

การกระจายของขนาดตะกอนพื้นผิวในอ่าวไทยตอนใน

Grain-Size Distribution of Surface Sediment in the Inner Gulf of Thailand

ปราโมทย์ ไชจิศุภกร¹, ทิวต์ ชูช่วย² และ จตุวิทย์ คุปตะสิน²

Pramot Sojisuporn¹, Thiwat Chuchuai² and Jatuwit Kooptasin²

¹ สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ Aquatic Resources Research Institute, Chulalongkorn University

² Marine Science Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Received : 19 March 2019

Revised : 16 May 2019

Accepted : 24 June 2019

บทคัดย่อ

ศึกษาสัดส่วนอนุภาคตะกอนพื้นผิวทะเลอ่าวไทยตอนใน โดยมีสมมติฐานว่าสัดส่วนอนุภาคตะกอนแปรผัน ตามปริมาณน้ำท่าที่กั้นอ่าว ฤดูกาลและสภาพสมุทรศาสตร์ เก็บตัวอย่างตะกอนพื้นท้องทะเลในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ตุลาคม พ.ศ. 2560 และเมษายน พ.ศ. 2561 ได้จำนวนตัวอย่าง 12, 13 และ 20 ตัวอย่างตามลำดับ วิเคราะห์สัดส่วนอนุภาคตะกอน ด้วยวิธีร่อนผ่านตะแกรงและด้วยวิธีเปียต ผลการศึกษาพบว่าก้นอ่าวไทยตอนในมีสัดส่วนตะกอนเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล จากอนุภาคทรายปนทรายแป้งเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง โดยตะกอนขนาดเล็กแขวนลอยมากับน้ำท่าในฤดูน้ำหลากหรือ ฟุ้งกระจายขึ้นมาจากท้องน้ำและชายฝั่งก้นอ่าว ขณะที่ปากอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันออกเป็นอนุภาคทรายตลอดทั้งปี โดยเป็นตะกอนจากชายฝั่งทะเลในอดีตหรือก้นแม่น้ำโบราณ ค่ามัธยฐาน (D_{50}) ของตะกอนพื้นผิวเป็นดินเหนียวถึงทรายละเอียด ค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ (X_p) ตะกอนอยู่ในช่วงดินเหนียวถึงทรายหยาบ การคัดขนาดอนุภาคตะกอนไม่ดี และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยอนุภาคตะกอนท้องน้ำพบว่าขนาดตะกอนเฉลี่ยก้นอ่าวมีขนาดเล็กกว่าขนาดตะกอนเฉลี่ย ใกล้เคียงปากอ่าวไทยตอนในและขนาดตะกอนที่ก้นอ่าวเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น $\alpha_{0.05}$

คำสำคัญ : ตะกอนพื้นผิวทะเล, อ่าวไทยตอนใน

*Corresponding author. E-mail : pramot.s@chula.ac.th

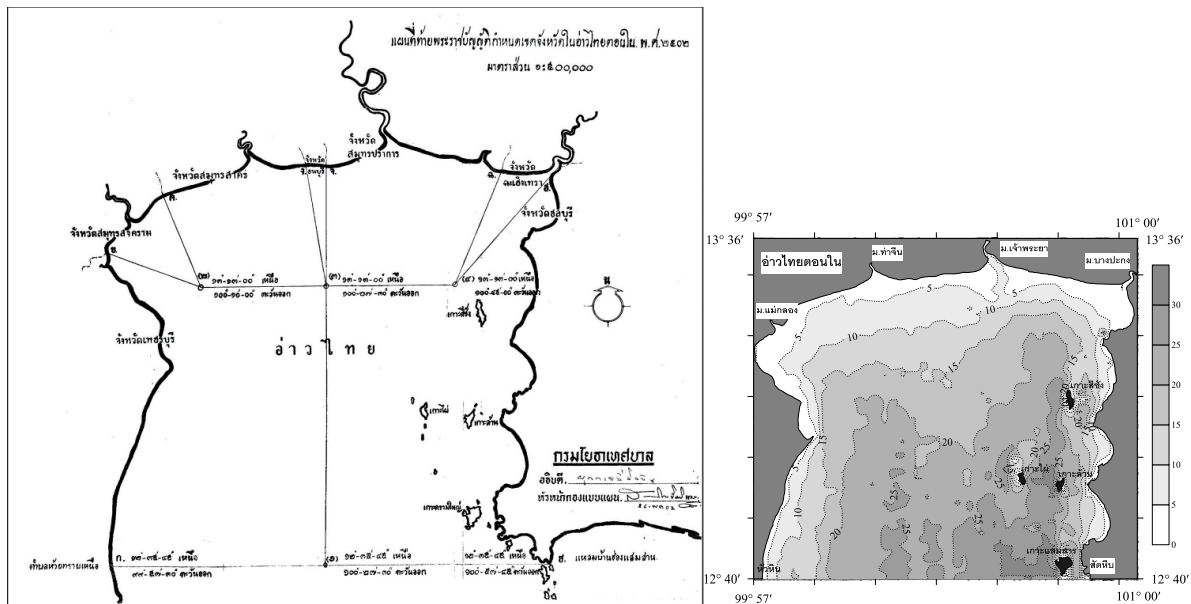
Abstract

Grain size distribution of surface sediment in the inner Gulf of Thailand was studied with the hypothesis that the grain size distribution would vary with the amount of river discharge in the inner bay, seasons and oceanographic conditions. Field excursion during June 2017, October 2017 and April 2018 had yielded 12, 13 and 20 bottom sediment samples respectively. The samples were later analyzed using sieving and pipette methods. The results showed that the sediment grain size in the inner bay varied with seasons from silty sand to silty clay. The suspended fine-grain sediment was carried out to the bay by the river discharge during rainy season or resuspended from the sea bottom or the inner coast. Sand sediment was found at the mouth of the inner gulf with the sources coming from the ancient coast or deposition from the ancient rivers. D_{50} of surface sediments varied from clay to very fine sand while arithmetic mean (\bar{X}_ϕ) varied from mud to coarse sand. Sediment sorting was poor. Analysis of variances significantly ($\alpha_{0.05}$) indicated that sediment grain size differed from fine grain in the inner bay to sand at the mouth of the inner Gulf and the sediment grain size in the inner bay differed from season to season.

Keywords : surface sediment, inner Gulf of Thailand

บทนำ

อ่าวไทยตอนในเป็นส่วนยอดบนสุดของอ่าวไทยเหนือเส้นขนานละติจูด $12^{\circ}-35'-45''$ เหนือ ตามประกาศราชกิจจานุเบกษา เล่ม 76 ตอนที่ 91 วันที่ 26 กันยายน 2502 (<http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2502/A/091/1.PDF>) และ แผนที่ถ่ายพระราชบัญญัติกำหนดเขตจังหวัดในอ่าวไทยตอนใน พ.ศ. 2502 (www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2502/A/092/430.PDF) มีความกว้างยาวประมาณ 100×100 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 15-20 เมตร (ภาพที่ 1) โดยฝั่งตะวันตกจะมีความลึกน้อยกว่าทางฝั่งตะวันออก ฝั่งตะวันออกมีแนวเกาะซึ่งจะเพิ่มการหมุนวนของกระแสน้ำ ทำให้เกิดหลุมลึกเป็นแห่งๆ ได้ จากการสำรวจของ Department of Mineral Resources (2012) พบว่าอ่าวไทยตอนบนมีความลึกระหว่าง 1 ถึง 54 เมตร ลักษณะพื้นที่ท้องทะเลลาดต่ำทางกันอ่าวและชายฝั่งตะวันตก พื้นที่ท้องทะเลตอนกลางขรุขระเป็นเนินสลับแอ่งวางตัวในแนวเหนือใต้ (Department of Mineral Resources, 2012)



ภาพที่ 1 ซ้ายคือพื้นที่อำเภอไทยตอนในตามแผนที่ท้ายพระราชบัญญัติกำหนดเขตจังหวัดในอำเภอไทยตอนใน พ.ศ. 2502 (www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2502/A/092/430.PDF) และขวาคือความลึกน้ำที่แปลงจากแผนที่หมายเลข 001 ของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ

อำเภอไทยตอนในได้อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม-กันยายน) และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) ระหว่างสองฤดูกาลหลักมีช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมซึ่งเป็นฤดูร้อนในเดือนมีนาคม-เมษายน และช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมอีกครั้งในเดือนตุลาคม การไหลเวียนของน้ำเกิดจากกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงและลม ทิศทางกระแสน้ำไหลเข้า-ออกอำเภอไทยตอนในและเบี่ยงไปจากทิศทางลม (Neelasri, 1981; Jarupongsakul *et al.*, 2009) ความเร็วกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวประมาณ 0.4 เมตรต่อวินาที ผลการตรวจวัดกระแสน้ำจะไม่พบการไหลเวียนของน้ำเป็นวงแต่คาดการณ์ได้จากผลการจำลองการไหลเวียนของน้ำเนื่องจากลมด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Buranapratheprat, 2008; Buranapratheprat *et al.*, 2009; Jarupongsakul *et al.*, 2009; Chaiongkarn & Sojisuporn, 2012) คลื่นผืนแปรตามสภาพลม การประเมินความสูงคลื่นจากลมได้ความสูงคลื่นนัยสำคัญต่ำกว่า 1 เมตร ผลการตรวจวัดคลื่นโดยตรงจะได้อัตราความสูงต่ำกว่านี้ (Jarupongsakul *et al.*, 2009)

Emery & Niino (1963) ได้ศึกษาตะกอนพื้นผิวอ่าวไทยทั้งหมดรวมทั้งชายฝั่งและไหลทวีปของทะเลจีนใต้รวม 111 ตัวอย่าง พบว่ามีตะกอน 4 ชนิดคือ ทราย ทรายปนโคลน (โคลน=mud, คือทรายแป้งปนกับดินเหนียว) โคลนปนทราย และโคลน ในอ่าวไทยตอนบนนั้นพบตะกอนโคลนที่ก้นอ่าวและกลางอ่าว พบตะกอนทรายตามชายทะเลฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนบน ตะกอนโคลนไหลมากับน้ำท่า ส่วนตะกอนทรายได้มาจากธรณีสัณฐานในอดีต ผลการศึกษาต่างกับแผนที่ตะกอนก้นอ่าวไทยของ Shepard *et al.* (1949) เล็กน้อยที่ระบุว่าผิวหน้าอ่าวไทยเกือบทั้งอ่าวเป็นโคลนพบตะกอนทรายบริเวณชายฝั่งสตั๊ปป

