



รายงานวิจัย

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินปี 2556

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

เรื่อง

ฟลักซ์ กระบวนการขนส่ง และวัฏจักรของสารอาหารพืชบริเวณแนวปะการัง
หมู่เกาะแสมสาร - 2: ลักษณะทางตะกอนวิทยาของพื้นทะเลและการ
แพร่กระจายสารอาหารพืชที่สะสมในตะกอนดิน

ผศ. ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล

อ. ดร. ปัทมา สิงห์รักษ์

ผศ. ดร. วรณพ วิทยาญจน์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานวิจัย
ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินปี 2556

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

เรื่อง

ฟลักซ์ กระบวนการขนส่ง และวัฏจักรของสารอาหารพืชบริเวณแนวปะการัง
หมู่เกาะแสมสาร - 2: ลักษณะทางตะกอนวิทยาของพื้นทะเลและการแพร่กระจาย
สารอาหารพืชที่สะสมในตะกอนดิน

FLUXES, TRANSPORT PROCESSES AND CYCLING OF NUTRIENTS AT REEFS OF
MO KO SAMAE SAN - 2. SEDIMENTOLOGICAL OF SEAFLOOR AND
NUTRIENT DISTRIBUTION IN SEDIMENTS

ผศ. ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล
ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ศึกษาคุณภาพน้ำทะเลทางกายภาพเคมีของน้ำทะเล 22 สถานีรอบเกาะสมุยในวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2556 สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ 13 สถานี เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอย และศึกษาลักษณะทางตะกอนวิทยาของพื้นทะเล ในโตรเจน ฟอสฟอรัส ไบโอดีนิคซิติกา โปรท และสารหนูในดินตะกอน 12 สถานี ผลการศึกษาพบว่า ช่วงอุณหภูมิมีวิน้ำและเหนือพื้นทะเล ความเค็ม ออกซิเจนละลาย และพีเอช เท่ากับ 30.16 – 30.30 และ 29.83 – 30.32 องศาเซลเซียส, 31.40 – 31.74 และ 31.48 – 31.73, 0.77 – 5.91 และ 0.85 – 5.72 มิลลิกรัมต่อลิตร, 8.19 – 8.27 และ 8.21 – 8.28 ตามลำดับ ส่วนปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.95 – 15.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงที่เก็บตัวอย่างน่าจะมีการแทรกตัวของมวลน้ำชั้นล่างจากกลางอ่าวไทยขึ้นมาทำให้น้ำทะเลบางบริเวณมีสภาพพร้อมออกซิเจนสำหรับดินตะกอนบริเวณเกาะสมุยประกอบด้วยอนุภาคขนาดทราย (< 63 ไมโครเมตร) มากกว่าร้อยละ 75 มีแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 3 ถึงร้อยละ 25 ของน้ำหนักดินตะกอน และมีสารอินทรีย์ที่ออกซิไดซ์ง่ายร้อยละ 0.4 ถึง 1.3 ไบโอดีนิคซิติกา มีค่าเฉลี่ย 705 ± 252 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเฉลี่ยอยู่ที่ 33.6 ± 9.0 และ 15.3 ± 2.8 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พื้นที่ที่มีสารอาหารสูงจะมีสารอินทรีย์และไบโอดีนิคซิติกาในปริมาณสูง จากค่าสัดส่วนโมลระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัส บ่งชี้ว่าไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด โปรทและสารหนูมีค่าต่ำอยู่ในช่วง 1.6 – 34.2 (เฉลี่ย 22.6 ± 8.5) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และ 1.2 – 2.6 (1.7 ± 0.4) ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

คำสำคัญ: ดินตะกอน สารอาหาร โปรท สารหนู

Abstract

Physicochemical parameters of seawater from 22 stations around Ko Samae San were studied on 23 June 2013. Thirteen samples of seawater were collected to analyze for total suspended solids. Twelve samples of sediments were collected to analyze for sedimentological characteristics, nitrogen, phosphorus, biogenic silica, mercury and arsenic. The results found that surface and bottom seawater had temperature, salinity, dissolved oxygen and pH in the range of 30.16 – 30.30 °C and 29.83 – 30.32 °C, 31.40 – 31.74 and 31.48 – 31.73, 0.77 – 5.91 and 0.85 – 5.72 mg/l, 8.19 – 8.27 and 8.21 – 8.28, respectively. The range of total suspended solids was 1.95 – 15.5 mg/l. During sampling periods, it was suspected that there was an intrusion of bottom water from the middle of the Gulf of Thailand, resulting a hypoxia phenomenon in some stations in the area. The sediment around Ko Samae San contained sand (< 63 µm) composition over 75%. Calcium carbonate was ranged from 0.4% to 1.3%. Average value of biogenic silica was 705 ± 252 µg/g dry weight, while average nitrogen and phosphorus were 33.6 ± 9.0 and 15.3 ± 2.8 µg/g dry weight. The area of high nutrient had also high organic matter and biogenic silica. From nitrogen and phosphorus molar ratio, it is suggested that nitrogen was limited. Mercury and arsenic contamination was low at the range of 1.6 – 34.2 (average 22.6 ± 8.5) ng/g dry weight and 1.2 – 2.6 (1.7 ± 0.4) µg/g dry weight, respectively.

Keywords: sediment, nutrient, mercury, arsenic

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1
วิธีดำเนินการศึกษา	4
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	6
สรุปผลการศึกษา	16
เอกสารอ้างอิง	17
ประวัติคณะวิจัย	20

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	พิกัดตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่าง ความลึกน้ำ และตัวอย่างที่ศึกษา วันที่ 23 มิถุนายน 2556	6
ตารางที่ 2	อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลายและ pH ของน้ำทะเลรอบเกาะเสมสาร วันที่ 23 มิถุนายน 2556	7
ตารางที่ 3	ลักษณะทางตะกอนวิทยาและการปนเปื้อนของปรอทและสารหนูในตะกอนทะเลด้านเหนือและด้านตะวันออกของเกาะเสมสาร วันที่ 23 มิถุนายน 2556	9

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1	สถานีเก็บตัวอย่าง	5
รูปที่ 2	สัดส่วนขนาดอนุภาคของดินตะกอน	8
รูปที่ 3	ปริมาณสารอินทรีย์ ไบโอดีนิคซิลิกา แคลเซียมคาร์บอเนต สารอาหารพืช (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) โลหะหนัก (ปรอทและสารหนู) และปริมาณตะกอนละเอียดในดินตะกอน	10
รูปที่ 4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์กับแคลเซียมคาร์บอเนต ไบโอดีนิคซิลิกา ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในดินตะกอน	11
รูปที่ 5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไบโอดีนิคซิลิกากับสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) ในดินตะกอน	11
รูปที่ 6	Dendrogram แสดงการจัดกลุ่มสถานีตามคุณภาพน้ำทะเลด้วย Cluster Analysis	12
รูปที่ 7	ภาพแสดงการจัดกลุ่มสถานีเก็บตัวอย่างน้ำทะเล โดยการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำด้วย Principle Component Analysis	13
รูปที่ 8	ภาพแสดงกลุ่มสถานีเชิงพื้นที่จากการวิเคราะห์ Cluster Analysis และ Principle Component Analysis	13
รูปที่ 9	Dendrogram แสดงการจัดกลุ่มสถานีตามลักษณะและคุณภาพดินตะกอนด้วย Cluster Analysis	14
รูปที่ 10	ภาพแสดงการจัดกลุ่มสถานีตามลักษณะและคุณภาพดินตะกอนโดยใช้ Principle Component Analysis	15
รูปที่ 11	ภาพแสดงกลุ่มสถานีเชิงพื้นที่จากการวิเคราะห์ Cluster Analysis และ Principle Component Analysis	15

ฟลักซ์ กระบวนการขนส่ง และวัฏจักรของสารอาหารพืชบริเวณแนวปะการัง
หมู่เกาะเสมสาร – 2: ลักษณะทางตะกอนวิทยาของพื้นทะเลและการแพร่กระจาย
สารอาหารพืชที่สะสมในตะกอนดิน

FLUXES, TRANSPORT PROCESSES AND CYCLING OF NUTRIENTS AT REEFS OF
MO KO SAMAE SAN – 2. SEDIMENTOLOGICAL OF SEAFLOOR AND
NUTRIENT DISTRIBUTION IN SEDIMENTS

เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และ ปัทมา สิงห์รักษ์
Penjai Sompongchaiyakul and Patama Singhruck

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330

Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Road,
Pathumwan, Bangkok, 10330

บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทะเลชายฝั่งเป็นแหล่งทรัพยากรและมีการใช้ประโยชน์สูง ปัจจุบันนอกจากจะมีการใช้ประโยชน์เกินศักยภาพแล้ว ทะเลชายฝั่งยังเป็นแหล่งรองรับมลพิษจากแผ่นดิน ทำให้ความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายทางชีวภาพที่มีอยู่สูงในอดีตลดต่ำลงอย่างมากมาย มลพิษหนึ่งที่เกิดปัญหาในพื้นที่ชายฝั่ง คือ สารอาหารพืช (nutrients) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศน์ชายฝั่ง อย่างไรก็ตามหากความเข้มข้นของสารอาหารพืชในมวลน้ำน้อยเกินไป ก็ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนผลผลิตปฐมภูมิในทะเล (marine primary productivity) ซึ่งนำไปสู่ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำ แต่ถ้าความเข้มข้นของสารอาหารพืชในมวลน้ำมากเกินไป หรือที่เรียกว่าเกิดยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) จนเป็นเหตุให้เกิดการสะสมของแพลงก์ตอนพืช ก็จะก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

