earth Surface Processes & Landforms) เพราะในบริเวณอ่าวไทยอยู่ห่างไกลจากแนวการมุดตัวของเปลือกโลก จุดที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดสึนามิ และความลึกของทะเลนั้นตื้นโดยเฉลี่ยลึกประมาณ 45 เมตร ดังนั้นถ้าเกิดเหตุการณ์สึนามิจะ ทำให้ความแรงของคลื่นลดลงอย่างมาก เมื่อคลื่นสึนามิเดินทางเข้ามายังอ่าวไทยไม่สามารถเป็นตัวการให้ เกิดการพัดพา เคลื่อนย้ายของปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ที่พบที่เกาะล้านได้

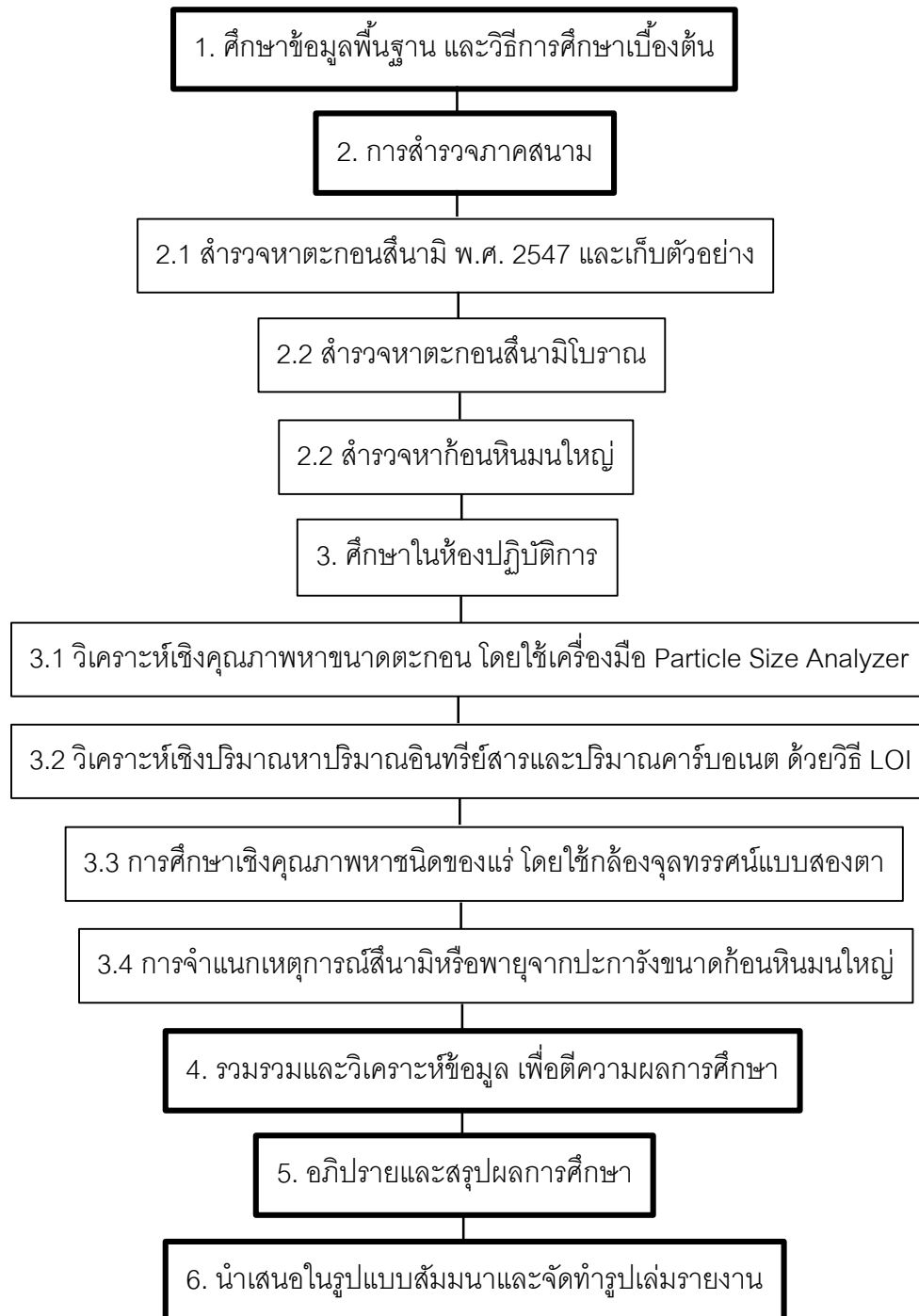
บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

ขั้นตอนการศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 6 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และวิธีการศึกษาเบื้องต้น
 - 1.1 ศึกษากรณีศึกษาทั่วไปและกรณีศึกษาชายฝั่งของพื้นที่ศึกษา
 - 1.2 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สัมภาษณ์
 - 2.1 สัมภาษณ์ตะกอนสีนามิ พ.ศ. 2547 และเก็บตัวอย่าง
 - 2.2 สัมภาษณ์ตะกอนสีนามิโบราณ
 - 2.3 สัมภาษณ์ก่อนหินมนใหญ่
3. ศึกษาในห้องปฏิบัติการ
 - 3.1 วิเคราะห์เชิงคุณภาพหาขนาดตะกอน โดยใช้เครื่องมือ Particle Size Analyzer
 - 3.2 วิเคราะห์เชิงปริมาณหาปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนเนต ด้วยวิธี LOI
 - 3.3 การศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา
 - 3.4 การจำแนกเหตุการณ์สีนามิหรือพายุจากปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่
4. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา
5. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา
6. นำเสนอในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรูปเล่มรายงาน

ขั้นตอนการศึกษา



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน

2.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น

2.1.1 ศึกษาธรณีวิทยาทั่วไปและธรณีวิทยาชายฝั่งของพื้นที่ศึกษา

ทำการสืบค้นข้อมูล ศึกษธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษา จังหวัดกระบี่ จากรายงานของกรมทรัพยากรธรณี และรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสึนามิ

2.1.2 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทำการศึกษารายงานและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตะกอนวิทยาของตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 และตะกอนสึนามิและพายุโบราณที่พบในประเทศไทยและในต่างประเทศ ศึกษาการบ่งบอกถึงกระบวนการพัดพาก้อนหินมนใหญ่จากสึนามิหรือพายุ เพื่อออกแบบวางแผนการศึกษาทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ

2.2 สํารวจภาคสนาม

ทำการออกภาคสนามเพื่อสำรวจและเก็บตัวอย่างตะกอนสึนามิ และหลักฐานเหตุการณ์พายุหรือสึนามิโบราณ ตั้งแต่วันที่พฤหัสบดีที่ 22 ถึงวันเสาร์ที่ 24 มกราคม 2558

2.2.1 สํารวจหาดตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 และตะกอนสึนามิโบราณ และเก็บตัวอย่าง

ในการสำรวจหาร่องรอยตะกอนสึนามิ ได้ใช้ข้อมูลแผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสึนามิจังหวัดกระบี่เป็นแนวทางในการสำรวจ โดยใช้แท่งเจาะตะกอนเจาะสำรวจก่อน ถ้าพบตะกอนสึนามิก็ทำการขุดหลุมกว้างประมาณ 1 เมตร ความลึกขึ้นอยู่กับชั้นตะกอนที่พบว่ามีขนาดเท่าใด จากนั้นถ้าพบตะกอนสึนามิก็จะเก็บตัวอย่างทุกๆความลึก 1 เซนติเมตร

2.2.3 สํารวจหาปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการสะสมตัวก้อนหินมนใหญ่ สามารถบ่งบอกถึงการพัดพาของสึนามิหรือพายุได้ เมื่อพิจารณาหลักฐานของชายฝั่งจังหวัดกระบี่ ได้กำหนดเส้นทางที่จะสำรวจโดยเน้นศึกษาในพื้นที่ที่เป็นแหลมที่ประกอบด้วยหินที่ไม่ใช่หินปูน และบริเวณนอกชายฝั่งคาดว่ามีการปะการังอยู่ แล้วจึงทำการสำรวจก้อนหินมนใหญ่ (รูปที่ 2.2) และทำการเก็บข้อมูลดังนี้

- 1) บันทึกตำแหน่งที่พบ
- 2) บันทึกเวลาที่ทำการสำรวจ
- 3) วัดขนาดแกน a, b และ c โดยทั้ง 3 แกนต้องตั้งฉากซึ่งกันและกัน

แกน a คือ แกนที่ยาวสุด

แกน b คือ แกนที่ยาวรองลงมา

แกน c คือ แกนที่สั้นสุด

4) ระยะห่างจากชายหาด

5) ความชื้นของชายหาด



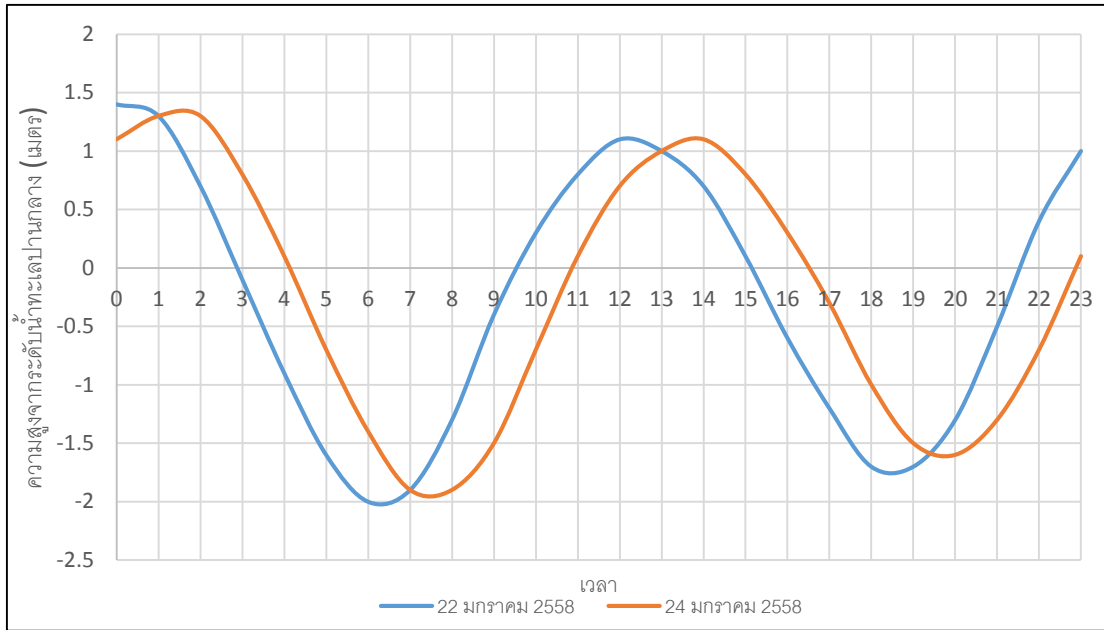
รูปที่ 2.2 การเก็บข้อมูลก้อนหินมนใหญ่

การที่ต้องบันทึกเวลาที่ทำการสำรวจก็เพื่อให้ทราบถึงระดับน้ำทะเลในขณะนั้นว่ามี ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเท่าใด ซึ่งทำได้โดยการนำข้อมูลระดับน้ำทำนายนาย จากกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (2558) ซึ่งความสูงของระดับน้ำทำนายนั้นเป็นความสูงเหนือระดับน้ำลงต่ำที่สุด เมื่อจะเปลี่ยนเป็นระดับน้ำทะเลปานกลาง ให้นำค่า “ระดับน้ำลงต่ำที่สุด” ไปหักออกจากระดับน้ำทำนายน ในแต่ละสถานีตรวจวัดจะมีค่าระดับน้ำลงต่ำที่สุดไม่เท่ากันเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางที่ เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในที่นี้ใช้ข้อมูลระดับน้ำทำนายน จากสถานีตรวจวัดปากน้ำกระบี่ ซึ่งมีค่าระดับน้ำทะเลต่ำที่สุดเท่ากับ 2.4 เมตร เมื่อทำการแปลงระดับน้ำทำนายนจากระดับน้ำลงต่ำที่สุดเป็นระดับน้ำทะเลปานกลางแล้ว นำไปพล็อตกราฟเทียบกับเวลา (รูปที่ 2.3) แกน X เป็นระดับความสูงน้ำ และ แกน Y เป็นเวลา จากนั้นนำเวลาที่ทำการสำรวจก้อนหินมนใหญ่ไปเทียบจากกราฟ ก็จะเป็นการอ้างอิงว่าขณะนั้นระดับน้ำทะเลอยู่เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางเท่าใด

2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

2.3.1 วิเคราะห์เชิงคุณภาพหาขนาดตะกอน โดยใช้เครื่องมือ Particle Size Analyzer

ตะกอนจากภาคสนามทั้งหมด 25 ตัวอย่าง นำแต่ละตัวอย่างมาทำการแบ่งด้วยเครื่องแบ่งตะกอน เพื่อให้ตะกอนที่ได้เป็นตัวแทนของตัวอย่างนั้นจริงๆ จากนั้นทำความสะอาดตัวอย่าง โดยการแช่ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อกำจัดคาร์บอนเนตเช่น เปลือกหอย และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อกำจัดอินทรีย์สาร อย่างเช่น รากไม้ เปลือกไม้ ใบไม้ และลำ



รูปที่ 2.3 แสดงระดับน้ำทำนาย (ทำการปรับแก้ค่าแล้ว) วันที่ทำการสำรวจก่อนหินมนใหญ่ ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปวัดขนาดตะกอนด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer รุ่น Mastersizer S แบบใช้น้ำปราศจากไอออน (DI) เป็นตัวกลาง ดังรูปที่ 2.4 กำหนดความเร็วบีม 2,600 รอบต่อนาที สั่นด้วยอัลตราโซนิก 14 Hz เป็นเวลา 2 นาที มีความสามารถในการวัดขนาดตะกอนได้ตั้งแต่ 0.0582 - 878.675 ไมโครเมตร นำข้อมูลการกระจายตัวขนาดตะกอนที่ได้ ไปทำการคำนวณค่าทางสถิติ