Hydrographic Department, the Royal Thai Navy (1995) ศึกษาตะกอนพื้นท้องทะเลอ่าวไทย (ไม่รวมอ่าวไทยตอนบน) พบว่าตะกอนท้องทะเลกลางอ่าวไทยเป็นโคลนปนทรายหรือโคลน ชายฝั่งตะวันออกเป็นทรายปนดินเหนียว สำหรับชายฝั่งตะวันตกจะเป็นโคลน โคลนปนทราย โคลนปนทรายขี้เป็ด หรือทรายบนโคลน และพบทรายเป็นแห่งๆ ไป Buakaew (2007) ศึกษาการปนเปื้อนปรอทในตะกอนผิวหน้าอ่าวไทยตอนบน 39 สถานีจากตัวอย่างตะกอนท้องน้ำสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2546 โดยกองทัพเรือ เก็บตัวอย่างตะกอนด้วยก๊วนเก็บดิน Paterson grab พบว่าขนาดอนุภาคตะกอนในอ่าวไทยตอนในส่วนใหญ่เป็นทรายแป้งและทราย ตะกอนทรายพบที่ปากอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออก ทรายแป้งพบมากที่สุดที่อ่าวและฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนบน พบดินเหนียวบริเวณก้นอ่าวโดยเฉพาะที่ปากแม่น้ำบางปะกง

อ่าวไทยตอนในได้รับตะกอนจากแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่อ่าวจากซ้ายไปขวา ได้แก่ แม่น้ำเพชรบุรี แม่น้ำคลองท่าจีน เจ้าพระยา และบางปะกง ตามลำดับ ปริมาณตะกอนจากแม่น้ำจะแปรผันตามปริมาณน้ำท่าซึ่งมากน้อยตามฤดูกาล บริเวณชายฝั่งตะวันตกของปากอ่าวไทยตอนในยังได้รับตะกอนจากการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง (Longshore transport) จากอ่าวไทยตอนล่างขึ้นมา นอกจากนี้การผุพังของเปลือกหอยก็เป็นแหล่งที่มาของตะกอนในอ่าวไทยตอนในได้เป็นอย่างดี ผลการเก็บตัวอย่างตะกอนผิวท้องทะเล 860 ตัวอย่างบริเวณกลางอ่าวไทยตอนในขนาดพื้นที่ 5,000 ตารางกิโลเมตร โดย Department of Mineral Resources (2012) ระบุว่าตะกอนผิวท้องทะเลร้อยละ 60 ของพื้นที่เป็นโคลนทะเล (Marine mud) มีเศษเปลือกหอยปนร้อยละ 0-50 รongลงมาร้อยละ 20 เป็นโคลนปนทราย (Sandy mud) มีเศษเปลือกหอยร้อยละ 0-30 และบริเวณชายฝั่งและรอบเกาะเป็นตะกอนทรายปนโคลนทะเล (Muddy sand) และทราย (Sand) ความหนาของตะกอนท้องทะเลชั้นบนซึ่งสะสมในสมัยโฮโลซีน (10,000 ปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน) ประมาณ 0-20 เมตร โดยตะกอนหนาบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยา และบางปะกง ความหนาชั้นตะกอนจะลดลงอย่างมากเมื่อห่างชายฝั่งตอนในออกไป 10-15 กิโลเมตร

Hu *et al.* (2016) ศึกษา Black carbon (ผงฝุ่น+เขม่าดำ) ในตะกอนอ่าวไทยตอนในและอ่าวไทยตอนล่าง โดยมีตัวอย่างตะกอนในอ่าวไทยตอนใน 33 ตัวอย่าง นำตัวอย่างดินที่ผิวลึก 0-3 เซนติเมตรมาวิเคราะห์หาขนาดอนุภาคตะกอน พบว่าตะกอนพื้นผิวอ่าวไทยตอนในประกอบด้วยทรายแป้งที่ก้นอ่าว (ซึ่งเป็นที่ตั้งของปากแม่น้ำทั้งสี่สาย) ถัดมาเป็นอนุภาคทรายแป้งปนทราย และปากอ่าวไทยตอนในเป็นทรายปนทรายแป้ง ผู้วิจัยได้อ้างถึงปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ไหลออกมาจากแม่น้ำสายหลัก 4 สายประมาณ 6.32 ล้านตันต่อปี ตะกอนแขวนลอยส่วนใหญ่ตกสะสมในอ่าวไทยตอนในเนื่องจากกระแสน้ำไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการขนส่งตะกอนออกจากอ่าวไทยตอนใน

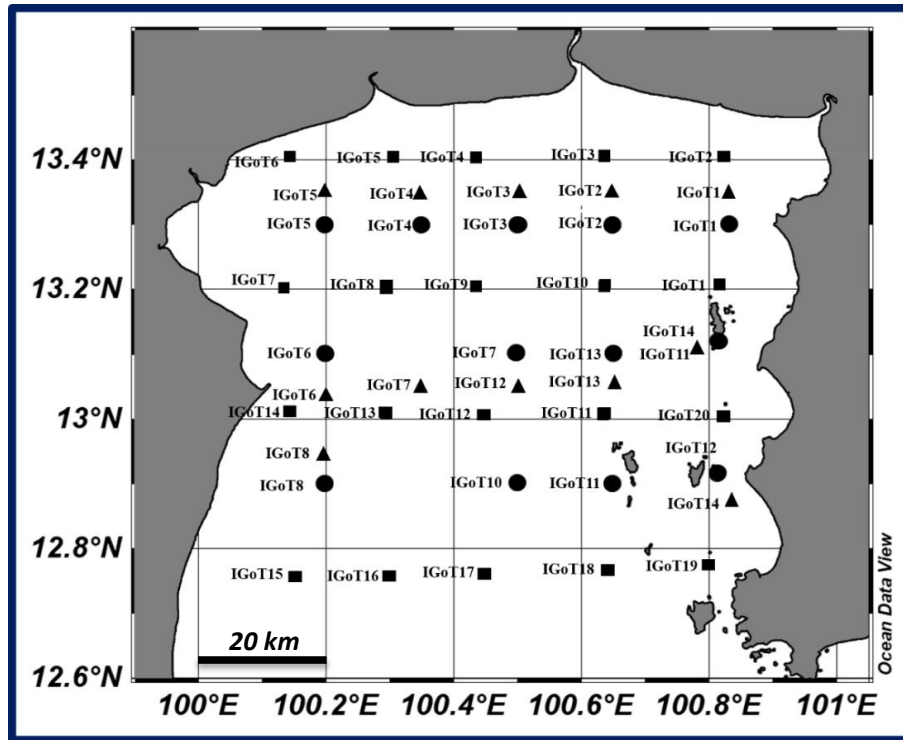
เป็นที่เข้าใจได้ว่าตะกอนที่มากับน้ำท่าจะมีอนุภาคตะกอนทรายแป้งและดินเหนียวซึ่งเป็นตะกอนขนาดเล็ก ตะกอนตามแนวชายฝั่งจะเป็นอนุภาคทรายจากการชะล้างหน้าดินหรือการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง บางบริเวณมีหอยชุกชุมก็จะได้ตะกอนจากเปลือกหอยซึ่งผุกร่อนจนเป็นทรายแป้ง นอกจากนี้ยังมีตะกอนอินทรีย์จากขบวนการเคมีชีวภาพในน้ำทะเล ดังนั้นสัดส่วนขนาดอนุภาคตะกอนแต่ละประเภทน่าจะเป็นสิ่งบ่งบอกว่าต้นกำเนิดของตะกอนผิวท้องทะเลแต่ละบริเวณมาจากแหล่งใดได้บ้าง ตัวอย่างเช่น Shi *et al.* (2015) สามารถจำแนกที่มาของตะกอนที่ผิวท้องทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันตกและรูปแบบการขนส่งตะกอนเนื่องจากกระแสน้ำโดยพิจารณาจากองค์ประกอบสินแร่ดิน (Clay minerals) 4 ชนิดได้แก่ Illite, Kaolinite, Chlorite และ Smectite

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการออกสำรวจ จัดเก็บและวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนพื้นท้องทะเลอ่าวไทยตอนในรวม 3 ครั้งเพื่อหาการกระจายตัวของอนุภาคตะกอนท้องน้ำ โดยมีข้อสมมุติฐานว่าสัดส่วนของอนุภาคตะกอนพื้นท้องทะเลแต่ละบริเวณขึ้นกับต้นกำเนิดของตะกอน ฤดูกาล และสภาพสมุทรศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

ตามแผนจะเก็บตัวอย่างตะกอนพื้นท้องทะเลจำนวน 20 จุดครอบคลุมพื้นที่อ่าวไทยตอนใน (ภาพที่ 2) แต่เนื่องจากเรือสำรวจจุฬาลงกรณ์ 1 ไม่พร้อมใช้งาน การสำรวจสองครั้งแรกจึงใช้เรือวิจัยเกษตรศาสตร์ทำให้จำนวนจุดเก็บตัวอย่างน้อยกว่าที่วางแผนไว้ เฉพาะการสำรวจครั้งที่ 3 ที่ใช้เรือสำรวจจุฬาลงกรณ์ 1 จึงได้ตัวอย่างครบ 20 จุด โดยตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งไม่ซ้อนทับกันขึ้นกับความพร้อมของเรือสำรวจและสภาพอากาศ การสำรวจในช่วงวันที่ 5-9 มิถุนายน พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นต้นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เก็บตัวอย่างจำนวน 12 จุด การสำรวจในช่วงวันที่ 16-20 ตุลาคม พ.ศ. 2560 (ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม) เก็บตัวอย่างจำนวน 13 จุด และการสำรวจในช่วงวันที่ 23-27 เมษายน พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นฤดูร้อนเก็บตัวอย่างจำนวน 20 จุด