สารอาหารพืชนอกจากจะมาทางแม่น้ำแล้ว ในบางพื้นที่และบางช่วงเวลา ดินตะกอน (sediment) ยังเป็นแหล่งกำเนิดสารอาหารพืชที่สำคัญ เนื่องจากดินตะกอนเป็นแหล่งสะสมสารต่างๆ ที่เข้าสู่มวลน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอินทรีย์ ซึ่งจุลชีพจะย่อยสลายให้กลายเป็นสารอาหารอนินทรีย์ (สารอาหารพืช) ละลายอยู่ในน้ำระหว่างตะกอน (interstitial water) เมื่อสารอาหารพืชที่อยู่ในน้ำระหว่างตะกอนมีความเข้มข้นสูงกว่าสารอาหารพืชในน้ำเหนือตะกอน (overlying water) ก็จะแพร่ออกจากตะกอนออกสู่มวลน้ำ นอกจากนี้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ ได้แก่ ภาวะพร่องออกซิเจน (hypoxia) หรือภาวะขาดออกซิเจน (anoxia) ซึ่งมักเกิดจากการที่ดินตะกอนมีสารอินทรีย์สูง ออกซิเจนถูกจุลชีพใช้ไปในการย่อยสลายจนปริมาณออกซิเจนละลายต่ำลงมากๆ ภายใต้สภาวะรีดิวซิ่ง (reducing condition) เช่นนี้ สารอาหารพืชยิ่งถูกปลดปล่อยออกสู่มวลน้ำมากขึ้น ดังนั้น การแลกเปลี่ยนสารอาหารพืชระหว่างตะกอนกับน้ำเหนือตะกอน จึงมีอิทธิพลต่อการกระจายของสารอาหารพืชในแหล่งน้ำ

แม้ว่าจะมีการศึกษาคุณภาพน้ำและดินตะกอนในพื้นที่หมู่เกาะแสมสารมาก่อน แต่การศึกษาแบบเดิมนั้นเป็นการศึกษาแยกส่วนระหว่างสมุทรศาสตร์ อุทกวิทยา เคมี และชีวธรณีเคมี ทำให้ข้อมูลที่มีอยู่ไม่ครบถ้วนที่จะนำมาประเมินศักยภาพการรองรับผลผลิตทางชีวภาพของพื้นที่ ว่าจะสามารถใช้ประโยชน์ได้เท่าไรและอย่างไรจึงจะไม่เกิดผลเสียหายตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ ดังนั้นนอกจากจะศึกษาคุณภาพน้ำแล้ว ยังควรที่จะทำการศึกษาอย่างเป็นระบบให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของมวลน้ำ การทับถมของดินตะกอนและสารอาหารพืชในดิน ตะกอน แหล่งกำเนิดของสารอาหารพืช และพลั๊กของสารอาหารพืชจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เพื่อให้ทราบงบประมาณ (budget) และพลวัต (dynamics) ของสารอาหารพืชในพื้นที่ศึกษา

โครงการนี้ ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องหลายปี จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาของสารอาหารพืชในมวลน้ำและดินตะกอน ศึกษาแหล่งกำเนิด ปริมาณ และกระบวนการขนส่งสารอาหารจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่พื้นที่ศึกษา ศึกษาศักยภาพของดินตะกอนในการเป็นแหล่งสะสมหรือการเป็นแหล่งกำเนิดของสารอาหารในมวลน้ำ ตลอดจนวัฏจักรและพลวัตของสารอาหารพืชในพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินรูปแบบการใช้ประโยชน์ด้านประมง การเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์น้ำ และการท่องเที่ยวในพื้นที่ศึกษา ตลอดจนเป็นข้อมูลสนับสนุนในการวางนโยบายหรือออกมาตรการเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่หมู่เกาะแสมสาร ทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบ 3 ระบบ คือ ทะเล น้ำจืด และแผ่นดิน ทำให้พื้นที่ชายฝั่งเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลาย ซับซ้อน และอุดมสมบูรณ์ บทบาทหน้าที่ของระบบนิเวศน์ชายฝั่งมีความเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงกับลักษณะทางกายภาพ การถ่ายทอดพลังงาน การขนส่งและพลั๊กของสารอาหารพืชและสารอินทรีย์ (Nixon, 1981)

อย่างไรก็ดี ปัจจุบันเป็นยอมรับกันทั่วไปแล้วว่าสารอาหารพืชปริมาณมากที่เข้าสู่ทะเลชายฝั่งเป็นภัยคุกคามต่อโครงสร้าง (structure) และ บทบาทหน้าที่ (function) ของระบบนิเวศน์ชายฝั่ง (Nixon, 1995; Cloern, 2001) การเพิ่มขึ้นของระดับสารอาหารพืชในมวลน้ำและการกระจายของตะกอนแขวนลอยในน้ำเป็นสาเหตุให้อัตราการเจริญเติบโตของปะการังในพื้นที่ใกล้ฝั่งลดต่ำลง และยิ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความอุดมสมบูรณ์ของปะการังและสาหร่ายในแนวปะการังใกล้ฝั่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชายฝั่งที่ต่อเนื่องจากแผ่นดินที่มีกิจกรรมทางการเกษตรซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสารอาหารพืช (Udy et al., 1999; van Woessik et al., 1999; McCook, 2001; Fabricius et al., 2003)

ในพื้นที่ชายฝั่งที่ไม่ใช่เขตเมืองหรือเขตอุตสาหกรรม มักพบว่ามลพิษจากสารอาหารพืชที่มีปริมาณมากเกินไปในมวลน้ำทะเลชายฝั่ง เป็นภัยคุกคามต่อระบบนิเวศน์และชุมชน มากกว่ามลพิษประเภทอื่น อาทิ โลหะหนัก สารกำจัดศัตรูพืช หรือปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Alongi and McKinnon, 2005)

แม้ว่าแหล่งกำเนิดหลักของสารอาหารพืชและตะกอนแขวนลอยที่เข้าสู่ทะเลชายฝั่ง คือ แม่น้ำ ลำคลอง (Humborg et al., 1997; Lenhart et al., 1997; Sierra et al., 2002; Perez et al., 2003; Vörösmarty et al., 2003; Zhang et al., 2004) แต่ปัจจุบัน ดินตะกอนเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของ

สารอาหารพืชในบางพื้นที่และบางช่วงเวลา เนื่องจากดินตะกอนเป็นแหล่งสะสมสารต่างๆ ที่เข้าสู่มวลน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอินทรีย์ เมื่อเกิดการย่อยสลายโดยพวกจุลชีพ จะกลายเป็นสารอาหารอินทรีย์ (สารอาหารพืช) ที่ละลายอยู่ในน้ำระหว่างตะกอนภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ สารอาหารพืชนี้จะถูกปลดปล่อยออกจากดินตะกอนออกสู่น้ำระหว่างตะกอน และแพร่เข้าสู่มวลน้ำ การแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างดินตะกอนกับน้ำเหนือตะกอน จึงมีอิทธิพลต่อการกระจายของสารอาหารในแหล่งน้ำ (Kaspar et al., 1985; Takanayanagi and Yamada, 1999; Mwashote and Jumba, 2002)

นอกจากนี้ ในบางพื้นที่พบว่าแหล่งกำเนิดของสารอาหารพืชที่เข้าสู่มวลน้ำชายฝั่งอาจจะมาจากน้ำใต้ดินที่ไหลออกสู่ทะเลโดยตรง (submarine groundwater discharge; SGD) (Buddemeier, 1996; Moore, 1996, 1999; Zektser, 2000; Burnett et al., 2003; Slomp and Cappellen, 2004) ความรู้ในเรื่อง SGD ในประเทศไทยมีน้อยมาก ที่ผ่านมามีเพียงงานของ Burnett et al. (2007) และ Burnett et al. (2009) ซึ่งพบว่า SGD เป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของสารอาหารพืชทั้งที่เข้าสู่คลองหรือน้ำแม่น้ำก่อนออกสู่ทะเล และที่เข้าสู่มวลน้ำทะเลโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชายฝั่งที่มีน้ำท่าไหลน้อย SGD จะเป็นแหล่งกำเนิดของสารอาหารพืชในทะเลที่สำคัญ นอกจากนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธรรมศักดิ์ ยี่มิน (ติดต่อส่วนตัว) และ รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิทยกาญจน์ ซึ่งทำวิจัยในพื้นที่แนวปะการังของไทย พบว่ามีปรากฏการณ์คล้ายการไหลออกของน้ำใต้ดินออกสู่น้ำทะเลในบางบริเวณของแนวปะการัง แต่ก็ยังไม่เคยมีการศึกษาอย่างจริงจัง

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะทางตะกอนวิทยาของดินตะกอนพื้นทะเล
2. ศึกษาการแพร่กระจายสารอาหารพืชที่สะสมในดินตะกอน 4
3. สนองพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อการเรียนรู้และนำไปใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

วิธีการดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

หมู่เกาะแสมสาร อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี (รูปที่ 1) ในพื้นที่ของหน่วยบัญชาการสงครามพิเศษทางเรือ กองเรือยุทธการ กองทัพเรือ และเป็นพื้นที่ของโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