- ค่าเฉลี่ย (Mean)
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
- ค่าความเบ้ของกราฟ (Skewness)
- ค่าความแหลมของกราฟ (Kurtosis)



รูปที่ 2.4 เครื่องมือวิเคราะห์ขนาดตะกอน Particle Size Analyzer รุ่น Mastersizer S

2.3.2 วิเคราะห์เชิงปริมาณหาปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนेट ด้วยวิธี LOI

นำตัวอย่างตะกอนที่ยังไม่ได้นำไปผึ่ง รากไม้ และเปลือกหอยออกไป ใส่ถ้วยเซรามิกตัวอย่างละ 3-4 กรัม ออบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C (อุณหภูมิสูงสุดที่เตาอบตั้งได้) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อกำจัดน้ำและความชื้นที่มีในตัวอย่าง นำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกน้ำหนักที่หายไป จากนั้นนำไปเผาในเตาเผา (Furnace) ที่อุณหภูมิ 550 °C (รูปที่ 2.6) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อทำลายพันธะเคมีของอินทรีย์สารเมื่อเสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึก น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของอินทรีย์สารในตัวอย่างที่ถูกกำจัดออกไป นำตัวอย่างไปเผาอีกรอบที่อุณหภูมิ 950 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อทำลายพันธะเคมีของคาร์บอนेट เมื่อเสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึก น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของคาร์บอนेटในตัวอย่างที่ถูกกำจัดออกไป สุดท้ายทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป ได้แก่ องค์ประกอบของคาร์บอนेट และอินทรีย์สาร (Heiri et al., 2001)

นำค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไปมาพล็อตแสดงความสัมพันธ์ของค่าที่คำนวณได้ในตะกอนแต่ละชั้น โดยแสดงผลร่วมกับค่าทางสถิติของตะกอน



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างตะกอนจัดเรียงในเตาเผา Furnace

2.3.3 การศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา

ทำการศึกษาดังกล่าวทั้งหมดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ดังรูปที่ 2.6 เพื่อวิเคราะห์แร่ องค์ประกอบ (Mineral composition) ความกลมมน (Roundness) และความเป็นทรงกลม (Sphericity) เพื่อบอกลักษณะเฉพาะของตะกอน



รูปที่ 2.6 วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสองตา

2.3.4 การจำแนกเหตุการณ์สึนามิหรือพายุจากก้อนหินมนใหญ่

จากการเก็บข้อมูลก้อนหินมนใหญ่ในภาคสนาม สามารถใช้สมการของ Lorang (2011) เพื่อจำแนกว่าก้อนหินมนใหญ่เหล่านั้นถูกพัดพามาจากการสะสมตัวเนื่องจากพายุหรือสึนามิ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะเป็นคาบของคลื่นที่พามา โดยคาบของคลื่นสึนามิจะมีช่วงเวลาที่ยาวตั้งแต่ 1 นาที ถึงหลาย ชั่วโมง ส่วนคาบของคลื่นพายุจะมีช่วงเวลาที่สั้นตั้งแต่ 10-40 วินาที โดยมีสมการ ดังรูปที่ 2.7 และตัวแปรต่างๆดังนี้

- H_{st} คือ ค่าความสูงของคลื่นพายุ ; เมตร
- H_t คือ ค่าความสูงของคลื่นสึนามิ ; เมตร
- U_{max} คือ ค่าความเร็วสูงสุดของคลื่นพายุหรือสึนามิ ; เมตรต่อวินาที
- T คือ คาบของสึนามิหรือพายุ ; วินาที
- ρ_s คือ ความหนาแน่นของก้อนหินมนใหญ่ ; 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

- ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำทะเล ; 1,020 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- a, b, c คือ ขนาดแกนของ Coral Boulder ; เมตร
- C_m คือ ค่าสัมประสิทธิ์มวล ; 2
- C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลาก ; 1.95
- C_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยกตัว ; 0.178
- u คือ ความเร็วของกระแสทันได ; 1 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง
- g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก ; 9.8 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง
- $h_i = h_b$ คือ ค่าความลึกของน้ำ ; เมตร
- $H_i = H_s$ คือ ความสูงของคลื่นพายุหรือสึนามิ ; เมตร
- h_{clast} คือ ความสูงของ Coral Boulder จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ; เมตร
- D_i คือ ค่าเฉลี่ยของขนาดแกน a, b, c ; เมตร
- S คือ อัตราส่วนความชัน คำนวณจากความชัน ; ค่าคงที่

$$H_{st} \geq \frac{(\rho_s - \rho / \rho)[2a - 4C_m(a/b)(u/g)]}{C_d(ac/b^2) + C_1} \quad (1)$$

$$H_t \geq \frac{0.25(\rho_s - \rho / \rho)[2a - C_m(a/b)(u/g)]}{C_d(ac/b^2) + C_1} \quad (2)$$

$$U_{max} = \sqrt{g(h_i + H_i)} \quad (3)$$

$$h_b = \left(\frac{H_s}{0.78}\right) \quad (4)$$

$$T = 2 / g \left(\frac{\rho}{\rho_s - \rho}\right) \left(\frac{C_d}{S}\right) \left(\frac{h_{clast}}{D_i}\right) U_{max} \quad (5)$$

รูปที่ 2.7 สมการในการคำนวณของ Lorang (2011)

ความหนาแน่นของก้อนหินมนใหญ่ (ρ_s) เนื่องจากเป็นปะการัง จึงนำไปเทียบกับการศึกษาของ Bucher (1998) ว่ามีลักษณะคล้ายกัน จึงกำหนดให้มีความหนาแน่น 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในการคำนวณหาคาบของก้อนหินมนใหญ่แต่ละก้อน จะต้องคำนวณความสูงของคลื่นทั้งสึนามิและพายุ (สมการ 1, 2) จากนั้นจึงคำนวณความเร็วสูงสุดของคลื่นทั้งสึนามิและพายุ (สมการ 3) สุดท้ายจึงใช้สมการ 5 ในการหาคาบ ผลลัพธ์ที่ออกมาจะได้เป็นคาบจากสึนามิและพายุ ถ้าผลลัพธ์ทั้ง 2 มีค่ามาก

เช่นเดียวกันก็จะสรุปได้ว่าถูกพัฒนามาสะสมตัวโดยสีนามิ ถ้าค่าน้อยเช่นเดียวกันก็จะถูกพัฒนามาโดย
พายุ

บทที่ 3

ผลการศึกษาและการตีความข้อมูล (Result and Interpretation)

3.1 การสำรวจภาคสนาม

3.1.1 ตะกอนสีนํามี พ.ศ. 2547 และตะกอนสีนํามีโบราณ

จากการสำรวจหาตะกอนสีนํามี พ.ศ. 2547 และตะกอนสีนํามีโบราณในพื้นที่จังหวัดหวัดกระบี่ มีจุดสำรวจดังตารางที่ 3.1

จุดศึกษา	ตะกอนสีนํามี	ละติจูด	ลองติจูด
1	ไม่พบ	7°39'11.92"N	99°2'26.05"E
2	พบ	7°39'50.04"N	99°2'31.85"E
3	ไม่พบ	7°40'20.82"N	99°2'30.74"E
10	ไม่พบ	7°38'44.48"N	99°1'54.05"E
11	พบ	7°59'16.94"N	98°56'35.30"E
12	ไม่พบ	7°58'42.85"N	98°56'54.89"E
13	ไม่พบ	7°58'18.66"N	98°57'4.54"E
14	ไม่พบ	7°58'19.27"N	98°57'6.73"E
15	ไม่พบ	7°57'19.84"N	98°57'43.94"E
16	ไม่พบ	7°57'17.46"N	98°57'44.78"E

ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่งจุดสำรวจตะกอนสีนํามี

จุดสำรวจที่ 2 (รูปที่ 3.1) ไม่พบตะกอนสีนํามีโบราณ พบชั้นตะกอนสีนํามี พ.ศ. 2547 หนา 2 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างตะกอนสีนํามี 2 ตัวอย่าง (เก็บทุกๆความลึก 1 เซนติเมตร) นอกจากนี้ยังทำการเก็บตะกอนหน้าหาด 1 ตัวอย่าง ตำแหน่งที่เก็บคือละติจูด 7°39'51.23"N และลองติจูด 99°2'28.64"E ซึ่งอยู่ห่างจากจุดสำรวจที่ 2 ไปทางทิศตะวันตก เป็นระยะทาง 120 เมตร



รูปที่ 3.1 แท่งตัวอย่างตะกอน (ซ้าย) และหลุมสำรวจที่ 2 (ขวา)

จุดสำรวจที่ 11 (รูปที่ 3.2) ไม่พบตะกอนดินนามิโบราณ พบตะกอนดินนามิ พ.ศ. 2547 หนา 20 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างตะกอนดินนามิ 20 ตัวอย่าง (เก็บทุกๆความลึก 1 เซนติเมตร) ตะกอนใต้ชั้นดินนามิ 1 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังทำการเก็บตะกอนหน้าหาด 1 ตัวอย่าง ตำแหน่งที่เก็บคือ ละติจูด $7^{\circ}59'16.75''N$ และ ลองจิจูด $98^{\circ}56'32.38''E$ ซึ่งอยู่ห่างจากจุดสำรวจที่ 11 ไปทางทิศตะวันตก เป็นระยะทาง 90 เมตร



รูปที่ 3.2 แท่งตัวอย่างตะกอน (ซ้าย) และหลุมสำรวจที่ 11 (ขวา)

3.1.2 ปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่

การสำรวจภาคสนามเพื่อหาหลักฐานเหตุการณ์การท่วมเข้ามาของน้ำทะเลในอดีตจากดินนามิหรือ พายุ พบปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ (รูปที่ 3.3) ในบริเวณธรณีฐานที่เป็นแหลมและหัวหาด ซึ่ง บริเวณนอกชายฝั่งออกไปมีพีดปะการังอยู่ ซึ่งปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ที่พบจะเป็นหินคนละชนิดกับ หินใล่ตามบริเวณชายหาด ซึ่งในพื้นที่ศึกษาหินใล่จะเป็นหินตะกอน ทำให้ทราบว่าปะการังเหล่านี้ไม่ได้ สะสมตัวเนื่องจากการฝังของหินใล่ ข้อมูลปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ที่พบจากการสำรวจแสดงใน ตารางที่ 3.2

ตัวอย่าง	ขนาดแกน (m)			ละติจูด	ลองจิจูด	ความสูงเหนือ ระดับน้ำทะเลปานกลาง (m)
	a	b	c			
4.1I	0.54	0.4	0.26	$7^{\circ}38'53.92''N$	$99^{\circ}1'12.00''E$	1.63
4.1II	0.39	0.2	0.1			1.63
4.2I	0.35	0.2	0.12	$7^{\circ}38'54.64''N$	$99^{\circ}1'13.12''E$	2.326
4.2II	0.49	0.35	0.2			2.326
4.2III	0.32	0.3	0.09			2.326
4.2IV	0.4	0.22	0.15			2.426