เก็บตัวอย่างตะกอนพื้นผิวท้องทะเลด้วยเครื่องตักหน้าดิน (Smith-McIntyre grab sampler ขนาด 50 x 50 ตารางเซนติเมตร หรือ Peterson grab sampler) ได้เนื้อดินหนาประมาณ 10 เซนติเมตร นำตะกอนประมาณ 200 กรัมมาล้างด้วยน้ำประปาให้หมดความเค็มแล้วนำตะกอนเปียกไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนในห้องปฏิบัติการตามแบบวิธีการของ Dharmvanij (1996) และ Poppe *et al.* (2000) ซึ่งจำแนกขนาดตะกอนตาม Udden-Wentworth Scale (Switzer, 2013) ผู้วิจัยเลือกที่จะศึกษาขนาดตะกอนรวมโดยไม่กำจัดสารอินทรีย์และแคลเซียมคาร์บอเนตเนื่องจากมีอยู่ไม่เกิน 15% ในตัวอย่างตะกอน (Emery & Niino, 1963) ร่อนตะกอนเปียกด้วยตะแกรงขนาดรูกรอง (mesh size) 63 ไมครอนเพื่อแบ่งแยกตะกอนขนาดใหญ่ (ทราย+กรวด) บนตะแกรงออกจากตะกอนขนาดเล็ก (ทรายแป้ง+ดินเหนียว) ซึ่งรองรับด้วยภาชนะที่ตะแกรง นำตะกอนขนาดใหญ่ไปอบแห้งแล้วร่อนด้วยชุดตะแกรง (sieving) ที่มีรูกรอง 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 และ 0.063 มิลลิเมตรตามลำดับ นำตะกอนบนตะแกรงแต่ละภาชนะไปชั่งน้ำหนักจะได้ตะกอนขนาดตั้งแต่กรวดไปจนถึงทรายละเอียดมาก (Jintasaeranee & Buranapratheprat, 2017)



ภาพที่ 2 สถานีเก็บตัวอย่างในอ่าวไทยตอนใน ในระหว่างมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (▲ 5-9 มิถุนายน พ.ศ. 2560) ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม (● 16-20 ตุลาคม พ.ศ. 2560) และฤดูร้อน 2561 (■ 23-27 เมษายน พ.ศ. 2561)

นำตะกอนขนาดเล็กมาวิเคราะห์ด้วยวิธีเปียก โดยถ่ายตะกอนใส่ลงในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร เติมน้ำละลาย 10% sodium hexametaphosphate เพื่อไม่ให้อนุภาคตะกอนจับตัวกันเป็นก้อน เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร กวนหรือเขย่าตะกอนให้แขวนลอยเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมดแล้วเริ่มจับเวลา อาศัยคำนวณเวลาในการตกของตะกอนตามกฎของ Stoke's Law (Dyer, 1986) ดูดน้ำตะกอน 20 มิลลิลิตรที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตรได้ผิวน้ำเมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที, 1:44, 6:56, 27:44 นาที, 1:50:56 และ 7:23:46 ชั่วโมงตามลำดับสำหรับอนุภาคน้ำตะกอน 24 องศาเซลเซียส (Switzer, 2013) นำตัวอย่างที่ดูดขึ้นมาไปอบแห้งและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนต่อไป จัดทำตารางน้ำหนักตะกอนแต่ละขนาดและพล็อตกราฟสัดส่วนตะกอนจากดินเหนียวจนถึงทราย

การศึกษาการกระจายตัวและการคัดขนาดอนุภาคตะกอนทำได้ 2 วิธีคือประมวลผลจากกราฟขนาดอนุภาคตะกอนสะสม (Briggs, 1977; Pitty, 1971) หรือคำนวณจากสัดส่วนน้ำหนักตะกอนแต่ละช่วงชั้น (Blott & Pye, 2001; Kamaruzzaman *et al.*, 2002; Purnawan *et al.*, 2015) โดยเลือกใช้ค่ากลางหรือมาตราส่วนเชิงลอการิทึม (logarithm scale) ของขนาดอนุภาคตะกอนแต่ละช่วงชั้น ความสัมพันธ์ของมาตราส่วนเชิงลอการิทึมกับค่ากลางขนาดอนุภาคตะกอนเป็นดังนี้

$$\phi = -\log_2(D), (mm)$$

เมื่อ ϕ คือมาตราส่วนเชิงลอการิทึมของขนาดอนุภาคตะกอน (D) ในหน่วยมิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยเลขคณิต การคัดขนาด ความเบ้ และความโด่งของการกระจายตัวของขนาดอนุภาคตะกอนเป็นดังนี้ (Blott & Pye, 2001; Switzer, 2013)

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{x}_ϕ)	การคัดขนาด (σ_ϕ)	ความเบ้ (Sk_ϕ)	ความโด่ง (K_ϕ)		
$\bar{x}_\phi = \frac{\sum f m_\phi}{100}$	$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$	$Sk_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$	$K_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4}$		
การคัดขนาด (Sorting, σ_ϕ)	ความเบ้ (Skewness, Sk_ϕ)	ความโด่ง (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	-1.30 to -0.43	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				

สำหรับการพิสูจน์สมมุติฐานว่าสัดส่วนอนุภาคตะกอนพื้นที่ท้องทะเลแต่ละบริเวณขึ้นกับต้นกำเนิดของตะกอน ฤดูกาล และสภาพสมุทรศาสตร์นั้นจะใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA test และจัดกลุ่มค่าเฉลี่ยขนาดตะกอนด้วย Fisher's least significant difference (Ott, 1984)

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวในตัวอย่างตะกอนพื้นที่ท้องทะเลอ่าวไทยตอนใน จากการสำรวจทั้ง 3 ครั้งต่างๆ ฤดูกาลพร้อมผลการคำนวณขนาดอนุภาคเฉลี่ย ประสิทธิภาพการคัดขนาด ความเบ้และความโด่งของการกระจายตัวของอนุภาคตะกอน และแสดงผลเป็นกราฟแท่ง-กราฟเส้น ดังภาพที่ 3-5 ตะกอนพื้นที่ท้องน้ำในการสำรวจเมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พบว่ามีสัดส่วนอนุภาคทรายมากกว่าร้อยละ 60 ทุกสถานี ค่ามัธยฐาน (d_{50}) ขนาดอนุภาคตะกอนเป็นทรายละเอียดถึงทรายละเอียดมาก ยกเว้นสถานีเก็บตัวอย่าง 11 ได้เกาะสีชัง และสถานีเก็บตัวอย่าง 14 ได้เกาะล้านที่มีสัดส่วนอนุภาคทรายขนาดกลางมากกว่าทรายละเอียดเนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างเป็นร่องน้ำลึกซึ่งมีกระแสน้ำไหลเร็วหรือหมุนวน

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของอนุภาคตะกอนอยู่ในช่วงทรายแป้งหยาบ ($\bar{X}_\phi = 4.20$) ไปจนถึงทรายละเอียดปานกลาง ($\bar{X}_\phi = 1.93$) โดยตะกอนก้อนอ่าวมีค่าเฉลี่ยขนาดอนุภาคตะกอนเล็กกว่าบริเวณห่างออกจากก้อนอ่าวออกไป ค่าเฉลี่ยเลขคณิตกว้างกว่าค่ามัธยฐานของขนาดตะกอน ดัชนีการคัดขนาดที่สถานีเก็บตัวอย่าง 12, 13 ซึ่งอยู่กลางอ่าวอยู่ในระดับไม่ดี (1.00-2.00) สำหรับดัชนีการคัดขนาดที่จุดอื่นๆอยู่ในระดับไม่ดีมาก (2.00-4.00) ความเบ้ของขนาดตะกอนที่สถานีเก็บตัวอย่าง 2

และ 3 (ก้นอ่าว) อยู่ในระดับสมมาตร (-0.43 - +0.43) สำหรับสถานีอื่นๆ มีความเบ้ไปทางอนุภาคขนาดเล็ก (Positive skewed) ความโด่งของการแจกแจงความถี่อยู่ในระดับปานกลางจนถึงโด่งมากเนื่องจากอนุภาคตะกอนมีเพียงทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ไม่พบอนุภาคกรวดหรือใหญ่กว่าในตัวอย่างตะกอน

ผลการสำรวจครั้งที่ 2 ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมพบว่าบริเวณก้นอ่าวมีสัดส่วนอนุภาคทรายลดลงแล้วมีสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวรวมกันเกินกว่าร้อยละ 50 (สถานีเก็บตัวอย่าง 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ) ขนาดอนุภาคตะกอนเป็นทรายแป้งขนาดต่างๆ จุดเก็บตัวอย่างที่ไม่อยู่ในแนวก้นอ่าวยังคงมีอนุภาคทรายมากกว่าร้อยละ 50 เช่นเดิม โดยค่า d_{50} ของอนุภาคตะกอนเป็นทรายละเอียดมากถึงทรายละเอียด เฉพาะสถานีเก็บตัวอย่าง 12 เท่านั้น ที่มี d_{50} และค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นทรายหยาบเนื่องจากเป็นร่องน้ำข้างเกาะล้าน

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}_p) ของอนุภาคตะกอนอยู่ในช่วง 1.24-7.17 เทียบเท่ากับอนุภาคทรายหยาบไปจนถึงทรายแป้งละเอียดมากซึ่งช่วงจะกว้างกว่าค่า d_{50} เช่นเดียวกับผลการสำรวจในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ดัชนีการคัดขนาดอยู่ในระดับไม่ดี (สถานีเก็บตัวอย่าง 13 กลางอ่าวค่อนข้างไปทางฝั่งตะวันออก) จนถึงคัดขนาดไม่ดีมาก (จุดอื่นๆ ที่เหลือ) สถานีเก็บตัวอย่าง 1 มีความเบ้ไปทางขวา (อนุภาคหยาบ, ค่าติดลบ) เนื่องจากมีการกระจายของอนุภาคละเอียด (ดินเหนียว+ทรายแป้ง) มากกว่าอนุภาคหยาบ (ทราย) การกระจายของอนุภาคตะกอนที่สถานีเก็บตัวอย่าง 2-5 มีความสมมาตร และความเบ้ของการกระจายมีค่าเป็นบวกเมื่อออกห่างจากก้นอ่าว (เบ้ไปทางซ้าย, fine skewed) กล่าวคือการกระจายของอนุภาคหยาบ (ทราย) จะกว้างกว่าอนุภาคละเอียด (ดินเหนียวและทรายแป้ง) การแจกแจงความถี่ของอนุภาคตะกอนจะแบนกว้าง (Platykurtic) ยกเว้นบริเวณใกล้ปากอ่าวจะกระจุกตัวทำให้กราฟโด่ง (Leptokurtic)