การเก็บตัวอย่าง

1. กำหนดสถานีเก็บตัวอย่าง รอบเกาะแสมสาร
2. เก็บตัวอย่างในวันที่ 23 มิถุนายน 2556 โดยใช้เรือประมงในพื้นที่
3. เมื่อถึงตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่าง ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพเคมี ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลาย พีเอช
ก) ความลึกน้ำ หยั่งด้วยเครื่อง Speedtech® Instruments Depthmate Portable Sounder

- ข) pH ตรวจวัดด้วยเครื่อง pH meter
 - ค) อุณหภูมิ ความเค็ม และออกซิเจนละลาย ตรวจวัดด้วยเครื่อง YSI® Multiprobe
4. สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ บางสถานี เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ total suspended solids โดยใช้ water sampler
 5. หลังเก็บตัวอย่างน้ำเรียบร้อยแล้ว จึงจะเก็บตัวอย่างดินตะกอน
 6. หย่อน grab sampler จากเรือลงเก็บตัวอย่างดินตะกอนระดับผิวน้ำ แต่เนื่องจากในช่วงฤดูที่เก็บตัวอย่าง มีภาวะคลื่นลมแรง ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ครบตามพิกัดที่กำหนดไว้เดิม และบางสถานีไม่สามารถเก็บดินตะกอนได้ ตำแหน่งสถานีที่เก็บตัวอย่างแสดงในรูปที่ 1
 7. เก็บรักษาตัวอย่างทั้งน้ำและดินโดยการแช่เย็น นำกลับเข้าห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมง เพื่อทำการวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. วิเคราะห์ปริมาณ total suspended solids ในตัวอย่างน้ำทะเล โดยการกรองน้ำทะเลด้วยแผ่นกรอง GF/C อบตะกอนแขวนลอยที่ $100 \pm 2^\circ\text{C}$ หาน้ำหนักที่แตกต่างระหว่างแผ่นกรอง GF/F ที่มีและไม่ตะกอนแขวนลอย
2. นำดินตะกอนตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง Freeze-Dried 5
3. แบ่งดินตะกอนแห้งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งไม่ต้องบด สำหรับใช้วิเคราะห์หองค์ประกอบขนาดของดินตะกอน อีกส่วนหนึ่งบดให้ละเอียดด้วย agate mortar เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี



รูปที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่าง

4. วิเคราะห์หองค์ประกอบขนาดของดินตะกอน โดยวิธี wet sieving และ pipette method

5. วิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ที่ออกซิไดซ์ง่ายในดินตะกอน โดยวิธี Walkey-Black method
6. วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอน โดยวิธี Acid-Base titration
7. วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินตะกอน ย่อยสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนก่อน โดยวิธี alkaline persulphate oxidation (Grasshoff et al., 1999) และตรวจวัดปริมาณโดยวิเคราะห์ในเตรตด้วยวิธี colorimetric method (Strickland and Parsons, 1972)
8. ไบโอจีนิกซิลิกา (biogenic silica) ในดินตะกอน โดยวิธีการสกัดด้วย NaOH (Olivarez Lyle, and Lyle, 2002) และตรวจวัดปริมาณด้วยวิธี colorimetric method
9. วิเคราะห์หาปริมาณปรอทที่สะสมในดินตะกอน
10. วิเคราะห์หาปริมาณสารหนูที่สะสมในดินตะกอน
11. วิเคราะห์ทางสถิติเชิงพรรณนา
12. แปรผลร่วมกับข้อมูลทางตะกอนวิทยา ธรณีเคมี

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

เนื่องจากคลื่นลมแรงทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้รอบเกาะอย่างแท้จริง และบางสถานีไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินตะกอนได้ จึงได้ตัวอย่างดินตะกอน เพียง 12 สถานี สำหรับคุณภาพน้ำทางกายภาพเคมีได้ตรวจวัดทุกสถานี รวมทั้งสิ้น 22 สถานี และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ 13 สถานี เพื่อวิเคราะห์ปริมาณตะกอนแขวนลอย ตารางที่ 1 แสดงพิกัดตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่าง ความลึกน้ำ และตัวอย่างที่ได้ ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 2 และ 3

ในช่วงการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลรอบเกาะสมสาร มีอุณหภูมิผิวน้ำและเหนือพื้นทะเลอยู่ในช่วง 30.16 – 30.30 และ 29.83 – 30.32 องศาเซลเซียส ความเค็มอยู่ในช่วง 31.40 – 31.74 และ 31.48 – 31.73 ออกซิเจนละลายอยู่ในช่วง 0.77 – 5.91 และ 0.85 – 5.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 8.19 – 8.27 และ 8.21 – 8.28 ตามลำดับ ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำอยู่ที่ 1.95 – 15.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 พิกัดตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่าง ความลึกน้ำ และตัวอย่างที่ศึกษา วันที่ 23 มิถุนายน 2556

สถานี	เวลา (น.)	ละติจูด (N)	ลองจิจูด (E)	ความลึก (m)	ตัวอย่างน้ำ	ตัวอย่างดินตะกอน
1	0810	12° 35.804'	100° 56.729'	12	✓	✓
2	0825	12° 35.964'	100° 56.386'	10	✓	✓
3	0835	12° 35.684'	100° 56.260'	3	✓	×
4	0848	12° 34.955'	100° 56.303'	7	-	×
5	0910	12° 34.102'	100° 56.445'	8	✓	×
6	0930	12° 35.199'	100° 57.332'	9	✓	×
7	0945	12° 35.554'	100° 57.111'	10	✓	×
8	0955	12° 35.668'	100° 58.130'	10	-	✓
9	1005	12° 35.722'	100° 58.521'	18	✓	×
10	1015	12° 35.652'	100° 58.925'	12	-	✓
11	1025	12° 35.306'	100° 58.974'	12	-	✓
12	1037	12° 35.220'	100° 58.654'	13	-	✓
13	1042	12° 35.162'	100° 58.254'	11	-	✓
14	1137	12° 34.550'	100° 58.109'	7	✓	✓
15	1145	12° 34.475'	100° 58.641'	16	✓	✓
16	1155	12° 34.459'	100° 59.031'	15	-	✓
17	1202	12° 34.252'	100° 59.037'	14	✓	✓
18	1212	12° 34.052'	100° 58.559'	18	✓	✓
19	1225	12° 33.744'	100° 58.106'	19	✓	×
20	1237	12° 33.458'	100° 58.149'	22	✓	×
A		12° 35.223'	100° 57.465'	5		
B		12° 35.567'	100° 57.492'	22		

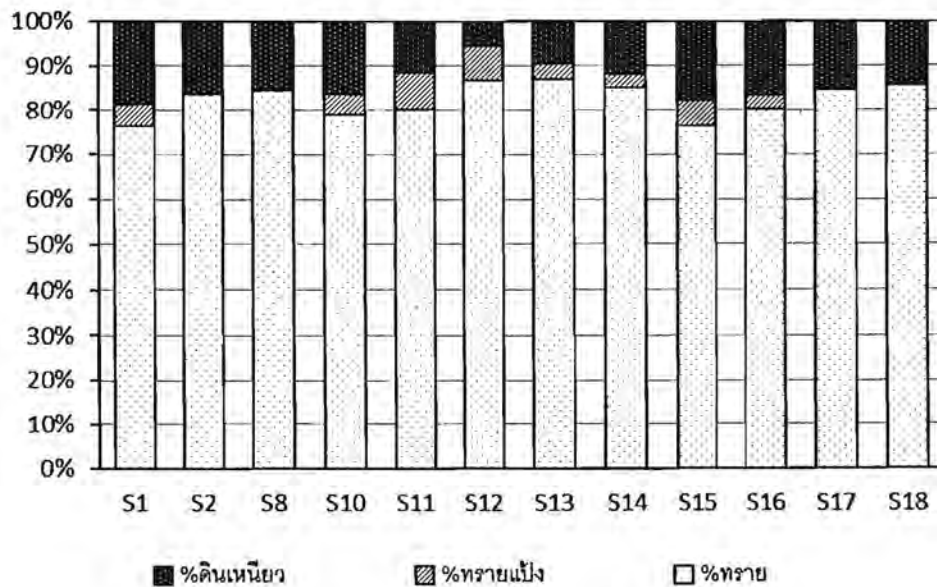
ตารางที่ 2 อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลายและ pH ของน้ำทะเลรอบเกาะแสมสาร วันที่ 23 มิถุนายน 2556