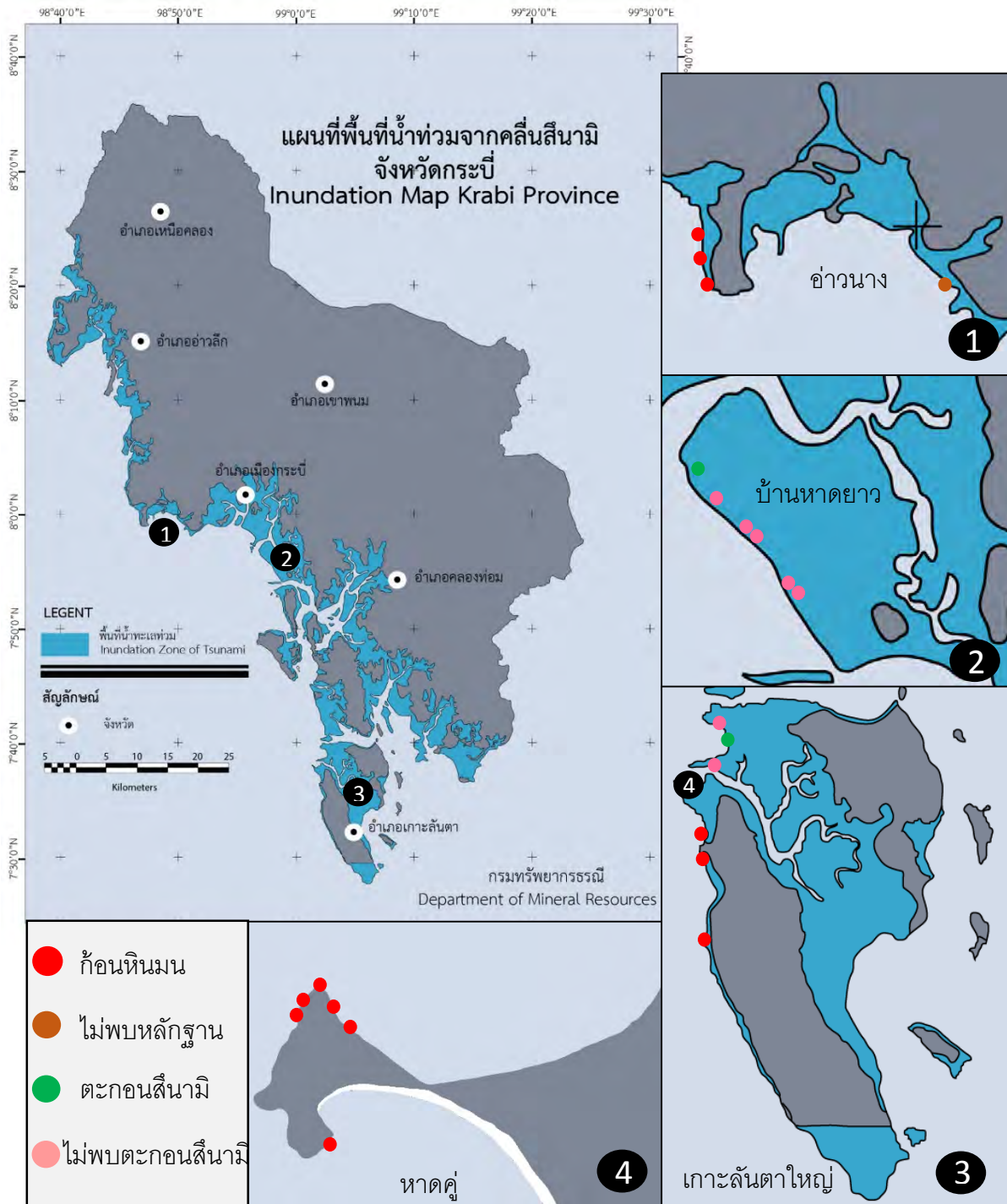
4.2V	0.28	0.25	0.8			2.426
4.3	0.6	0.42	0.2	7°38'54.64"N	99°1'13.33"E	2.99
4.4I	0.36	0.28	0.18	7°38'54.60"N	99°1'13.55"E	1.69
4.4II	0.5	0.35	0.18			1.69
4.4III	0.42	0.15	0.1			1.69
5I	0.32	0.2	0.15	7°38'53.66"N	99°1'14.05"E	1.07
5II	0.37	0.2	0.12			1.07
6	0.25	0.25	0.12	7°38'33.14"N	99°1'16.43"E	1.962
7	0.4	0.2	0.13	7°37'29.78"N	99°1'47.78"E	1.484
8	0.35	0.25	0.15	7°37'17.44"N	99°1'39.47"E	1.51
9	0.35	0.22	0.11	7°35'1.55"N	99°1'51.23"E	1.14
18	0.45	0.3	0.16	8°2'17.05"N	98°45'53.71"E	-0.3
19	0.48	0.33	0.12	8°2'15.29"N	98°45'54.22"E	1.27
20	0.4	0.2	0.2	8°2'4.70"N	98°45'53.68"E	0.07

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ (a คือแกนที่ยาวที่สุด, b คือแกนที่ยาวรองลงมา, c คือแกนที่สั้นที่สุด และแกน a, b, c ตั้งฉากซึ่งกันและกัน)



รูปที่ 3.3 ก้อนหินมนใหญ่ตัวอย่าง 4.11 (ซ้าย) และ 18 (ขวา)

จุดสำรวจในการหาตะกอนสีนามี พ.ศ. 2547 และตะกอนสีนามีโบราณ และจุดสำรวจหลักฐานการท่วมเข้ามาของน้ำทะเลในอดีตจากสีนามีหรือพายุ มีทั้งหมด 20 จุดสำรวจ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงจุดสำรวจชั้นอนทับลงบนแผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสึนามิจังหวัดกระบี่
(ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี, 2548)

3.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ผลจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการของตะกอนทราย แบ่งออกเป็น 4 ส่วนได้แก่ 1) ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอน 2) ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณอินทรีย์สารและ 3) ปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี LOI และ 4) ผลการศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ ได้ทำการศึกษาดังตัวอย่างตะกอนทั้งหมด 25 ตัวอย่าง ส่วนข้อมูลก่อนหินมนใหญ่จากในภาคสนามได้ทำการจำแนกการเหตุการณ์ที่พัดพามาว่ามาจากสึนามิหรือพายุดังสมการของ Lorang (2011)

3.2.1 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน

การวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer รุ่น Mastersizer S ผลที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของตะกอนในขนาดต่างๆ ผลการวิเคราะห์ 3 ครั้งต่อเนื่องกันต้องมีค่าใกล้เคียงกัน ผลการวิเคราะห์ที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างนั้นๆ จะมาจากการเฉลี่ยผลทั้ง 3 ครั้ง จากนั้นนำมาคำนวณค่าทางสถิติโดยวิธี Logarithmic method of moments (Krumbein และ Pettijohn, 1938) ดังรูปที่ 3.5 และแปลผล

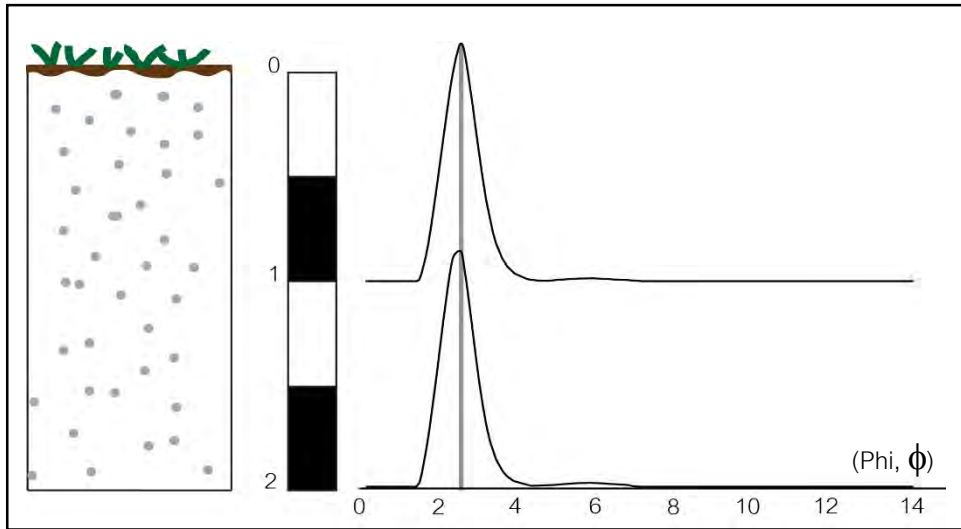
(c) Logarithmic method of moments					
Mean	Standard deviation	Skewness	Kurtosis		
$\bar{x}_\phi = \frac{\sum f m_\phi}{100}$	$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$	$Sk_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$	$K_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4}$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

รูปที่ 3.5 สมการคำนวณทางสถิติและการแปลผล (Krumbein และ Pettijohn, 1938)

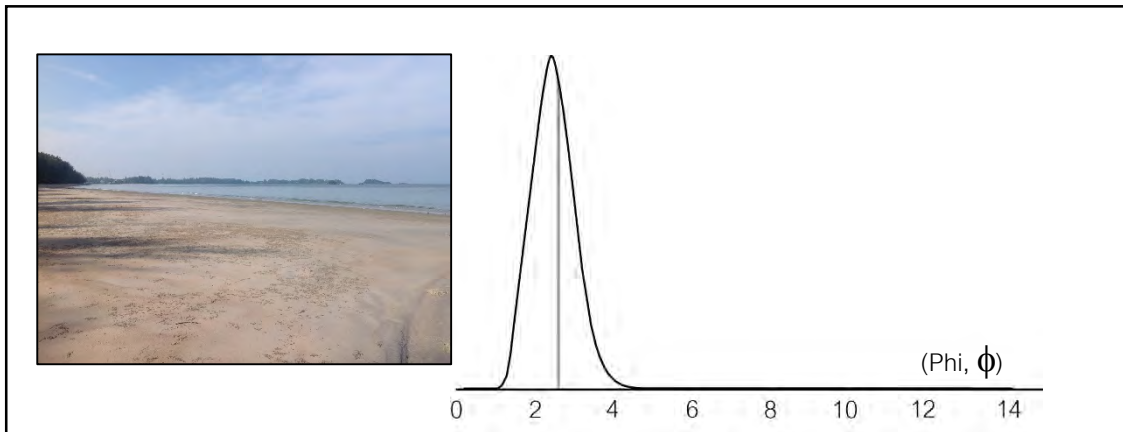
ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนทั้งหมด 25 ตัวอย่าง แบ่งเป็นจุดสำรวจที่ 2 ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 2 ตัวอย่าง ตะกอนหน้าหาด 1 ตัวอย่าง และจุดสำรวจที่ 11 ทั้งหมด 25 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 22 ตัวอย่าง ตะกอนหน้าหาด 1 ตัวอย่าง และตะกอนใต้ชั้นสึนามิ 1 ตัวอย่าง ดังนี้

1) จุดสำรวจที่ 2

จุดสำรวจที่ 2 มีชั้นตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 หนา 2 เซนติเมตร ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนแสดงได้ในรูปที่ 3.6, 3.7 และตาราง 3.3 ข้อมูลสัดส่วนตะกอนขนาดต่างๆโดยละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนสีนามิจุดสำรวจที่ 2 (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสีนามิชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)



รูปที่ 3.7 บริเวณชายหาด (ซ้าย) และกราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนชายหาดจุดสำรวจที่ 2 (ขวา) (เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสีนามิชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)

Sample	Mean Phi	Sorting		Skewness		Kurtosis	
		SD	Sorting	Sk ϕ	Skewness	K ϕ	Kurtosis
0-1 cm	2.79	0.61	Moderate well sorted	2.49	Very fine skewed	14.6	Very leptokurtic
1-2 cm	2.75	0.66	Moderate well sorted	2.83	Very fine skewed	15.44	Very leptokurtic
Beach sand	2.55	0.54	Moderate well sorted	0.31	Symmetrical	2.9436	Mesokurtic

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงค่าทางสถิติตะกอนจุดศึกษาที่ 2

จากผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอนสีนามี มีค่า Phi (ϕ) เท่ากับ 2.77 ซึ่งเป็นตะกอนขนาดละเอียด (Fine sand) มีการกระจายตัวแบบ unimodal มีค่า Kurtosis ที่มาก (กราฟแหลมมาก, very leptokurtic) แสดงให้เห็นว่าในชั้นนี้ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดเดียวกัน ค่า Skewness เบ้ไปทางตะกอนขนาดหยาบมากกว่า (Very fine skewed) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบ่งบอกถึงการการคัดขนาดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.61-0.66 แสดงถึงการคัดขนาดปานกลาง

เมื่อเทียบกับตะกอนหน้าหาด ค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอนมีค่าใกล้เคียงกัน การคัดขนาดปานกลางคล้ายกับตะกอนสีนามี แต่การกระจายตัวของตะกอนหน้าหาดมีความสมมาตรมากกว่า ในขณะที่ตะกอนสีนามีประกอบด้วยตะกอนที่มีค่า Phi (ϕ) เท่ากับ 5-7 ปริมาณเล็กน้อย (ไม่พบในตะกอนหน้าหาด)

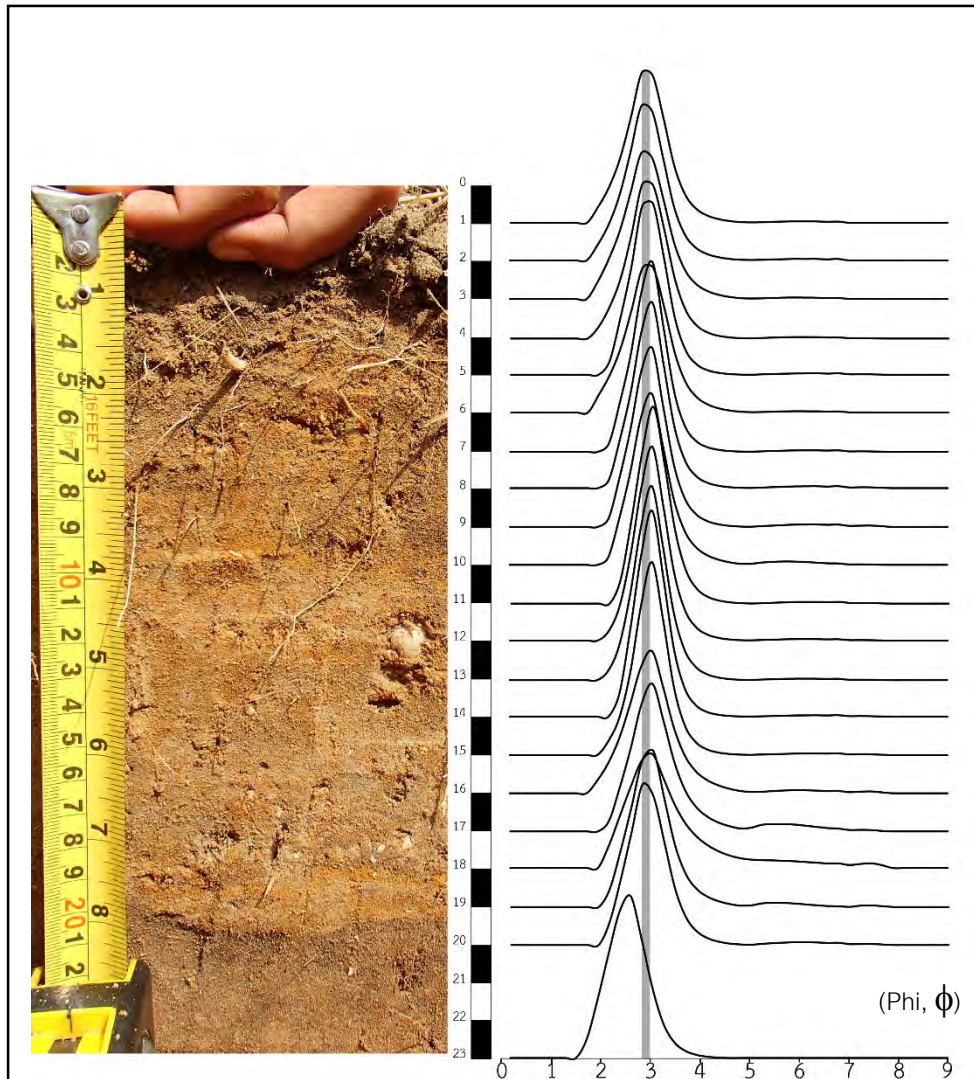
2) จุดสำรวจที่ 11

จุดสำรวจที่ 11 มีชั้นตะกอนสีนามี พ.ศ. 2547 หนา 20 เซนติเมตร การวิเคราะห์ขนาดตะกอนแสดงในรูปที่ 3.8, 3.9, 3.10 และตารางที่ 3.4 ข้อมูลสัดส่วนตะกอนขนาดต่างๆโดยละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก

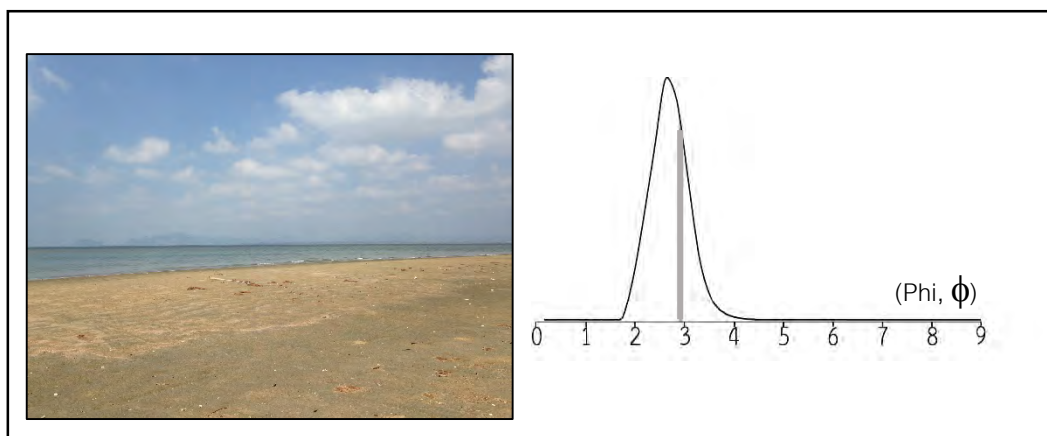
จากผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอนสีนามี มีค่า Phi (ϕ) เท่ากับ 3.21 ซึ่งเป็นตะกอนขนาดละเอียดมาก (Very fine sand) มีการคัดขนาดปานกลางมีแนวโน้มที่จะมีการคัดขนาดแยในชั้นที่ลึกขึ้น มีการกระจายตัวแบบ unimodal มีค่า Kurtosis ที่มาก (กราฟแหลมมาก, very leptokurtic) แสดงให้เห็นว่าในชั้นนี้ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดเดียวกัน ค่า Skewness เบ้ไปทางตะกอนขนาดหยาบมากกว่า (Very fine skewed) ในรูปที่ 3.10 จะเห็นการเรียงตัวของตะกอนจากใหญ่ขึ้นไปเล็ก (Fining upward sequence) ในช่วงความลึกของตะกอน 17-20 เซนติเมตร และแบบตะกอนขนาดเล็กขึ้นไปใหญ่ (Coarsening upward sequence) ในช่วงความลึกของตะกอน 14-17 เซนติเมตร

เมื่อเทียบกับตะกอนหน้าหาด พบตะกอนหน้าหาดมีขนาดใหญ่กว่า (ค่า Phi (ϕ) เท่ากับ 2.81) มีการคัดขนาดที่ดีกว่าตะกอนสีนามี (ค่า SD เท่ากับ 0.38) ตะกอนหน้าหาดมีค่า Kurtosis เท่ากับ 3.33 (mesokurtic) แสดงถึงชั้นตะกอนมีขนาดหลากหลาย สอดคล้องกับ ค่า Skewness เท่ากับ 0.35 ที่บ่งบอกถึงความสมมาตรของกราฟ

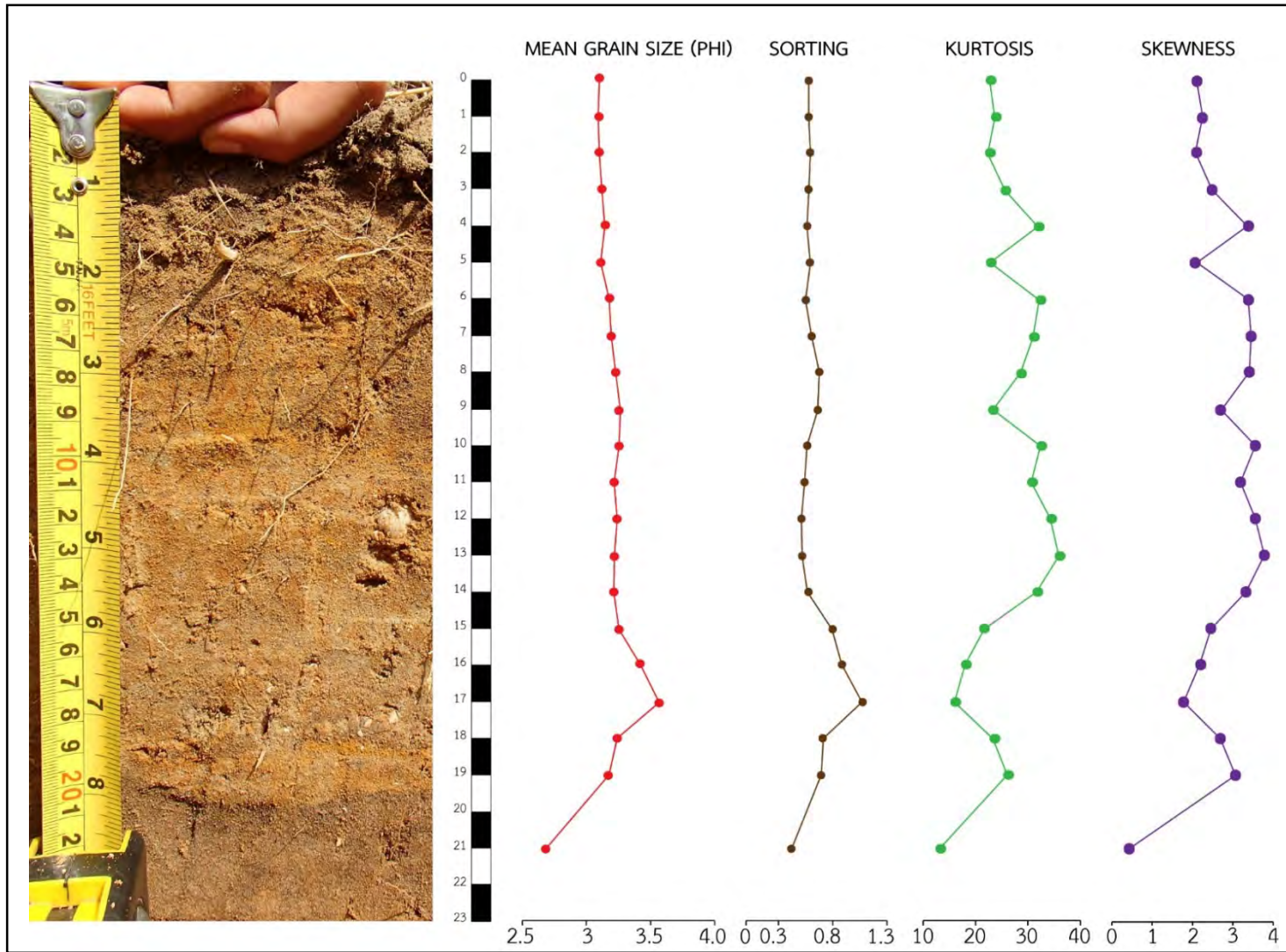
ตะกอนใต้ชั้นสีนามีมีค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอนมีค่า Phi (ϕ) เท่ากับ 2.68 มีค่าใกล้เคียงกับตะกอนหน้าหาด มีการคัดขนาดที่ดี (ค่า SD เท่ากับ 0.42) ค่า Skewness เท่ากับ 0.44 และค่า Kurtosis เท่ากับ 3.38 (mesokurtic) ซึ่งแสดงลักษณะการกระจายตัวคล้ายกับตะกอนหน้าหาด



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนสีนํามีและตะกอนได้ชั้นสีนํามีจุดสำรวจที่ 11
(เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสีนํามีชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)



รูปที่ 3.9 บริเวณหน้าหาด (ซ้าย) และกราฟแสดงการกระจายตัวขนาดตะกอนหน้าหาดจุดสำรวจที่ 11 (ขวา)
(เส้นสีเทาแสดงค่าฐานนิยมของขนาดตะกอนสีนํามีชั้นที่ 0-1 เซนติเมตร)



รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ของค่าทางสถิติกับชั้นตะกอนสีนํามี จุดสำรวจที่ 11

Sample	Mean	SD		Skewness		Kurtosis	
		SD	Sorting	Sk ϕ	Skewness	K ϕ	Kurtosis
0-1 cm	3.10	0.58	Moderately well sorted	2.10	Very fine skewed	12.9	Very leptokurtic
1-2 cm	3.09	0.58		2.25		13.9	
2-3 cm	3.10	0.60		2.07		12.6	
3-4 cm	3.12	0.58		2.48		15.9	
4-5 cm	3.15	0.56		3.36		22.1	
5-6 cm	3.10	0.59		2.11		13.1	
6-7 cm	3.17	0.55		3.38		22.3	
7-8 cm	3.20	0.60		3.45		21.1	
8-9 cm	3.22	0.67		3.41		18.8	
9-10 cm	3.28	0.66		2.72		13.6	
10-11 cm	3.25	0.56		3.56		22.5	
11-12 cm	3.21	0.54		3.19		20.9	
12-13 cm	3.24	0.51		3.56		24.47	
13-14 cm	3.22	0.52		3.78		26.18	
14-15 cm	3.21	0.57	3.33	21.94			
15-16 cm	3.26	0.79	Moderately sorted	2.46	11.9		
16-17 cm	3.43	0.88		2.17	8.27		
17-18 cm	3.57	1.07	Poorly sorted	1.79	6.25	Leptokurtic	
18-19 cm	3.24	0.71	Moderately sorted	2.70	13.5	Very leptokurtic	
19-20 cm	3.18	0.69	Moderately well sorted	3.07	16.30		
Beach sand	2.81	0.38	Well sorted	0.35	Symmetrical	3.33	Mesokurtic
Pre-2004 Tsunami sand	2.68	0.42	Well sorted	0.44	Symmetrical	3.38	Mesokurtic

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงค่าทางสถิติตะกอนจุดศึกษาที่ 11

3.2.2 ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนेटด้วยวิธี LOI

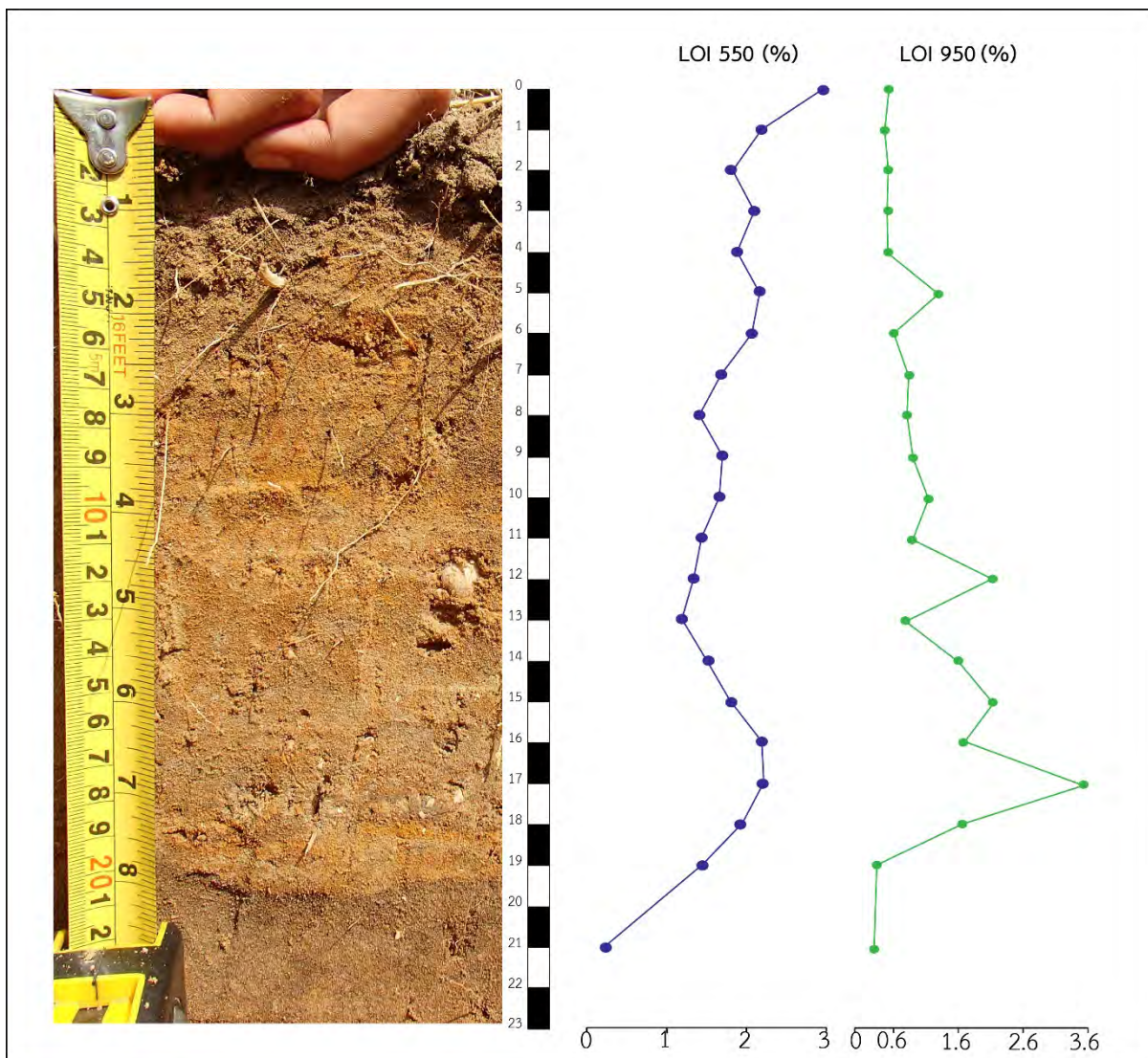
ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนेटด้วยวิธี LOI โดยหลังการเผาตัวอย่าง ตะกอนที่อุณหภูมิ 550 °C มวลเปอร์เซ็นต์ที่หายไปคือมวลของอินทรีย์สาร และหลังการเผาตัวอย่างด้วย อุณหภูมิ 950 °C มวลเปอร์เซ็นต์ที่หายไปคือมวลของคาร์บอนेट ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 3.11 และใน ภาคผนวก ข

จุดสำรวจที่ 2 ตะกอนสีนามีชั้น 0-1 เซนติเมตร ติดกับดินดานบนมีค่า LOI550 2.41 เปอร์เซ็นต์ และชั้น 1-2 เซนติเมตร มีค่า LOI550 1.98 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตะกอนหน้าหาดมีค่า LOI550 1.94 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าชั้นตะกอนสีนามีส่วนบน (0-1 เซนติเมตร) มีปริมาณอินทรีย์สารมากกว่า เนื่องจากติดกับชั้น ดินซึ่งมีรากไม้ ใบไม้ปกคลุมอยู่ ส่วนค่า LOI950 ของชั้นตะกอนสีนามีค่า 0.55-0.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าตะกอนหน้าหาดที่มีค่า 2.83 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในการสำรวจภาคสนามไม่พบเศษเปลือกหอยในชั้น ตะกอนสีนามี ณ จุดศึกษาใน ในขณะที่ตะกอนหน้าหาดพบปริมาณเศษเปลือกหอยเป็นจำนวนมาก

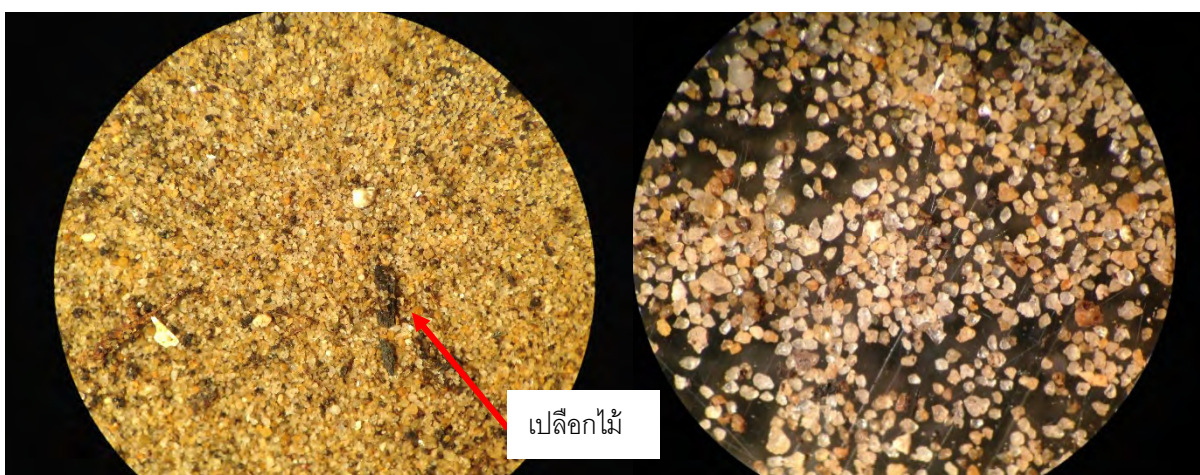
จุดสำรวจที่ 11 (รูปที่ 3.11) ค่า LOI550 ของชั้นตะกอนสีนามีค่า 1.41-2.97 เปอร์เซ็นต์ โดยชั้น ดินดานที่ติดกับชั้นดินจะมีค่าสูง และมีแนวโน้มที่ลดลง มีความผิดปกติที่ชั้นที่ 16-18 เซนติเมตร คาดว่า เกิดจากชั้นนี้มีเศษรากไม้ ใบไม้ ที่ถูกพัดพามาสะสมตัวร่วมกับตะกอนทราย ตะกอนหน้าหาดมีค่า LOI550 0.58 เปอร์เซ็นต์และตะกอนใต้ชั้นสีนามีค่า 0.24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากตะกอนสีนามีอย่างชัดเจน ส่วนค่า LOI950 ของชั้นตะกอนสีนามีค่า 0.34-3.53 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามความลึก ในชั้นที่ 16-18 เซนติเมตรแสดงค่าสูงที่สุด เช่นเดียวกับค่า LOI550 แสดงว่าชั้นนี้มีเศษรากไม้ ใบไม้ เปลือก หอยสะสมตัวอยู่มาก และด้านล่างของชั้นนี้มีค่า LOI950 ที่ลดลง ส่วนตะกอนหน้าหาดมีค่า LOI950 0.55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงของตะกอนสีนามี และตะกอนใต้ชั้นสีนามีค่า LOI950 0.29 เปอร์เซ็นต์ มีค่า น้อยกว่าชั้นตะกอนสีนามี

3.2.3 ผลการศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องตา

ผลการศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดแร่ในตะกอนสีนามี พ.ศ. 2547 โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่อง ตา องค์ประกอบของแร่โดยรวมส่วนใหญ่เป็นเป็นควอตซ์ มีลักษณะความกลมมน (Roundness) ของแร่ มี ค่าปานกลาง (Subrounded-Rounded) และมีความเป็นทรงกลมสูง (High sphericity) ในจุดสำรวจที่ 11 พบรากไม้ ใบไม้ เปลือกไม้ (รูปที่ 3.12) และเศษเปลือกหอย (รูปที่ 3.13) ส่วนจุดสำรวจที่ 2 ไม่พบเศษ เปลือกหอย (รูปที่ 3.14)



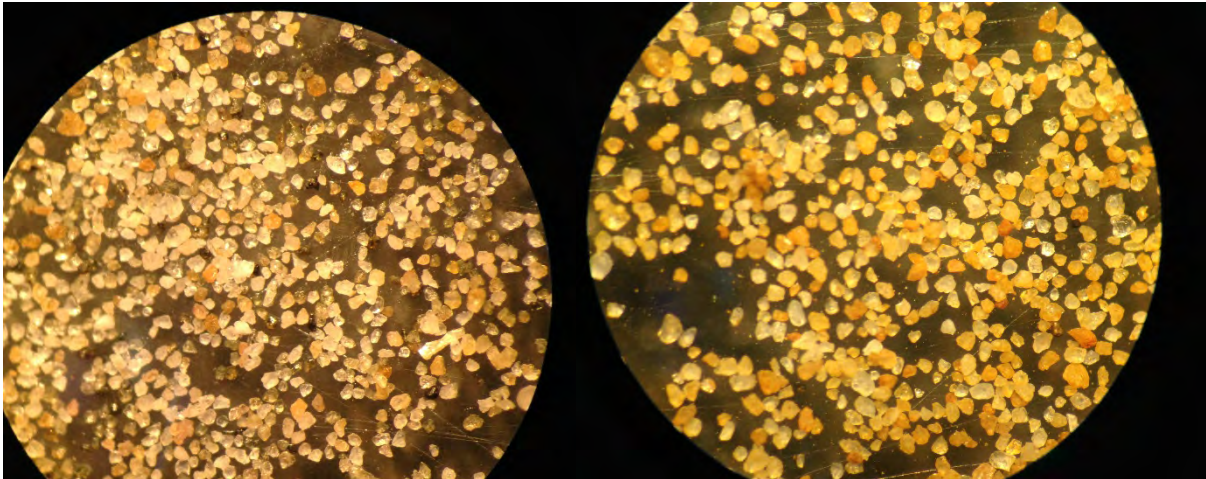
รูปที่ 3.11 แสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารและคาร์บอนต จุดสำรวจที่ 11



รูปที่ 3.12 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนสีนามี พ.ศ. 2547 จุดสำรวจ 11



รูปที่ 3.13 เปลือกหอยที่พบจุดสำรวจ 11



รูปที่ 3.14 ลักษณะทางกายภาพของตะกอนสีนามี พ.ศ. 2547 จุดสำรวจ 2

3.2.4 ผลการจำแนกเหตุการณ์สีนามีหรือพายุจากปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่

จากการเก็บข้อมูลในภาคสนามของปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ และคำนวณโดยใช้สมการของ Lorang (2011) เพื่อหาว่าก้อนหินมนใหญ่เหล่านั้นถูกพัดพามาสะสมตัวโดยพายุหรือสีนามี ผลที่ได้ท้ายสุดจะเป็นคาบที่คลื่นจากพายุหรือสีนามีใช้ในการเคลื่อนที่ก้อนหินมนใหญ่เหล่านั้น ผลที่ได้แสดงตารางที่ 3.5

จากสมการของ Lorang (2011) สำหรับก้อนหินมนใหญ่แต่ละก้อนนั้น จะต้องได้คาบที่คลื่นใช้ในการเคลื่อนที่ 2 ค่า คือคาบที่สีนามีใช้ในการเคลื่อนที่ และคาบที่พายุใช้ในการเคลื่อนที่ แต่จากข้อมูลในตารางที่ 3.5 มีเพียงตัวอย่างที่ 4.3 ที่สามารถคำนวณหาคาบออกมาได้ ซึ่งคาบที่สีนามีใช้ในการเคลื่อนที่คือ 22.76 วินาที และคาบที่พายุใช้ในการเคลื่อนที่คือ 8.78 วินาที ทั้ง 2 คาบนี้มีความใกล้เคียงกัน และเป็นคาบที่สั้น ดังนั้นตัวอย่างที่ 4.3 ถูกพัดพามาสะสมตัวเนื่องจากพายุ ส่วนตัวอย่างอื่นๆไม่สามารถบอกได้ว่ามาจากเหตุการณ์ใด

Sample	Dimension (m)			Elevation from MSL (m)	Slope (Degree)	H(Tsunami)	H(Storm)	Umax (tsunami)	Umax (storm)	S	Di	T(tsunami)	T(storm)
	A	B	C										
4.1I	0.54	0.4	0.26	1.63	16	0.05	-0.01	1.06		0.29	0.40		
4.1II	0.39	0.2	0.1	1.63		0.02	-0.18	0.70		0.29	0.23		
4.2I	0.35	0.2	0.12	2.33	8	0.02	-0.15	0.64		0.14	0.22		
4.2II	0.49	0.35	0.2	2.33		0.05	-0.04	1.03		0.14	0.35		
4.2III	0.32	0.3	0.09	2.33		0.06	-0.14	1.18		0.14	0.24		
4.2IV	0.4	0.22	0.15	2.43		0.02	-0.12	0.66		0.14	0.26		
4.2V	0.28	0.25	0.8	2.43		0.01	-0.02	0.35		0.14	0.44		
4.3	0.6	0.42	0.2	2.99	19	0.07	0.01	1.26	0.49	0.34	0.41	22.76	8.78
4.4I	0.36	0.28	0.18	1.69	15	0.03	-0.09	0.82		0.27	0.27		
4.4II	0.5	0.35	0.18	1.69		0.05	-0.05	1.08		0.27	0.34		
4.4III	0.42	0.15	0.1	1.69		0.01	-0.18	0.43		0.27	0.22		
5I	0.32	0.2	0.15	1.07	8	0.01	-0.12	0.57		0.14	0.22		
5II	0.37	0.2	0.12	1.07		0.02	-0.15	0.64		0.14	0.23		
6	0.25	0.25	0.12	1.96	10	0.03	-0.13	0.84		0.18	0.21		
7	0.4	0.2	0.13	1.48	13	0.02	-0.14	0.62		0.23	0.24		
8	0.35	0.25	0.15	1.51	8	0.03	-0.11	0.77		0.14	0.25		
9	0.35	0.22	0.11	1.14	9	0.03	-0.16	0.76		0.16	0.23		
18	0.45	0.3	0.16	-0.30	4	0.04	-0.09	0.95		0.07	0.30		
19	0.48	0.33	0.12	1.27	12	0.06	-0.09	1.20		0.21	0.31		
20	0.4	0.2	0.2	0.07	10	0.01	-0.10	0.50		0.18	0.27		

ตารางที่ 3.5 ผลการคำนวณปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่จากสมการของ Lorang (2011)

บทที่ 4

อภิปรายและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

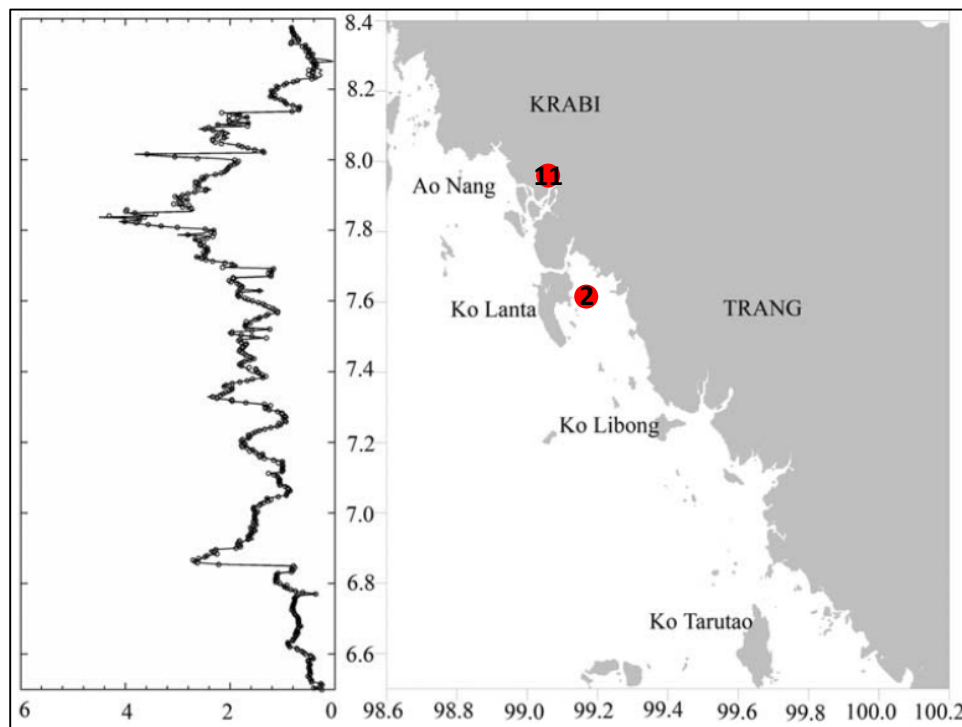
4.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการสำรวจภาคสนาม ผลวิเคราะห์ขนาดตะกอน ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณอินทรีย์สาร และปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี LOI ผลการศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา และผลการจำแนกเหตุการณ์สึนามิหรือพายุจากก้อนหินมนใหญ่ สามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

4.1.1 การสำรวจภาคสนาม

1) ตะกอนสึนามิ

ไม่พบตะกอนสึนามิโบราณในพื้นที่ศึกษา และในจุดศึกษาส่วนใหญ่ไม่พบตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 แม้ว่าจุดศึกษาเหล่านี้พื้นที่อยู่ในที่ที่มีการท่วมเข้ามาของสึนามิ (คลื่นสูงประมาณ 2.5 เมตร) ทำให้สรุปได้คร่าวๆว่า คลื่นสึนามิต้องมีความสูงมากกว่า 2.5 เมตรขึ้นไปจึงจะเหลือชั้นทรายสึนามิให้เห็น ส่วนจุดสำรวจที่ 2 และ 11 (รูปที่ 4.1) เป็นจุดที่มีศักยภาพการคงสภาพ (Preservation potential) ของตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 สูงกว่าบริเวณอื่น



รูปที่ 4.1 ผลที่ได้จากแบบจำลองความสูงของคลื่นสึนามิ พ.ศ. 2547 ในพื้นที่จังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง

(loulalen et al., 2007) และแสดงตำแหน่งจุดสำรวจที่ 2 และ 11

2) ก้อนหินมนใหญ่

จากการสำรวจในบริเวณต่างๆในพื้นที่ศึกษาที่มีความเป็นไปได้ที่จะพบก้อนหินมนใหญ่เช่นแหลมและหัวหาด พบปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ 20 ก้อน คาดว่าในบริเวณจุดที่สำรวจมีเหตุการณ์ที่มีการท่วมเข้ามาของน้ำทะเล (พายุหรือสึนามิ) ไม่บ่อย

4.1.2 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน

จากผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 พบว่าค่าเฉลี่ยขนาดตะกอน Phi (ϕ) ของจุดสำรวจที่ 2 มีค่าประมาณ 2.77 ซึ่งมีขนาดทรายละเอียด (Fine sand) และจุดสำรวจที่ 11 มีค่าประมาณ 3.2 ซึ่งเป็นขนาดทรายละเอียดมาก (Very fine sand)

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งแสดงถึงการคัดขนาดของตะกอน (Sorting) ของตะกอนสึนามิมีการคัดขนาดปานกลาง และที่ระดับความลึกตะกอนมากขึ้นตะกอนสึนามิในจุดสำรวจที่ 11 มีแนวโน้มที่แสดงถึงการคัดขนาดที่แยลง ค่า Skewness มีค่าต่ำ แสดงถึงการเบ้ไปทางตะกอนขนาดหยาบมากกว่าขนาดละเอียด (Very fine skewed) และค่า Kurtosis มีค่าสูง (Very leptokurtic) แสดงว่าตะกอนไม่มีความหลากหลายของขนาด ส่วนตะกอนหน้าหาดส่วนใหญ่มีขนาดเป็นทรายละเอียด (Fine sand) มีการคัดขนาดที่ดีเนื่องจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อย มีค่า Skewness และ Kurtosis น้อยแสดงถึงความสมมาตรของขนาดตะกอน ตะกอนใต้ชั้นสึนามิ มีค่าทางสถิติที่ใกล้เคียงกับตะกอนหน้าหาดของจุดสำรวจที่ 11 ดังตารางที่ 4.1 จึงคาดว่าเคยเป็นตะกอนหน้าหาดในอดีต และมีตะกอนสึนามิมาตกทับถมอยู่ด้านบน

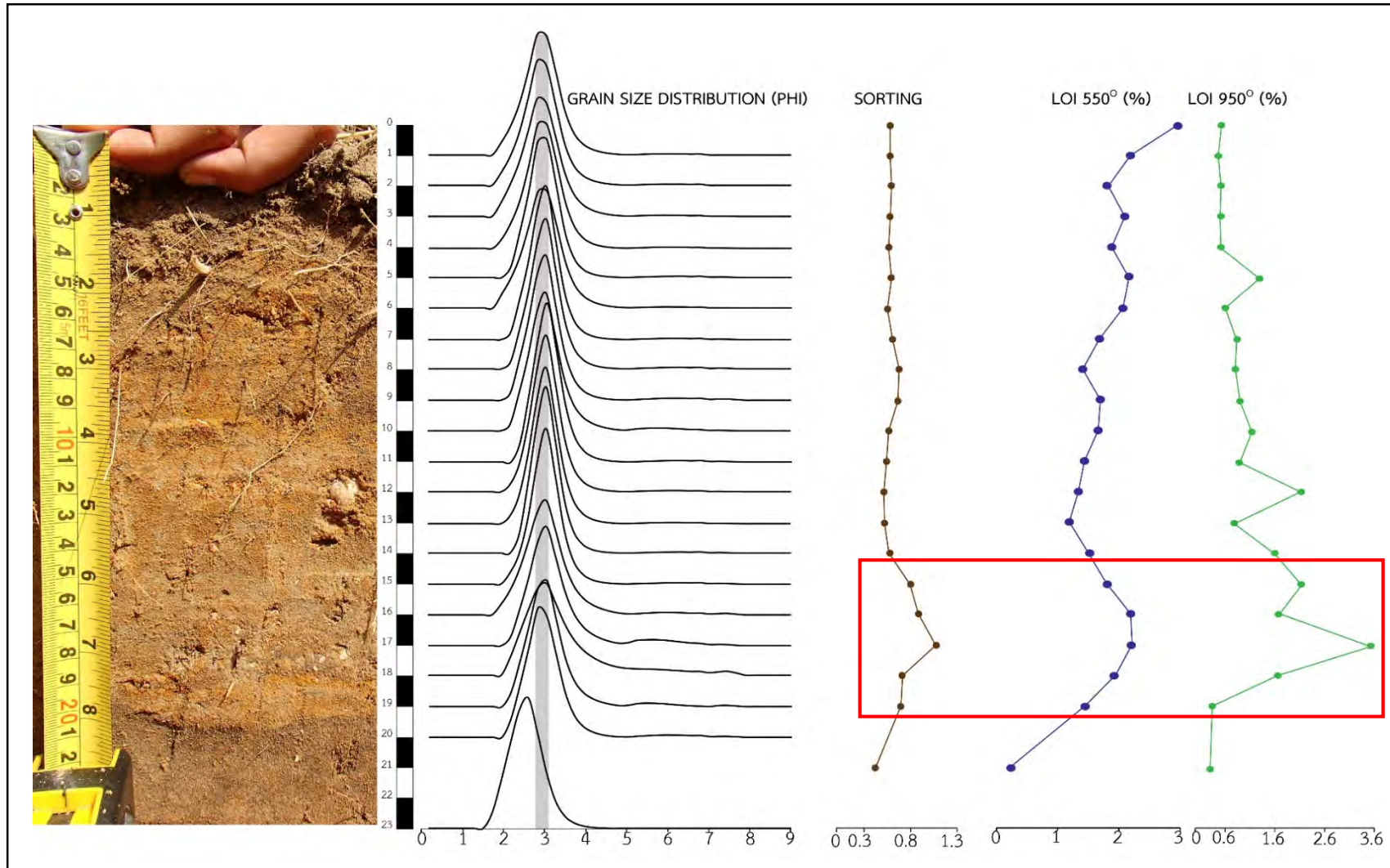
ตะกอนทั้งหมดที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์มีการกระจายตัวแบบ unimodal นั่นคือพบตะกอนขนาดเดียวกัน และพบตะกอนขนาดอื่นปริมาณเล็กน้อย

Sample	Mean Phi (ϕ)	SD	Skewness (Sk ϕ)	Kurtosis (K ϕ)
Beach sand	2.81	0.38	0.35	3.33
Pre-2004 tsunami sand	2.68	0.42	0.44	3.38

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าทางสถิติของตะกอนหน้าหาดและตะกอนใต้ชั้นสึนามิ จุดสำรวจที่ 11

4.1.3 วิเคราะห์เชิงปริมาณหาปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณคาร์บอนต ด้วยวิธี LOI

ตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 บริเวณที่ติดกับชั้นดินด้านบนจะมีค่า LOI 550 ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณอินทรีย์สารสูงเพราะในบริเวณนั้นจะมีเศษของรากไม้ ใบไม้ เปลือกไม้ จากชั้นดินติดอยู่เยาะ และสำหรับค่า LOI 950 ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณคาร์บอนต ในจุดสำรวจที่ 2 มีค่าน้อยเพราะไม่พบเศษเปลือกหอยในชั้นทรายสึนามิ ส่วนในจุดสำรวจที่ 11 มีค่าสูงเนื่องจากพบเปลือกหอยในชั้นสึนามิ และชั้นที่มีค่ามากที่สุดคือ 15-17 เซนติเมตรเป็นชั้นที่พบเปลือกหอยมากที่สุดสอดคล้องกับการคัดขนาดที่ไม่ดีของตะกอนในชั้นเดียวกัน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการคัดขนาดและปริมาณอินทรีย์สารและคาร์บอนเนต จุดสำรวจที่ 11

4.1.4 การศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา

ชั้นตะกอนสีนํามี พ.ศ. 2547 จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสองตา พบว่ามีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบหลัก คาดว่าต้นกำเนิดของตะกอนมาจากการผุพังของหินบริเวณโดยรอบ ซึ่งเป็นกลุ่มหินแก่กระจาน (CPK) มีอายุแก่ที่สุดในบริเวณนั้น และยังประกอบด้วยหินทรายเนื้อซิลิกา

4.1.5 การจำแนกเหตุการณ์สึนามิหรือพายุจากก้อนหินมนใหญ่

Lorang (2011) ได้ใช้สมการของ Nott (2003) เพื่อหาความสูงของคลื่น จากนั้นนำมาคำนวณหาคาบที่คลื่นใช้ในการเคลื่อนที่ เมื่อผลลัพธ์ออกมามีคาบที่ยาวตั้งแต่ 1 นาทีถึงหลายชั่วโมงแสดงว่าถูกพัดพามาโดยสึนามิ และคาบสั้นตั้งแต่ 10 - 40 วินาทีแสดงว่าถูกพัดพามาโดยพายุ ในการศึกษาครั้งนี้มีเพียงตัวอย่างที่ 4.3 ที่สามารถคำนวณออกมาและบอกได้ว่ามาจากการพัดพาของพายุ

จากสมการที่ 1 ที่ใช้ในการหาความสูงของคลื่นพายุ พบว่าเมื่อทำการคำนวณกับตัวอย่างอื่นๆ (ยกเว้นตัวอย่างที่ 4.3) ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าติดลบ และไม่สามารถนำไปคำนวณต่อในสมการที่ 3 เพื่อหาความเร็วสูงสุดของคลื่นได้ เมื่อพิจารณาพจน์ในกรอบสีแดง (รูปที่ 4.3) เป็นพจน์ที่ทำให้สมการนี้ได้ผลเป็นค่าลบ เพราะเมื่อค่า b มีค่าน้อยไปหารค่า a จะทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นค่าที่มาก เมื่อคูณกับ 4 ยิ่งเพิ่มค่าให้พจน์นี้ เมื่อนำไปลบกับ $2a$ จึงทำให้ผลลัพธ์ติดลบ และเมื่อนำตัวแปรเดียวกันไปใช้ในสมการที่ 2 (รูปที่ 4.4) ค่าที่ได้จึงเป็นบวก เพราะฉะนั้นแกน b ต้องมีขนาดที่ยาวกว่า 41 เซนติเมตรจึงจะสามารถใช้กับสมการของ Lorang (2011) ได้

$$H_{st} \geq \frac{(\rho_s - \rho / \rho)[2a - 4C_m(a/b)(u/g)]}{C_d(ac/b^2) + C_l} \quad (1)$$

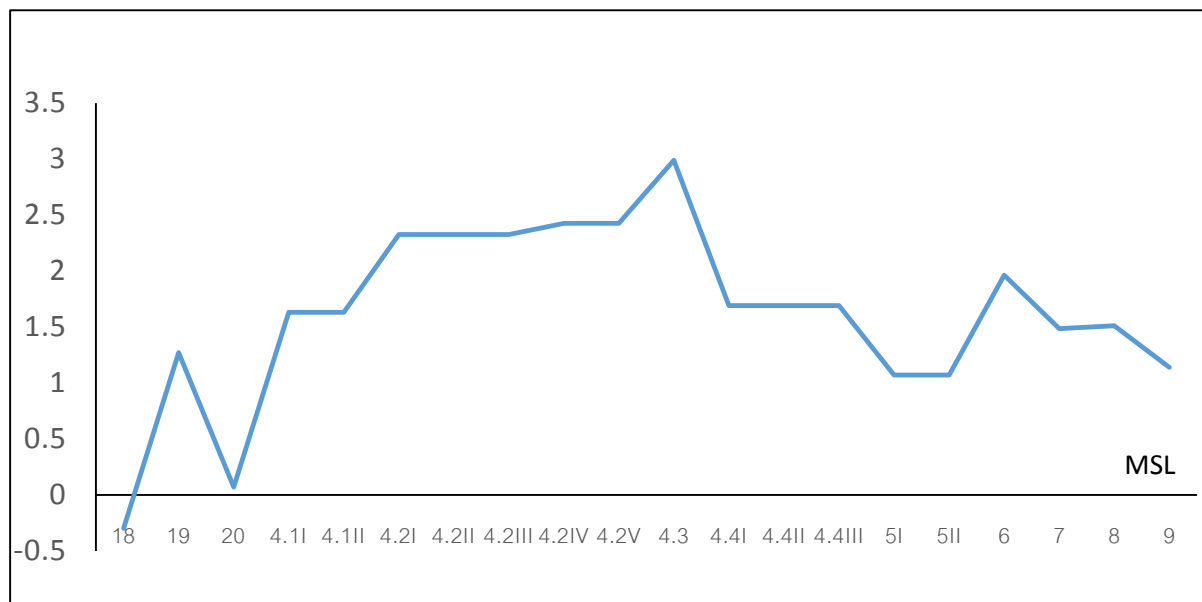
รูปที่ 4.3 สมการที่ 1 ของ Lorang (2011) เพื่อความสูงของคลื่นพายุ

$$H_t \geq \frac{0.25(\rho_s - \rho / \rho)[2a - C_m(a/b)(u/g)]}{C_d(ac/b^2) + C_l} \quad (2)$$

รูปที่ 4.4 สมการที่ 2 ของ Lorang (2011) เพื่อความสูงของคลื่นสึนามิ

ปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ที่พบในพื้นที่ศึกษาและทำการเก็บข้อมูลมานั้น ก้อนที่มีปริมาตรสูงที่สุดคือ 0.056 ลูกบาศก์เมตร และก้อนที่มีมวลหนักที่สุดคือ 0.06 ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาก้อนหินมนใหญ่ที่ถูกพัดพาโดยสึนามิของ Scicchitano et al. (2007) ที่ประเทศอิตาลี พบว่าก้อนที่มีปริมาตรต่ำที่สุดคือ 0.3 ลูกบาศก์เมตร และก้อนที่มีมวลเบาที่สุดคือ 0.32 ตัน ซึ่งมีทั้งมวลและปริมาตรมากกว่าที่พบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดกระบี่ และจากตำแหน่งความสูงจากระดับน้ำทะเลที่พบปะการังขนาดก้อนหินมน

ใหญ่ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดกระบี่ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางใกล้เคียงกับกับระดับน้ำขึ้น-น้ำลงในแต่ละวัน (รูปที่ 4.5) ดังนั้นปะการังก้อนหินมนใหญ่ที่พบในพื้นที่ศึกษาไม่สามารถระบุได้ว่าถูกพัดพามาสะสมตัวจากเหตุการณ์ใด คลื่นที่มีความรุนแรงสูงอย่างเช่นสึนามิหรือพายุก็สามารถพัดพาได้ หรือช่วงที่คลื่นมีความรุนแรงในแต่ละวันหรือในฤดูมรสุมก็สามารถพัดพาปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่เหล่านี้มาสะสมได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.5 แสดงระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางของปะการังก้อนหินมนใหญ่
เรียงจากทิศเหนือ (ซ้าย) ไปทางทิศใต้ (ขวา)

4.2 สรุปผลการศึกษา

จากการสำรวจไม่พบตะกอนสึนามิโบราณในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดกระบี่ แต่พบตะกอนสึนามิ พ.ศ. 2547 สถานที่พบคือจุดสำรวจที่ 2 เกาะลันตาน้อย มีความหนา 2 เซนติเมตร มีขนาดตะกอนเฉลี่ย (Φ) ประมาณ 2.77 หรือ 0.145 มิลลิเมตร มีค่า LOI550 เท่ากับ 1.98-2.41 เปอร์เซ็นต์ และค่า LOI950 เท่ากับ 0.55-0.65 เปอร์เซ็นต์ และจุดสำรวจที่ 11 บ้านหาดยาว มีความหนา 20 เซนติเมตร มีขนาดตะกอนเฉลี่ย (Φ) ประมาณ 3.2 หรือ 0.120 มิลลิเมตร มีลักษณะชั้นตะกอนเรียงจากใหญ่ขึ้นไปเล็ก (Fining upward sequence) และเรียงตัวจากเล็กขึ้นไปใหญ่ (Coarsening upward sequence) มีพบเศษเปลือกหอย ไข่ ไม้ เปลือกไม้ อยู่ในชั้นตะกอน มีค่า LOI550 เท่ากับ 1.41-2.97 เปอร์เซ็นต์ และค่า LOI950 เท่ากับ 0.34-3.53 เปอร์เซ็นต์ โดยแร่องค์ประกอบหลักของตะกอนทั้ง 2 จุดคือแร่ควอตซ์ มีความกลมมน (Roundness) ของแร่ มีค่าปานกลาง (Subrounded-Rounded) และมีความเป็นทรงกลมสูง (High sphericity) และมีการคัดขนาดตะกอนปานกลาง (Moderately well sorted)

พบปะการังขนาดก้อนหินมนใหญ่ในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดกระบี่ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็น
หลักฐานเหตุการณ์สึนามิหรือพายุไต้ฝุ่น

4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีขนาดใหญ่ จึงควรใช้เวลาในการออกภาคสนามให้นานกว่านี้ เพื่อที่จะได้
ข้อมูลที่ครบถ้วน

4.3.2 การศึกษาเชิงคุณภาพหาชนิดของแร่ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา ต้องอาศัยประสบการณ์และ
ความรู้ของผู้วิจัย จึงจะสามารถแยกแยะแร่ได้ ดังนั้นอาจจะมีผลผิดพลาดของผู้วิจัยทำให้ได้ผลที่
ผิดพลาดบ้าง เพื่อความแม่นยำควรนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD หรือการนับแร่

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. แผนที่พื้นที่น้ำท่วมจากคลื่นสึนามิ จังหวัดกระบี่. 2548.
- กรมทรัพยากรธรณี. แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัด มาตรฐาน 1:1,000,000. [ออนไลน์]. 2550. แหล่งที่มา:
<http://www.dmr.go.th/download/pdf/South/Krabi.pdf> [30 เมษายน 2558]
- กรมทรัพยากรธรณี. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ความรู้ธรณีวิทยา
 ทรัพยากรธรณี และธรณีพิบัติภัย จังหวัดกระบี่. [ออนไลน์]. 2550. แหล่งที่มา:
<http://www.dmr.go.th/download/teacher/Krabi/document.pdf> [30 เมษายน 2558]
- กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือจัดการดินจังหวัดกระบี่. [ออนไลน์]. 2550. แหล่งที่มา:
http://osl101.idd.go.th/soilgr_man/south/pdf_s/book/kbi.pdf [10 พฤษภาคม 2558]
- กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. มาตรฐานน้ำ น่าน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา - อ่าวไทย - ทะเลอันดามัน
 พ.ศ. 2558. 2558.
- Bucher, D., Harriott, V., Roberts, L.G., 1998. Skeletal micro-density, porosity and bulk
 density of acroporid corals. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*,
 228, 117-136.
- Fujino, S., Naruse, H., Matsumoto, D., Jarupongsakul, T., Sphawajruksakul, A., Sakakura, N.,
 2009. Stratigraphic evidence for pre-2004 tsunamis in southwestern Thailand. *Marine
 Geology*, 262, 25–28.
- Goto, K., Chavanich, S.A., Imamura, F., Kunthasap, P., Matsui, T., Minora, K., Sugawara, D.,
 Yanagisawa, H., 2007. Distribution, origin and transport process of boulders deposited
 by the 2004 Indian Ocean Tsunami at Pakarang Cape, Thailand. *Sed Geol*, 202,
 821–827.
- Goto, K., Okada, K., Imamura, F., 2010. Numerical analysis of boulder transport by the
 2004 Indian Ocean tsunami at Pakarang Cape, Thailand. *Marine Geology*, 268,
 97–105.
- Hawkes, A.D., Bird, M., Cowie, S., Grundy-Warr, C., Horton, B.P., Tan Shau Hwai, A., Law,
 L., Macgregor, C., Nott, J., Eong Ong, J., Rigg, J., Robinson, R., Tan-Mullins, M.,
 Tiong Sa, T., Zulfigar, Y., 2007. The Sediments Deposited by the 2004 Indian Ocean

- Tsunami along the Malaysia-Thailand Peninsula. *Marine Geology*, 242, 169–190.
- Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G., 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25, 101–110.
- Ioualalen, M., Asavanat, J., Kaewbanjak, N., Grilli, S.T., Kirby, J.T., and Watts, P., 2007. Modeling the 26 December 2004 Indian Ocean tsunami: Case study of impact in Thailand. *Journal of Geophysical Research*, 112.
- Jankaew, K., Atwater, B. F., Sawai, Y., Choowong, M., Charoentitirat, T., Martin, M. E., Prendergast, A., 2008. Medieval forewarning of the 2004 Indian Ocean tsunami in Thailand. *Nature*, 455, 1228–1231.
- Lorang, M.S., 2011. A wave-competence approach to distinguish between boulder and megaclast deposits due to storm waves versus tsunamis. *Marine Geology*, 283, 90–97.
- Marchand, H., 2006. Impacts of the tsunami on a Marine National Park area—Case study of Lanta Islands (Thailand). *Ocean & Coastal Management*, 49, 923–946.
- Nott, J., 2003. Tsunami or storm waves? Determining the origin of a spectacular field of wave emplaced boulders using numerical storm surge and wave models and hydrodynamic transport equations. *Journal of Coastal Research*, 19, 348–356.
- Paris, R., Naylor, L.A., Stephenson, W., 2011. Boulders as a signature of storms on rock coasts. *Marine Geology*, 283, 1–11.
- Prendergast, A. L., Cupper, M. L., Jankaew, K., Sawai, Y., 2011. Indian Ocean tsunami recurrence from optical dating of tsunami sand sheets in Thailand. *Marine Geology*, 295–298, 20–27.
- Rhodes, B.P., Kirby, M.E., Jankaew, K., Choowong, M., 2011. Evidence for a mid-Holocene tsunami deposit along the Andaman coast of Thailand preserved in a mangrove environment. *Marine Geology*, 282, 255–267.
- Scicchitano, G., Monaco, C., Tortorici, L., 2007. Large boulders deposits by tsunami waves along the Ionian coast of south-eastern Sicily (Italy). *Marine Geology*, 238, 75–91.

- Terry, P.J., Jankaew, K., Kieran, D., 2015. Coastal vulnerability to high-energy marine inundation in the Bay of Bangkok, Thailand? Geological evidence from carbonate boulder deposits on Ko Larn island. (Accepted to *Earth Surface Processes & Landforms*)
- Yawsangratt, S., Szczucinski, W., Chaimanee, N., Chatprasert, S., Majewski, W., Lorenc, S., 2012. Evidence of probable paleotsunami deposits on Kho Khao Island, Phang Nga Province, Thailand. *Natural Hazards*, 63, 151-163.
- Yawsangratt, S., Szczucinski, W., Chaimanee, N., Jagodzinski, R., Lorenc, S., Chatprasert, S., Saisuttichai, D., Tepsuwan, T., 2009. Depositional effects of 2004 tsunami and hypothetical paleotsunami near Thap Lamu Navy Base in Phang Nga Province, Thailand. *Polish Journal of Environmental Studies*. 18, 17–23.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงความถี่สะสมขนาดตะกอนจุดศึกษาที่ 2

Grain Size	Phi (ϕ)	Tsunami Sand (cm)		Beach sand
		0-1	1-2	
Clay	14.06862	0	0	0
	8.118469	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0
	7.67781	0	0	0
	7.457482	0	0	0
	7.237145	0	0	0
	7.016828	0	0	0
	6.796501	0.10027	0.161257	0
	6.576162	0.121617	0.174303	0
	6.35584	0.192997	0.262563	0
	6.135509	0.208727	0.280463	0
	5.915178	0.244313	0.32401	0
	5.694844	0.233863	0.310437	0
	5.474515	0.20957	0.282993	0
	5.254185	0.165927	0.23272	0
	5.033855	0.112057	0.16357	0
	4.813528	0.02776	0.102123	0
	4.593198	0.037093	0.032473	0.02473
	4.372867	0.103963	0.068873	0.066163333
	4.152537	0.287203	0.193443	0.200656667
Very Fine Sand	3.932207	0.681473	0.47505	0.518016667
	3.711876	1.46895	1.04977	1.164053333
	3.491548	3.024253	2.228447	2.40209
	3.271217	5.961353	4.631217	4.61818
Fine Sand	3.050887	10.63098	8.936347	8.017213333
	2.830557	15.98066	14.67669	11.94586
	2.610228	19.94009	19.69482	15.09126
	2.389898	17.61816	19.21377	16.75550333
Medium Sand	2.169567	12.71274	14.48534	14.79431333
	1.949238	7.342677	8.625477	11.35663333
	1.728908	2.593297	3.393843	7.85254
	1.508578	0	0	4.348446667
	1.288248	0	0	0.84435
Coarse Sand	1.067918	0	0	0
	0.847588	0	0	0
	0.627258	0	0	0
	0.406928	0	0	0
	0.186598	0	0	0
Total (%)		100	100	100.00001

ตารางแสดงความถี่สะสมขนาดตะกอนจุดศึกษาที่ 11

Grain Size	Phi(ϕ)	Tsunami sand (cm)					
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Clay	14.06862	0	0	0	0	0	0
	8.118469	0	0	0	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0	0	0	0
	7.67781	0	0	0.00404	0.001347	0.001796	0.002394
	7.457482	0	0	0.014043	0.004681	0.006241	0.008322
	7.237145	0	0	0.022223	0.007408	0.009877	0.013169
	7.016828	0	0	0.02344	0.007813	0.010418	0.01389
	6.796501	0.160383	0.191317	0.13108	0.160927	0.161108	0.151038
	6.576162	0.134577	0.148347	0.120127	0.13435	0.134274	0.129584
	6.35584	0.184983	0.194713	0.17135	0.183682	0.183249	0.179427
	6.135509	0.187263	0.192503	0.181897	0.187221	0.187207	0.185442
	5.915178	0.19618	0.195733	0.197813	0.196576	0.196707	0.197032
	5.694844	0.169183	0.166403	0.178277	0.171288	0.171989	0.173851
	5.474515	0.128917	0.126487	0.141427	0.132277	0.133397	0.1357
	5.254185	0.080667	0.078737	0.09196	0.083788	0.084828	0.086859
	5.033855	0.058483	0.05437	0.06922	0.060691	0.061427	0.063779
	4.813528	0.103597	0.09057	0.124157	0.106108	0.106945	0.112403
	4.593198	0.247377	0.215503	0.29309	0.25199	0.253528	0.266203
	4.372867	0.51152	0.449173	0.59283	0.517841	0.519948	0.54354
4.152537	0.98145	0.871237	1.104987	0.985891	0.987371	1.026083	
Very Fine Sand	3.932207	1.883997	1.69537	2.04381	1.874392	1.871191	1.929798
	3.711876	3.746557	3.439997	3.902	3.696184	3.679394	3.759193
	3.491548	7.607963	7.186537	7.587963	7.460821	7.411774	7.486853
	3.271217	14.08636	13.76693	13.5704	13.8079	13.71508	13.69779
	3.050887	19.85396	20.0557	18.9698	19.62649	19.55066	19.38232
Fine Sand	2.830557	20.17427	20.76298	19.64298	20.19341	20.19979	20.01206
	2.610228	14.08941	14.50299	14.20736	14.26659	14.32565	14.26653
	2.389898	8.567	8.74548	9.02649	8.779657	8.850542	8.885563
	2.169567	4.746433	4.78586	5.300837	4.944377	5.010358	5.08519
Medium Sand	1.949238	2.099477	2.08307	2.286393	2.156313	2.175259	2.205989
	1.728908	0	0	0	0	0	0
	1.508578	0	0	0	0	0	0
	1.288248	0	0	0	0	0	0
	1.067918	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	0.847588	0	0	0	0	0	0
	0.627258	0	0	0	0	0	0
	0.406928	0	0	0	0	0	0
	0.186598	0	0	0	0	0	0
	Total	100	100	100	100	100	100

Grain Size	Phi(ϕ)	Tsunami sand (cm)					
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Clay	14.06862	0	0	0	0	0	0
	8.118469	0	0	0	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0	0	0	0
	7.67781	0.001845	0.002012	0.002084	0.00198	0.002025	0.00203
	7.457482	0.006415	0.006993	0.007243	0.006884	0.00704	0.007056
	7.237145	0.010151	0.011066	0.011462	0.010893	0.01114	0.011165
	7.016828	0.010707	0.011672	0.01209	0.01149	0.01175	0.011777
	6.796501	0.157691	0.156612	0.155114	0.156472	0.156066	0.155884
	6.576162	0.132736	0.132198	0.131506	0.132147	0.13195	0.131868
	6.35584	0.182119	0.181598	0.181048	0.181589	0.181412	0.181349
	6.135509	0.186623	0.186424	0.186163	0.186403	0.18633	0.186299
	5.915178	0.196772	0.196837	0.19688	0.19683	0.196849	0.196853
	5.694844	0.172376	0.172739	0.172989	0.172701	0.17281	0.172833
	5.474515	0.133791	0.134296	0.134596	0.134228	0.134373	0.134399
	5.254185	0.085158	0.085615	0.085877	0.08555	0.085681	0.085703
	5.033855	0.061966	0.062391	0.062712	0.062356	0.062486	0.062518
	4.813528	0.108485	0.109278	0.110055	0.109273	0.109535	0.109621
	4.593198	0.25724	0.25899	0.260811	0.259014	0.259605	0.25981
	4.372867	0.52711	0.530199	0.533616	0.530308	0.531375	0.531766
4.152537	0.999782	1.004412	1.010092	1.004762	1.006422	1.007092	
Very Fine Sand	3.932207	1.891794	1.897594	1.906395	1.898594	1.900861	1.90195
	3.711876	3.71159	3.716726	3.72917	3.719162	3.721686	3.723339
	3.491548	7.453149	7.450592	7.463531	7.455757	7.456627	7.458639
	3.271217	13.74025	13.71771	13.71858	13.72551	13.7206	13.72157
	3.050887	19.51982	19.48427	19.46213	19.48874	19.47838	19.47642
Fine Sand	2.830557	20.13509	20.11565	20.0876	20.11278	20.10534	20.1019
	2.610228	14.28626	14.29281	14.28187	14.28698	14.28722	14.28536
	2.389898	8.838587	8.858231	8.860794	8.852537	8.857187	8.856839
	2.169567	5.013308	5.036285	5.044928	5.031507	5.037574	5.038003
Medium Sand	1.949238	2.179187	2.186811	2.190662	2.185554	2.187676	2.187964
	1.728908	0	0	0	0	0	0
	1.508578	0	0	0	0	0	0
	1.288248	0	0	0	0	0	0
	1.067918	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	0.847588	0	0	0	0	0	0
	0.627258	0	0	0	0	0	0
	0.406928	0	0	0	0	0	0
	0.186598	0	0	0	0	0	0
	Total	100	100	100	100	100	100

Grain Size	Phi(ϕ)	Tsunami sand (cm)					
		12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
Clay	14.06862	0	0	0	0	0	0
	8.118469	0	0	0	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0	0	0	0
	7.67781	0.002012	0.002022	0.002021	0.002018	0.002021	0.00202
	7.457482	0.006993	0.007029	0.007026	0.007016	0.007024	0.007022
	7.237145	0.011066	0.011124	0.011119	0.011103	0.011115	0.011112
	7.016828	0.011672	0.011733	0.011727	0.011711	0.011724	0.011721
	6.796501	0.156141	0.15603	0.156018	0.156063	0.156037	0.15604
	6.576162	0.131988	0.131935	0.13193	0.131951	0.131939	0.13194
	6.35584	0.18145	0.181404	0.181401	0.181418	0.181408	0.181409
	6.135509	0.186344	0.186324	0.186322	0.18633	0.186326	0.186326
	5.915178	0.196844	0.196849	0.196849	0.196847	0.196848	0.196848
	5.694844	0.172781	0.172808	0.172808	0.172799	0.172805	0.172804
	5.474515	0.134333	0.134368	0.134367	0.134356	0.134364	0.134362
	5.254185	0.085645	0.085676	0.085674	0.085665	0.085672	0.08567
	5.033855	0.062454	0.062486	0.062486	0.062475	0.062482	0.062481
	4.813528	0.109476	0.109544	0.109547	0.109523	0.109538	0.109536
	4.593198	0.259476	0.25963	0.259639	0.259582	0.259617	0.259613
4.372867	0.53115	0.53143	0.531449	0.531343	0.531407	0.5314	
4.152537	1.006092	1.006536	1.006573	1.0064	1.006503	1.006492	
Very Fine Sand	3.932207	1.900468	1.901093	1.901171	1.900911	1.901058	1.901047
	3.711876	3.721395	3.72214	3.722291	3.721942	3.722125	3.722119
	3.491548	7.457008	7.457424	7.45769	7.457374	7.457496	7.45752
	3.271217	13.72256	13.72158	13.7219	13.72201	13.72183	13.72192
	3.050887	19.48118	19.47866	19.47875	19.47953	19.47898	19.47909
Fine Sand	2.830557	20.10667	20.10464	20.10441	20.10524	20.10476	20.1048
	2.610228	14.28652	14.28636	14.28608	14.28632	14.28625	14.28622
	2.389898	8.855521	8.856516	8.856292	8.85611	8.856306	8.856236
	2.169567	5.035695	5.03709	5.036929	5.036571	5.036864	5.036788
Medium Sand	1.949238	2.187064	2.187568	2.187532	2.187388	2.187496	2.187472
	1.728908	0	0	0	0	0	0
	1.508578	0	0	0	0	0	0
	1.288248	0	0	0	0	0	0
	1.067918	0	0	0	0	0	0
Coarse Sand	0.847588	0	0	0	0	0	0
	0.627258	0	0	0	0	0	0
	0.406928	0	0	0	0	0	0
	0.186598	0	0	0	0	0	0
	Total	100	100	100	100	100	100

Grain Size	Phi(ϕ)	Tsunami sand (cm)		Beach sand	Pre-2004 tsunami sand
		18-19	19-20		
Clay	14.06862	0	0	0	0
	8.118469	0	0	0	0
Silt	7.898146	0	0	0	0
	7.67781	0.00202	0.00202	0.00202	0.00202
	7.457482	0.007021	0.007022	0.007022	0.007022
	7.237145	0.01111	0.011113	0.011112	0.011112
	7.016828	0.011718	0.011721	0.01172	0.01172
	6.796501	0.156047	0.156041	0.156043	0.156042
	6.576162	0.131944	0.131941	0.131942	0.131941
	6.35584	0.181412	0.181409	0.18141	0.18141
	6.135509	0.186327	0.186326	0.186327	0.186327
	5.915178	0.196848	0.196848	0.196848	0.196848
	5.694844	0.172803	0.172804	0.172803	0.172804
	5.474515	0.134361	0.134362	0.134362	0.134362
	5.254185	0.085669	0.08567	0.08567	0.08567
	5.033855	0.06248	0.062481	0.062481	0.062481
	4.813528	0.109532	0.109535	0.109535	0.109535
	4.593198	0.259604	0.259611	0.259609	0.25961
	4.372867	0.531383	0.531397	0.531393	0.531395
4.152537	1.006465	1.006487	1.006481	1.006484	
Very Fine Sand	3.932207	1.901005	1.901037	1.901029	1.901033
	3.711876	3.722062	3.722102	3.722095	3.722098
	3.491548	7.457463	7.457493	7.457492	7.457493
	3.271217	13.72192	13.72189	13.72191	13.7219
	3.050887	19.4792	19.47909	19.47913	19.47911
Fine Sand	2.830557	20.10493	20.10483	20.10486	20.10484
	2.610228	14.28626	14.28625	14.28624	14.28624
	2.389898	8.856217	8.856253	8.856235	8.856244
	2.169567	5.036741	5.036798	5.036776	5.036787
Medium Sand	1.949238	2.187452	2.187473	2.187466	2.18747
	1.728908	0	0	0	0
	1.508578	0	0	0	0
	1.288248	0	0	0	0
	1.067918	0	0	0	0
Coarse Sand	0.847588	0	0	0	0
	0.627258	0	0	0	0
	0.406928	0	0	0	0
	0.186598	0	0	0	0
	Total	100	100	100	100

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารและคาร์บอนในตัวอย่าง

Station 2	Glass	100 °C	550 °C	%LOI 550	950 °C	%LOI 950
0-1 cm	25.992	29.228	29.15	2.410383	29.132	0.556242
1-2 cm	23.396	26.277	26.22	1.97848	26.201	0.659493
Beach sand	24.237	27.835	27.771	1.942286	27.669	2.830189
Station 11						
0-1 cm	25.248	28.689	28.587	2.964255	28.569	0.523104
1-2 cm	23.125	26.825	26.744	2.189189	26.727	0.459459
2-3 cm	20.713	24.214	24.15	1.828049	24.132	0.514139
3-4 cm	18.806	22.238	22.166	2.097902	22.149	0.495338
4-5 cm	21.978	25.111	25.052	1.883179	25.036	0.510693
5-6 cm	25.219	28.405	28.336	2.165725	28.295	1.28688
6-7 cm	23.386	26.628	26.561	2.066626	26.541	0.616903
7-8 cm	21.257	24.764	24.705	1.68235	24.676	0.826918
8-9 cm	21.657	24.778	24.734	1.409805	24.709	0.801025
9-10 cm	22.522	25.762	25.707	1.697531	25.678	0.895062
10-11 cm	23.684	27.115	27.058	1.661323	27.019	1.136695
11-12 cm	23.384	27.416	27.358	1.438492	27.322	0.892857
12-13 cm	23.316	27.575	27.518	1.338342	27.428	2.113172
13-14 cm	22.069	26.27	26.22	1.190193	26.187	0.785527
14-15 cm	24.446	27.917	27.865	1.498127	27.809	1.613368
15-16 cm	15.264	18.772	18.709	1.795895	18.634	2.13797
16-17 cm	20.714	23.995	23.923	2.194453	23.867	1.706797
17-18 cm	21.98	25.181	25.11	2.218057	24.997	3.530147
18-19 cm	23.253	26.74	26.672	1.9501	26.614	1.663321
19-20 cm	22.331	25.901	25.849	1.456583	25.837	0.336134
Beach sand	25.301	29.414	29.39	0.583516	29.367	0.559203
Pre-2004 tsunami sand	26.101	29.474	29.466	0.237178	29.456	0.296472