สำหรับผลการสำรวจครั้งที่ 3 ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 เป็นฤดูร้อนพบว่าจุดเก็บตัวอย่างในแนวก้นอ่าว 2 แนวมีสัดส่วนของตะกอนทรายแป้งและดินเหนียวรวมกันเกินกว่าร้อยละ 50 ยกเว้นสถานีเก็บตัวอย่าง 10 ซึ่งมีสัดส่วนอนุภาคทรายร้อยละ 58.5 ค่า d_{50} ตะกอนก้นอ่าวเป็นดินเหนียว ตะกอนถัดจากแนวก้นอ่าวออกมาเป็นทรายแป้งขนาดต่างๆ ตะกอนในแนวสำรวจ 2 แนวล่าง (เข้าใกล้ปากอ่าวไทยตอนใน) ยังคงมีสัดส่วนอนุภาคทรายเกินกว่าร้อยละ 50 เช่นเดิม โดย ค่า d_{50} ของอนุภาคตะกอนเป็นทรายละเอียดมากถึงทรายละเอียด เฉพาะสถานีเก็บตัวอย่าง 19 และ 20 (อยู่ใต้และเหนือเกาะล้าน) เป็นทรายขนาดกลาง

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}_p) ของอนุภาคตะกอนอยู่ในช่วง 0.95-8.44 เทียบเท่ากับอนุภาคทรายหยาบมากไปจนถึงดินเหนียว การสำรวจครั้งนี้จึงมีการกระจายของค่าเฉลี่ยขนาดตะกอนท้องน้ำมากที่สุด ขนาดตะกอนเฉลี่ยเล็กสุดบริเวณก้นอ่าวแล้วมีขนาดใหญ่ขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากก้นอ่าว ปากอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันออกเป็นบริเวณที่มีค่าเฉลี่ยอนุภาคตะกอนเป็นทราย ดัชนีการคัดขนาดตะกอนอยู่ในระดับไม่ดี (Poorly sorted, สถานีเก็บตัวอย่าง 2, 3 และ 19) คือร้อยละของอนุภาคตะกอนดินเหนียวหรือทรายมากกว่าชนิดอื่นชัดเจน ที่สถานีอื่นๆมีการคัดคัดขนาดตะกอนไม่ดีมาก (Very poorly sorted) คือมีสัดส่วนของดินเหนียว ทรายแป้ง และทรายคละเคล้ากันไป ที่แนวก้นอ่าวมีการกระจายของอนุภาคตะกอนเบ้ไปทางขวา (Coarse skewed, Very coarse skewed, ค่าติดลบ) เนื่องจากมีการกระจายของอนุภาคละเอียด (ดินเหนียว+ทรายแป้ง) กว้างกว่าอนุภาคหยาบ (ทราย) การกระจายของอนุภาคตะกอนในแนวที่ 2, 3 และ 4 ถัดออกมาจากก้นอ่าวมีกราฟสมมาตร (สถานีเก็บตัวอย่าง 7 และ 9) หรือเบ้ไปทางซ้าย (Fine skewed และ Very fine skewed) ที่สถานีเก็บตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากมีสัดส่วนของอนุภาคทรายค่อนข้างมาก การแจกแจงความถี่ของอนุภาคตะกอนจะแบนกว้าง (Very platykurtic, Platykurtic) เมื่อมีสัดส่วนอนุภาคตะกอนดินเหนียว ทรายแป้ง และทราย ใกล้เคียงกัน กราฟการกระจายจะเป็นแบบกราฟโด่ง

(Leptokurtic, Very leptokurtic) เมื่อมีสัดส่วนอนุภาคตะกอนชนิดใดชนิดหนึ่งมากกว่าสองชนิดที่เหลืออย่างชัดเจน ความโด่งมาที่สุดเท่ากับ 16.14 เกิดขึ้นที่สถานีเก็บตัวอย่าง 19 ซึ่งมีสัดส่วนอนุภาคทรายถึง 96 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดอนุภาคตะกอนตามระยะทางจากกันอ่าว (ปากแม่น้ำ) จะทดสอบร้อยละของอนุภาคตะกอนหยาบ (ทราย) เท่านั้น ที่เหลือจัดเป็นร้อยละของอนุภาคตะกอนละเอียด (ทรายแป้ง+ดินเหนียว) โดยผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA test) ของร้อยละอนุภาคทรายตามแนวละติจูด (3 แนว) สำหรับข้อมูลในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคทรายตามแนวละติจูดที่ความเชื่อมั่น $\alpha_{0.05}$ เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Fisher's least significant difference พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายแนวในสุด (กันอ่าว) มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอีก 2 แนวอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น $\alpha_{0.025}$ ค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายของแนวที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดอนุภาคตะกอนทรายจากการสำรวจครั้งที่ 2 ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 กลับพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายในแต่ละแนวละติจูด (3 แนว) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น $\alpha_{0.05}$ สำหรับการสำรวจครั้งที่ 3 ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีแนวสำรวจ 4 แนว ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $\alpha_{0.05}$ โดยค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายของแนวที่ 1 (ด้านในสุดติดกันอ่าว) มีค่าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายแนวที่ 2 มีค่าน้อยในลำดับถัดมา และค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายในแนวที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น $\alpha_{0.025}$

การวิเคราะห์ว่าสัดส่วนอนุภาคตะกอนทราย/ทรายแป้ง/ดินเหนียวแตกต่างกันตามฤดูกาลและปริมาณน้ำท่า (ปริมาณน้ำท่าในตารางที่ 2) ทำได้โดยการทดสอบค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายที่ละแนว โดยในแนวที่ 1 (กันอ่าวซึ่งแนวละติจูดที่เก็บข้อมูล 3 ครั้งไม่ซ้อนทับกันแต่ห่างกันในช่วง 10 กิโลเมตรตามแนวลองติจูด) มีตัวอย่างตะกอนฤดูกาลละ 5 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยจากการสำรวจ 3 ครั้งพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น $\alpha_{0.05}$ เมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายตามฤดูกาลที่ความเชื่อมั่น $\alpha_{0.025}$ พบว่าตัวอย่างตะกอนในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 มีค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายน้อยที่สุด ตัวอย่างตะกอนในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 มีค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายน้อยในลำดับถัดมา และตัวอย่างตะกอนในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 มีค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคทรายมากที่สุดจากการสำรวจ 3 ครั้ง

การทดสอบค่าเฉลี่ยร้อยละอนุภาคตะกอนทรายในแนวละติจูดกลางอ่าวไทยตอนในจะเป็นแนวที่ 2 ของการสำรวจในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 และเป็นแนวที่ 3 สำหรับการสำรวจในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามฤดูกาลพบว่าค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น $\alpha_{0.05}$

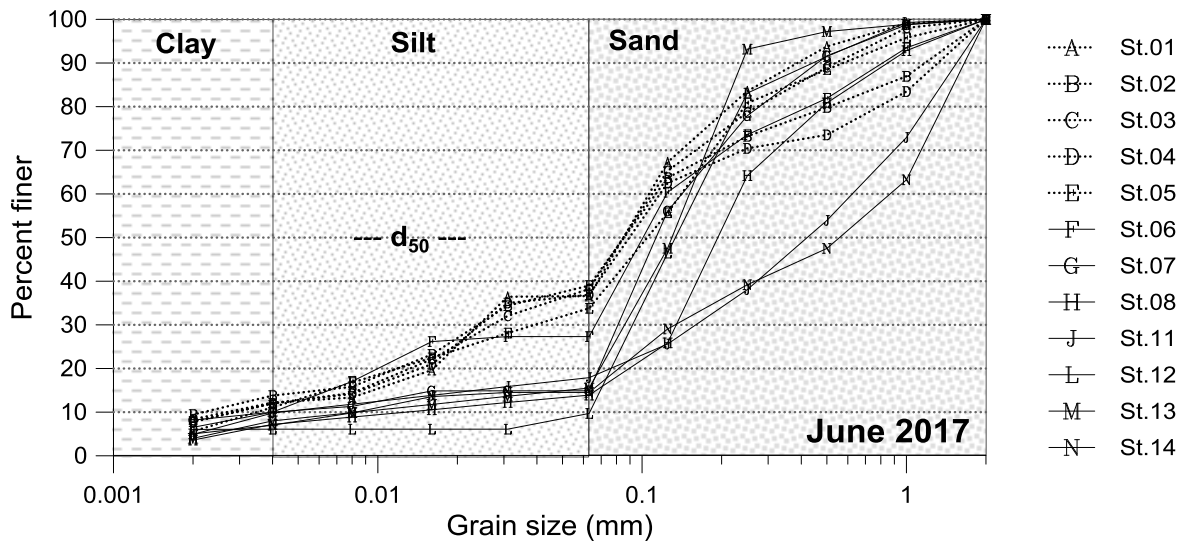
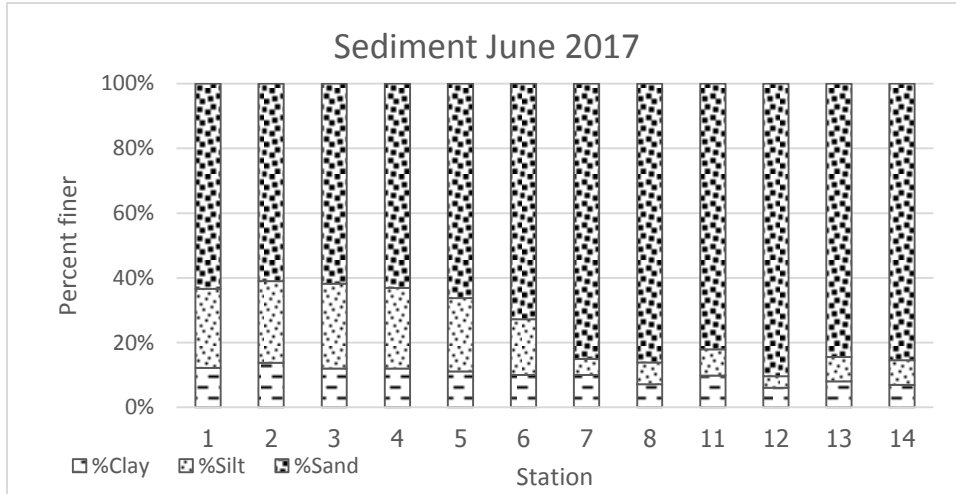
ตารางที่ 1 ร้อยละอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ในตัวอย่างตะกอนผิวท้องทะเลอ่าวไทยตอนในจากการสำรวจ 3 ครั้ง พร้อมผลการคำนวณขนาดอนุภาคเฉลี่ย ประสิทธิภาพการคัดขนาด ความเบ้และความโด่งของการกระจายตัวของอนุภาคตะกอน (ตำแหน่งสถานีตามภาพที่ 2)