สถานี	อุณหภูมิ (°C)		ความเค็ม		% อิ่มตัวออกซิเจนละลาย		ออกซิเจนละลาย (mg/l)		pH		ตะกอนแขวนลอยในน้ำผิวหน้า (mg/l)
	น้ำผิวหน้า	เหนือพื้น	น้ำผิวหน้า	เหนือพื้น	น้ำผิวหน้า	เหนือพื้น	น้ำผิวหน้า	เหนือพื้น	น้ำผิวหน้า	เหนือพื้น	
1	29.82	29.87	31.66	31.67	93.4	90.3	5.91	5.72	8.20	8.21	8.7
2	29.82	29.83	31.65	31.66	76.5	76.8	4.88	4.89	8.24	8.24	6.7
3	30.11	-	31.65	-	75.9	-	4.81	-	8.23	-	12.5
4	30.25	30.26	31.65	31.65	75.8	76.1	4.79	4.82	8.22	8.24	-
5	30.21	-	31.64	-	93.0	-	5.81	-	8.24	-	6.7
6	30.19	30.19	31.63	31.62	31.8	32.1	2.01	2.06	8.24	8.25	3.9
7	30.06	30.01	31.40	31.48	28.4	29.2	1.80	1.85	8.23	8.24	3.0
8	30.04	30.01	31.63	31.64	27.7	28.7	1.78	1.79	8.25	8.26	-
9	30.20	30.20	31.74	31.73	73.6	78.4	4.66	4.90	8.27	8.26	2.3
10	30.22	30.20	31.74	31.72	71.8	72.0	4.54	4.57	8.19	8.22	-
11	30.19	30.20	31.68	31.70	48.3	51.2	3.05	3.24	8.23	8.24	-
12	30.17	30.18	31.68	31.69	49.6	49.3	3.15	3.16	8.22	8.24	-
13	30.11	30.14	31.64	31.66	62.2	62.0	3.94	3.93	8.24	8.24	-
14	30.22	30.23	31.71	31.71	74.4	74.0	4.71	4.65	8.27	8.28	1.9
15	30.24	30.25	31.71	31.71	70.7	71.2	4.48	4.50	8.27	8.27	2.1
16	30.22	30.25	31.71	31.71	19.9	21.5	1.25	1.36	8.25	8.26	-
17	30.15	30.31	31.66	31.70	69.1	70.4	4.38	4.45	8.22	8.23	2.6
18	30.29	30.30	31.68	31.70	21.6	22.5	1.42	1.46	8.24	8.25	2.5
19	30.30	30.32	31.73	31.72	15.0	16.6	0.96	1.04	8.22	8.24	2.4
20	30.29	30.30	31.70	31.72	65.7	65.5	4.11	4.15	8.22	8.24	7.3
A	30.10	30.11	31.63	31.63	12.0	13.1	0.77	0.85	8.26	8.26	-
B	30.02	30.05	31.64	31.64	55.7	57.2	3.54	3.63	8.24	8.25	-
min-max	30.16-30.30	29.83-30.32	31.40-31.74	31.48-31.73	12.0-93.4	13.1-90.3	0.77-5.91	0.85-5.72	8.19-8.27	8.21-8.28	1.95-12.52
ค่าเฉลี่ย	30.15±0.13	30.16±0.14	31.66±0.07	31.67±0.06	55.1±25.0	52.9±23.8	3.49±1.57	3.35±1.50	8.24±0.02	8.25±0.02	4.83±3.16
ค่ากลาง	30.19	30.20	31.66	31.70	63.95	59.60	4.03	3.78	8.24	8.24	3.04

ลักษณะทางตะกอนวิทยาและการปนเปื้อนของปรอทและสารหนูในดินตะกอนทะเลทางด้านทิศเหนือและด้านทิศตะวันออกของเกาะแสมสาร แสดงไว้ในตารางที่ 3 ดินตะกอนบริเวณเกาะแสมสารส่วนใหญ่เป็นทราย ทุกสถานีประกอบด้วยอนุภาคขนาดทราย (< 63 ไมโครเมตร) มากกว่าร้อยละ 75 มีตะกอนขนาดดินเหนียว (<2 ไมโครเมตร) เฉลี่ยร้อยละ 14 โดยมีอนุภาคขนาด 2 – 63 ไมโครเมตร เป็นองค์ประกอบอยู่น้อย รูปที่ 2 แสดงสัดส่วนของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ในแต่ละตัวอย่าง ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอนมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ตั้งแต่ประมาณร้อยละ 3 ถึงร้อยละ 25 ของน้ำหนักดินตะกอน ปริมาณสารอินทรีย์ที่ออกซิไดซ์ง่ายมีค่าต่ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0.4 ถึง 1.3 และมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.8

ปริมาณไบโอินซิลิกาที่มีค่าเฉลี่ย 705 ± 252 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าสารอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินตะกอนเฉลี่ยอยู่ที่ 33.6 ± 9.0 และ 15.3 ± 2.8 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (หรือ 2.4 ± 0.6 และ 0.49 ± 0.09 ไมโครโมลาร์) จากค่าดังกล่าวจะให้ค่า N : P molar ratio ที่ประมาณ 5 : 1 เมื่อเทียบกับ Redfield ratio ซึ่ง N : P เท่ากับ 16 : 1 บ่งชี้ว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ไนโตรเจนจำกัด

การปนเปื้อนของปรอทและสารหนูในดินตะกอนมีค่าต่ำ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.6 – 34.2 (เฉลี่ย 22.6 ± 8.5) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และ 1.2 – 2.6 (1.7 ± 0.4) ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ รูปที่ 3 ปริมาณสารอินทรีย์ ไบโอินซิลิกา แคลเซียมคาร์บอเนต สารอาหารพืช (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) โลหะหนัก (ปรอทและสารหนู) และปริมาณตะกอนละเอียดในดินตะกอนแต่ละสถานี

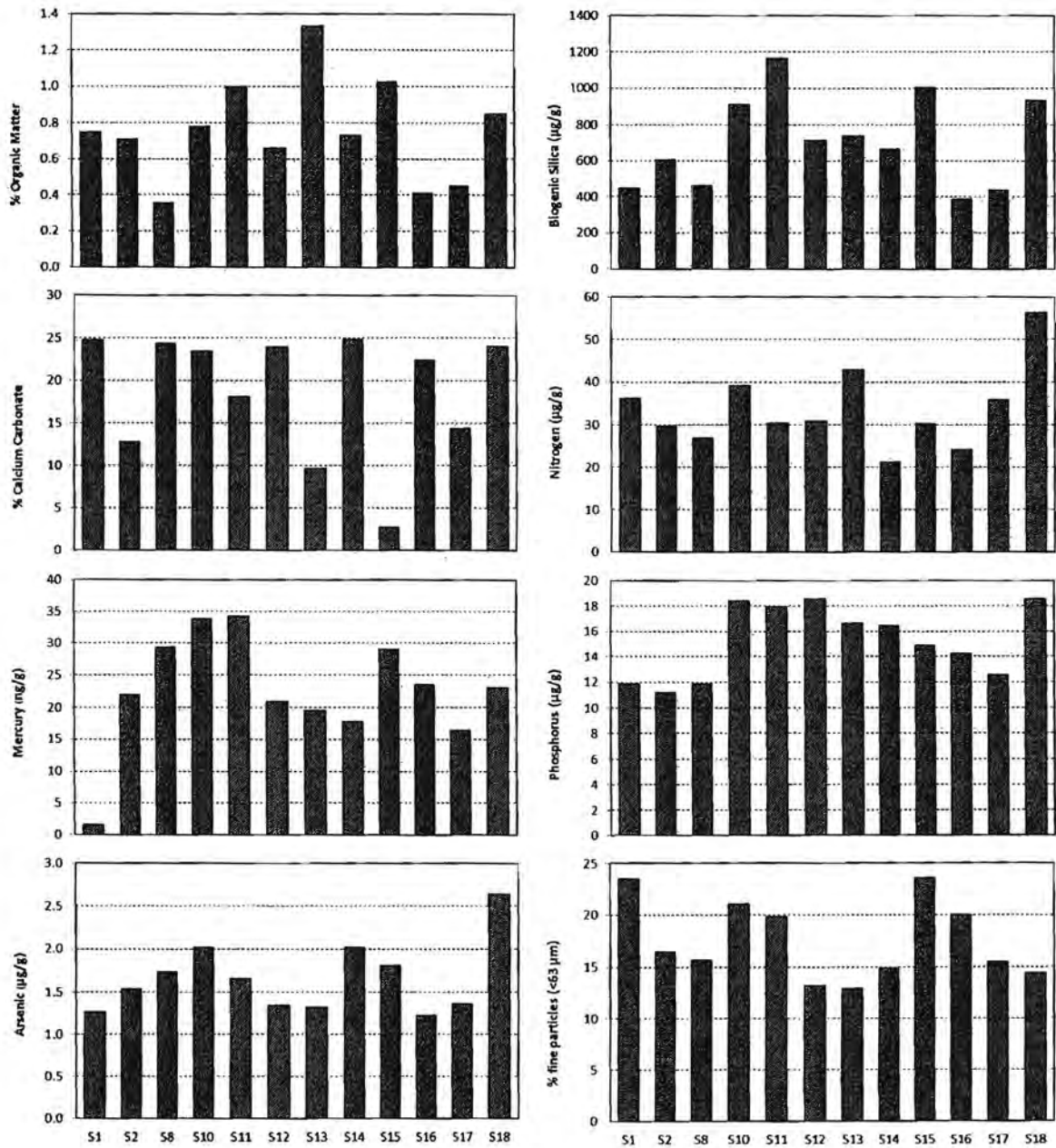


รูปที่ 2 สัดส่วนขนาดอนุภาคของดินตะกอน

ตารางที่ 3 ลักษณะทางตะกอนวิทยาและการปนเปื้อนของปรอทและสารหนูในตะกอนทะเลด้านเหนือและด้านตะวันออกของเกาะเสม็ดสาร วันที่ 23 มิถุนายน