5 - 9 มิถุนายน พ.ศ. 2560								
สถานีเก็บตัวอย่าง	ทราย (ร้อยละ)	ทรายแป้ง (ร้อยละ)	ดินเหนียว (ร้อยละ)	ชนิดของตะกอน	ขนาดเฉลี่ย (\bar{x}_ϕ)	การคัดขนาด (σ_ϕ)	ความเบ้ (Sk_ϕ)	ความโด่ง (K_ϕ)
1	63.4	24.4	12.2	Silty sand	4.20	2.47	-0.47	2.91
2	61.0	25.2	13.8	Silty sand	3.89	2.98	-0.05	0.80
3	61.8	26.2	12.0	Silty sand	4.08	2.59	-0.44	2.03
4	63.1	24.9	12.0	Silty sand	3.67	3.02	0.10	0.52
5	66.2	22.7	10.0	Silty sand	3.89	2.61	-0.21	1.74
6	72.7	17.3	10.0	Silty sand	3.74	2.78	-0.13	1.10
7	85.1	4.9	10.0	Sand	3.49	2.35	0.14	2.66
8	86.1	6.7	7.2	Sand	2.70	2.31	0.49	1.92
11	82.1	8.1	9.8	Sand	2.15	2.93	0.74	0.95
12	90.3	3.6	6.1	Sand	3.10	1.89	0.41	4.36
13	84.5	7.5	8.0	Sand	3.50	1.99	0.28	4.23
14	85.5	7.5	7.0	Sand	1.93	2.90	0.81	0.94
16 - 20 ตุลาคม พ.ศ. 2560								
สถานีเก็บตัวอย่าง	ทราย (ร้อยละ)	ทรายแป้ง (ร้อยละ)	ดินเหนียว (ร้อยละ)	ชนิดของตะกอน	ขนาดเฉลี่ย (\bar{x}_ϕ)	การคัดขนาด (σ_ϕ)	ความเบ้ (Sk_ϕ)	ความโด่ง (K_ϕ)
1	6.3	49.3	44.4	Clayey silt	7.17	2.20	-0.52	2.39
2	41.3	30.9	27.8	Silty sand	5.76	2.52	0.38	1.63
3	35.6	27.4	36.9	Sand-silt-clay	6.23	2.62	0.10	1.41
4	41.4	27.5	31.1	Clayey sand	5.78	2.76	0.08	1.59
5	37.0	39.4	23.6	Clayey sand	5.68	2.34	0.33	1.78
6	63.7	23.4	12.9	Silty sand	3.06	3.48	0.52	1.95
7	62.7	17.9	19.4	Clayey sand	4.70	2.67	0.69	2.32
8	70.1	15.4	14.4	Silty sand	3.20	3.36	0.58	2.18
10	82.2	10.0	7.7	Sand	3.13	2.29	1.42	5.01
11	91.2	4.0	4.7	Sand	1.95	2.24	1.69	6.50
12	81.2	11.2	7.6	Sand	1.24	3.11	1.59	4.10
13	87.7	4.6	7.7	Sand	3.45	1.96	1.95	6.76
14	52.8	20.4	26.8	Clayey sand	5.38	2.70	0.45	1.80

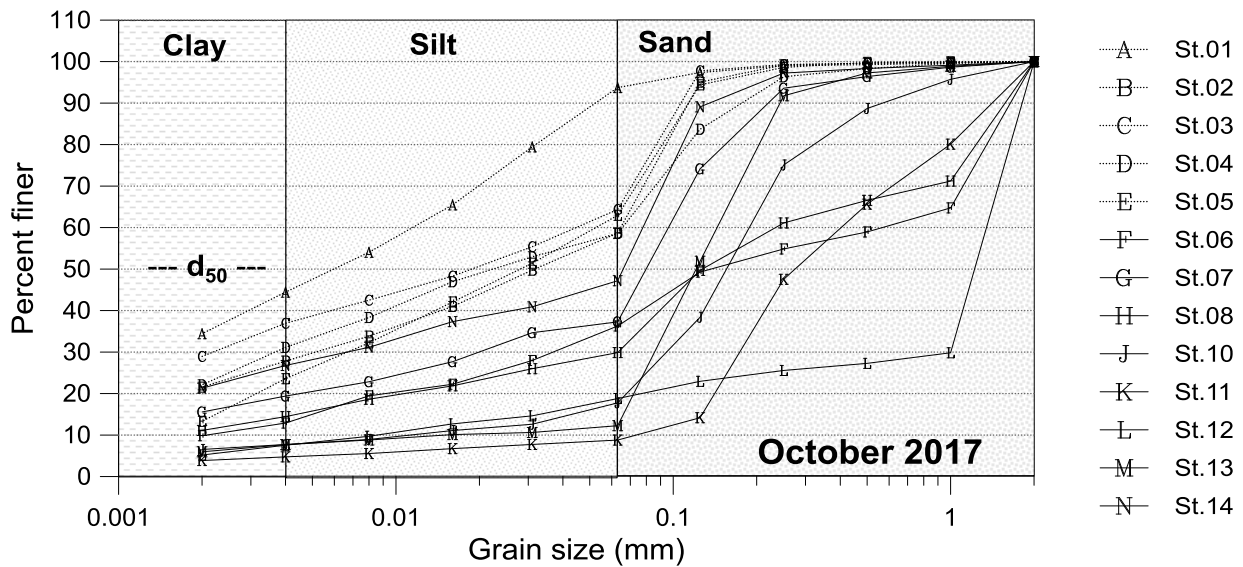
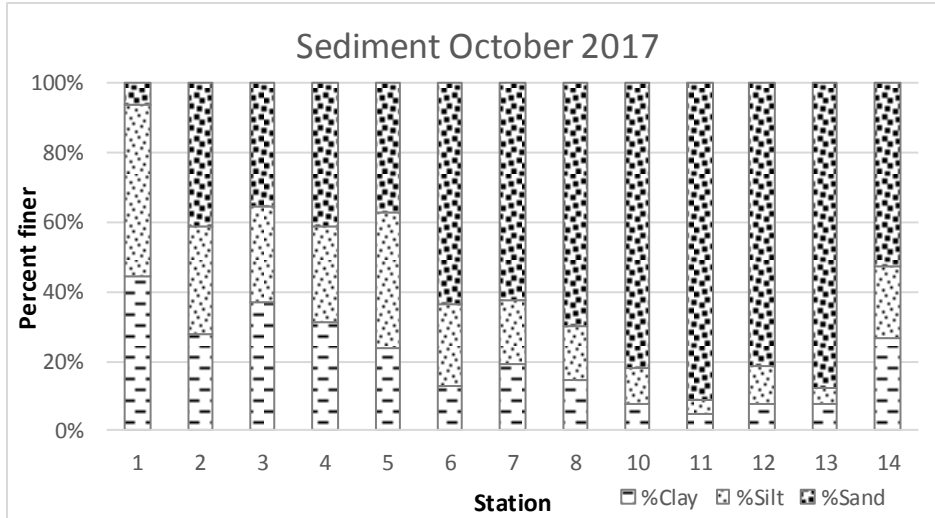
ตารางที่ 1 (ต่อ) ร้อยละอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ในตัวอย่างตะกอนผิวท้องทะเลอ่าวไทยตอนในจากการสำรวจ 3 ครั้ง พร้อมผลการคำนวณขนาดอนุภาคเฉลี่ย ประสิทธิภาพการกัดขนาด ความเบ้และความโด่งของการกระจายตัวของอนุภาคตะกอน (ตำแหน่งสถานีตามภาพที่ 2)