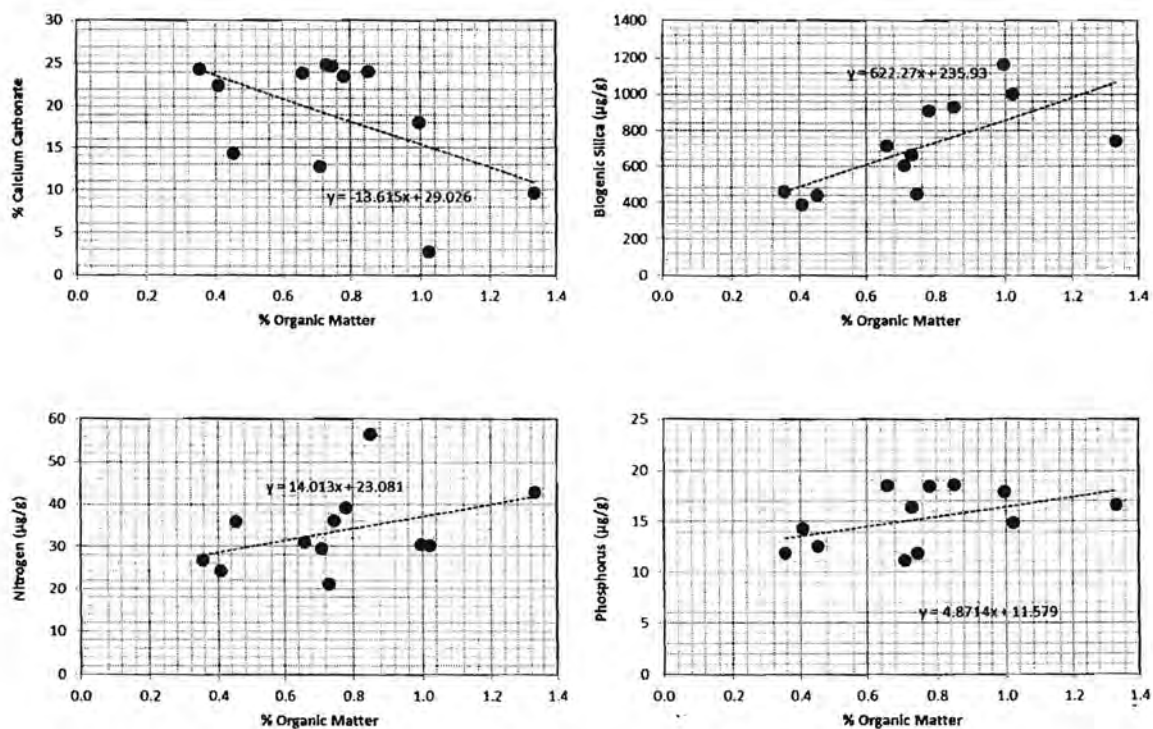
2556

สถานี	ขนาดอนุภาคตะกอน			%แคลเซียมคาร์บอเนต	%สารอินทรีย์	(µg/g dry wt)			ปรอท (ng/g dry wt)	สารหนู (µg/g dry wt)
	%ทราย	%ทรายแป้ง	%ดินเหนียว			ไบโอเจนิกซิลิกา	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส		
1	76.5	4.9	18.5	24.7	0.75	448	36.1	11.8	1.6	1.27
2	83.5	0.3	16.2	12.8	0.71	603	29.6	11.2	21.9	1.53
8	84.4	0.3	15.4	24.3	0.36	460	26.8	11.8	29.3	1.73
10	79.0	4.6	16.4	23.5	0.78	909	39.1	18.4	33.8	2.01
11	80.2	8.4	11.4	18.1	1.00	1164	30.4	17.9	34.2	1.66
12	86.8	7.8	5.4	23.9	0.66	713	30.9	18.5	20.9	1.34
13	87.1	3.4	9.5	9.6	1.33	740	42.8	16.6	19.5	1.32
14	85.2	3.1	11.7	24.8	0.73	663	21.2	16.4	17.8	2.01
15	76.5	5.7	17.9	2.7	1.02	1002	30.3	14.9	29.0	1.81
16	80.0	3.3	16.6	22.4	0.41	387	24.2	14.3	23.4	1.22
17	84.5	0.6	14.9	14.4	0.45	438	35.8	12.5	16.4	1.36
18	85.6	0.3	14.1	24.0	0.85	932	56.4	18.6	23.0	2.64
min-max	76.5-87.1	0.3-8.4	5.4-18.5	2.7-24.8	0.4-1.3	387-1164	21.2-56.4	11.2-18.6	1.6-34.2	1.2-2.6
ค่าเฉลี่ย	82.4±3.7	3.6±2.7	14.0±3.7	18.8±7.0	0.8±0.3	705±242	33.6±9.0	15.3±2.8	22.6±8.5	1.7±0.4
ค่ากลาง	84.0	3.4	15.1	22.9	0.7	688	30.7	15.7	22.4	1.6

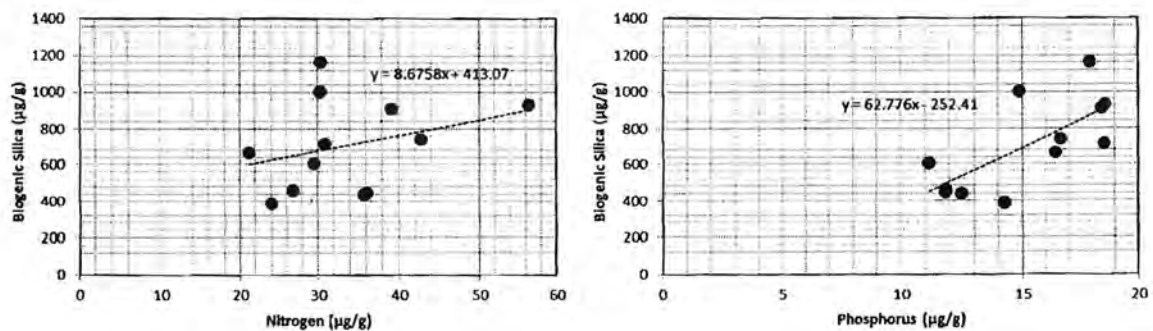


รูปที่ 3 ปริมาณสารอินทรีย์ ไบโอจีนิคซิลิกา แคลเซียมคาร์บอเนต สารอาหารพืช (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) โลหะหนัก (ปรอทและสารหนู) และปริมาณตะกอนละเอียดในดินตะกอน

รูปที่ 4 และ 5 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ไบโอจีนิกซิลิกา ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในดินตะกอน กับสารอินทรีย์ และระหว่างปริมาณไบโอจีนิกซิลิกากับสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) จากความสัมพันธ์ดังกล่าวบ่งชี้ว่าพื้นที่ที่มีสารอาหารสูงจะมีสารอินทรีย์และไบโอจีนิกซิลิกาในปริมาณสูงเช่นกัน



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์กับแคลเซียมคาร์บอเนต ไบโอจีนิกซิลิกา ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในดินตะกอน



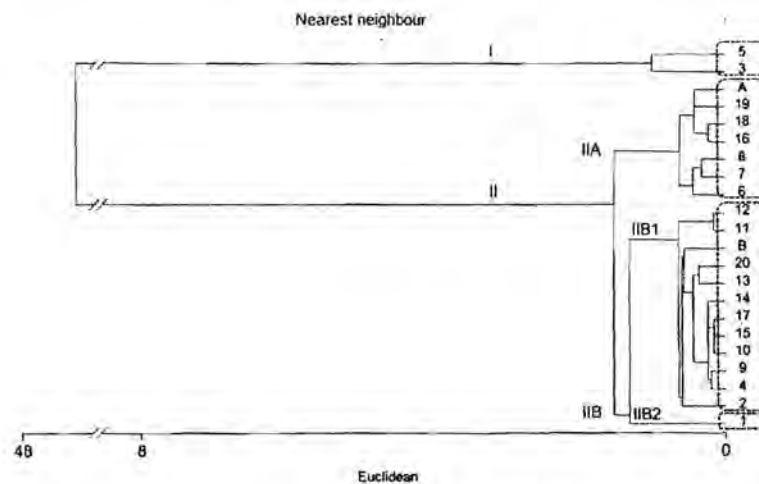
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไบโอจีนิกซิลิกากับสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) ในดินตะกอน

การจัดกลุ่มของข้อมูลสถานีเก็บตัวอย่างน้ำโดยใช้เทคนิค Cluster Analysis โดยใช้ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพเคมี (ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม พีเอช และปริมาณออกซิเจนละลาย) เป็นตัวแปรในการแบ่งกลุ่ม พบว่ากลุ่มตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็น 4 Clusters (รูปที่ 6) คือ Cluster I ได้แก่ สถานี 3, 5; Cluster IIA ได้แก่ สถานี 6, 7, 8, 16, 18, 19, A; Cluster IIB1 ได้แก่ สถานี 2, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20, B และ Cluster IIB2 ได้แก่ สถานี 1

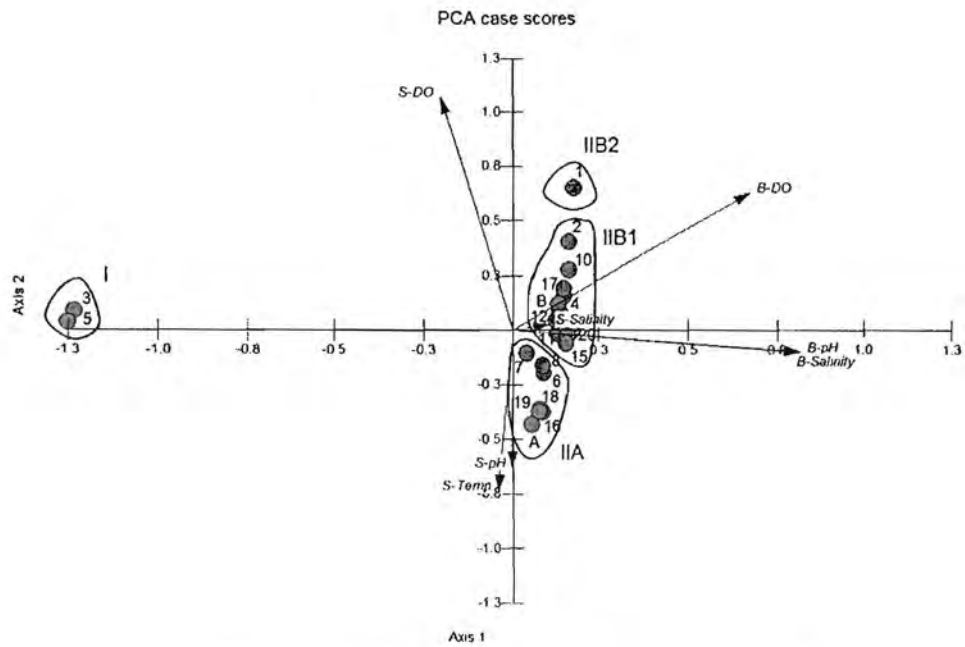
จากการจัดกลุ่มสถานีเก็บตัวอย่างน้ำทะเล โดยการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพเคมีด้วย Principle Component Analysis (PCA) สามารถจัดกลุ่มสถานีที่เก็บตัวอย่างน้ำทะเลออกเป็น 4 กลุ่ม ได้สอดคล้องกับการจัดกลุ่มตาม Cluster Analysis ดังรูปที่ 7 ดังนี้

- Cluster I ตรงกับกลุ่ม I เป็นสถานีในเขตน้ำตื้น
- Cluster IIA ตรงกับกลุ่ม IIA เป็นกลุ่มสถานีที่เกิดสภาวะพร่องออกซิเจน (hypoxia) มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร
- Cluster IIB1 ตรงกับกลุ่ม IIB1 เป็นกลุ่มสถานีที่ปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่สูงกว่า 3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งยังไม่จัดอยู่ในสภาวะพร่องออกซิเจน
- Cluster IIB2 ตรงกับกลุ่ม IIB2 เป็นสถานีที่ปริมาณออกซิเจนละลายสูง (เกินกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร) และค่าพีเอชต่ำกว่าสถานีอื่นเล็กน้อย

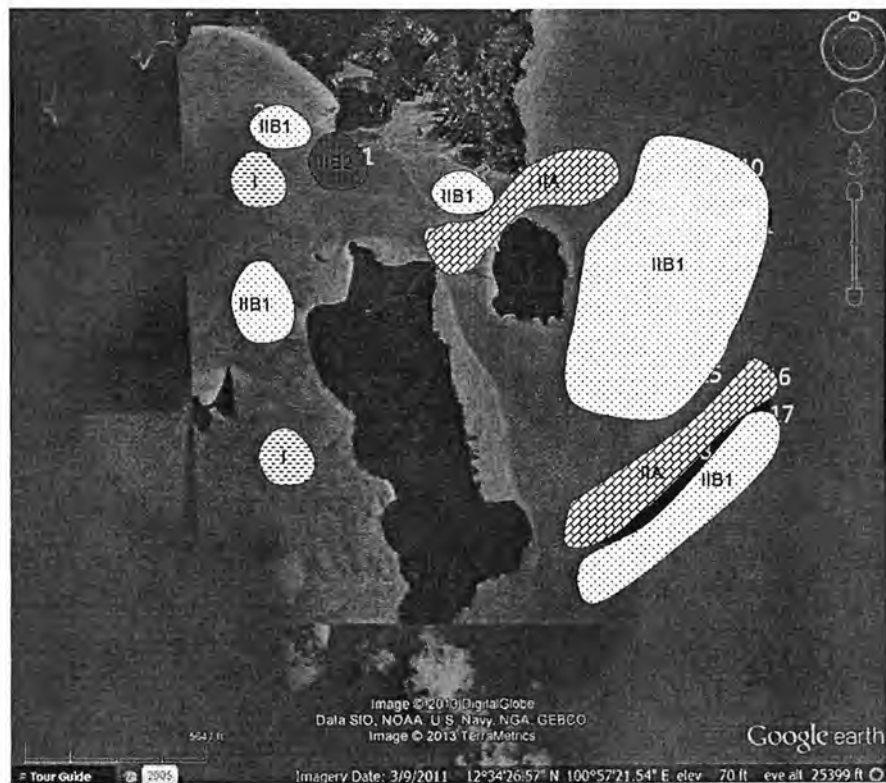
รูปที่ 8 แสดงการจัดแบ่งกลุ่มสถานีเชิงพื้นที่ตามปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพเคมี จากการวิเคราะห์ Cluster Analysis และ Principle Component Analysis สถานีในกลุ่ม IIA เป็นสถานีที่มีสภาวะพร่องออกซิเจน คาดว่าในช่วงที่เก็บตัวอย่าง มวลน้ำชั้นล่างจากอ่าวไทยที่ต่อเนื่องมาจากการดันตัวเข้ามาในอ่าวไทยของน้ำจากทะเลจีนใต้ ซึ่งมวลน้ำนี้ออกซิเจนต่ำ ถูกดันให้แทรกตัวเข้ามาใกล้ฝั่งบริเวณนี้



รูปที่ 6 Dendrogram แสดงการจัดกลุ่มสถานีตามคุณภาพน้ำทะเลด้วย Cluster Analysis



รูปที่ 7 ภาพแสดงการจัดกลุ่มสถานีเก็บตัวอย่างน้ำทะเล โดยการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำด้วย Principle Component Analysis



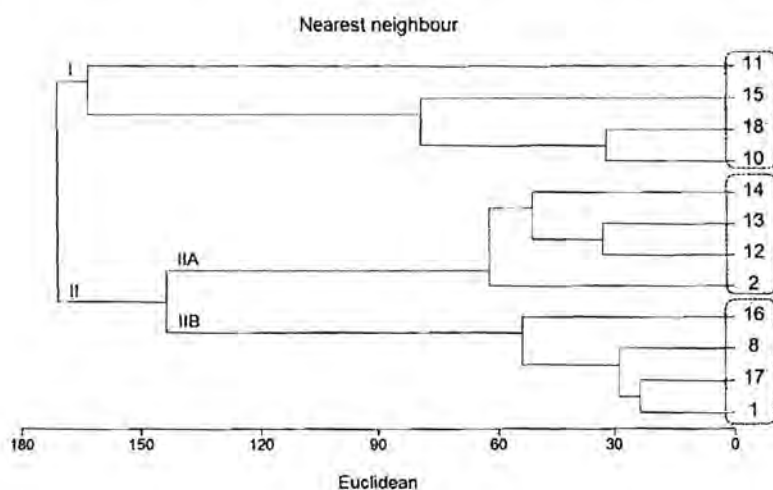
รูปที่ 8 ภาพแสดงกลุ่มสถานีเชิงพื้นที่จากการวิเคราะห์ Cluster Analysis และ Principle Component Analysis

การจัดกลุ่มของข้อมูลสถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนโดยใช้เทคนิค Cluster Analysis โดยใช้คุณภาพดินตะกอน (ลักษณะทางตะกอนวิทยา สารอาหาร ไบโอดีคซิลิกา โปรท และสารหนู) เป็นตัวแปรในการแบ่งกลุ่ม พบว่ากลุ่มตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็น 3 Clusters (รูปที่ 9) คือ Cluster I ได้แก่ สถานี 10, 11, 15, 18; Cluster IIA ได้แก่ สถานี 2, 12, 13, 14; Cluster IIB ได้แก่ สถานี 1, 8, 16, 17

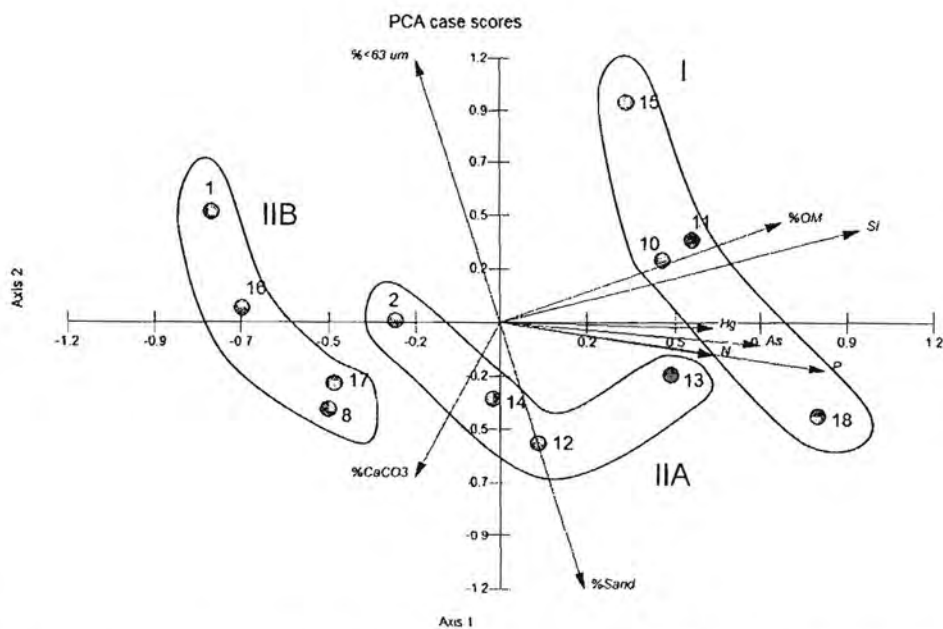
จากการจัดกลุ่มสถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนโดยการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพดินตะกอน โดยใช้ Principle Component Analysis (PCA) สามารถจัดกลุ่มสถานีน้ำออกเป็น 4 กลุ่มตาม ได้สอดคล้องกับการจัดกลุ่มตาม Cluster Analysis ดังรูปที่ 10 ดังนี้

- Cluster I ตรงกับกลุ่ม I เป็นกลุ่มสถานีที่มีโปรทและสารหนุอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าสถานีอื่นเล็กน้อย มีไบโอดีคซิลิกาสูง
- Cluster IIA ตรงกับกลุ่ม IIA เป็นกลุ่มสถานีที่พื้นที่องน้ำหยากกว่าสถานีอื่นเล็กน้อย มีไบโอดีคซิลิกาสูง
- Cluster IIB ตรงกับกลุ่ม IIB เป็นกลุ่มสถานีที่สารอินทรีย์ในดินตะกอนมีค่าต่ำกว่าสถานีอื่น

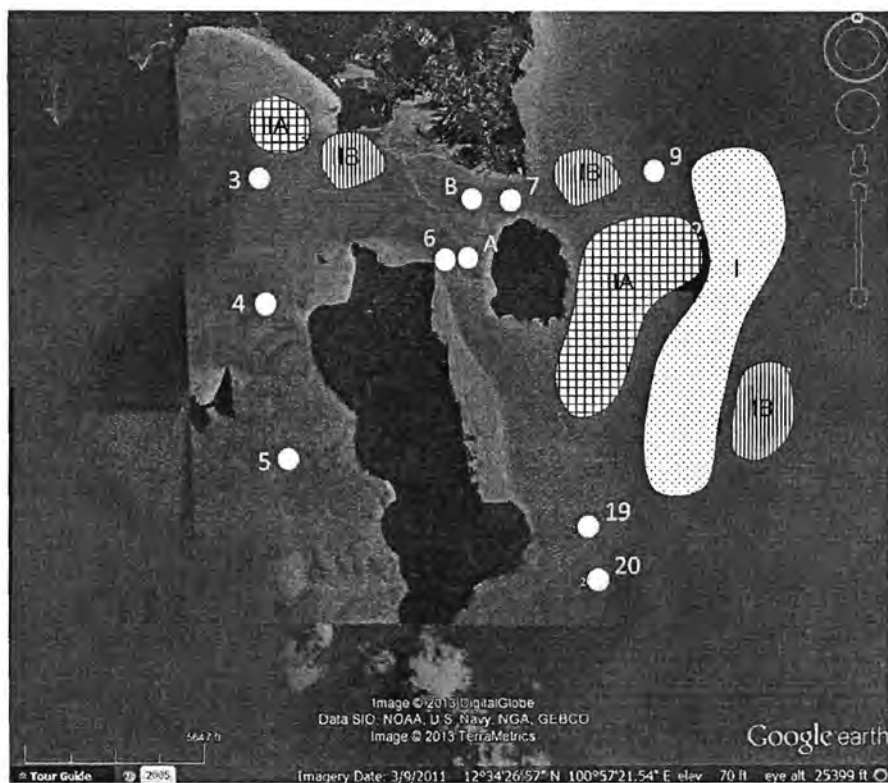
รูปที่ 11 แสดงการจัดแบ่งกลุ่มสถานีเชิงพื้นที่ตามลักษณะตะกอนวิทยาและคุณภาพดินตะกอน จากการวิเคราะห์ Cluster Analysis และ Principle Component Analysis



รูปที่ 9 Dendrogram แสดงการจัดกลุ่มสถานีตามลักษณะและคุณภาพดินตะกอนด้วย Cluster Analysis



รูปที่ 10 ภาพแสดงการจัดกลุ่มสถานีตามลักษณะและคุณภาพดินตะกอนโดยใช้ Principle Component Analysis



รูปที่ 11 ภาพแสดงกลุ่มสถานีเชิงพื้นที่จากการวิเคราะห์ Cluster Analysis และ Principle Component Analysis

สรุปผลการศึกษา

ดินตะกอนรอบเกาะแสมสาร มีค่าสารอาหารประเภทไนโตรเจนเฉลี่ย 33.6 ± 9.0 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และฟอสฟอรัสเฉลี่ย 15.3 ± 2.8 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง จากข้อมูลสารอาหารที่ขบ่งชี้ว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ไนโตรเจนจำกัด

การปนเปื้อนของปรอทและสารหนูในดินตะกอนมีค่าต่ำ ปรอทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.6 ± 8.5 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และสารหนูมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.7 ± 0.4 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

จากความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต ไบโอดีนิคซิลิกา สารอาหารในดินตะกอนกับสารอินทรีย์ และระหว่างปริมาณไบโอดีนิคซิลิกากับสารอาหาร บ่งชี้ว่าพื้นที่ที่มีสารอาหารสูงจะมีสารอินทรีย์และไบโอดีนิคซิลิกาในปริมาณสูง

ในช่วงที่เก็บตัวอย่างน่าจะมีการแทรกตัวของมวลน้ำชั้นล่างจากกลางอ่าวไทยขึ้นมาทำให้น้ำทะเลบางบริเวณมีสถานะพร่องออกซิเจน ซึ่งหากมีการแทรกตัวเข้ามาใกล้ฝั่งมากขึ้น และเกิดเป็นระยะเวลานานก็อาจจะมีผลต่อแนวปะการังในพื้นที่ดังกล่าว การพร่องออกซิเจนในน้ำทะเลในพื้นที่นี้จึงเป็นภาวะเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศดังเช่นปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- Alongi, D.M., McKinnon, A.D. 2005. The cycling and fate of terrestrially-derived sediments and nutrients in the coastal zone of the Great Barrier Reef shelf. *Marine Pollution Bulletin* 51, 239-252.
- Buddemeier, R.W. (Ed.), 1996. Groundwater discharge in the coastal zone: Proceedings of an International Symposium. LOICZ/R&S/96-8, ivp179pp. LOICZ, Texel, The Netherlands.
- Burnett, W.C., Bokuniewicz, H., Huettel, M., Moore, W.S., Taniguchi, M., 2003. Groundwater and pore water inputs to the coastal zone. *Biogeochemistry* 66, 3-33.
- Burnett, W.C., Wattayakorn, G., Taniguchi, M., Dulaiova, H., Sojisuporn, P., Rungsupa, S., Ishitobi, T., 2007. Groundwater-derived nutrient inputs to the Upper Gulf of Thailand. *Continental Shelf Research* 27, 176-190.
- Burnett, W.C., Chanyptha, S., Wattayakorn, G., Taniguchi, M., Umezawa, Y., Ishitobi, T., 2009. Underground sources of nutrient contamination to surface waters in Bangkok, Thailand. *Science of the Total Environment* 407, 3198-3207.
- Cloern, J.E., 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology. Progress Series* 210, 223-253.
- Fabricius, K.E., Wild, C., Wolanski, E., Abele, D., 2003. Effects of transparent exopolymer particles and muddy terrigenous sediments on the survival of hard coral recruits. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57, 613-621.
- Grasshoff, K., Kremling, K., Ehrhardt, M. 1999. *Methods for Seawater Analysis* (3rd edition). Verlag Chemie. New York.
- Humborg, C., Ittekkot, V., Cociasu, A., Budengen, B.V., 1997. Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure. *Nature* 336 (6623), 385-388.
- Kaspar, H.F., Asher, R.A., Boyer, I.C. 1985. Microbial nitrogen transformation in sediments and inorganic nitrogen fluxes across the sediment/water interface on the South Island westcoast, New Zealand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 21, 254-255.
- Lenhart, H.J., Radach, G., Ruardij, P., 1997. The effects of river input on the ecosystem dynamics in the continental coastal zone of the North Sea using ERSEM. *Journal of Sea Research* 38 (3-4), 249-274.
- Lyle, A.O., Lyle, M.W., 2002. Chapter 6. Determination of Biogenic Opal in Pelagic Marine Sediment: A Simple Method Revisited. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Report Volume 199* (Lyle, M., Wilson, P.A., Janecek, T.R., et al., 2002 (eds)).

- McCook, L.J., 2001. Competition between corals and algal turfs along a gradient of terrestrial influence in the nearshore central Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 19, 419-425.
- Moore, W.S., 1996. Large groundwater inputs to coastal waters revealed by ^{226}Ra enrichments. *Nature* 380, 612-614.
- Moore, W.S., 1999. The subterranean estuary: A reaction zone of groundwater and sea water. *Marine Chemistry* 65, 111-125.
- Mwashote, B.M., Jumba, I.O. 2002. Quantitative aspects of inorganic nutrient fluxes in the Gazi Bay (Kenya): Implications for coastal ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 1194-1205.
- Nixon, S.W., 1981. Remineralisation and nutrient cycling in coastal marine ecosystems. In: Nielson, B.J., Cronin, L.E. (Eds.). *Estuaries and Nutrients*. Hamana Press, Totowa, New Jersey, pp. 111-138.
- Nixon, S.W., 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia* 41, 199-219.
- Perez, B.C., Day Jr., J.W., Justic, D., Twilley, R.R., 2003. Nitrogen and phosphorus transport between Fourleague Bay, LA, and the Gulf of Mexico: the role of winter cold fronts and Atchafalaya River discharge. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57 (5-6), 1065-1078.
- Sierra, J.P., Sánchez-Arcilla, A., Del Río, J. González, Flos, J., Movellán, E., Mösso, C., Martínez, R., Rodilla, M., Falco, S., Romero, I., 2002. Spatial distribution of nutrients in the Ebro estuary and plume. *Continental Shelf Research* 22 (2), 361-378.
- Slomp, C.P., Cappellen, P.V. 2004. Nutrient inputs to the coastal ocean through submarine groundwater discharge: controls and potential impact. *Journal of Hydrology* 295, 64-86.
- Strickland, J.D.H. and Parson, T.R., 1972 *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Bulletin 167 (2nd edition), Fisheries Research Board of Canada.
- Takayanagi, K., Yamada, H. 1999. Effects of Benthic Flux on short term variations of nutrient in Aburatsubo Bay. *Journal of Oceanography*, 55, 463-469.
- Udy, J.W., Dennison, W.C., Lee Long, W.J., McKenzie, L.E., 1999. Responses of seagrass to nutrients in the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series* 185, 257-271.
- van Woesik, R., Tomascik, T., Blake, S., 1999. Coral assemblages and physico-chemical characteristics of the Whitsunday Islands: evidence for recent community changes. *Marine and Freshwater Research* 50, 427-440.
- Vörösmarty, C.J., Meybeck, M., Fekete, B., Sharma, K., Green, P., Syvitski, J.P.M., 2003. Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. *Global and Planetary Change* 39 (1-2), 169-190.

Zektser, I.S., 2000. Groundwater and the Environment. Lewis Publishers, Boca Raton, 175p.

Zhang, J., Yu, Z.G., Raabe, T., Liu, S.M., Starke, A., Zou, L., Gao, H.W., Brockmann, U., 2004. Dynamics of inorganic nutrient species in the Bohai seawaters. *Journal of Marine Systems* 44 (3-4), 189-212.

ประวัติคณะวิจัย

(ภาษาไทย).....นางสาวเพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล.....ตำแหน่งทางวิชาการ.....ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.
 (ภาษาอังกฤษ)..... Ms. Penjai Sompongchaiyakul.....
 ภาควิชา.....วิทยาศาสตร์ทางทะเล.....คณะ.....วิทยาศาสตร์.....โทรศัพท์ 0-2218-5408.....
 ที่อยู่ปัจจุบัน 2 เพชรเกษม 77 แยก 4-1 ถนนคังพลู ถนนงาม กทม.....โทรศัพท์ 0-2809-6539.....

ประวัติการศึกษา

ปริญญา	สาขาวิชา	มหาวิทยาลัย	ปี พ.ศ. ที่ได้รับ
Ph.D.	Environmental Engineering (Marine Chemistry)	University of New South Wales, Australia	2543
วท.ม.	สมุทรศาสตร์สภาวะและเคมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2532
วท.บ.	วิทยาศาสตร์ทางทะเล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2527

ผลงานวิจัยที่พิมพ์เผยแพร่

1. Limsakul, A., Katasaenee, W., Paengkaew, W., Kammuang, A., Tipmanee, D. and Sompongchaiyakul P. (2014) Vulnerability Index to Climate Change and its Application for Community-level Risk Assessment in Thailand. Environment Asia (in press).
2. Sompongchaiyakul, P. and Sirinawin, W. (2014) Does artificial reef offshore southwest of the Gulf of Thailand affect trace metals level in seawater, sediments and commercial fish tissues? Ramkhumhaeng Research Journal (Science and Technology) 17 (1) (January–June 2014).
3. Sirinawin, W. and Sompongchaiyakul, P. (2014) Levels of selected heavy metals in some commercial fishes captured from artificial reef area in the lower Gulf of Thailand. Thai Fishery Science Journal (1): 1-20.
4. Doungsuwan, N., Ratanachai, R., Sompongchaiyakul, P. and Sangganjanavanich, P. (2013) Impacts of the National Economic and Social Development Plan on Songkhla Lake Basin Development Thailand. International Business & Economics Research Journal 12(8): 895-902.
5. Doungsuwan, N., Ratanachai, R., Sompongchaiyakul, P. and Sangganjanavanich, P. (2013) Sustainability Indicators for Fishery Management in Songkhla Lake, Thailand. International Journal of Management & Information Systems 17(4): 185-192.
6. Feldens, P., Schwarzer, K., Sakuna, D., Szczuciński, W. and Sompongchaiyakul, P. (2012) Sediment distribution on the inner continental shelf off Khao Lak

(Thailand) after the 2004 Indian Ocean Tsunami. *Earth, Planet and Space* 64: 875-887.

7. Tipmanee, D., Deelaman, W., Pongpiachan, S., Schwarzer, K. and **Sompongchaiyakul, P.** (2012) Using Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) as a Chemical Proxy to Indicate Tsunami 2004 Backwash in Khao Lak Coastal Area, Thailand. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 12: 1441-1451.
8. Thumanu, K., Pongpiachan, S., Ho, K.F., Lee, S.C. and Sompongchaiyakul, P. (2009) Characterization of organic functional groups, water-soluble ionic species and carbonaceous compounds in PM₁₀ from various emission sources in Songkhla Province, Thailand. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 123: 295-306. 21
9. Pongpiachan, S., Thamanu, K., Ho, K.F., Lee, S.C. and Sompongchaiyakul, P. (2009) Predictions of gas-particle partitioning coefficients (K_p) of polycyclic aromatic hydrocarbons at various occupational environments of Songkhla province, Thailand. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health*, 40(6): 1377-1394.
10. Pongpiachan, S., Bualert, S., Sompongchaiyakul, P. and Kositanont, C. (2009) Factors affecting sensitivity and stability of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Analytical Letters*, 42(13): 2106-2130.
11. Pongpiachan, S., Bualert, S., Duangmal, K. and Sompongchaiyakul, P. (2009) Vertical variations of polycyclic aromatic hydrocarbons in PM₁₀ samples from Chiang-Mai City Atmosphere. *Naresuan University Journal* 17(3): 247-257.
12. Pongpiachan, S., Bualert, S., Duangmal, K. and **Sompongchaiyakul, P.** (2009) Vertical variations of polycyclic aromatic hydrocarbons in PM₁₀ samples in Hat-Yai city atmosphere, Songkhla province. *Thai Environmental Engineering Journal* 23(3): 107-126.
13. Pongpiachan, S., Bualert, S., Duangmal, K. and **Sompongchaiyakul, P.** (2009) Vertical variations of polycyclic aromatic hydrocarbons in PM₁₀ samples in Bangkok atmosphere. *Thai Environmental Engineering Journal* 23(2): 89-108 (in Thai with English abstract).
14. Kitbamroong, K., Sompongchaiyakul, P. and Padmanabhan, G. (2009) Improving non-point source pollution model input parameters using substance flux analysis. *Journal of Applied Sciences*, 9(14): 2519-2531.
15. Feldens, P., Schwarzer, K., Szczuciński, W., Stattegger, K., Sakuna, D. and Sompongchaiyakul, P. (2009) Impact of the 2004 Indian Ocean Tsunami on Seafloor Morphology and Sediments Offshore Pakarang Cape, Thailand. *Polish J. of Environ. Stud.*, 18(1): 63-68.

16. Sompongchaiyakul, P. and Sirinawin, W. (2007) Arsenic, chromium and mercury in surface sediment of Songkhla Lake system, Thailand. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution* 4(1): 17-24.
17. Podam, N., Sompongchaiyakul, P. and Sirinawin, W. (2007) Using of Synchronous²² Fluorescence Spectroscopy to Identify Organic Pollutants from Industrial Waste Water in Surface Water. *Thai Environmental Engineering Journal* 21(3): 37-50
18. Maitreekaew, S., Sompongchaiyakul, P., Sirinawin, W. and Fraser, I. (2007) Effect of oxygen and salinity on benthic nitrogen and phosphorus in the outer Songkhla Lake, Thailand. *Thai Environmental Engineering Journal*, 21(1): 1-10.
19. Suviboon, H., Sompongchaiyakul, P. and Chatupote, W. (2007) Evaluation of non-point sources nitrogen and phosphorus in Songkhla Lake catchment. *Thai Environmental Engineering Journal*, 21(1): 25-34.

(ภาษาไทย).....นางสาวปัทมา สิงห์รักษ์.....ตำแหน่งทางวิชาการ.....อาจารย์ ดร.....
 (ภาษาอังกฤษ).....Ms. Patama Singhruck.....
 ภาควิชา.....วิทยาศาสตร์ทางทะเล.....คณะ.....วิทยาศาสตร์.....โทรศัพท์.....02 218 5401.....
 ที่อยู่ปัจจุบัน.....471/93 ถนนศรีอยุธยา พุ่งพญาไท ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400.....โทรศัพท์.....02 644 7584.....

ประวัติการศึกษา

ปริญญา สาขาวิชา	มหาวิทยาลัย	ปี พ.ศ. ที่ได้รับ
Ph.D. Physical Oceanography	University of East Anglia, U.K.	2551
วท.ม. วิทยาศาสตร์ทางทะเล (สมุทรศาสตร์ฟิสิกส์)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2546
วศ.บ. วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมไฟฟ้า)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า- พระนครเหนือ	2539

ผลงานวิจัย

1. Matthews, A. J., Singhruck, P. and Heywood, K. J. (2010) Ocean temperature and salinity components of the Madden-Julian oscillation observed by Argo floats. *Climate Dynamics*, 23: 5557-5571.
2. Matthews, A. J., Singhruck, P. and Heywood, K. J. (2007) Deep ocean impact of a Madden-Julian Oscillation observed by Argo floats. *Science*, 318: 1765-1769.