23 - 27 เมษายน พ.ศ. 2561

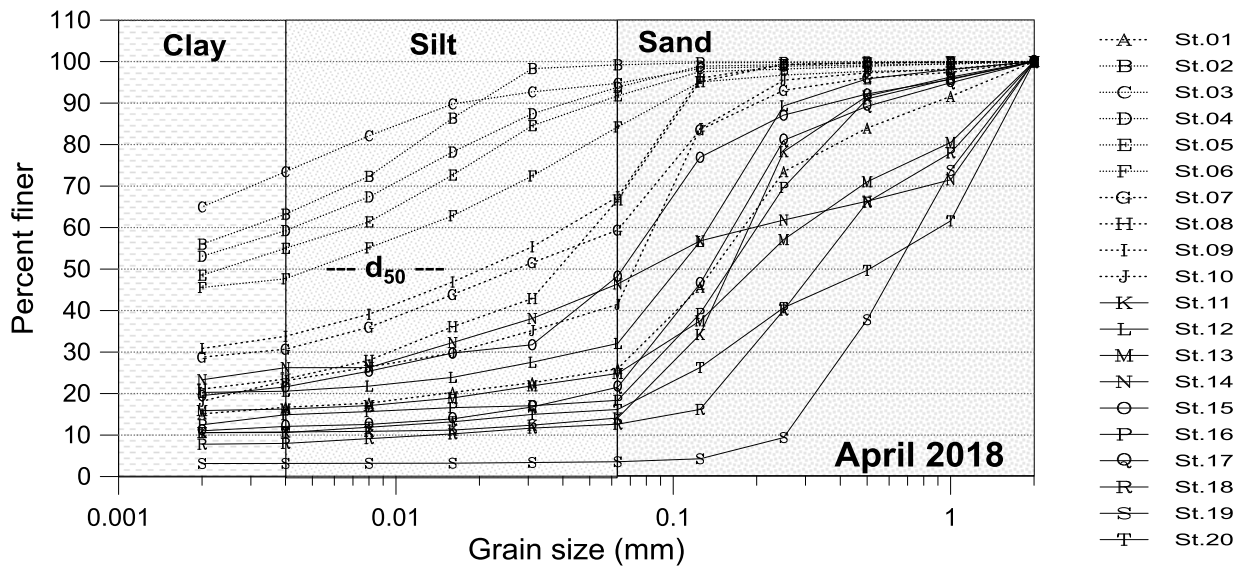
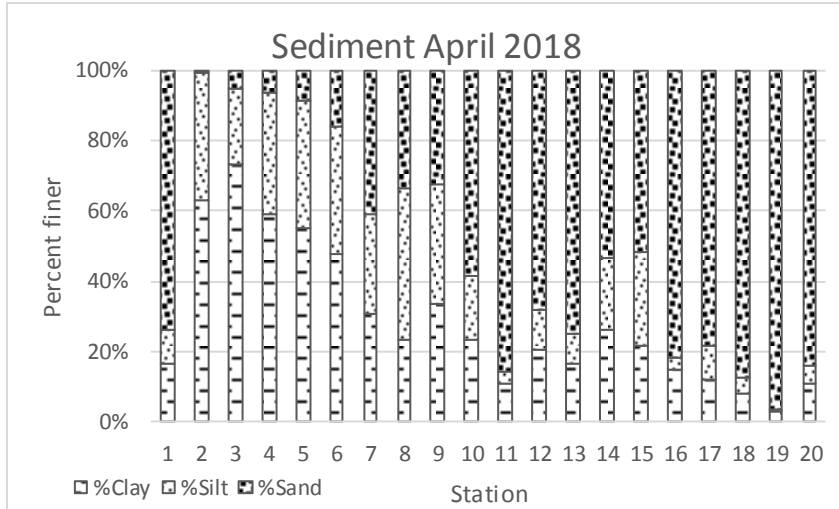
สถานีเก็บตัวอย่าง	ทราย (ร้อยละ)	ทรายแป้ง (ร้อยละ)	ดินเหนียว (ร้อยละ)	ชนิดของตะกอน	ขนาดเฉลี่ย (\bar{x}_ϕ)	การกัดขนาด (σ_ϕ)	ความเบ้ (Sk_ϕ)	ความโด่ง (K_ϕ)
1	74.0	9.3	16.7	Clayey sand	3.63	3.01	0.88	2.76
2	0.8	36.0	63.2	Silty clay	8.25	1.63	-0.97	3.03
3	5.2	21.3	73.5	Silty clay	8.44	1.87	-2.09	7.42
4	6.2	34.6	59.2	Silty clay	7.87	2.08	-1.00	2.98
5	8.3	36.7	55.0	Silty clay	7.58	2.28	-0.93	3.05
6	15.7	36.6	47.7	Silty clay	7.05	2.66	-0.70	2.51
7	40.6	28.7	30.7	Clayey sand	5.70	2.95	0.01	1.79
8	33.3	43.2	23.5	Sandy silt	5.62	2.39	0.59	1.94
9	32.6	33.6	33.8	Sand-Silt-Clay	6.18	2.60	0.16	1.48
10	58.5	18.4	23.1	Clayey sand	4.99	2.69	0.60	2.17
11	85.9	3.4	10.7	Sand	3.20	2.42	1.65	5.22
12	67.9	11.5	20.6	Clayey sand	4.36	2.88	0.88	2.44
13	75.2	8.6	16.3	Sand	3.11	3.29	0.91	2.67
14	53.6	20.2	26.2	Clayey sand	3.99	3.87	0.24	1.58
15	51.7	26.7	21.6	Silty sand	4.78	2.91	0.40	2.21
16	81.6	3.5	14.9	Sand	3.41	2.75	1.29	3.60
17	78.5	9.4	12.1	Sand	3.50	2.57	1.20	3.96
18	87.4	4.6	8.0	Sand	2.10	2.67	1.65	5.22
19	96.4	0.4	3.2	Sand	0.95	1.81	3.32	16.14
20	83.8	5.6	10.6	Sand	2.06	3.14	1.33	3.73



ภาพที่ 3 ข้อมูลการสำรวจเมื่อวันที่ 5-9 มิถุนายน พ.ศ. 2560 กราฟแท่ง (บน) แสดงร้อยละอนุภาคทราย/ทรายแป้ง/ดินเหนียวในตัวอย่างตะกอน และกราฟเส้น (ล่าง) แสดงร้อยละสะสมของอนุภาคตะกอนท้องทะเลอ่าวไทยตอนในจากขนาดเล็ก (ดินเหนียว) ไปจนถึงขนาดใหญ่ (ทราย)



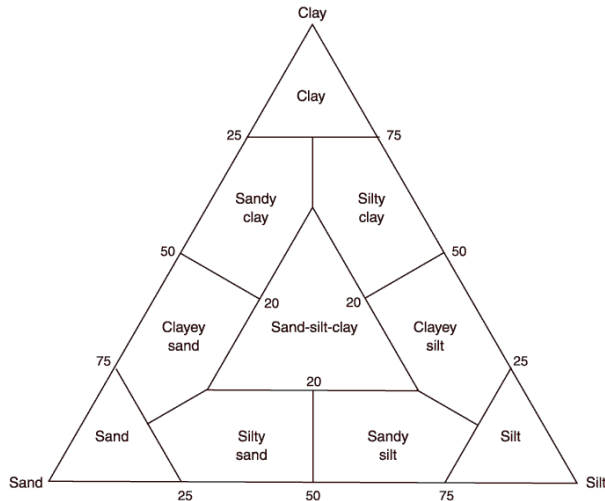
ภาพที่ 4 ข้อมูลการสำรวจเมื่อวันที่ 16-20 ตุลาคม พ.ศ. 2560 กราฟแท่ง (บน) แสดงร้อยละอนุภาคทราย/ทรายแป้ง/ดินเหนียวในตัวอย่างตะกอน และกราฟเส้น (ล่าง) แสดงร้อยละสะสมของอนุภาคตะกอนท้องทะเลอ่าวไทยตอนใน จากขนาดเล็ก (ดินเหนียว) ไปจนถึงขนาดใหญ่ (ทราย)



ภาพที่ 5 ข้อมูลการสำรวจเมื่อวันที่ 23-27 เมษายน พ.ศ. 2561 กราฟแท่ง (บน) แสดงร้อยละอนุภาคทราย/ทรายแป้ง/ดินเหนียวในตัวอย่งตะกอน และกราฟเส้น (ล่าง) แสดงร้อยละสะสมของอนุภาคตะกอนท้องทะเลอ่าวไทยตอนใน จากขนาดเล็ก (ดินเหนียว) ไปจนถึงขนาดใหญ่ (ทราย)

ตารางที่ 2 อัตราการไหลของน้ำท่าจากแม่น้ำสำคัญๆ ที่ไหลลงอ่าวไทยตอนใน เดือนมิถุนายน, ตุลาคม พ.ศ. 2560 และ เมษายน พ.ศ. 2561 ตามลำดับ (ปตร. คือประจวบายน้ำ)

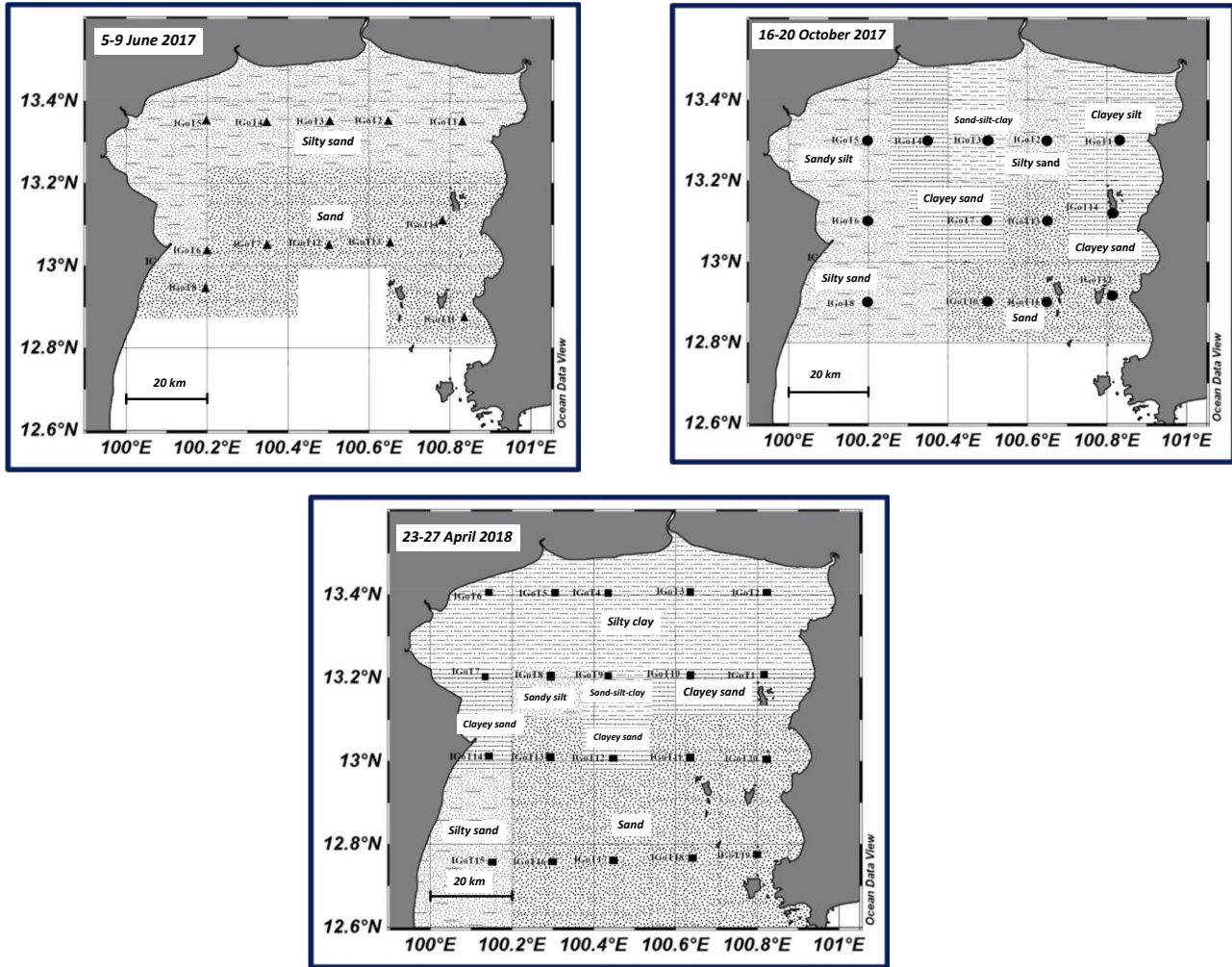
	เพชรบุรี (B.10) ลบ.ม./ วินาที	แม่กลอง ลบ.ม./ วินาที	เจ้าพระยา (ท้าย เขื่อนเจ้าพระยา) ลบ.ม./วินาที	ท่าจีน(ปตร. พลเทพ)ลบ. ม./วินาที	บางปะกง (Kgt.3) ลบ.ม./วินาที
มิถุนายน 60	15.01	142.91(K.35A)	700	15	0
ตุลาคม 60	59.20	215.11(k.35A)	2750	121	0
เมษายน 61	4.07	1056.71 (K.11A)	285	61	0



ภาพที่ 6 การจำแนกตะกอนซิลิเกตในท้องทะเลของ Shepard, 1954 และนำไปใช้โดย Ocean Drilling Program & Texas A&M University. (2003)

จากตารางที่ 1 และวิธีการจำแนกชนิดของตะกอนตามเกณฑ์ของ Shepard (1954) ในภาพที่ 6 สามารถจำแนกชนิดของตะกอนในอ่าวไทยตอนในได้ 6 ชนิด คือ ดินเหนียวปนทรายแป้ง (โคลน) ทรายแป้งปนทราย ทราย-ทรายแป้ง-ดินเหนียว ทรายปนดินเหนียว ทรายปนทรายแป้ง และทราย การกระจายตัวของอนุภาคตะกอนดังแสดงในภาพที่ 7 การสำรวจครั้งที่ 1 ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 พบว่าชนิดของตะกอนท้องน้ำแนวกันอ่าวและจุดเก็บตัวอย่างใกล้ฝั่งในแนวที่ 2 เป็นทรายผสมทรายแป้ง ชนิดของตะกอนในจุดเก็บตัวอย่างที่เหลือเป็นทราย ผลการสำรวจครั้งที่ 2 ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 พบว่าชนิดของตะกอนท้องน้ำที่กันอ่าวมีความหลากหลายตั้งแต่ทรายแป้งผสมดินเหนียว ทรายแป้งผสมทราย ทราย-ทรายแป้ง-ดินเหนียว ทรายผสมดินเหนียว และทรายผสมทรายแป้ง ชนิดของตะกอนในแนวถัดออกมาเป็นทราย ทรายผสมทรายแป้ง และทรายผสมดินเหนียว ชนิดของตะกอนในแนวที่ 3 เป็นทรายผสมทรายแป้งทางฝั่งตะวันตกแล้วเป็นทรายทางฝั่งตะวันออก

ผลการสำรวจครั้งที่ 3 ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 พบว่าชนิดของตะกอนกันอ่าวมีอนุภาคละเอียดมากขึ้นเป็นดินเหนียวผสมทรายแป้ง ในแนวที่ 2 ถัดออกมาชนิดของตะกอนหยาบขึ้นเป็นดินเหนียวผสมทรายแป้ง ทรายแป้งผสมทราย ทราย-ทรายแป้ง-ดินเหนียว และทรายผสมดินเหนียว ในแนวที่ 3 พบชนิดของตะกอนเป็นทรายผสมดินเหนียวหรือทรายเป็นหลัก และในแนวที่ 4 ใกล้ปากอ่าวไทยตอนในพบว่าเป็นทรายผสมทรายแป้งทางฝั่งตะวันตกและเป็นทรายทางฝั่งตะวันออก



ภาพที่ 7 การแพร่กระจายของอนุภาคตะกอนพื้นท้องทะเลในอ่าวไทยตอนในจากการสำรวจในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560, ตุลาคม พ.ศ. 2560 และเมษายน พ.ศ. 2561 ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการสำรวจและวิเคราะห์หอนุภาคตะกอนพื้นท้องทะเลอ่าวไทยตอนใน 3 ครั้งต่างฤดูกัน พบว่าขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำบริเวณกันอ่าวเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยช่วงน้ำหลาก (มิถุนายน พ.ศ. 2560) มีสัดส่วนตะกอนขนาดเล็ก (ดินเหนียว) ค่อนข้างน้อยเนื่องจากมีน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยไหลออกมาจากแต่สภาพคลื่นลมแรงและการไหลของน้ำทำให้อะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ไหลมากับน้ำท่าเคลื่อนที่ออกไปได้ไกลไม่ตกสะสมอยู่ใกล้ปากแม่น้ำ กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงและการไหลเวียนของน้ำเนื่องจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ก็มีส่วนทำให้ตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กแขวนลอยอยู่ในแล้วมวลน้ำและเคลื่อนตัวออกไปจากอ่าวไทยตอนในได้

ผลการวิเคราะห์ตะกอนพื้นท้องทะเลกันอ่าวไทยหลังฤดูฝน (ตุลาคม พ.ศ. 2560) ความเร็วลมอ่อนลงและผันผวนน้ำต่าน้อย มีเพียงกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยเพิ่มสูงขึ้น พบว่าอนุภาคตะกอนทรายแป้งและ

ดินเหนียวตกลูกสูทของน้ำในสัดส่วนที่มากขึ้น เมื่อถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน (ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม) ถึงแม้ว่าน้ำทำนอยแต่สัดส่วนตะกอนทรายแป้งและดินเหนียวบริเวณครึ่งบนของอ่าวไทยตอนในเพิ่มมากขึ้น ซึ่งน่าจะสัมพันธ์กับกระแสน้ำเนื่องจากลมที่ลดลง อีกทั้งจุดเก็บตัวอย่างเข้าใกล้กันอ่าวมากกว่าการสำรวจในสองครั้งแรก ซึ่งผลการศึกษานาดตะกอนในเดือนตุลาคมและเมษายนจะสอดคล้องกับขนาดตะกอนที่รายงานในผลการศึกษาของ Emery & Niino (1963) และ Shepard *et al.* (1949)

การกระจายตัวของอนุภาคตะกอนทำให้อนุมานได้ว่ากระแสน้ำบริเวณปากอ่าวไทยตอนในน่าจะแรงกว่ากระแสน้ำที่กั้นอ่าว ข้อสมมุติฐานนี้ยืนยันด้วยผลการตรวจวัดกระแส น้ำ 8 จุดในอ่าวไทยตอนบนของ Neelasri (1981) ซึ่งทำการตรวจวัดกระแสน้ำในเดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2522 เป็นช่วงฤดูร้อน (เปลี่ยนฤดูมรสุม) พบว่ากระแสน้ำสุทธิแต่ละจุดมีลักษณะของกระแสน้ำเนื่องจากลม (Ekman current) และกระแสน้ำเฉื่อยที่ผิวน้ำที่ปากอ่าวไทยตอนบนจะแรงกว่ากระแสน้ำบริเวณก้นอ่าวชัดเจน นอกจากนี้ผลการศึกษาระแส น้ำสุทธิตามฤดูกาลในอ่าวไทยตอนในโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข 2 มิติ (Jarupongsakul *et al.*, 2009) ก็ยืนยันว่ากระแสน้ำเฉื่อยที่ปากอ่าวไทยตอนในมีความเร็วมากกว่ากระแสน้ำที่กั้นอ่าวซึ่งเกือบเป็นศูนย์ เราจึงพบอนุภาคตะกอนพื้นท้องทะเลขนาดเล็กบริเวณก้นอ่าว และตะกอนทรายบริเวณปากอ่าวไทยตอนใน

การกระจายตัวของอนุภาคตะกอนคล้ายคลึงกับผลการศึกษาในอดีต กล่าวคือจะพบอนุภาคตะกอนขนาดเล็ก (โคลน) บริเวณก้นอ่าวไทยตอนในซึ่งโคลนน่าจะมากับน้ำท่าและการกัดเซาะตะกอนท้องน้ำบริเวณชายฝั่งก้นอ่าว แนวที่สองพบทรายปนดินเหนียวหรือทรายปนทรายแป้ง บริเวณกลางอ่าวไทยตอนในพบอนุภาคทราย ทรายแป้งและดินเหนียวในสัดส่วนพอๆ กัน ซึ่งคาดได้ว่าอาจจะมีกระแสน้ำวนพัดพาอนุภาคตะกอนทุกขนาดไปตกที่กลางอ่าวไทยตอนใน (Buranapratheprat *et al.*, 2009; Chaiongkarn and Sojisuporn, 2012) บริเวณครึ่งล่างของอ่าวไทยตอนในจะมีอนุภาคทรายเป็นหลัก ตะกอนตลอดแนวฝั่งซ้ายของอ่าวไทยตอนในมีทรายแป้งและดินเหนียวปะปนอยู่บ้างโดยน่าจะเป็นตะกอนจากน้ำท่าก้นอ่าวและน้ำท่าของแม่น้ำสายสั้นๆ ทางชายฝั่งตะวันตกของอ่าว ทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนในมีเกาะวางตัวในแนวเหนือใต้ ตะกอนท้องน้ำเป็นทรายที่มีต้นกำเนิดจากธรณีฐานในอดีต (Emery & Niino, 1963) นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Aquatic Resources Research Institute (2017) เหนือเกาะรังเกวียนเพื่อศึกษาจัดหาแหล่งทรายเพื่อเสริมทรายชายหาดพัทยา-จอมเทียนยังพบชั้นตะกอนทรายใต้ชั้นตะกอนปัจจุบัน โดยเป็นตะกอนทรายที่สะสมตัวจากแม่น้ำโบราณ

การวิเคราะห์ทางสถิติของขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำพบว่าค่าเฉลี่ยอนุภาคตะกอนอยู่ในช่วงอนุภาคทรายหยาบไปจนถึงดินเหนียว การคัดขนาดอนุภาคตะกอนอยู่ในระดับไม่ดีจนถึงไม่ดีมากเนื่องจากมักพบอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวปนกันอยู่ในสัดส่วนต่างๆ กัน การกระจายตัวของขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำจะเบ้ไปทางขวา (negative skewed) เมื่อค่าเฉลี่ยขนาดอนุภาคตะกอนเป็นอนุภาคตะกอนขนาดเล็ก (ทรายแป้งหรือดินเหนียว) มักเกิดขึ้นบริเวณก้นอ่าว การกระจายตัวของขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำจะเบ้ไปทางซ้าย (positive skewed) เมื่อค่าเฉลี่ยขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำเป็นอนุภาคตะกอนขนาดใหญ่ (ทราย) มักเกิดขึ้นที่ปากอ่าวไทยตอนในซึ่งเปอร์เซ็นต์ตะกอนส่วนใหญ่เป็นทราย การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยตะกอนตามฤดูกาลพบว่าขนาดตะกอนมีความแตกต่างกันตามฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญโดยค่าเฉลี่ยตะกอนท้องน้ำบริเวณก้นอ่าวมีขนาดเล็กกว่าค่าเฉลี่ยตะกอนท้องน้ำบริเวณใกล้ปากอ่าวไทยตอนใน

การจำแนกประเภทของตะกอนพื้นท้องทะเลในอ่าวไทยตอนในจะต่างกันไปบ้างในรายละเอียดทั้งนี้ขึ้นกับเครื่องมือวิธีการเก็บตัวอย่าง และฤดูกาล การศึกษาขนาดอนุภาคตะกอนพื้นท้องทะเลในครั้งนี้อย่างขาดการสำรวจในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือเนื่องจากเหตุผลความพร้อมของเรือและเครื่องมือ แต่คาดว่าสภาพตะกอนน่าจะอยู่ระหว่างข้อมูลเดือนตุลาคม พ.ศ.

2560 และเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 หากดำเนินการศึกษาตะกอนพื้นท้องน้ำเพิ่มเติมในอนาคตควรจะศึกษาสีของตะกอนด้วย เพื่อบ่งบอกที่มาและแร่ในดินตะกอน ควรวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม (ได้มาจากเปลือกหอย) และเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ใน ตะกอนท้องน้ำด้วย หากเวลาและงบประมาณจำกัดควรเน้นการเก็บตัวอย่างบริเวณตอนในของอ่าวไทยตอนในเนื่องจากขนาด อนุภาคตะกอนท้องน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยควบคุมต่างๆ เช่น ฤดูกาลและน้ำท่า เป็นต้น ขณะที่สัดส่วนอนุภาคตะกอน ท้องน้ำบริเวณใกล้ปากอ่าวไทยตอนในมักจะคงที่ตลอดทั้งปีจึงสามารถลดความถี่ในการสำรวจได้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาขนาดอนุภาคตะกอนพื้นท้องทะเลอ่าวไทยตอนในโดยการออกสำรวจ 3 ครั้งในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560, ตุลาคม พ.ศ. 2560 และ เมษายน พ.ศ. 2561 ตามลำดับ พบว่าขนาดอนุภาคตะกอนพื้นท้องทะเลบริเวณกันอ่าวไทยตอนใน เปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำท่า ฤดูกาล และการไหลเวียนของน้ำ โดยมีสัดส่วนอนุภาคทรายสูงในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน พ.ศ. 2560) แล้วสัดส่วนอนุภาคตะกอนละเอียด (ทรายแป้ง+ดินเหนียว) เพิ่มขึ้นหลังจากหมดฤดูฝน (ตุลาคม พ.ศ. 2560 และ เมษายน พ.ศ. 2561) อนุภาคตะกอนท้องทะเลอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตกจะมีสัดส่วนอนุภาคทรายแป้งเป็นหลัก สำหรับ อนุภาคตะกอนท้องทะเลที่ปากอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันออกเป็นอนุภาคทรายละเอียดมากถึงอนุภาคทรายละเอียดปานกลาง ตลอดทั้งปี อนุภาคตะกอนทรายแป้งและดินเหนียวได้มากกับน้ำท่าและการกัดเซาะตะกอนท้องน้ำและตะกอนชายฝั่งที่กัน อ่าวไทยตอนใน ขณะที่ตะกอนทรายเป็นตะกอนสะสมจากลำน้ำโบราณซึ่งบัดนี้จมอยู่ใต้ชั้นตะกอนปัจจุบัน หรือเป็นตะกอน ทรายจากชายฝั่งทะเลในอดีต

การวิเคราะห์ขนาดตะกอนท้องน้ำพบว่าขนาดตะกอนเฉลี่ยมีค่าตั้งแต่ดินเหนียวจนถึงทรายหยาบ การัดขนาดไม่ดี จึงพบตะกอนทั้งสามชนิดปนกันในตัวอย่งตะกอน การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดอนุภาคตะกอนท้องน้ำ ยืนยันว่าขนาดตะกอนเฉลี่ยกันอ่าวมีขนาดเล็กกว่าขนาดตะกอนใกล้ปากอ่าวไทยตอนในอย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับบสนับสนุนภายใต้โครงการ “สร้างเสริมพลังจุฬาฯ ก้าวสู่ศตวรรษที่ 2” ช่วงที่ 1 ผู้วิจัยขอขอบคุณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้ทุนสนับสนุนโครงการในครั้งนี้ โดยทำการวิจัยในนามของสถาบันวิจัย ทรัพยากรทางน้ำ

เอกสารอ้างอิง

- Aquatic Resources Research Institute. (2017). A Study Project to Find Sand Deposit for Beach Nourishment Purpose at Eastern Coastal Thailand (Chonburi, Rayong, Chanthaburi, and Trat). A final report presented to Marine (Harbour) Department, Ministry of Transport. (in Thai)
- Blott, S.J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*. 26, 1237-1248.
- Briggs, D. (1977). *Sources and method of geography: sediment*. Butterworth, London.

- Buakaew, S. (2007). *Contamination of Mercury in Surface Sediment in the Gulf of Thailand*. Master Thesis. Graduate School, Chulalongkorn University. (in Thai)
- Buranapratheprat, A. (2008). Circulation in the Upper Gulf of Thailand: a Review. *Burapha Science Journal*, 13(1), 75-83. (in Thai)
- Buranapratheprat, A., Niemann, K. O., Yanagi, T., Matsumura, S., & Sojisuorn, P. (2009). Circulation in the Upper Gulf of Thailand Investigated Using a Three-Dimensional Hydrodynamic Model. *Burapha Science Journal*, 14(1), 99-113. (in Thai)
- Chaiongkarn, P., & Sojisuorn, P. (2012). Characteristics of Seasonal Wind and Wind-driven Current in the Gulf of Thailand. *Bulletin of Earth Sciences of Thailand*, 5(1), 58-67.
- Department of Mineral Resources. (2012). *Physical Geology of Sea Bottom of the Upper Gulf of Thailand*. Technical report no. 9/2555. Marine Geology Section, Geological Technology Division. (in Thai)
- Dharmvanij, S. (1996). *Sediment Grain-size Analysis*. Chemical oceanography Manual. Marine Science Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University. (in Thai)
- Dyer, K.R. (1986). *Coastal and Estuarine Sediment Dynamics*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Emery, K.O., & Niino, H. (1963). Sediments of the Gulf of Thailand. *Geological Society of America Bulletin*, 74, 541-554.
- Hydrographic Department, the Royal Thai Navy. (1995). Report on analysis of oceanographic data of central Gulf of Thailand, 1982-1993. Oceanographic Division, Hydrographic Department, the Royal Thai Navy. March 1995. (in Thai)
- Hu, L., Shi, X., Bai, Y., Fang, Y., Chen, Y., Qiao, S., Liu, S., Yang, G., Kornkanitnan, N., & Khokiattiwong, S. (2016). Distribution, input pathway and mass inventory of black carbon in sediments of the Gulf of Thailand, SE Asia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 170, 10-19.
- Jarupongsakul, T., Sojisuorn, P., Paphawasit, N., Siriboon, S., Subboonrueng, H. Worapunya-anant, S., Boonyopas, A., Thana, B., Auyornprasert, W., Piumsomboon, A., Siwayabhram, I., Ekwat-panit, C., & Wechakul, W. (2009). *Integration Study to Tackle Coastal Erosion Problem: a Pilot Structural Design at Ban Khun Samut Chin, Lam Phapa subdistrict, Pra Samut Chedi District*. A final report presented to Thailand Research Fund. (in Thai)
- Jintasaeranee, P., & Buranapratheprat, A. (2017). Seasonal Variations of Sediment Grain Sizes at Bangsean Beach in 2014. *Burapha Science Journal*, 22(2), 135-144. (in Thai)
- Kamaruzzaman, B.Y., Shazili, N.A.M., & Mohd Lokman, H. (2002). Particle Size Distribution in the Bottom Sediments of the Kemaman River Estuarine System, Terengganu, Malaysia. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 25(2), 149-155.

- Neelasri, C. (1981). The mean flow in the upper part of the Gulf of Thailand during a transition period of the monsoon. *Proceeding of the second seminar on the water quality and the quality of living resources in Thai waters, 26-28 May 1981*. (in Thai)
- Ocean Drilling Program & Texas A&M University. (2003). *Drilling Gas Hydrates on Hydrate Ridge, Cascadia Continental Margin, Volume 204 initial reports*. Retrieved March 14, 2019, from http://www-odp.tamu.edu/publications/204_IR/chap_02/c2_f3.htm#1001151
- Ott, L., (1984). *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*. PWS Publishers, U.S.A.
- Pitty, A.F. (1971). *Introduction to geomorphology*. Methuen, London.
- Poppe, L.J., Eliason, A.H., Fredericks, J.J., Rendigs, R.R., Blackwood, D. and Polloni, C.F. (2000). Chapter 1: Grain-size Analysis of Marine Sediments: Methodology and Data Processing. In: U.S. Geological Survey Open-file report. Retrieved March 14, 2019, from <https://pubs.usgs.gov/of/2000/of00-358/text/chapter1.htm>
- Prime Minister's Office. *Inner Gulf of Thailand*. Retrieved May 25, 2019, from <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2502/A/091/1.PDF> (in Thai)
- Prime Minister's Office. *Demacration of the Provincial Boundary in the Inner Gulf of Thailand*. Retrieved May 25, 2019, from <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2502/A/092/430.PDF> (in Thai)
- Purnawan, S., Setiawan, I., & Muchlisin, Z. A. (2015). Sediment Grain-size Distribution in the Lake Laut Tawar, Aceh Province, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society*, 8(3), 404-410.
- Shepard, F.P., Emery, K.O., & Gould, H.R. (1949). *Distribution of sediments on East Asiatic continental shelf*. Univ. Southern Calif. Allan Hancock Found. Occasional paper 9.
- Shepard, F. p. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.
- Shi, X., Liu, S., Fang, X., Qiao, S., Khokiattiwong, S., & Kornkanitnan, N. (2015). Distribution of Clay Minerals in Surface Sediments of the Western Gulf of Thailand: Sources and Transport Patterns. *Journal of Asian Earth Sciences*, 105(2015), 390-398.
- Switzer, A.D. (2013). Measuring and Analyzing Particle Size in a Geomorphic Context. *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA.