



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

แผนงานวิจัยเรื่อง

ฟองน้ำทะเล: ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่เป็นทางเลือกใหม่ในการใช้ตรวจติดตาม
มลพิษจากโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย
(ปีที่ 1)

Marine Sponges: the New Alternative Bioindicators to Monitor Heavy
Metal Pollution in the Eastern Coast of the Gulf of Thailand

แหวตา	ทองระอา
ฉลวย	มุสิกะ
อาวุธ	หมั่นหาผล
สุเมตต์	ปุงฉากการ
สุพัตรา	ทะเลบ
วันชัย	วงสุดาวรรณ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนจากรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2557A10801009

สัญญาเลขที่ 143/2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

แผนงานวิจัยเรื่อง

ฟองน้ำทะเล: ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่เป็นทางเลือกใหม่ในการใช้ตรวจติดตาม
มลพิษจากโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย
(ปีที่ 1)

Marine Sponges: the New Alternative Bioindicators to Monitor Heavy
Metal Pollution in the Eastern Coast of the Gulf of Thailand

แหวดตา	ทองระอา
ฉลวย	มุสิกะ
อาวูธ	หมั่นหาผล
สุเมตต์	ปุจฉาการ
สุพัตรา	ทะเลบ
วันชัย	วงสุดาวรรณ

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

กันยายน พ.ศ. 2558

กิตติกรรมประกาศ

แผนงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนจากรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 143/2557 คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกในการอนุเคราะห์เรือยนต์และบุคลากรร่วมสำรวจและเก็บตัวอย่างฟองน้ำ และการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยที่อนุญาตให้เข้าพื้นที่บริเวณเกาะสะเก็ดเพื่อเก็บตัวอย่าง ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่านที่มีส่วนช่วยทำให้แผนวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

แผนงานวิจัย

พจนานุกรม: ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่เป็นทางเลือกใหม่ในการใช้ตรวจติดตามมลพิษจาก โลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย

แหวดดา ทองระอา ฉนวน มุสิก อาวุธ หมั่นหาผล สุเมตต์ ปุจฉาการ สุพัตรา ตะเหลบ และวันชัย วงศ์สุวรรณ
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยนี้ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อย 2 โครงการ คือ คุณภาพสิ่งแวดล้อมใน
ถิ่นอาศัยของพจนานุกรมบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย และ การติดตามการสะสม
ของโลหะหนักในพจนานุกรมบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย ระยะเวลาทำการศึกษาคือ 2 ปี
ระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการใช้พจนานุกรมเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ
ในการตรวจติดตามมลพิษจากโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย โดยทำการศึกษ
ในพื้นที่ 3 บริเวณ คือ เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง และหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
รวม 7 สถานี สุ่มและเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง คือ ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ.
2557 รายงานฉบับนี้เป็นผลการศึกษาคือ ในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีแรกของโครงการ

ผลการศึกษาคือ คุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นอาศัยของพจนานุกรม พบว่าคุณภาพน้ำทะเลใน
บริเวณพื้นที่ศึกษา มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของไทยตามประเภทการใช้ประโยชน์
คุณภาพน้ำทะเลในแต่ละพื้นที่ ดังนี้ คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติสำหรับพื้นที่
หมู่เกาะมัน และคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือสำหรับพื้นที่เกาะสะเก็ดและหมู่
เกาะสีชัง ดินตะกอนมีสภาพเป็นต่าง (ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.1 - 9.2) มีปริมาณสารอินทรีย์ค่อนข้างต่ำ
(0.2 - 2.1%) และส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินทราย การสำรวจประชากรแพลงก์ตอนพืช พบทั้งสิ้น 78
สกุล แพลงก์ตอนพืชที่มีความชุกชุมมากที่สุดทุกสถานีและทุกเดือนที่สำรวจ คือ กลุ่มไดอะตอม
ปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นสูงสุดในเดือนมกราคม รองลงมาคือ ธันวาคม และ ตุลาคม
ตามลำดับ และพบสูงสุด ในพื้นที่เกาะสะเก็ด รองลงมา คือ หมู่เกาะสีชัง และ หมู่เกาะมัน ตามลำดับ
ความหลากหลายทางชีวภาพของพจนานุกรม พบทั้งสิ้น 40 ชนิด จาก 33 สกุล 27 วงศ์ และ 10
อันดับ หมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี พบพจนานุกรมที่มีความหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุด จำนวน 24
ชนิด รองลงมา คือ หมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง พบ 21 ชนิดและบริเวณเกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง พบ
16 ชนิด

การสะสมโลหะหนัก 7 ชนิด ได้แก่ Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb และ Zn ในพจนานุกรมจำนวน
31 ชนิด รวม 91 ตัวอย่าง พบว่า พจนานุกรมมีการสะสม Cd, Cu, Hg, Ni และ Zn ได้มากกว่าความ
เข้มข้นโลหะหนักดังกล่าวที่มีอยู่ในน้ำทะเลและดินตะกอน ยกเว้น Fe และ Pb ซึ่งพบในดินตะกอน

มากกว่าในฟองน้ำ โดยฟองน้ำที่อาจจะใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนักได้ดีในบริเวณหมู่เกาะมัน และเกาะสีชัง คือ *Petrosia (Petrosia) sp.* และบริเวณเกาะสะเก็ด คือ *Chondrosia reticulate (Carter)* เพราะเป็นฟองน้ำชนิดเด่นในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ควรจะได้มีการติดตามการสะสมโลหะหนักอย่างต่อเนื่องทั้งในบริเวณนี้และบริเวณอื่นๆด้วย เพื่อยืนยันผลและให้ได้ข้อมูลมากขึ้น เนื่องจากเป็นองค์ความรู้ที่ไม่พบว่ามีรายงานมาก่อนในประเทศไทย

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำทะเล ดินตะกอน แพลงก์ตอนพืช ฟองน้ำทะเล โลหะหนัก ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียง

Research Program

Marine Sponges: the New Alternative Bioindicators to Monitor Heavy Metal Pollution in the Eastern Coast of the Gulf of Thailand

Waewtaa Thongra-ar, Chaluay Musika, Arvut Munhapon, Sumaitt Putchakarn, Supattra Taleb
and Wanchai Wongsudawan

Institute of Marine Science, Burapha University, Chon Buri 20131

Abstract

This research program was divided into 2 research projects as follows: 1) environmental quality in marine sponge habitats in the eastern coast of the gulf of Thailand and 2) Monitoring of heavy metals accumulation in marine sponges in the eastern coast of the gulf of Thailand. The study period is 2 years from 2014-2015. This study aimed to investigate the use of marine sponges as bioindicator to monitor heavy metal pollution in the eastern coast of the gulf of Thailand. The samples were collected from 3 study areas at Ko Mun and Ko Saket in Rayong province and Ko Si Chang in Chon Buri province (a total of 7 stations) during January, October and December 2014. The results of the first year project (2014) are reported here.

The results of environmental quality in marine sponge habitats indicated that the water quality of the study areas was still compiled with Thai Marine Water Quality Standard according to the classification of marine water in each study area. It was compiled with Class 1 natural resource preservation areas at Ko Mun and Class 5 industrial or ports zone at Ko Saket and Ko Si Chang. The sediments were alkaline (pH 8.1 - 9.2) with low organic matter contents (0.2 - 2.1%) and the sediment texture was mostly sand. Seventy eight genera of phytoplankton were recorded. The most abundance phytoplankton at every station and every month surveyed was diatom. The highest cell density of phytoplankton was in January followed by December and October, respectively and was found at Ko Saket followed by Ko Si Chang and Ko Mun, respectively. Species diversity of marine sponges was investigated and found 40 species of 33 genera, 27 families and 10 orders. The highest species diversity was found

at Ko Si Chang (24 species), followed by Ko Mun (21 species) and Ko Saket (14 species), respectively.

Accumulation of 7 heavy metals (Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb and Zn) in marine sponges was analyzed in 91 samples of 31 species. Results showed that marine sponges accumulated Cd, Cu, Hg, Ni and Zn more than those found in seawater and sediments, except Fe and Pb were accumulated in the sediments higher than those found in the sponges. The sponge that can be used as bioindicator to monitor heavy metal pollution at Ko Mun and Ko Si Chang was *Petrosia* (*Petrosia*) sp., whereas that at Ko Saket was *Chondrosia reticulate* (Carter), because they are dominant species in the areas. However, a continuous monitoring of heavy metals accumulation in marine sponges should be conducted in the study areas and others as well in order to confirm the results and get more valuable data, due to lack of available information of heavy metals in marine sponges in Thailand.

Key words: seawater quality, sediment, phytoplankton, marine sponge, heavy metal, eastern coast of the gulf of Thailand

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iv
บทนำ	1
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
วิธีดำเนินการวิจัย	6
ผลและวิจารณ์ผล	14
1. คุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	14
- คุณภาพน้ำทะเล	14
- คุณสมบัติดินตะกอน	22
- ประชากรแพลงก์ตอนพืช	23
- ความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเล	29
2. การติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ของไทย	36
- การสะสมโลหะหนักในน้ำทะเล	36
- การสะสมโลหะหนักในดินตะกอน	38
- การสะสมโลหะหนักในฟองน้ำทะเล	40
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก ก	74
ภาคผนวก ข	82
ประวัตินักวิจัย	92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถานีสำรวจและเก็บตัวอย่างฟองน้ำทะเล น้ำทะเลและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	6
2	ดัชนีคุณภาพน้ำทะเลที่ทำการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์	9
3	ผลการวิเคราะห์น้ำทะเลมาตรฐาน (Seawater reference material for trace metals; NASS-6) n = 3	11
4	ผลการวิเคราะห์ดินตะกอนทะเลมาตรฐาน (Marine sediment certified reference material for trace metals and other constituents; PACS-3) n = 5	12
5	ค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทะเล ฟองน้ำทะเล และดินตะกอน	12
6	คุณสมบัติดินตะกอนที่ทำการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์	12
7	ค่าพิสัยและค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ปี พ.ศ. 2557	12
8	คุณสมบัติบางประการของดินตะกอน ในแต่ละสถานี ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557	22
9	แหล่งกักตุนพีชีที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2557	25
10	รายชื่อลำดับอนุกรมวิธานของฟองน้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2557	31
11	รายชื่อชนิดและการแพร่กระจายของฟองน้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2557	33
12	ค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโลหะหนักในน้ำทะเลในบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสี่ซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 (n=20)	36
13	ค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโลหะหนักในดินตะกอน ในบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสี่ซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 (n=20)	38
14	รายชื่อชนิดของฟองน้ำ และรหัส (Sponge code) ที่ใช้ในการศึกษาการสะสมโลหะหนัก	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ชนิดของฟองน้ำ (Sponge code) และสถานที่ที่เก็บตัวอย่าง (✓) ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557	43
16	ค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโลหะหนัก ในฟองน้ำทะเลบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีชัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 (n=91)	46
17	5 อันดับของความเข้มข้นโลหะหนักต่ำสุด สูงสุด ชนิดฟองน้ำ สถานที่ และเดือนที่พบ	46
18	เปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียม และทองแดง ในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานที่เดียวกัน	49
19	เปรียบเทียบความเข้มข้นของเหล็ก และปรอท ในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานที่เดียวกัน	52
20	เปรียบเทียบความเข้มข้นของนิเกิล และตะกั่ว ในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานที่เดียวกัน	55
21	เปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสี ในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานที่เดียวกัน	58
ก1	ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในน้ำทะเล (n=3) ของแต่ละสถานที่ ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557	74
ก2	ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในดินตะกอน (n=3) ของแต่ละสถานที่ ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557	75
ก3	โลหะหนักในฟองน้ำทะเล ของเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 แยกตามสถานที่และชนิดของฟองน้ำ	76

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สถานีเก็บตัวอย่าง (★) บริเวณหมู่เกาะสีซัง เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะมัน	6
2	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำทะเล ระหว่างสถานีในบริเวณหมู่เกาะมัน ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557	17
3	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำทะเล ระหว่างสถานีในบริเวณเกาะสะเก็ด ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557	18
4	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทะเล ระหว่างสถานีในบริเวณหมู่เกาะสีซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557	19
5	เปรียบเทียบปริมาณสารแขวนลอย และไนโตรเจน ระหว่างหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และตุลาคม พ.ศ. 2557	20
6	เปรียบเทียบ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย แอมโมเนีย ทั้งหมด แอมโมเนียในรูปที่ไม่มีไอออน ไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกต ระหว่างหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557	21
7	ความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2557	28
8	การจัดกลุ่มความคล้ายคลึงกันขององค์ประกอบโครงสร้างชนิดของฟองน้ำในบริเวณพื้นที่ ศึกษา ปี พ.ศ. 2557	30
9	เปรียบเทียบความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก พรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในน้ำทะเล ระหว่างสถานีและเวลาที่ต่างกัน	37
10	เปรียบเทียบความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก พรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในดินตะกอน ระหว่างสถานีและเวลาที่ต่างกัน	39
11	เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ (ชนิดของ ฟองน้ำที่เกาะมันและเกาะสีซัง คือ <i>Petrosia</i> sp. และที่เกาะสะเก็ด คือ <i>Chondrosia reticulate</i>)	62
12	เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ (ชนิดของฟองน้ำที่เกาะมันและเกาะสีซัง คือ <i>Neopetrosia</i> sp. "blue" และที่เกาะสะเก็ด คือ <i>Chondrosia reticulate</i>)	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	เปรียบเทียบความเข้มของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ <i>Petrosia</i> sp. บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี	65
14	เปรียบเทียบความเข้มของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ <i>Chondrosia reticulate</i> บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะ สะเก็ด จังหวัดระยอง	65
ข1	ภาพถ่ายใต้น้ำของฟองน้ำทะเลบางชนิดที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2557 (รหัส A001 ถึง A027 คือ ตัวอย่างฟองน้ำทะเลที่นำมาวิเคราะห์ โลหะหนัก)	83

บทนำ

พื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทยได้ถูกกำหนดให้เป็นเขตอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ มีเขตอุตสาหกรรมที่สำคัญสองแห่งด้วยกัน คือ นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี และนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง โดยนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง กำหนดให้เป็นศูนย์รวมอุตสาหกรรมแห่งใหม่ของจังหวัดชลบุรีตั้งอยู่ที่ตำบลแหลมฉบัง อำเภอกะป้อ จังหวัดชลบุรี เป็นที่ตั้งท่าเรือพาณิชย์หลัก สำหรับการขนถ่ายสินค้าประเภทบรรจุภัณฑ์ (คอนเทนเนอร์) มีเขตนิคมอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก ประเภทไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยางรถยนต์ โทรคัสและวิทีทัศน์และอุตสาหกรรมที่ไม่มีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ส่วนนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ตั้งอยู่ที่ตำบลมาบตาพุด อำเภอกาญจนบุรี จังหวัดระยอง เป็นที่ตั้งของอุตสาหกรรมหนักที่สำคัญบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก มุ่งเน้นพัฒนาอุตสาหกรรมที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นพื้นฐานในการผลิต และอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานมาก ประกอบด้วยอุตสาหกรรมที่สำคัญ ได้แก่ โรงแยกก๊าซธรรมชาติ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมปุ๋ยเคมี อุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมประเภทเหล็กและผลิตภัณฑ์จากเหล็ก เป็นต้น นอกจากนี้ในพื้นที่มาบตาพุดและอำเภอกาญจนบุรียังมีเขตอุตสาหกรรมอื่นรวมอยู่ด้วย ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมตะวันออก นิคมอุตสาหกรรมผาแดง สวนอุตสาหกรรมระยองอินดัสเตรียลปาร์ค สวนอุตสาหกรรมมาบตาพุด กลุ่มอุตสาหกรรมเครือเจริญโภคภัณฑ์ เขตประกอบอุตสาหกรรมมาบตาพุด TPI รวมทั้งโรงงานอื่นๆที่ตั้งอยู่นอกเขตอุตสาหกรรม และชายฝั่งยังมีท่าเรือน้ำลึกเพื่อใช้ในขนถ่ายสินค้าอีกด้วย ซึ่งนิคมอุตสาหกรรมต่างๆดังกล่าวนี้ล้วนเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษสำคัญต่างๆที่ปล่อยลงสู่ทะเล

โลหะหนักเป็นสารมลพิษชนิดหนึ่งที่น่าสนใจใช้ประโยชน์ในกิจกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆเพื่อผลิตสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิต ทำให้หน้าที่ของโรงงานอุตสาหกรรมมีโลหะหนักเจือปนอยู่ ถึงแม้ว่าโลหะหนักจะมีประโยชน์มากก็ตามแต่ก็มีโทษมหาศาลเพราะมีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต ทั้งนี้เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารที่คงตัวไม่สามารถที่จะสลายตัวได้โดยกระบวนการธรรมชาติ แต่สะสมได้ในน้ำ ดินตะกอน ตลอดจนสิ่งมีชีวิต และถ้ามีปริมาณความเข้มข้นสูงมากๆ ก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณนั้น ตลอดจนผู้น้ำสัตว์น้ำนั้นๆ มาบริโภคอีกด้วย การตรวจติดตามสภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเลจึงเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นที่ทุกหน่วยงานควรต้องให้ความสนใจเพื่อจะได้เข้าใจถึงสถานการณ์สภาพแวดล้อมในปัจจุบัน และปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต อันจะเป็นประโยชน์ในการหาแนวทางป้องกันหรือจัดการปัญหาได้ทันเหตุการณ์และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ซึ่งการตรวจติดตามสภาพแวดล้อมตลอดจนมลพิษทางทะเลต่างๆจำเป็นต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกกระยะด้วย

สำหรับการตรวจติดตามมลพิษทางทะเลโดยเฉพาะโลหะหนักในชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกที่ผ่านมานั้นมีการตรวจติดตามทั้งในน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต (แหวดตา ทองระอาและคณะ, 2549 และ 2552) แต่เนื่องจากการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทะเลนั้น มีขั้นตอนค่อนข้างยุ่งยาก

และมีข้อจำกัดโดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้นต่ำๆซึ่งมักพบเสมอในน้ำทะเลทำให้วัดไม่ค่อยได้ อีกทั้งปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลยังมีการเปลี่ยนแปลงตามการขึ้นลงของน้ำ (tidal cycle) การไหลบ่าของน้ำจืดจากแผ่นดิน ฤดูกาล และปัจจัยอื่นๆอีกด้วย (Pujol, 2007) ส่วนโลหะหนักในดินตะกอนนั้นเนื่องจากดินตะกอนสามารถสะสมสารมลพิษหรือโลหะหนักได้ในปริมาณสูงจึงไม่ค่อยมีปัญหาในเรื่องการตรวจวิเคราะห์ แต่ก็ยังพบปัญหาเนื่องจากการสะสมโลหะหนักในดินตะกอนขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของดินตะกอน ประกอบกับการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักทั้งในน้ำและดินตะกอนนั้น ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้เป็นปริมาณโลหะรวม (total metal) ซึ่งไม่ใช่ปริมาณโลหะหนักในรูปที่สามารถเข้าสู่สิ่งมีชีวิตได้ หรือ bioavailable metal และหากต้องการหา chemical species ของโลหะในน้ำและดินตะกอนจะมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและเสียเวลามาก ดังนั้นการตรวจติดตามปัญหาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนเพื่อบ่งชี้ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงอาจยังไม่เหมาะสมนัก ในปัจจุบันจึงมีการพิจารณาใช้ทางเลือกอื่นในการตรวจติดตามปัญหาการปนเปื้อนของสารมลพิษโดยใช้สิ่งมีชีวิตแทนเนื่องจากปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในสิ่งมีชีวิตเป็นโลหะหนักในรูปของ bioavailable metal ซึ่งเป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้โดยตรง อย่างไรก็ตามการเลือกสิ่งมีชีวิตที่จะใช้เป็นตัวแทนในการติดตามตรวจสอบนั้นควรเป็นชนิดที่มีความเหมาะสมซึ่งเมื่อนำมาตรวจวิเคราะห์แล้วความเข้มข้นที่พบในตัวสิ่งมีชีวิตนั้นจะสอดคล้องหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกับความเข้มข้นที่พบในสภาพแวดล้อมนั้นๆได้ดี

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลบางชนิด เช่น ฟองน้ำและหอยสองฝา มีคุณสมบัติที่สำคัญหลายประการในการเป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางทะเล แต่จากรายงานการวิจัยหลายฉบับพบว่ามีการใช้ฟองน้ำทะเลมาเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในการติดตามตรวจสอบสารมลพิษทางทะเล (Pan et. al, 2001; Venkateswara Rao et. al, 2006; Venkateswara Rao et. al, 2009) เนื่องจากฟองน้ำทะเลเป็นสิ่งมีชีวิตที่เกาะติดอยู่กับที่ และกินอาหารโดยการกรองผ่านลำตัวของมัน ส่งผลให้ฟองน้ำสามารถสะสมสารมลพิษต่าง ๆ รวมถึงโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำทะเลไว้ในร่างกายได้ (Verdenal et al. 1990) อีกทั้งฟองน้ำทะเลพบได้ทั่วไปบริเวณชายฝั่งทะเล มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม มีอายุยืนยาว ไม่ค่อยมีศัตรู ในขณะที่หอยสองฝาถึงแม้จะอยู่กับที่ แต่ก็มักจะมีศัตรูรบกวนเนื่องจากเป็นอาหารของมนุษย์ และมีช่วงชีวิตที่สั้นกว่า ดังนั้นการใช้ฟองน้ำทะเลเป็นตัวแทนสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการตรวจติดตามปัญหามลพิษทางทะเลจึงน่าจะมีความเหมาะสมมากกว่าสัตว์ทะเลชนิดอื่น ประกอบกับการศึกษาปัญหามลพิษทางทะเลโดยใช้ฟองน้ำทะเลยังไม่พบว่ามีการศึกษามาก่อนในประเทศไทย ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงได้ให้ความสนใจในการศึกษาเรื่องดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของแผนงานวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้ฟองน้ำทะเลเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพตัวใหม่ในการตรวจติดตามมลพิษจากโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย

ขอบเขตการวิจัย

แผนงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อย 2 โครงการ คือ

1. โครงการวิจัย เรื่อง คุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย (นายอาวุธ หมั่นหาผล หัวหน้าโครงการ) ซึ่งในโครงการวิจัยเรื่องนี้มีการศึกษาสำรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณถิ่นที่อยู่อาศัยของฟองน้ำทะเลและข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเล รวมทั้งศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของอาหารของฟองน้ำทะเล อันได้แก่ ประชากรแพลงก์ตอนพืช โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างไปพร้อมๆกันกับโครงการวิจัยแรก

2. โครงการวิจัย เรื่อง การติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย (นางสาวฉลวย มุสิกะ หัวหน้าโครงการ) ซึ่งในโครงการวิจัยเรื่องนี้มีการเก็บรวบรวมตัวอย่างฟองน้ำทะเลในธรรมชาติมาวิเคราะห์หาการปนเปื้อนโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก พรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี รวมทั้งทำการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอนในบริเวณเดียวกันเพื่อการเปรียบเทียบกันด้วย เพื่อนำข้อมูลมาสรุปให้ได้ว่าการใช้ฟองน้ำทะเลมีความเหมาะสมเพียงใดในการเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ

พื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 3 บริเวณ ได้แก่ เขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ หมู่เกาะมัน เขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ หมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

ระยะเวลาทำการศึกษา 2 ปี คือ ตุลาคม พ.ศ. 2557 – กันยายน พ.ศ. 2559 (ปีนี้ในปีที่ 1) และเก็บตัวอย่างปีละ 3 ครั้ง

แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

แนวความคิดของแผนงานวิจัยนี้ คือ มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ฟองน้ำทะเลซึ่งมีความหลากหลายของชนิดมากในชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกมาใช้ประโยชน์ในการตรวจติดตามมลพิษทางทะเลโดยเฉพาะโลหะหนักเพื่อเป็นดัชนีที่จะชี้ให้เห็นถึงผลกระทบจากการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในพื้นที่ดังกล่าวตามทฤษฎีหรือองค์ความรู้ที่มีการศึกษากันมากในต่างประเทศที่มีการใช้ฟองน้ำทะเลมาเป็นดัชนีชี้วัดดังกล่าวข้างต้น แต่ประเทศไทยยังขาดข้อมูลและองค์ความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้อยู่มากทั้งๆที่ฟองน้ำทะเลในประเทศไทยมีความหลากหลายของชนิดค่อนข้างมาก และบางชนิดมีประโยชน์ในการเป็นยารักษาโรค ในขณะที่เดียวกันสถานการณ์ทางสิ่งแวดล้อมทางทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การพัฒนาอุตสาหกรรมกำลังเติบโตอย่างมากในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ทำให้มีการตกค้างของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางทะเลเพิ่มขึ้นในบางบริเวณและบางฤดูกาล อันเป็นผลมาจากการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลอย่างต่อเนื่องจึงมีความจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาสิ่งมีชีวิตที่มีความเหมาะสมเพื่อใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพในการติดตามตรวจสอบสารมลพิษต่างๆ โดยสามารถสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาที่แท้จริงของ มลพิษทางทะเลในพื้นที่นั้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้ใหม่ของไทยเกี่ยวกับเรื่องของฟองน้ำทะเลกับความสามารถในการสะสมโลหะหนัก โดยคาดหวังว่าฟองน้ำทะเลจะเป็นทางเลือกใหม่ที่เหมาะสมในการใช้ติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางทะเลแทนที่จะตรวจสอบในน้ำทะเล หรือดินตะกอน ซึ่งค่อนข้างแปรปรวนตลอดเวลาขึ้นกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ส่วนในสัตว์ทะเลชนิดอื่น เช่น หอย ปู ปลา เนื่องจากมีอายุสั้นและถูกจับไปเป็นอาหาร ในขณะที่ฟองน้ำทะเลเป็นสัตว์ที่เกาะติดกับที่ มีการกรองน้ำผ่านตัวตลอดเวลา ศัตรูน้อย โอกาสที่โลหะหนักถูกสะสมในตัวจึงมีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูง
2. การวิจัยต่อยอดในการประยุกต์การใช้ประโยชน์จากฟองน้ำทะเลในการฟื้นฟูและบำบัดสิ่งแวดล้อม

การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ฟองน้ำเป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ในไฟลัม Porifera ซึ่งเป็นไฟลัมที่มีวิวัฒนาการต่ำที่สุดในกลุ่มของสัตว์หลายเซลล์ เป็นสัตว์เกาะติดอยู่กับที่ตามพื้นทะเล (sessile animals) พบได้ทั่วไปตามชายฝั่งทะเล ทั้งหาดหิน หาดทราย แหล่งหญ้าทะเลและแนวปะการัง โดยการเกาะติดอยู่กับที่ตามพื้นทะเล อยู่รวมกันเป็นโคโลนี ลักษณะลำตัวเป็นรูพรุนจากการเรียงตัวกันของเซลล์แบบหลวมๆ ไม่มีเนื้อเยื่อที่แท้จริง สืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ กินอาหารด้วยการกรองน้ำทะเลผ่านทางช่องน้ำขนาดเล็ก (ostium) ที่กระจายอยู่ทั่วลำตัว โดยอาศัยการพัดโบกของเซลล์พิเศษ (choanocytes) ที่ทำหน้าที่จับอาหารและออกซิเจน น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะไหลออกทางช่องน้ำออก (osculum) ซึ่งมักมีท่อเดียวขนาดใหญ่ โดยสามารถกรองน้ำทะเลได้มากกว่าปริมาตรตัวเองถึงสิบเท่าภายในหนึ่งชั่วโมง และทำงานต่อเนื่องตลอดเวลา จึงมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศทางทะเลในแง่การปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ใสสะอาด เปรียบเสมือนกับเครื่องกรองน้ำทางชีวภาพที่สำคัญ (สุเมตต์ ปุณณาการ และสุชา มั่นคงสมบูรณ์, 2550.)

เนื่องจากฟองน้ำกินอาหารโดยการกรอง และจะเกาะติดอยู่กับที่ตามพื้นทะเล ทำให้ฟองน้ำสัมผัสกับน้ำทะเลในธรรมชาติมากกว่าสัตว์หลายเซลล์ในไฟลัมอื่น ๆ (Vogel 1977) หากน้ำทะเลมีการปนเปื้อนจากสารมลพิษ เช่น โลหะหนัก ฟองน้ำจะสามารถสะสมโลหะหนักที่ละลายหรือแขวนลอยในน้ำทะเลโดยการกรองผ่านลำตัว (Verdenal et al. 1990) คุณสมบัติที่สำคัญของฟองน้ำในข้อนี้ และคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น การเป็นสัตว์หลายเซลล์ที่มีวิวัฒนาการต่ำสุด มีโครงสร้างของร่างกายและกระบวนการต่าง ๆ โดยเฉพาะการป้องกันตัวจากมลพิษสิ่งแวดล้อมที่ไม่ซับซ้อน (Müller and Müller 1998) เป็นสัตว์หลายเซลล์ที่พบมากที่สุดบนพื้นทะเลในแง่ของชนิดและปริมาณ (Sarà and Vacelet 1973) และมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักไว้ในตัวโดยการเพาะเลี้ยงและทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Hansen et al. 1995) ทำให้มีการใช้ฟองน้ำทะเล เช่น *Suberites domuncula* (demosponge หรือฟองน้ำถูตัว) เป็นดัชนีทางชีวภาพในการตรวจสอบการปนเปื้อน

ของสารโลหะหนัก เช่น แคดเมียมและสังกะสี ในธรรมชาติ (Müller et al. 1998; Müller and Müller 1998)

ในประเทศไทยยังไม่เคยมีรายงานการใช้ฟองน้ำทะเลเป็นดัชนีทางชีวภาพในการบ่งชี้การปนเปื้อนของสารมลพิษทางทะเล งานวิจัยส่วนใหญ่จะนิยมใช้หอยสองฝาเป็นดัชนีทางชีวภาพในการบ่งชี้การปนเปื้อนของโลหะหนัก เช่น การใช้โปรตีนที่จับกับโลหะหนักเป็นตัวบ่งชี้การปนเปื้อนของปรอทในหอยแมลงภู่ (จินดา ป่าสนธ์ 2546) เป็นต้น ฟองน้ำทะเลเมื่อมีการสัมผัสกับโลหะหนักบางชนิด เช่น แคดเมียม สังกะสี และปรอท จะก่อให้เกิดพิษทางพันธุกรรม โดยสามารถตรวจวัดได้จากตัวบ่งชี้ที่สำคัญ ได้แก่ ความเสียหายของดีเอ็นเอ การแสดงออกของโปรตีนที่จับกับโลหะหนัก (metal-binding proteins) และการแสดงออกของโปรตีนที่ถูกกระตุ้นโดยความร้อน (heat-shock proteins) (Bauman et al. 1993; Ganguly et al. 1996) เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

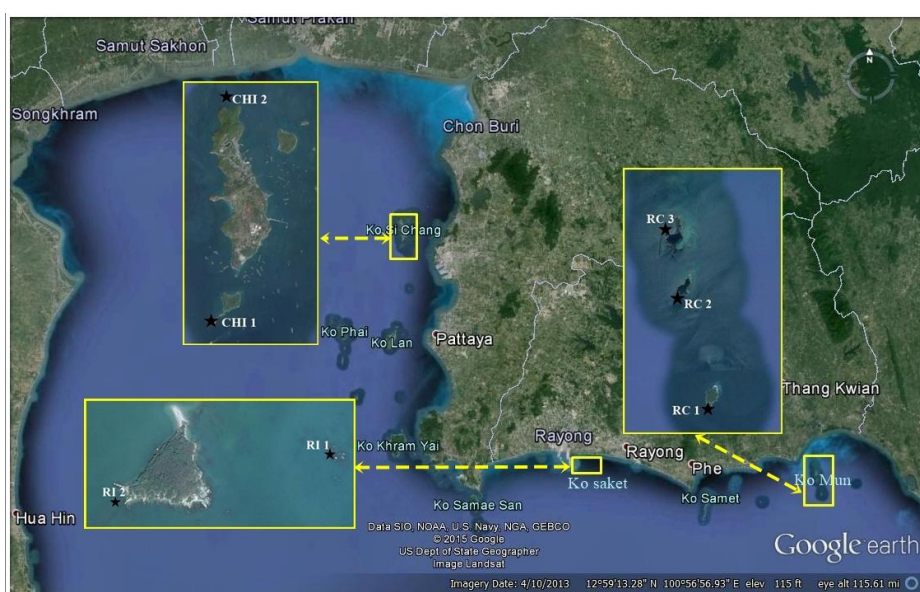
1. การกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างและระยะเวลาเก็บตัวอย่าง

กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างไว้ 3 พื้นที่ คือ หมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง โดยเก็บตัวอย่างพื้นที่ละ 2-3 สถานี ขึ้นอยู่กับแหล่งที่อยู่อาศัยของฟองน้ำทะเล รวมทั้งสิ้น 7 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1 และในแต่ละพื้นที่กำหนดเก็บตัวอย่างปีละ 3 ครั้ง สำหรับในปี พ.ศ. 2557 ได้เก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม ดังนี้

- หมู่เกาะมัน วันที่ 20 มกราคม 6 ตุลาคม และ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2557
- เกาะสะเก็ด วันที่ 21 มกราคม 7 ตุลาคม และ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2557
- หมู่เกาะสีชัง วันที่ 22 มกราคม 9 ตุลาคม และ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2557

ตารางที่ 1 สถานีสำรวจและเก็บตัวอย่างฟองน้ำทะเล น้ำทะเลและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

พื้นที่	สถานี	รหัสสถานี	รูปแบบการใช้ประโยชน์
หมู่เกาะมัน	- เกาะมันนอก ทิศใต้	RC 1	เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ
จังหวัดระยอง	- เกาะมันกลาง ทิศใต้	RC 2	
	- เกาะมันใน ทิศเหนือ	RC 3	
เกาะสะเก็ด	- หินใหญ่ เกาะสะเก็ด ทิศเหนือ	RI 1	เพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ
จังหวัดระยอง	- กองหินไต้ น้ำ เกาะสะเก็ด ทิศใต้	RI 2	
หมู่เกาะสีชัง	- เกาะท้ายตาหมื่น ทิศตะวันออก	CHI 1	เพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ
จังหวัดชลบุรี	- หินสัมนันย้อย เกาะสีชัง ทิศเหนือ	CHI 2	



ภาพที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่าง (★) บริเวณหมู่เกาะสีชัง เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะมัน

2. การเก็บตัวอย่างและรักษาสภาพตัวอย่าง

2.1 การเก็บตัวอย่างฟองน้ำทะเล

เก็บตัวอย่างฟองน้ำทะเลที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติเพื่อสำรวจความหลากหลายทางชนิดของฟองน้ำทะเลที่อาศัยอยู่ตามชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก จังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง โดยการดำน้ำแบบเครื่องช่วยหายใจใต้น้ำ (SCUBA diving) สุ่มสำรวจและเก็บตัวอย่างตลอดทั้งพื้นที่ศึกษาในเวลากลางวัน (day time) ตั้งแต่เขตปะการังพื้นราบ (reef flat) หรือเขตน้ำขึ้นน้ำลง จนถึงเขตปะการังลาดชัน (reef slope) หรือพื้นที่ทะเลนอกแนวปะการัง ตัวอย่างที่พบทำการบันทึกภาพใต้น้ำ ตำแหน่งและความลึกที่พบและสภาพถิ่นที่อยู่อาศัย จากนั้นนำตัวอย่างใส่ถุงซิปลงเพื่อนำมาทำการสลับและเก็บรักษาตัวอย่าง ด้วยเอทานอล 70 % เพื่อไปจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการต่อไป

สำหรับตัวอย่างฟองน้ำทะเลเฉพาะชนิดเด่นและมีปริมาณมากพอนำมาศึกษาการสะสมโลหะหนัก โดยเก็บไว้ในถุงซิปลงแยกตามชนิดก่อนนำไปแช่ไว้ในถังน้ำแข็ง และเมื่อถึงห้องปฏิบัติการสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำทะเลและน้ำกลั่น แช่แข็งทันทีที่อุณหภูมิ -40°C หลังจากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบความเย็น (freeze dryer) เมื่อแห้งแล้วนำมาแยกสิ่งเจือปนออก แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้ง บรรจุในถุงซิปลพลาสติกเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น เพื่อรอนำไปวิเคราะห์โลหะหนักในขั้นตอนต่อไป

2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อนำมาศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณถิ่นที่อยู่อาศัยของฟองน้ำทะเล โดยเน้นในเรื่องของสารอาหารปริมาณน้อย ได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต ฟอสเฟต ซิลิเกต และตะกอนแขวนลอย รวมทั้งคุณภาพน้ำพื้นฐาน โดยเก็บตัวอย่างในแต่ละสถานีที่ระดับกึ่งกลางความลึกด้วยกระบอกเก็บน้ำชนิด Kemmerer ความจุ 2 ลิตร สถานีละ 3 ซ้ำ วัดความลึก อุณหภูมิ ความโปร่งแสง ความเค็ม ออกซิเจนละลาย และความเป็นกรด-ด่าง ทั้งนี้ที่เก็บตัวอย่าง ส่วนคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ไม่ได้ทันทีในขณะเก็บตัวอย่าง ให้เก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวดพลาสติก PE ขนาด 1 ลิตร ปิดฝาให้แน่น เก็บรักษาตัวอย่างไว้ในถังแช่เย็นและนำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพาทันที

สำหรับตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อนำมาวิเคราะห์โลหะหนัก เก็บในบริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างฟองน้ำทะเล โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลก่อนเก็บตัวอย่างฟองน้ำ เพื่อป้องกันดินตะกอนฟุ้งกระจาย โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลด้วยเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ (Non metallic water sample mod. 1080 Series GO-FLO) ที่ระดับกึ่งกลางความลึกของน้ำในสถานีศึกษา สถานีละ 3 ซ้ำ แยกอิสระต่อกัน ถายน้ำใส่ขวดพลาสติก (PP; Nalgene) ขนาด 1 ลิตร ปิดฝาให้แน่นก่อนบรรจุลงถุงพลาสติก รัดปากถุงให้แน่น (2 ชั้น) แล้วนำไปแช่ไว้ในถังน้ำแข็ง เมื่อนำส่งถึงห้องปฏิบัติการ (ภายใน 12 ชั่วโมง) ตัวอย่างจะถูกปรับสภาพให้เป็นกรด ($\text{pH} < 3$) โดยการเติมกรดไนตริกเข้มข้น (Merck supra. HNO_3) ก่อนเก็บไว้ในตู้เย็นจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์โลหะหนัก (Cd, Cu, Fe, Ni,

Pb, Zn) การวิเคราะห์ปรอท ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้จะแยกเก็บไว้ในขวดแก้วไพเร็กซ์ขนาดความจุ 0.5 ลิตร ใส่ลงถุงพลาสติก รัดปากถุงให้แน่นก่อนแช่เย็นในถังน้ำแข็ง และปรับสภาพให้เป็นกรด ($\text{pH} \leq 2$) โดยการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Merck supra. HCl) ทันที เมื่อถึงห้องปฏิบัติการ และเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อรอการวิเคราะห์ปรอทต่อไป

2.3 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

เก็บตัวอย่างดินตะกอนเพื่อนำมาวิเคราะห์โลหะหนักและคุณลักษณะของดินตะกอน กระทำพร้อมกับการเก็บตัวอย่างฟองน้ำและในบริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างฟองน้ำ โดยขณะดำน้ำ (SCUBA diving) นักประดาน้ำ (นักวิจัย) จะใช้ช้อนพลาสติกตักตัวอย่างดินตะกอนบริเวณผิวหน้า (ความลึกไม่เกิน 5 เซนติเมตร) ใส่ถุงซิปปลาสติก สถานีละ 3 ซ้ำ แยกอิสระต่อกัน เทน้ำออกรีดปิดปากถุงให้สนิท เก็บแช่ไว้ในถังน้ำแข็ง และเมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล นำไปเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -40°C และทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งด้วยความเย็น (freeze dryer) หลังจากนั้นจึงนำมาร้อนผ่านตะแกรงร่อนขนาดตา 1 มิลลิเมตร เพื่อคัดเศษหินและเปลือกหอยออก แล้วบดตัวอย่างดินตะกอนให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย agate mortar และเก็บไว้ในถุงซิปปลาสติกในตู้ดูความชื้น เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.4 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช เพื่อวิเคราะห์หาความหนาแน่นของประชากรแพลงก์ตอนพืช ในแหล่งอาศัยของฟองน้ำซึ่งจะบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของอาหารของฟองน้ำทะเล การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอน (plankton net) ขนาดช่องตา 22 ไมโครเมตร ลากในแนวตั้งทุกระดับความลึก สถานีละ 3 ซ้ำ และเก็บรักษาตัวอย่างด้วยสารละลาย Lugol's solution บรรจุในภาชนะทึบแสง วิเคราะห์ชนิดและปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชโดยการส่มนับ จำแนกชนิดและปริมาณความหนาแน่นในระดับสกุลภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ โดยใช้สไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgewick – Rafter slide) ขนาดความจุ 1 มิลลิลิตร (ลัดดา วงศ์รัตน์ และโสภณา บุญญาภิวัฒน์, 2546) การส่มนับและจำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืชจะจำแนกในระดับสกุล และมีการใช้หน่วยนับดังนี้ 1 เซลล์ ใช้ 1 หน่วย และ 1 เส้นสาย ใช้ 1 หน่วยเช่นกัน ทั้งนี้การจำแนกสกุลใช้เอกสารอ้างอิงของ ลัดดา วงศ์รัตน์ (2542) อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ (2545) อรรถชนีย์ ชำนาญศิลป์ (2545) และ Tomas (1997)

3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ดัชนีคุณภาพน้ำในบริเวณถิ่นที่อยู่อาศัยของฟองน้ำทะเล อันได้แก่ คุณภาพน้ำ พื้นฐาน และสารอาหารปริมาณน้อย รวมทั้งวิธีวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ดัชนีคุณภาพน้ำทะเลที่ทำการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์

Parameter	Unit	Method of analysis	Reference
ความลึก (Depth)	m.	Echo sounder (Speedtech SM-SA)	
ความโปร่งแสง (Transparency)	m.	Secchi disc	
อุณหภูมิ (Temperature)	C	Electrical sensor method (YSI Model 550A)	
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	-	pH meter (WTW pH100)	
ความเค็ม (Salinity)	ppt	Hand refractometer (ATAGO 508 IIW)	
ออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen: DO)	mg/L	DO meter (YSI Model 550A)	
สารแขวนลอย (Suspended Solid: SS)	mg/L	GF/C	APHA (1992)
แอมโมเนีย (Total ammonia)	µg/L	Phenol-hypochlorite	Grasshoff et al.(1983)
แอมโมเนียรูปที่ไม่มีไอออน (Unionized ammonia)	µg/L	คำนวณจากสูตร $pK=0.09018+2729.92/T_{temp.}$ $PK=-\log_{10}(K)$ $PK=-\log_{10}(H^+)$ $F\mu=1/1+([H^+]/K)$ Unionized Ammonia= $F\mu$ (Total Ammonia)	กรมควบคุมมลพิษ (2549)
ไนไตรท์ (NO ₂ -N)	µg/L	Diazotization	Strickland and Parsons (1972)
ไนไตรท์ (NO ₃ -N)	µg/L	Cadmium reduction + Diazotization	Strickland and Parsons (1972)
ฟอสเฟต (PO ₄ -P)	µg/L	Ascorbic acid	Strickland and Parsons (1972)
ซิลิเกต (SiO ₃ -Si)	µg/L	Silicomolybdate	Strickland and Parsons (1972)

3.2 การวิเคราะห์โลหะหนัก

โลหะหนักที่ทำการศึกษารวมทั้งสิ้น 7 ชนิด ได้แก่ ปรอท (Hg) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) และ นิกเกิล (Ni) โดยวิเคราะห์ในรูปของปริมาณโลหะรวม ดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์โลหะหนักในฟองน้ำทะเล

การเตรียมสารละลายฟองน้ำ ใช้วิธีการย่อยสลาย (digestion) ตัวอย่างฟองน้ำด้วยกรดไนตริกเข้มข้น โดยการดัดแปลงจากวิธีของ Wagner, et al. (1998) และ Pérez, et al. (2005) โดยชั่งตัวอย่างฟองน้ำทะเลแห้ง 0.5 ± 0.01 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง ความจุ 100 มิลลิลิตร (มีฝาปิด) เติมกรดไนตริกเข้มข้น 6 มิลลิลิตร (suprapur HNO₃, Merck) ย่อยสลายตัวอย่างที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 24 ชั่วโมง บนเครื่องย่อยตัวอย่างแบบหลุม (block digestion system; model AIM600)

หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ก่อนปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น deionized และทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำไปวัดความเข้มข้นโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ด้วยเทคนิค graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS) โดยเครื่อง atomic absorption spectrometer (Perkin-Elmer; model 4110ZL) ส่วนปรอท วัดความเข้มข้นด้วยเทคนิค cold vapor atomic absorption spectrometry ระบบ flow Injection mercury hydried system (FI-MHS; model FIAS 100) ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer (Perkin-Elmer; model 4110ZL)

3.2.2 การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทะเล

การเตรียมความเข้มข้นตัวอย่างน้ำทะเล สำหรับโลหะแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง นิกเกิล สังกะสี และเหล็ก ใช้วิธี Cobalt – APDC co precipitation technique โดยใช้ตัวอย่างน้ำทะเล 250 ± 2 มิลลิลิตร ปรับค่า pH ให้ได้ 4 ± 0.2 ด้วยน้ำแอมโมเนีย เต็ม cobalt reagent 2 มิลลิลิตร ตามด้วย 2% APDC 2 มิลลิลิตร กรองตัวอย่างผ่าน polycarbonate membrane (pore size 0.4μ) เก็บตะกอน และละลายตะกอนด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ก่อนเติมน้ำ deionized 4 มิลลิลิตร ทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง วัดความเข้มข้นของโลหะทั้ง 6 ชนิด ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer เทคนิค GFAAS (ฉลุย มุสิกะ, 2544)

สำหรับโลหะปรอท การเตรียมความเข้มข้นตัวอย่างใช้วิธี BrCl method ซึ่งดัดแปลงมาจาก Quemerai and Cossa (1997) วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค cold vapour atomic absorption spectrometry ระบบ flow Injection mercury hydried system (FI-MHS; model FIAS 100) ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer (Perkin-Elmer; model 4110 ZL)

3.2.3 การวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอนทะเล

การเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์โลหะแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง นิกเกิล สังกะสี และเหล็ก การสกัดตัวอย่าง (sample digestion) ดัดแปลงจากวิธีของ Loring and Rantala (1992) โดยสกัดตัวอย่างดินตะกอนหนัก 0.5 ± 0.05 กรัม ด้วยกรด aqua regia ($\text{HNO}_3\text{:HCl}$, 1:3 v/v) และกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) อัตราส่วน 1:6 มิลลิลิตร ใน teflon tube บน block digestion system (model AIM600) ที่อุณหภูมิ 95°C นาน 3 ชั่วโมง ก่อนนำไปประเหยให้แห้งที่อุณหภูมิ $70\text{--}80^\circ\text{C}$ บน hot plate แล้วละลายตะกอนด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ deionized เก็บสารละลายในขวดพลาสติก (Nalgene) ทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวัดความเข้มข้นโลหะหนักแต่ละชนิดด้วยเทคนิค GFAAS (Perkin Elmer; Model 4110ZL) ยกเว้น เหล็ก และสังกะสี ใช้เทคนิค FAAS โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer; Model AAnalyst 100)

สำหรับการวิเคราะห์ปรอท ทำการย่อยสลายตัวอย่างดินตะกอน 0.5 ± 0.01 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ด้วยส่วนผสมของ 4:1 HNO_3 : HCl โดยใช้เครื่องย่อยตัวอย่างด้วยกรดแบบหลุม (block digestion system, model AIM600) ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นที่

อุณหภูมิห้องก่อนเจือจางด้วยน้ำ deionized และปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค cold vapour atomic absorption spectrometry (CVAAS) ระบบ flow injection mercury hydried system (F1-MHS) model FIAS 100 ใช้ 0.2 % NaBH₄ in 0.05 % NaOH เป็น reducing agent และ 3 % (v/v) HCl เป็น carrier solution และวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer, model 4110 ZL)

3.2.4 การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์โลหะหนัก (Quality control)

การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอนควบคุมโดยตรวจสอบความถูกต้องกับตัวอย่างน้ำทะเลมาตรฐานที่ผ่านการรับรองความเข้มข้น (Seawater reference material for trace metals; NASS-6) ของ National Research Council Canada ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3 สำหรับดินตะกอนได้ตรวจสอบความถูกต้องกับดินตะกอนทะเลมาตรฐานที่ผ่านการรับรองความเข้มข้น (Marine sediment certified reference material for trace metals and other constituents; PACS-3) ของ National Research Council Canada ผลการตรวจสอบดังแสดงในตารางที่ 4 สำหรับฟองน้ำทะเล ยังไม่มีตัวอย่างมาตรฐานฟองน้ำทะเลหรือตัวอย่างที่ใกล้เคียงให้ตรวจสอบได้

นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์โลหะหนัก (method detection limit: MDL) ทั้งน้ำทะเล ฟองน้ำทะเล และดินตะกอน ตามวิธีที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ โดยคำนวณจาก 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของ method blank จำนวน 7-10 ซ้ำ ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์น้ำทะเลมาตรฐาน (Seawater reference material for trace metals; NASS-6) n = 3

Heavy Metal	Certified Value (µg/L)	Measured Value (µg/L)	% Recovery
Cd	0.0311 ± 0.0019	0.026 ± 0.0004	81.2-83.5
Cu	0.248 ± 0.025	0.259 ± 0.010	100.5-108.2
Fe	0.495 ± 0.046	0.499 ± 0.086	81.0-112.6
Ni	0.301 ± 0.025	0.306 ± 0.012	97.2-104.6
Pb	0.006 ± 0.002	< MDL	-
Zn	0.257 ± 0.020	0.243 ± 0.008	95.8-100.4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ดินตะกอนทะเลมาตรฐาน (Marine sediment certified reference material for trace metals and other constituents; PACS-3) n = 5

Heavy Metal	Certified Value ($\mu\text{g/g dry wt}$)	Measured Value ($\mu\text{g/g dry wt}$)	% Recovery
Cd	2.23 ± 0.13	1.82 ± 0.02	81.0-82.4
Cu	327 ± 14	335 ± 2.8	101.4-103.5
Fe	$41,100 \pm 1,100$	$43,440 \pm 3,730$	97.6-116.7
Hg	3.0 ± 0.5		
Ni	39.9 ± 3.0	34.7 ± 1.0	82.8-89.4
Pb	188 ± 7	153 ± 1.8	81.0-82.8
Zn	379 ± 15	367 ± 17	93.8-104.7

ตารางที่ 5 ค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทะเล ฟองน้ำทะเล และดินตะกอน

Heavy metal	Method Detection Limit		
	Seawater ($\mu\text{g/L}$)	Marine Sponge ($\mu\text{g/g dry wt.}$)	Sediment ($\mu\text{g/g dry wt.}$)
Cd	0.003	0.007	0.01
Cu	0.04	0.10	0.25
Fe	0.04	1.0	20.0
Hg	0.10	0.007	0.003
Ni	0.03	0.15	0.20
Pb	0.03	0.05	0.15
Zn	0.25	0.70	1.0

3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินตะกอน

วิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินตะกอนเพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์กับปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินตะกอน โดยคุณสมบัติดินตะกอนที่ทำการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติดินตะกอนที่ทำการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์

Parameter	Method of analysis	Reference
Sediment pH	pH meter (1:1.25; sediment: water)	Thongra-ar et al. (2008)
Organic matter (OM)	Acid-dichromate oxidation	กองปฐพี (2537)
Particle size distribution	Hydrometer method	Sheldrick and Wang (1993)
Sediment texture	Textural triangle	Hillel (1998)

4. การจำแนกชนิดตัวอย่างฟองน้ำทะเล

การจำแนกชนิดตัวอย่างฟองน้ำทะเลในห้องปฏิบัติการ มีวิธีการศึกษาดังนี้

4.1 การตรวจสอบลักษณะทางโครงสร้างของร่างกาย (skeleton) ประยุกต์จากวิธีของ Putchakarn et .al. (2004) โดยการตัดเนื้อเยื่อตัวอย่างฟองน้ำ บริเวณผิวฟองน้ำ (tangential section) และตัดตามขวาง (perpendicular section) ศึกษาลักษณะและองค์ประกอบของสปิคูลเส้นใยฟองน้ำ (sponging fibers) และโครงสร้างการจัดเรียงตัวของสปิคูลและเส้นใยฟองน้ำ บันทึกข้อมูลและเปรียบเทียบกับเอกสารอ้างอิง

4.2 การตรวจสอบลักษณะและขนาดของสปิคูล (spicules) ของฟองน้ำโดยประยุกต์จากวิธีของ Putchakarn et .al. (2004) นำสปิคูลมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ศึกษาประเภทและวัดขนาดของสปิคูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเป็นไมครอนจากจำนวนสปิคูลแต่ละประเภทไม่น้อยกว่า 25 ซ้ำ บันทึกผลและนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับเอกสารอ้างอิงในการจำแนกชนิด

4.3 การจำแนกชนิดฟองน้ำทะเล ทำการศึกษารายละเอียดสัณฐานวิทยาของตัวอย่างฟองน้ำที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ข้อมูลและทำการวินิจฉัยชื่อวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างฟองน้ำโดยการเปรียบเทียบกับเอกสารอ้างอิง ซึ่งในระดับ Orders, Families และ Genera จะทำการเปรียบเทียบจาก Hooper & Soest (2002) Systema Porifera และ Boury-Esnault & Rützler (1997) Thesaurus of sponge morphology เป็นหลัก ส่วนในระดับชนิด (species level) ทำการเปรียบเทียบจากเอกสารอ้างอิงต่างๆที่ได้เก็บรวบรวมไว้และยืนยันความถูกต้องของชนิดฟองน้ำจากฐานข้อมูลฟองน้ำโลก World Porifera Database (Van Soest, et.al., 2015)

ผลและวิจารณ์ผล

การวิจัยเพื่อศึกษาการใช้ฟองน้ำทะเล เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในการใช้ตรวจติดตามมลพิษจากโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย ในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีที่ 1 ของโครงการ ได้มีการออกเก็บตัวอย่างน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำทะเล และแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นแหล่งอาหารของฟองน้ำ รวมทั้งได้สำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเลรวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง คือในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 จำนวน 7 สถานี ประกอบด้วย หมู่เกาะมัน 3 สถานี เกาะสะเก็ด 2 สถานี และเกาะสีซัง 2 สถานี ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. คุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

คุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นที่อยู่อาศัยของฟองน้ำทะเลในบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีซัง ได้ทำการศึกษา คุณภาพน้ำทะเล คุณสมบัติดินตะกอน ความอุดมสมบูรณ์ของอาหารของฟองน้ำทะเลแล้วได้แก่ ประชากรแพลงก์ตอนพืช รวมทั้งได้สำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเล ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

คุณภาพน้ำทะเล

คุณภาพน้ำทะเลที่ทำการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม สารแขวนลอย และสารอาหารในน้ำ (แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และซิลิเกต) ในแต่ละพื้นที่จากการสำรวจทั้ง 3 ครั้ง พบว่ามีค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละพารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) พบว่าคุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติสำหรับหมู่เกาะมัน และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือสำหรับเกาะสะเก็ดและหมู่เกาะสีซัง

คุณภาพน้ำทะเลในแต่ละพื้นที่ เมื่อจำแนกออกเป็นแต่ละสถานี ในเดือนต่างๆที่ทำการสำรวจในบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีซังแสดงในภาพที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่พบว่าในช่วงการสำรวจเดือนเดียวกันคุณภาพน้ำในแต่ละสถานีของแต่ละพื้นที่มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นที่หมู่เกาะสีซังพบปริมาณไนโตรเจนที่สถานีหินสัมปณีย้อ เกาะสีซัง ทิศเหนือ (CHI2) ในเดือนธันวาคม มีค่าสูงมากถึง 14.3 $\mu\text{g N/L}$ แตกต่างจากสถานีอื่นๆ (ภาพที่ 4)

ตารางที่ 7 ค่าพิสัยและค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ปี พ.ศ. 2557

Area	Station	Temperature (°C)			DO (mg/L)			pH			Salinity (ppt)			SS (mg/L)		
		Range	Average	SD	Range	Average	SD	Range	Average	SD	Range	Average	SD	Range	Average	SD
Ko Mun	RC 1	25.6-30.8	28.5	2.3	5.7-7.1	6.6	0.7	8.3-8.4	8.3	0.0	30-31	30.3	0.5	11.2-14.5	12.9	1.3
	RC 2	25.0-30.8	28.3	2.6	5.9-7.6	6.9	0.8	8.2-8.4	8.3	0.1	30-31	30.3	0.5	9.1-15.5	11.8	2.1
	RC 3	25.1-31.0	28.2	2.6	6.3-7.6	6.8	0.4	8.2-8.4	8.3	0.1	30-31	30.3	0.5	8.8-14.5	10.9	1.7
Ko Saket	RI 1	24.9-30.0	27.8	2.3	6.3-7.4	6.7	0.5	8.3-8.4	8.3	0.0	28-32	30.0	1.7	12.3-16.7	14.7	1.4
	RI 2	25.4-30.3	27.9	2.1	6.3-7.5	6.9	0.5	8.3-8.4	8.3	0.0	28-32	30.0	1.7	13.7-21.2	16.4	2.5
Ko Si Chang	CHI 1	25.6-30.1	27.7	2.0	6.2-8.2	6.9	1.0	8.3-8.4	8.3	0.0	30-31	30.3	0.5	11.6-17.6	13.7	1.9
	CHI 2	27.5-29.9	28.7	1.3	6.1-6.3	6.2	0.1	8.2-8.4	8.3	0.1	30-30	30.0	0.0	11.6-14.5	13.1	1.1
Total Average		24.9-31.0	28.1	2.1	5.7-8.2	6.7	0.6	8.2-8.4	8.3	0.1	28-32	30.2	1.0	8.8-21.2	13.4	2.5
*Standard		▲ ∇ 1			∇ 4			7.0-8.5			▲ ∇ 10%			■		
**Standard		▲ ∇ 2			∇ 4			7.0-8.5			▲ ∇ 10%			■		

* ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 1 เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

** ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 5 เพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

▲ = เปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติ

■ = ค่ามาตรฐานตะกอนแขวนลอย มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกินผลรวมของค่าเฉลี่ย 1 วัน หรือ 1 เดือน หรือ 1 ปี บวกกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยนั้นๆ โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย 1 วัน ให้วัดทุกชั่วโมง หรืออย่างน้อย 5 ครั้ง ที่ช่วงเวลาเท่าๆ กัน ค่าเฉลี่ย 1 เดือน ให้วัดทุกวัน หรืออย่างน้อย 4 ครั้ง (ที่ช่วงเวลาเท่าๆ กัน ใน 1 เดือน) ณ เวลาเดียวกัน ค่าเฉลี่ย 1 ปี ให้วัดทุกเดือน ณ วันที่ และเวลาเดียวกัน

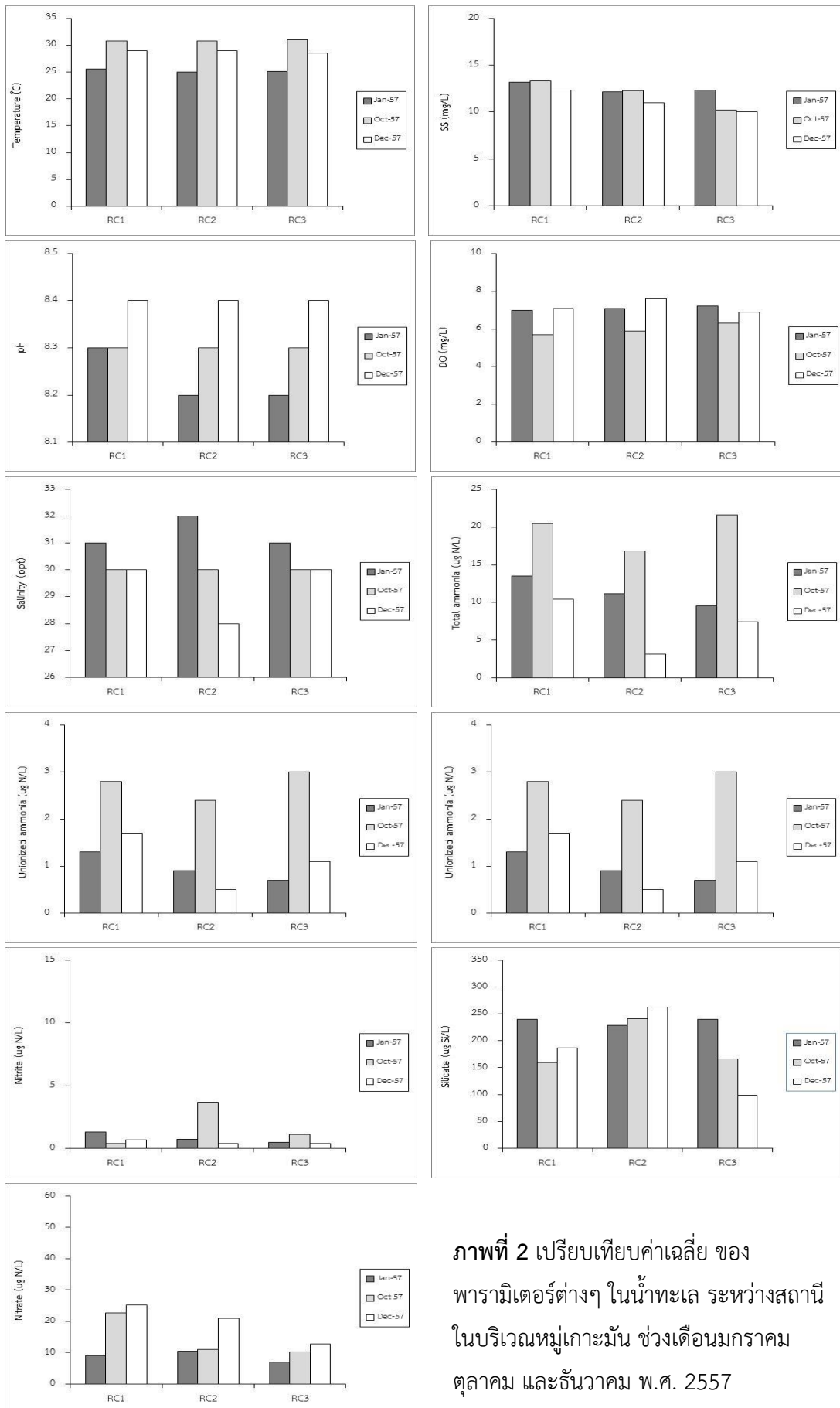
ตารางที่ 7 (ต่อ)

Area	Station	Total Ammonia (µg N/L)			Unionized Ammonia (µg N/L)			Nitrite (µg N/L)			Nitrate (µg N/L)			Phosphate (µg P/L)			Silicate (µg Si/L)		
		Range	Average	SD	Range	Average	SD	Range	Average	SD	Range	Average	SD	Range	Average	SD	Range	Average	SD
Ko Mun	RC 1	9.5-21.4	14.8	4.5	1.3-2.8	1.9	0.7	0.4-2.1	0.8	0.6	7.4-26.2	19.0	7.5	0.0-7.1	2.4	2.0	155.0-24.0	195.3	35.9
	RC 2	2.4-18.1	10.4	6.0	0.5-2.4	1.3	0.9	0.4-3.9	1.6	1.6	9.8-21.6	14.2	5.1	1.4-11.4	4.6	3.3	225.0-270.0	244.2	15.3
	RC 3	5.7-21.9	12.9	6.9	0.7-3.0	1.6	1.1	0.0-1.1	0.7	0.4	5.6-13.0	10.0	2.6	0.0-7.1	2.9	2.6	90.0-247.5	168.3	61.6
Ko Saket	RI 1	8.1-18.6	12.8	4.1	1.2-2.5	1.7	0.6	0.4-2.5	1.3	0.8	9.2-22.2	13.6	5.6	1.4-5.7	3.7	1.6	72.5-182.5	122.5	43.7
	RI 2	5.2-20.0	13.2	5.0	1.0-3.0	1.9	0.9	0.0-1.1	0.6	0.4	5.8-29.3	16.4	9.7	1.4-4.3	2.7	1.1	75.0-300.0	213.1	100.4
Ko Si Chang	CHI 1	8.6-23.3	17.4	5.2	1.2-2.8	2.2	0.8	0.0-5.0	2.1	2.1	2.2-55.4	22.1	25.0	1.4-12.9	6.5	4.5	137.5-327.5	231.7	80.2
	CHI 2	7.1-19.5	13.7	6.1	1.1-2.6	1.9	0.8	0.4-14.3	7.2	7.3	3.2-14.6	9.2	5.5	1.4-20.0	10.7	8.7	127.5-202.5	166.3	37.1
	Total Average	2.4-23.3	13.6	5.6	0.5-3.0	1.8	0.8	0.0-14.3	1.8	3.0	2.2-55.4	15.2	11.6	0.0-20.0	4.5	4.3	72.5-327.5	192.9	70.4
	MDL	1.50			-			1.09			1.81			1.29			120		
	*Standard	-			≧70			-			≧20			≧15			-		
	**Standard	-			≧70			-			≧60			≧45			-		

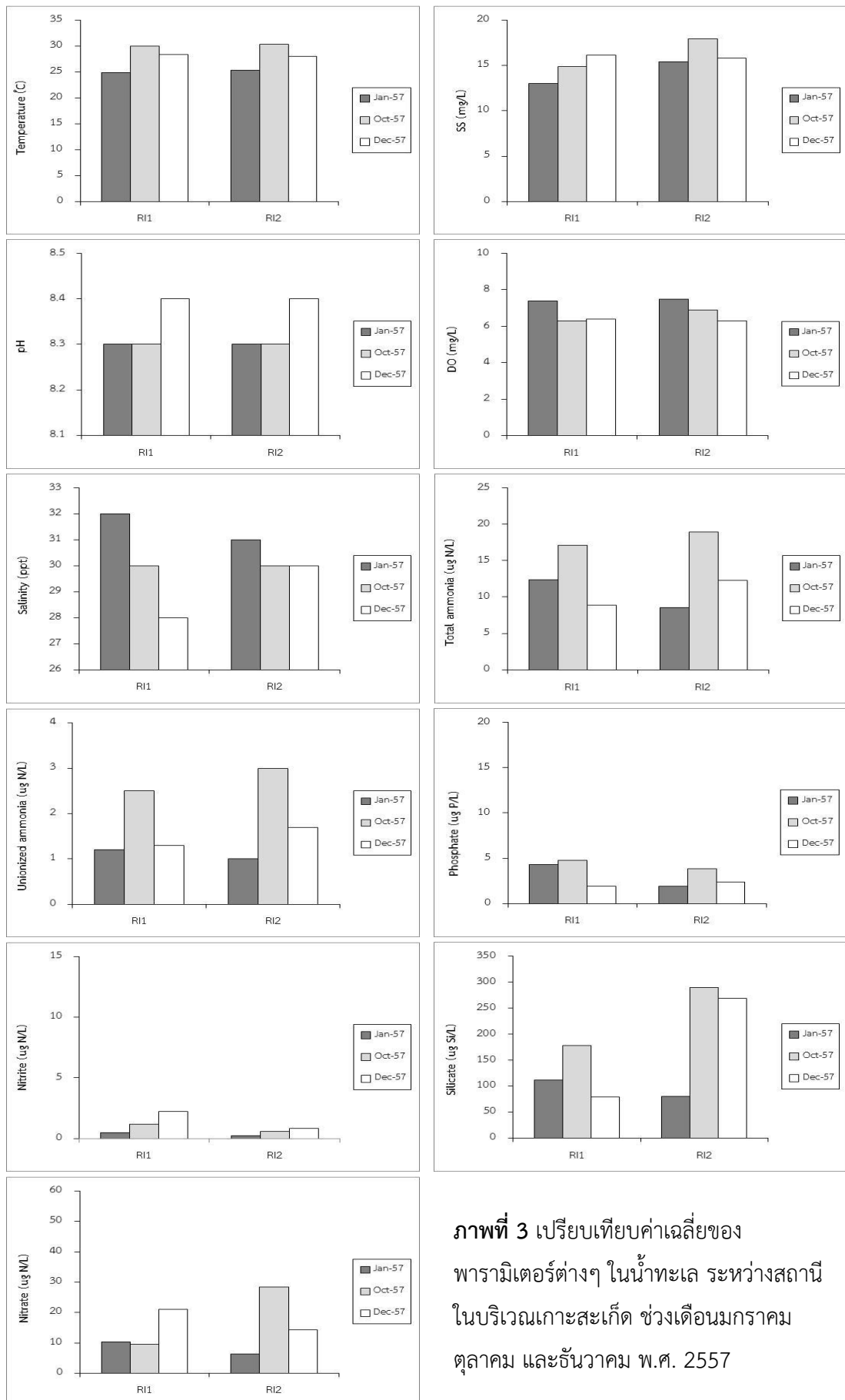
หมายเหตุ : MDL หมายถึงค่า Method Detection Limit

* ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 1 เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

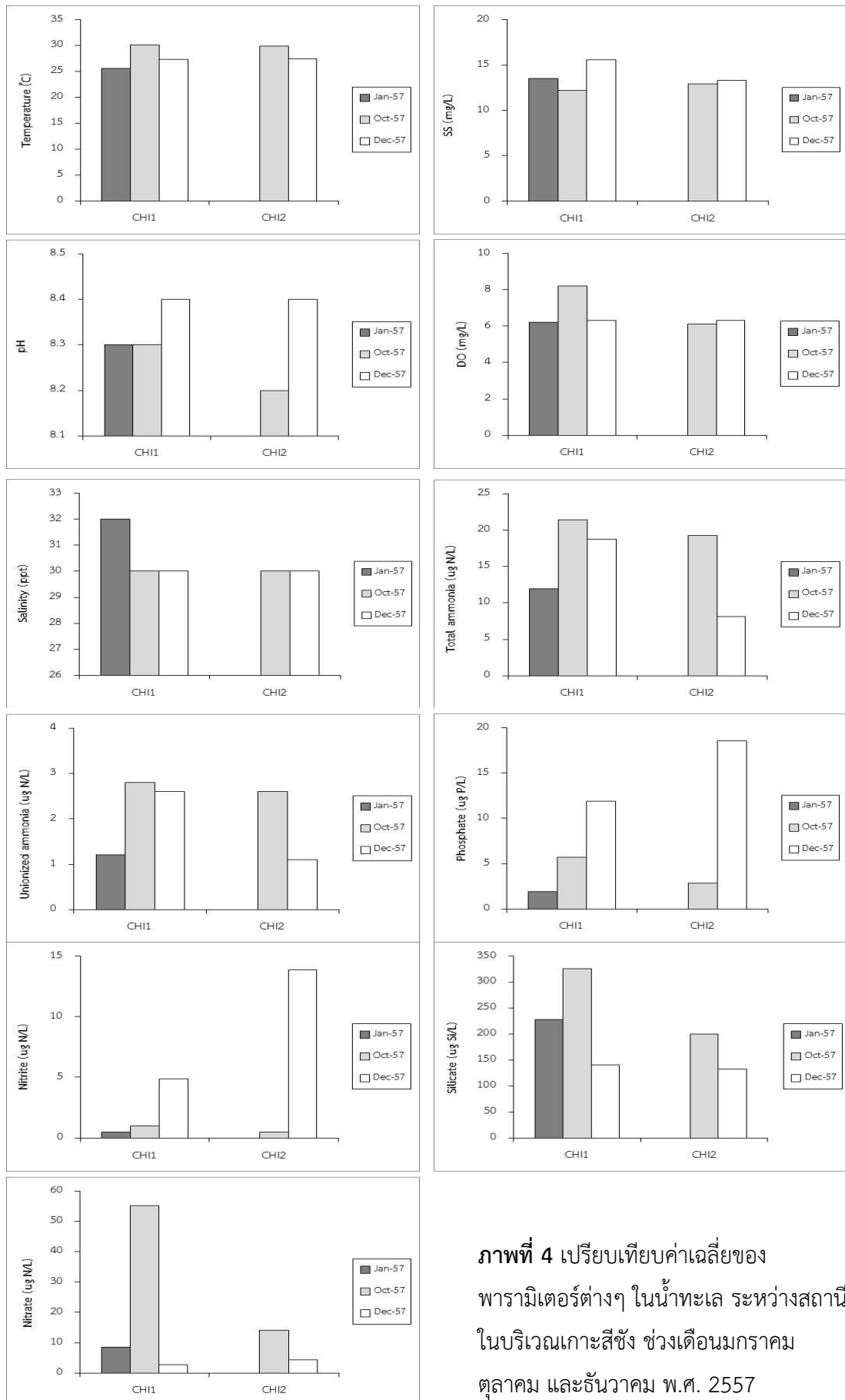
** ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 5 เพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ของ พารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทะเล ระหว่างสถานี ในบริเวณหมู่เกาะมัน ช่วงเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557



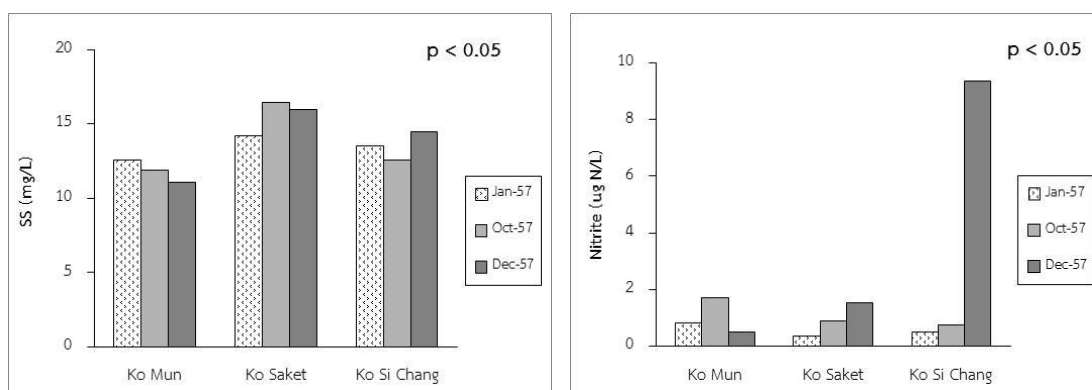
ภาพที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ
พารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทะเล ระหว่างสถานี
ในบริเวณเกาะสะเก็ด ช่วงเดือนมกราคม
ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557



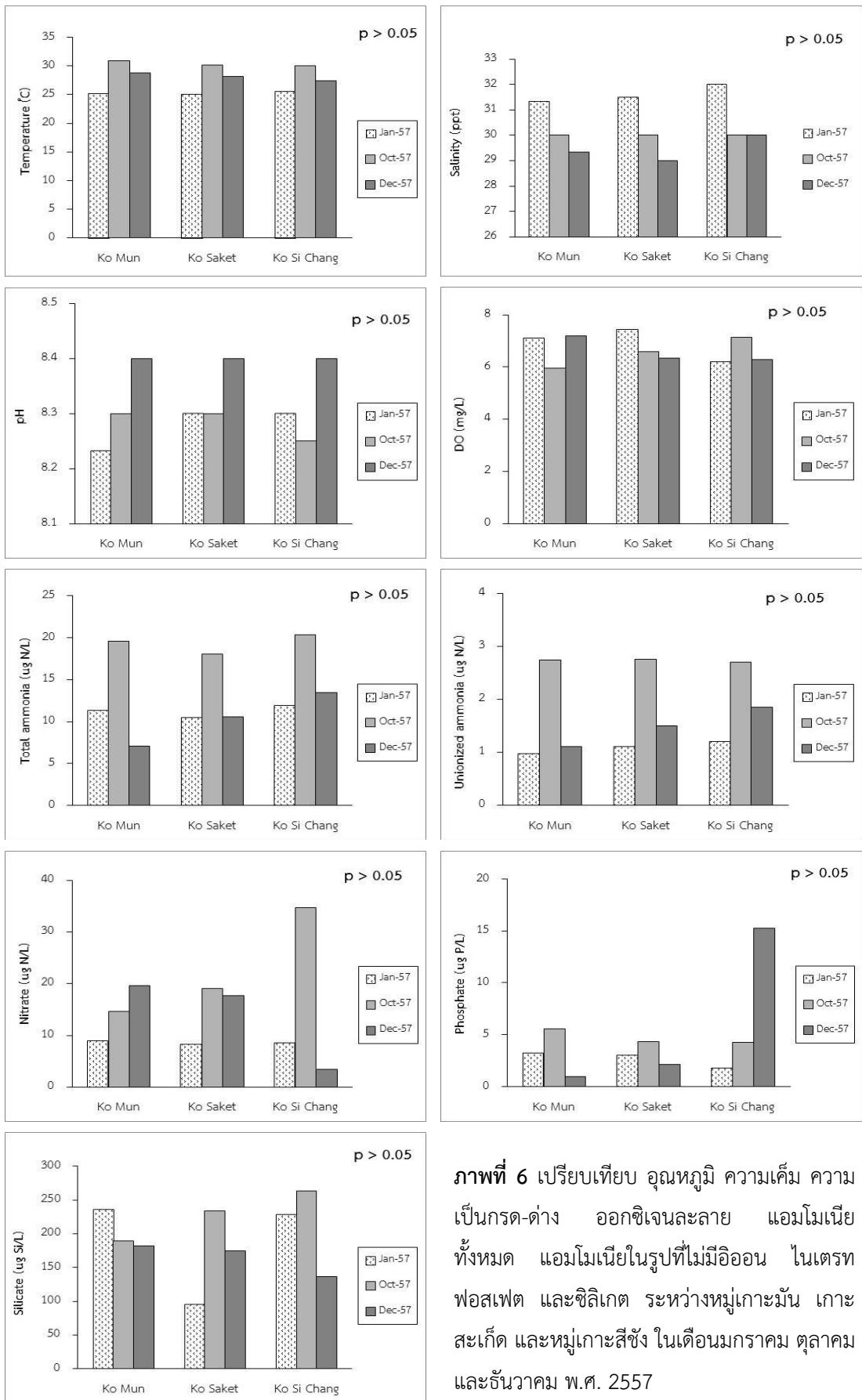
ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ
พารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำทะเล ระหว่างสถานี
ในบริเวณเกาะสี่ซัง ช่วงเดือนมกราคม
ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทะเลในระหว่าง 3 พื้นที่ คือ หมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีชัง โดยใช้โปรแกรมประมวลผลทางสถิติสำเร็จรูป มาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ทั้งนี้ได้ทดสอบการกระจายของข้อมูล พบว่าข้อมูลบางพารามิเตอร์มีการกระจายแบบไม่ปกติ (เบ้ซ้าย) จึงได้ทำการแปลงข้อมูลดังกล่าวให้มีการกระจายแบบปกติด้วยค่า Log_{10} และ Sqrt ของพารามิเตอร์นั้นๆก่อนนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำและไนโตรท์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างทั้ง 3 พื้นที่ (ภาพที่ 5) โดยปริมาณสารแขวนลอยในน้ำบริเวณเกาะสะเก็ดมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่นๆ เนื่องจากอยู่ใกล้ชายฝั่งและน้ำตื้นที่สุด มีความลึกระหว่าง 3.3-5.2 เมตร ในขณะที่เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีชัง มีความลึกระหว่าง 2.6-10.6 เมตรและ 4.1-7.2 เมตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณไนโตรท์ที่หมู่เกาะสีชังโดยเฉพาะในเดือนธันวาคม มีค่าสูงแตกต่างจากบริเวณอื่นๆเนื่องจากหมู่เกาะนี้มีชุมชนอาศัยอยู่ค่อนข้างหนาแน่นประกอบกับเป็นเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือด้วย

สำหรับคุณภาพน้ำทะเลอื่น ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย แอมโมเนียทั้งหมด แอมโมเนียในรูปที่ไม่มีไอออน ไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกต ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างทั้ง 3 พื้นที่ (ภาพที่ 6) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารในน้ำทะเลระหว่าง 3 พื้นที่ มีแนวโน้มพบว่า ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรท์ ไนเตรท และ ฟอสเฟต บริเวณหมู่เกาะสีชังมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นๆ (ตารางที่ 7)



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณสารแขวนลอย และไนโตรท์ ระหว่างหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีชัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และตุลาคม พ.ศ. 2557



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย แอมโมเนียทั้งหมด แอมโมเนียในรูปที่ไม่มีไอออน ไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกต ระหว่างหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสี่ซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557

คุณสมบัติดินตะกอน

คุณสมบัติบางประการของดินตะกอนในลึนที่อยู่อาศัยของฟองน้ำทะเลในบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีซัง รวม 7 สถานี จากการสำรวจ 3 ครั้ง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม 2557 (ตารางที่ 8) พบว่าดินตะกอนส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินทราย ดินมีสภาพเป็นต่าง โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 8.1 – 9.2 (ค่าเฉลี่ย 8.8 ± 0.3) และมีปริมาณสารอินทรีย์ค่อนข้างต่ำ คือ อยู่ในช่วง 0.2 – 2.1 % มีค่าเฉลี่ย 0.7 ± 0.5 % เท่านั้น โดยบริเวณทิศเหนือของเกาะสีซัง (CHI 2) ปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่าบริเวณอื่นๆ และต่ำสุดบริเวณเกาะสะเก็ด (RI 1)

ตารางที่ 8 คุณสมบัติบางประการของดินตะกอน ในแต่ละสถานี ในเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557

Date	Area	Station	pH	Organic matter (%)	Particle size distribution			Texture Class
					Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
Jan. 2014	Ko Mun	RC 1	8.5 ± 0.2	1.67 ± 0.20	87.8 ± 4.4	6.2 ± 4.3	6.0 ± 0.6	loamy sand
		RC 2	8.6 ± 0.2	1.02 ± 0.37	90.8 ± 3.6	3.2 ± 3.2	6.1 ± 0.5	sand
		RC 3	8.9 ± 0.0	0.66 ± 0.11	92.1 ± 2.1	1.8 ± 1.9	6.1 ± 0.2	sand
	Ko Saket	RI 1	9.0 ± 0.0	0.43 ± 0.03	94.8 ± 1.0	0.04 ± 0.9	5.2 ± 0.1	sand
		RI 2	8.6 ± 0.1	0.87 ± 0.39	86.8 ± 3.5	5.9 ± 2.9	7.3 ± 0.6	loamy sand
	Ko Si Chang	CHI 1	8.1 ± 0.7	0.99 ± 0.05	90.8 ± 1.0	3.5 ± 1.2	5.7 ± 0.2	sand
CHI 2*		-	-	-	-	-	-	
Oct. 2014	Ko Mun	RC 1	9.0 ± 0.0	0.46 ± 0.05	96.7 ± 0.6	1.7 ± 0.6	1.7 ± 0.6	sand
		RC 2	8.9 ± 0.1	0.43 ± 0.09	96.4 ± 0.6	1.7 ± 0.6	2.0 ± 0.0	sand
		RC 3	8.9 ± 0.2	0.48 ± 0.26	95.7 ± 2.0	3.0 ± 2.0	1.3 ± 0.6	sand
	Ko Saket	RI 1	8.8 ± 0.1	0.42 ± 0.02	97.3 ± 0.6	1.7 ± 0.6	1.0 ± 0.0	sand
		RI 2	8.6 ± 0.1	0.38 ± 0.05	96.7 ± 0.6	2.3 ± 0.6	1.0 ± 0.0	sand
	Ko Si Chang	CHI 1	8.8 ± 0.1	0.81 ± 0.25	94.8 ± 1.9	2.4 ± 1.3	2.8 ± 0.7	sand
CHI 2		8.6 ± 0.1	2.10 ± 0.5	97.7 ± 0.6	1.3 ± 0.6	1.0 ± 0.0	sand	
Dec. 2014	Ko Mun	RC 1	8.8 ± 0.2	0.50 ± 0.39	93.7 ± 2.1	3.0 ± 1.0	3.3 ± 1.2	sand
		RC 2	9.2 ± 0.1	0.72 ± 0.34	96.4 ± 0.6	1.7 ± 0.6	2.0 ± 0.0	sand
		RC 3	9.2 ± 0.1	0.23 ± 0.08	96.0 ± 1.0	1.7 ± 1.5	2.3 ± 0.6	sand
	Ko Saket	RI 1	9.0 ± 0.0	0.18 ± 0.04	95.0 ± 0.0	2.7 ± 1.2	2.3 ± 1.2	sand
		RI 2	8.8 ± 0.0	0.32 ± 0.23	95.3 ± 0.6	1.7 ± 0.6	3.0 ± 0.0	sand
	Ko Si Chang	CHI 1	9.0 ± 0.1	0.60 ± 0.55	94.3 ± 0.6	2.7 ± 0.6	3.0 ± 0.0	sand
CHI 2		8.9 ± 0.1	0.97 ± 0.39	93.3 ± 0.6	4.0 ± 1.0	2.7 ± 0.6	sand	

หมายเหตุ: * ทะเลมีคลื่นลมแรง ไม่สามารถออกเรือเก็บตัวอย่างได้

ประชากรแพลงก์ตอนพืช

การสำรวจความหนาแน่นของประชากรแพลงก์ตอนพืชในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเลบริเวณ หมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีชัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 พบ แพลงก์ตอนพืช 3 ดิวิชัน (Division) ได้แก่ Cyanophyta , Chlorophyta และ Chromophyta พบทั้งสิ้น 78 สกุล แบ่งเป็น Class Cyanophyceae 4 สกุล Class Chlorophyceae 1 สกุล Class Euglenophyceae 1 สกุล Class Bacillariophyceae 59 สกุล Class Dictyochophyceae 1 สกุล และ Class Dinophyceae 12 สกุล (ตารางที่ 9) โดยพบแพลงก์ตอนพืช Class Bacillariophyceae (ไดอะตอม) เป็นกลุ่มเด่น สกุลที่พบมีปริมาณความหนาแน่นมากที่สุด ได้แก่ *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Bacteriastrium*, *Guinardia*, *Pseudonitzschia* และ *Thalassionema* ตามลำดับ แพลงก์ตอนพืชที่พบได้ทุกเดือนและมีการแพร่กระจายทุกสถานีที่ทำการศึกษาคือ แพลงก์ตอนพืช กลุ่มไดอะตอม ได้แก่ *Bacteriastrium*, *Chaetoceros*, *Guinardia*, *Hemiaulus*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pleurosigma* และ *Rhizosolenia* โดยสอดคล้องกับผลการศึกษารวมทรัพย์ ชำนาญธนาและคณะ (2541) ซึ่งศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเล ตะวันออกของอ่าวไทยพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมเป็นชนิดเด่น โดยมีสกุล *Coscinodiscus*, *Pleurosigma* และ *Rhizosolenia* เป็นสกุลที่พบได้จำนวนมากและสม่ำเสมอ จุมพล สงวนสิน และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของคุณภาพน้ำต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณ อ่าวตราดและช่องซำง จังหวัดตราด รายงานเช่นเดียวกันว่า แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม เป็นกลุ่มที่มีจำนวนมากและพบเสมอตลอดทั้งปี โดยเฉพาะสกุล *Rhizosolenia*, *Coscinodiscus*, *Bacteriastrium*, *Pleurosigma*, *Thalassionema*, *Biddulphia* และ *Ditylum* นอกจากนี้ ขวัญ เรือน ศรีนุ้ย และคณะ (2552) ได้ประเมินสถานภาพองค์ประกอบชีวภาพของระบบนิเวศในพื้นที่ อุตรากรรมชายฝั่งทะเลตะวันออก พบไดอะตอมเป็นกลุ่มที่มีความหนาแน่นสูงสุด โดยพบไดอะตอม สกุล *Amphora*, *Chaetoceros*, *Diploneis*, *Guinardia*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Odontella*, *Pleurosigma* และ *Thalassionema* ทุกสถานีที่ทำการศึกษา

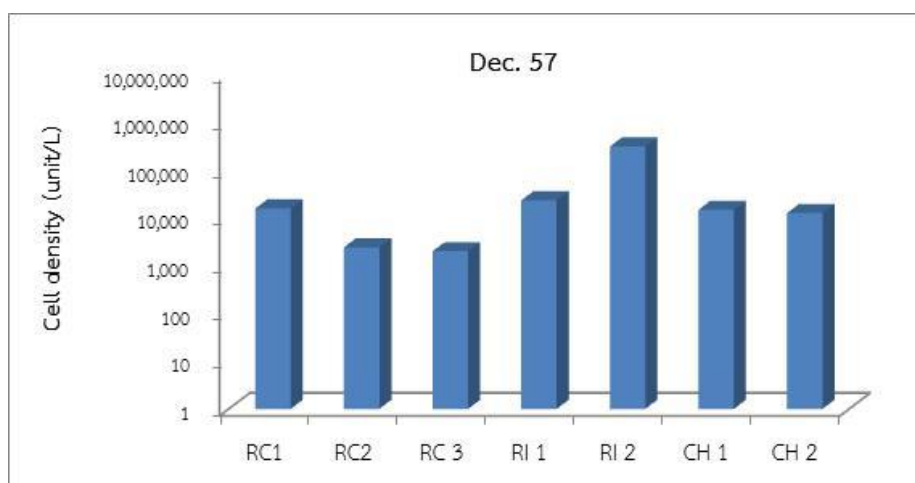
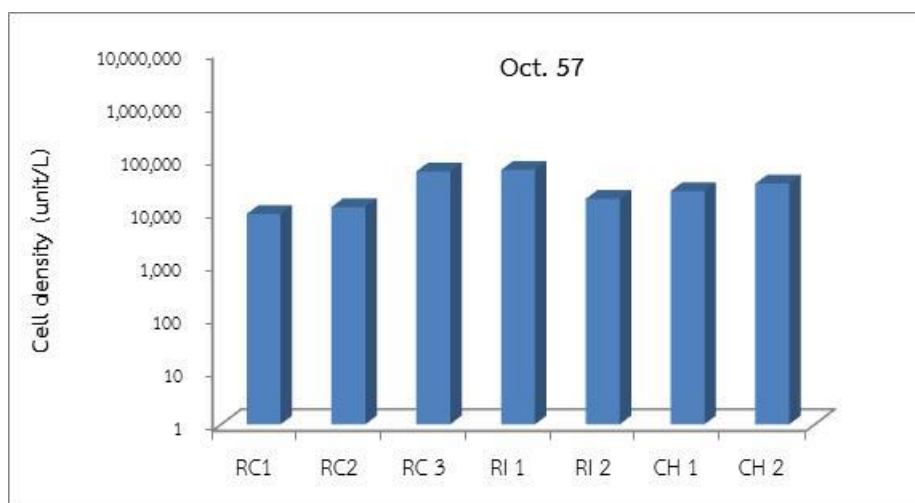
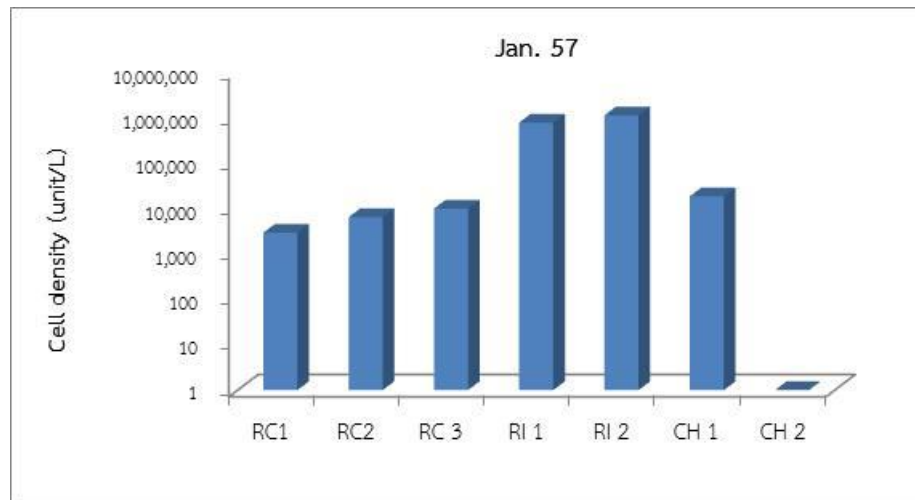
การเปลี่ยนแปลงปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืช รวมมีความหนาแน่นสูงสุดในเดือนมกราคม รองลงมาคือ ธันวาคม และ ตุลาคม ตามลำดับ โดยพบว่า บริเวณเกาะสะเก็ด มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชรวมสูงสุด รองลงมาคือ เกาะสีชัง และ เกาะมัน ตามลำดับ ทั้งนี้สถานีที่พบความหนาแน่นสูงสุด คือ เกาะสะเก็ด ทิศใต้ (RI 2) มีความหนาแน่น 1,141,663 หน่วยต่อลิตร และสถานีที่พบความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชต่ำสุดคือ เกาะมันนอก (RC 1) เท่ากับ 2,947 หน่วยต่อลิตร (ภาพที่ 7) สำหรับสกุลของแพลงก์ตอนพืชที่พบความหนาแน่นสูงสุดในเดือนมกราคม และ ธันวาคม คือ *Skeletonema* ส่วนในเดือนตุลาคม คือ *Chaetoceros*

การที่พบแพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นสูงในเดือนมกราคมและธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว และมีความหนาแน่นต่ำสุดในเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนนั้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ประยูร สุระตระกูล (2536) รวมทรัพย์ ชำนาญธนา และคณะ (2541) และจุมพล สงวนสินและคณะ (2548) ที่พบว่าแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกมีค่าความความหนาแน่นสูงในฤดูหนาว และมีปริมาณลดต่ำลงในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งช่วงฤดูหนาวในเดือนมกราคม ธันวาคม มีอิทธิพลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ความเค็ม อุณหภูมิ ค่าความโปร่งแสงของน้ำ ตลอดจนสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ส่วนในช่วงฤดูฝนมีอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีคลื่นลม ปริมาณน้ำฝน ส่งผลต่อความเค็มมีการเปลี่ยนแปลง ค่าความโปร่งแสงของน้ำทะเล ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชจึงทำให้ปริมาณความหนาแน่นลดลง

จากการศึกษาพบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมเป็นกลุ่มที่มีสัดส่วนความหนาแน่นมากที่สุดทุกสถานีและทุกเดือนที่ทำการศึกษาซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ อนุสิฎฐ์ กิจวิสาละ(2542) ศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเลพัทยา จังหวัดชลบุรี พบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอมมีความชุกชุมมากที่สุดเช่นเดียวกับผลการศึกษาของบัณฑิตา ทองบ่อ (2547) ศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณหมู่เกาะช้าง จังหวัดตราด และการศึกษาของอภิญา ปานโชติ (2548) ศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนทะเลบริเวณเกาะคราม อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมเป็นกลุ่มเด่นที่สามารถพบปริมาณความหนาแน่นมากกว่าแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มอื่นๆ

ตารางที่ 9 (ต่อ)

Division	Class	Genus	RC1	RC2	RC3	RI1	RI2	CH1	CH2
Chromophyta	Bacillariophyceae	<i>Skeletonema</i>		√		√	√	√	√
		<i>Surirella</i>	√	√	√	√	√	√	√
		<i>Thalassionema</i>	√	√	√	√	√	√	√
		<i>Thalassiophysa</i>	√			√		√	√
		<i>Thalassiosira</i>	√	√	√	√	√	√	√
		<i>Thalassiotrix</i>		√	√	√		√	√
		<i>Trachyneis</i>					√	√	
		<i>Triceratium</i>					√	√	√
Chromophyta	Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i>	√	√	√	√	√	√	√
Chromophyta	Dinophyceae	<i>Ceratium</i>	√	√	√	√	√	√	√
		<i>Dinophysis</i>		√	√	√		√	
		<i>Diplopsalopsis</i>	√	√	√	√	√	√	√
		<i>Gonyaulax</i>	√						
Chromophyta	Dinophyceae	<i>Noctiluca</i>				√			√
		<i>Oxytoxum</i>	√		√				√
		<i>Peridinium</i>	√	√	√	√			
		<i>Podolampas</i>							√
		<i>Prorocentrum</i>	√	√	√	√	√	√	√
		<i>Protoperdinium</i>	√	√	√	√	√	√	√
		<i>Pyrophacus</i>	√	√		√			
		<i>Sinophysis</i>			√	√			



ภาพที่ 7 ความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ.2557

ความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเล

จากการสำรวจภาคสนามและเก็บตัวอย่างฟองน้ำทะเลในพื้นที่ศึกษาบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีซัง รวม 7 สถานี พบฟองน้ำทั้งหมด 40 ชนิด จาก 33 สกุล 27 วงศ์ และ 10 อันดับ ดังรายชื่อชนิดตามลำดับอนุกรมวิธานในตารางที่ 10 และรายชื่อชนิดและการแพร่กระจายตามพื้นที่ศึกษาใน ตารางที่ 11 และภาพได้นำของฟองน้ำทะเลที่พบจากการสำรวจได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข จากฟองน้ำที่ทำการสำรวจทั้งหมด พบว่า บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี พบฟองน้ำทะเลมีความหลากหลายมากที่สุดจำนวน 24 ชนิด รองลงมาคือบริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ หมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง พบ 21 ชนิดและบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง พบ 16 ชนิด ฟองน้ำที่พบเหล่านี้เป็นฟองน้ำที่พบได้ทั่วไปในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (สุเมตต์ และคณะ, 2551ก และ 2551ข) และเขตอินโดแปซิฟิก (Hooper, Kenedy & Soest, 2000) กลุ่มของฟองน้ำที่พบมากที่สุดคือ Order Haplosclerida พบ 13 ชนิด รองลงมาคือ Order Poecilosclerida พบ 10 ชนิด ซึ่งสอดคล้องกับ Hooper & Wiedenmayer (1994) ที่กล่าวว่าฟองน้ำทั้งสองอันดับนี้มักพบเป็นชนิดเด่นในระบบนิเวศทางทะเลน้ำตื้นเขตร้อน

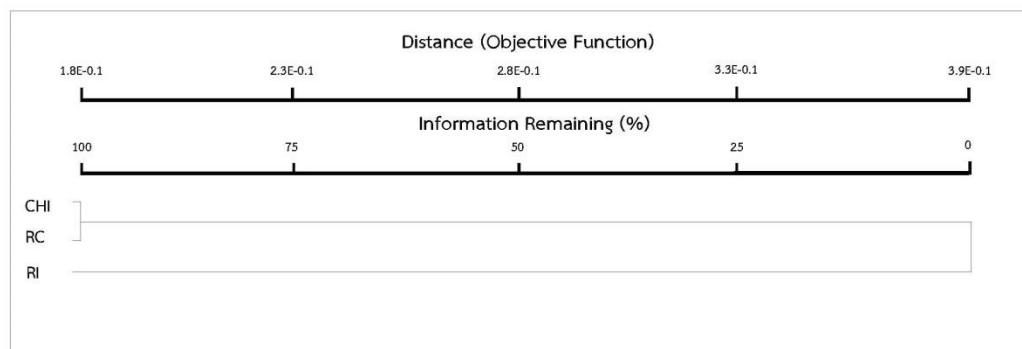
ฟองน้ำทะเลที่พบแพร่กระจายได้มากที่สุดคือ *Paratetilla bacca* (Selenka), *Biemna fortis* (Topsent), *Gelliodes petrosioides* Dendy, *Oceanapia sagittaria* (Sollas) และ *Cacospongia* sp. ซึ่งพบได้ทุกสถานีสำรวจ ในขณะที่ *White*, *Penares nux* (de Laubenfels), *Clathria (Thalysias) reinwardti* Vosmaer, และ *Neopetrosia* sp. “blue” พบเป็นชนิดเด่นในพื้นที่หมู่เกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี และหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง

จากการสำรวจพบฟองน้ำมีรูปร่างการเจริญเติบโตทั้งหมด 5 รูปแบบด้วยกันคือ แบบเคลือบตามวัตถุเกาะติด (encrusting) แบบก้อน (massive) แบบกิ่งก้าน (submassive) ทรงกลม (sphere) แบบฝังตัว (burrowing) และแบบกิ่งก้าน (branching) ในจำนวนนี้พบรูปร่างการเจริญแบบเคลือบตามวัตถุมีความชุกชุมมากที่สุดถึง 50% ของสมาชิกฟองน้ำทั้งหมด รองลงมาคือแบบกิ่งก้านซึ่งพบจำนวน 18.4 % ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ทำให้ฟองน้ำรูปร่างการเจริญแบบเคลือบพบมากเนื่องจากโครงสร้างของแหล่งที่อยู่อาศัยที่เป็นแนวปะการังที่มีปะการังรูปร่างแบบก้อนแพร่กระจายอยู่มากทำให้มีพื้นที่ผิวสำหรับฟองน้ำเข้ายึดเกาะได้มากตามไปด้วย

ฟองน้ำที่พบจากการสำรวจในปี พ.ศ. 2557 พบฟองน้ำที่อาจจะสามารถมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดถึงสภาพแวดล้อมทางทะเลได้ ตัวอย่างเช่น *Paratetilla bacca* (Selenka), *Biemna fortis* (Topsent), *Oceanapia sagittaria* (Sollas) *Coelocarteria singaporensis* (Carter), และ *Ircinia mutans* (Wilson) มักพบในบริเวณที่มีการตกตะกอนค่อนข้างสูง *O. sagittaria* (Sollas) and *C. singaporensis* (Carter) มีรูปร่างการเจริญที่เรียกว่า “Fistule” ซึ่งฟองน้ำจะสร้างท่อยึดยาวขึ้นจากลำตัวฟองน้ำ (Boury-Esnault and Rützler, 1997) และมักพบฝังตัวในบริเวณพื้นที่ท้อง

ทะเลที่อ่อนนุ่มจากการตกตะกอนซึ่งถ้าพบฟองน้ำเหล่านี้สร้างท่อขึ้นไปสูงมากขึ้นเท่าใดสามารถคาดคะเนได้ว่าบริเวณนั้นอาจจะมีการตกตะกอนสูงมาก

จากการวิเคราะห์โครงสร้างของชนิดฟองน้ำในแต่ละพื้นที่ศึกษาโดยการจัดกลุ่มความคล้ายคลึงกัน (Cluster analysis) โดยใช้วิธี Sorenesen (Bray-Curtis) method สามารถแบ่งชุมชนของฟองน้ำได้ออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ หมู่เกาะสี่จังหวัดชลบุรี (CHI) และ บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ หมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง (RC) ซึ่งทั้งสองบริเวณนี้มีโครงสร้างของชนิดฟองน้ำคล้ายคลึงกันมาก ความคล้ายคลึงขององค์ประกอบชนิดฟองน้ำนี้อาจจะเนื่องมาจากแหล่งที่อยู่อาศัยของทั้งสองบริเวณเป็นแนวปะการังที่มีปะการังรูปทรงแบบก้อนเป็นปะการังกลุ่มเด่นและพื้นที่ได้รับอิทธิพลของน้ำจืดจากแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเลคล้ายๆกันในขณะที่ กลุ่มที่ 2 คือบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง (RI) ซึ่งมีโครงสร้างของชนิดฟองน้ำแตกต่างจากกลุ่มที่ 1 ถึง 100 % เนื่องจากบริเวณนี้เป็นพื้นที่ที่เป็นแนวปะการังเสื่อมโทรมยังไม่สามารถฟื้นตัวและกองหินใต้น้ำและน้ำทะเลมีความขุ่นมากตลอดปี ผลการจัดกลุ่มความคล้ายคลึงกันขององค์ประกอบโครงสร้างชนิดฟองน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาได้แสดงไว้ใน ภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การจัดกลุ่มความคล้ายคลึงกันขององค์ประกอบโครงสร้างชนิดของฟองน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2557

ตารางที่ 10 รายชื่อลำดับอนุกรมวิธานของฟองน้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ.2557

รายชื่อชนิด (Taxa)	ชื่อสามัญ
Phylum Porifera Grant, 1836	ฟองน้ำทะเล
Class Demospongiae Sollas, 1885	
Order Spirophorida Bergquist & Hogg, 1969	
Family Tetillidae Sollas, 1886	
1. <i>Paratetilla bacca</i> (Selenka, 1867)	ฟองน้ำลูกกอล์ฟ
2. <i>Paratetilla abracadabra</i> (de Laubenfels, 1954)	ฟองน้ำลูกกอล์ฟหนาม
Order Astrophorida Sollas, 1887	
Family Geodiidae Gray, 1867	
3. <i>Penares nux</i> (de Laubenfels, 1954)	ฟองน้ำต้นไม้สีดำ
Order Chondrosida Boury-Esnault & Lopès, 1985	
Family Chondrillidae Gray, 1872	
4. <i>Chondrilla australiensis</i> (Carter, 1873)	ฟองน้ำหนังสีน้ำตาล
5. <i>Chondrosia reticulata</i> (Carter, 1886)	ฟองน้ำหนังสีดำลาย
Order Hadromerida Topsent, 1894	
Family Suberitidae Schmidt, 1870	
6. <i>Terpios granulosa</i> (Bergquist, 1967)	ฟองน้ำเคลือบบางสีน้ำเงิน
Family Tethyidae Gray 1848	
7. <i>Tethya</i> aff. <i>robusta</i> Bowerbank, 1872	ฟองน้ำลูกบอล
Order Poecilosclerida Topsent, 1928	
Family Microcionidae Carter, 1875	
8. <i>Clathria (Microciona)</i> sp. “orange”	ฟองน้ำเคลือบบางสีส้ม
9. <i>Clathria (Thalysias) reinwardti</i> Vosmaer, 1880	ฟองน้ำเชือก
Family Raspailiidae Hentschel, 1923	
10. <i>Thrinacophora incrustans</i> (Kieschnick, 1896)	ฟองน้ำเคลือบหนามสีส้ม
Family Desmacididae Schmidt, 1870	
11. <i>Desmapsamma verwoorti</i> van Soest, 1998	ฟองน้ำสีชมพูหม่น
Family Iotrochotidae Dendy, 1922	
12. <i>Iotrochota baculifera</i> Ridley, 1884	ฟองน้ำสีดำเมือกม่วง
Family Desmacellidae Ridley & Dendy, 1886	
13. <i>Biemna fortis</i> (Topsent, 1897)	ฟองน้ำไฟ
Family Mycalidae Lundbeck, 1905	
14. <i>Mycale (Mycale) grandis</i> Gray, 1867	ฟองน้ำฝั้วตัวสีแดง
15. <i>Mycale (Zygomycale) parishii</i> (Bowerbank, 1875)	ฟองน้ำสีเทา
Family Isodictyidae Dendy, 1924	

ตารางที่ 10 (ต่อ)

รายชื่อชนิด (Taxa)	ชื่อสามัญ
16. <i>Coelocarteria singaporensis</i> (Carter, 1883) Family Crambeidae Lévi, 1963	ฟองน้ำกระชาย
17. <i>Monanchora unguiculata</i> (Dendy, 1922) Family Hymedesmiidae Topsent, 1928	ฟองน้ำเคลือบบางสีแดง
18. <i>Phobas arborescens</i> (Ridley, 1884) Order Halichondrida Gray, 1867 Family Dictyonellidae Van Soest, Diaz & Pomponi, 1990	ฟองน้ำเคลือบบางใส
19. <i>Scopalina australiensis</i> (Pulitzer-Finali, 1982)	ฟองน้ำร่างแหส้ม
20. <i>Stylissa massa</i> (Carter, 1881) Family Halichondriidae Gray, 1867	ฟองน้ำผิวขรุขระ
21. <i>Amorphinopsis excavan</i> Carter, 1887 Order Haplosclerida Topsent, 1928 Family Callyspongiidae de Laubenfels, 1936	ฟองน้ำสีเทาเขียว
22. <i>Callyspongia joubini</i> Topsent, 1897 Family Chalinidae Gray, 1867	ฟองน้ำหนามสีเทา
23. <i>Chalinulasp.</i> “black”	ฟองน้ำกิ่งสีดำ
24. <i>Chalinulasp.</i> “yellow”	ฟองน้ำท่อสีเหลือง
25. <i>Haliclona</i> sp. “purple”	ฟองน้ำเคลือบสีม่วง
26. <i>Haliclona</i> sp. “black” Family Niphatidae Van Soest, 1980	ฟองน้ำแจกันสีดำ
27. <i>Dasychalina fragilis</i> Ridley & Dendy, 1886	ฟองน้ำเคลือบหนามสีชมพู
28. <i>Gelliodes petrosioides</i> Dendy, 1905	ฟองน้ำเคลือบสีฟ้า
29. <i>Gelliodes</i> sp. “purple” Family Petrosiidae Van Soest, 1980	ฟองน้ำเคลือบสีม่วง
30. <i>Neopetrosia exigua</i> (Kirkpatrick, 1900)	ฟองน้ำสีน้ำตาล
31. <i>Neopetrosiasp.</i> “blue”	ฟองน้ำสีน้ำเงิน
32. <i>Petrosia (Petrosia)</i> sp.	ฟองน้ำครก
33. <i>Xestospongia</i> sp. “purple” Family Phloeodictyidae Carter, 1882	ฟองน้ำเคลือบแข็งสีม่วง
34. <i>Oceanapia sagittaria</i> (Sollas, 1888) Order Dictyoceratida Minchin, 1900 Family Dysideidae Gray, 1867	ฟองน้ำท่อพุ่มสีแดง
35. <i>Dysidea arenaria</i> Bergquist, 1965 Family Irciniidae Gray, 1867	ฟองน้ำหนามสีชมพู
36. <i>Ircinia mutans</i> (Wilson, 1925)	ฟองน้ำยึดหยุ่นสีขาว

ตารางที่ 10 (ต่อ)

รายชื่อชนิด (Taxa)	ชื่อสามัญ
Family Thorectidae Bergquist, 1978 37. <i>Cacospongia</i> sp. Order Dendroceratida Minchin, 1900	ฟองน้ำยึดหยุ่นสีดำ
Family Darwinellidae Merejkowsky, 1879 38. <i>Aplysilla</i> aff. <i>rosea</i> Barrios, 1876 Order Verongida Bergquist, 1978	ฟองน้ำเคลือบสีชมพู
Family lanthellidae Hyatt, 1875 39. <i>Hexadella purpurea</i> (Burton, 1937) Family Pseudoceratinidae Carter, 1885	ฟองน้ำเคลือบบางสีส้ม
40. <i>Pseudoceratina purpurea</i> (Carter, 1880)	ฟองน้ำเปลี่ยนสีสีเหลือง

ตารางที่ 11 รายชื่อชนิดและการแพร่กระจายของฟองน้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2557

สถานีเก็บตัวอย่าง: เขตอุตสาหกรรม: CHI1 (เกาะท้ายตาหมื่น) และ CHI2 (หินส้มปั้นย้อ) หมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

RI1 (หินใหญ่ เกาะสะเก็ด) และ RI2 (กองหินไต้ น้ำ เกาะสะเก็ด ทิศใต้) เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง

เขตอนุรักษ์: RC1 (เกาะมันนอก) RC2 (เกาะมันกลาง) RC3 (เกาะมันใน) หมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง

การแพร่กระจาย: ✓ = พบตัวอย่าง - = ไม่พบตัวอย่าง

a* = ตัวอย่างที่เก็บจากเรือประมงอวนจมปูในเขตอุตสาหกรรม จ. ระยอง

Taxa	จังหวัดชลบุรี		จังหวัดระยอง				
	เขตอุตสาหกรรม		เขตอุตสาหกรรม		เขตอนุรักษ์		
	CHI1	CHI2	RI1	RI2	RC1	RC2	RC3
Phylum Porifera Grant, 1836							
Class Demospongiae Sollas, 1885							
Order Spirophorida Bergquist & Hogg, 1969							
Family Tetillidae Sollas, 1886							
1. <i>Paratetilla bacca</i> (Selenka, 1867)	✓	-	✓	✓	✓	-	-
2. <i>Paratetilla abracadabra</i> (de Laubenfels, 1954)	-	-	-	✓	-	-	-
Order Astrophorida Sollas, 1887							
Family Geodiidae Gray, 1867							
3. <i>Penares nux</i> (de Laubenfels, 1954)	✓	✓	-	-	✓	✓	-
Order Chondrosida Boury-Esnault & Lopès, 1985							
Family Chondrillidae Gray, 1872							
4. <i>Chondrilla australiensis</i> (Carter, 1873)	✓	✓	-	-	-	-	✓
5. <i>Chondrosia reticulata</i> (Carter, 1886)	✓	-	✓	✓	-	-	-
Order Hadromerida Topsent, 1894							
Family Suberitidae Schmidt, 1870							
6. <i>Terpios granulosa</i> (Bergquist, 1967)	-	-	-	-	✓	✓	-

ตารางที่ 11 (ต่อ)

Taxa	จังหวัดชลบุรี		จังหวัดระยอง				
	เขต อุตสาหกรรมฯ		เขตอุตสาหกรรมฯ		เขตอนุรักษ์ฯ		
	CHI1	CHI2	RI1	RI2	RC1	RC2	RC3
Family Tethyidae Gray 1848							
7. <i>Tethya</i> aff. <i>robusta</i> Bowerbank, 1872	-	-	✓	✓	-	-	-
Order Poecilosclerida Topsent, 1928							
Family Microcionidae Carter, 1875							
8. <i>Clathria</i> (<i>Microcionia</i>) sp.	✓	✓	✓	-	-	-	-
9. <i>Clathria</i> (<i>Thalysias</i>) <i>reinwardti</i> Vosmaer, 1880	✓	✓	-	-	✓	✓	-
Family Raspailiidae Hentschel, 1923							
10. <i>Thrinacophora</i> <i>incrustans</i> (Kieschnick, 1896)	-	-	-	-	-	✓	-
Family Desmacididae Schmidt, 1870							
11. <i>Desmapsamma</i> <i>vervoorti</i> van Soest, 1998	-	-	-	-	✓	-	-
Family Iotrochotidae Dendy, 1922							
12. <i>Iotrochota</i> <i>baculifera</i> Ridley, 1884	✓	✓	-	-	-	-	✓
Family Desmacellidae Ridley & Dendy, 1886							
13. <i>Biemna</i> <i>fortis</i> (Topsent, 1897)	-	✓	✓	✓	✓	✓	-
Family Mycalidae Lundbeck, 1905							
14. <i>Mycale</i> (<i>Mycale</i>) <i>grandis</i> Gray, 1867*	-	-	✓	-	-	-	-
15. <i>Mycale</i> (<i>Zygomycale</i>) <i>parishii</i> (Bowerbank, 1875)	-	-	✓	-	-	-	-
Family Isodictyidae Dendy, 1924							
16. <i>Coelocartheria</i> <i>singaporensis</i> (Carter, 1883)	-	✓	-	-	-	-	-
Family Crambeidae Lévi, 1963							
17. <i>Monanchora</i> <i>unguiculata</i> (Dendy, 1922)	-	-	-	-	-	✓	✓
Family Hymedesmiidae Topsent, 1928							
18. <i>Phobas</i> <i>arborescens</i> (Ridley, 1884)	✓	-	-	-	-	-	-
Order Halichondrida Gray, 1867							
Family Dictyonellidae Van Soest, Diaz & Pomponi, 1990							
19. <i>Scopalina</i> <i>australiensis</i> (Pulitzer-Finali, 1982)	-	-	-	✓	✓	-	-
20. <i>Stylissa</i> <i>massa</i> (Carter, 1881)	✓	-	-	-	-	-	-
Family Halichondriidae Gray, 1867							
21. <i>Amorphinopsis</i> <i>excavan</i> Carter, 1887*	-	-	✓	-	-	-	-
Order Haplosclerida Topsent, 1928							
Family Callyspongiidae de Laubenfels, 1936							
22. <i>Callyspongia</i> <i>joubini</i> Topsent, 1897	-	✓	-	-	-	-	-
Family Chalinidae Gray, 1867							
23. <i>Chalinula</i> sp. "black"	-	-	-	-	-	-	✓
24. <i>Chalinula</i> sp. "yellow"	-	-	-	-	-	-	✓
25. <i>Haliclona</i> sp. "purple"	-	-	✓	-	-	✓	✓

ตารางที่ 11 (ต่อ)

Taxa	จังหวัดชลบุรี		จังหวัดระยอง				
	เขต อุตสาหกรรมฯ		เขตอุตสาหกรรมฯ		เขตอนุรักษ์ฯ		
	CHI1	CHI2	RI1	RI2	RC1	RC2	RC3
26. <i>Haliclona</i> sp. "black" Family Niphatidae Van Soest, 1980	-	-	✓	-	-	✓	✓
27. <i>Dasychalina fragilis</i> Ridley & Dendy, 1886	-	-	-	-	-	✓	-
28. <i>Gelliodes petrosioides</i> Dendy, 1905	✓	-	✓	-	-	✓	✓
29. <i>Gelliodes</i> sp. "purple" Family Petrosiidae Van Soest, 1980	-	✓	-	-	-	-	-
30. <i>Neopetrosia exigua</i> (Kirkpatrick, 1900)	-	-	-	-	✓	✓	-
31. <i>Neopetrosias</i> sp. "blue"	✓	✓	-	-	✓	✓	✓
32. <i>Petrosia (Petrosia)</i> sp.	✓	✓	-	-	✓	✓	✓
33. <i>Xestospongia</i> sp. "purple" Family Phloeodictyidae Carter, 1882	-	-	-	-	-	✓	✓
34. <i>Oceanapia sagittaria</i> (Sollas, 1888) Order Dictyoceratida Minchin, 1900 Family Dysideidae Gray, 1867	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓
35. <i>Dysidea arenaria</i> Bergquist, 1965 Family Irciniidae Gray, 1867	-	✓	✓	-	-	-	-
36. <i>Ircinia mutans</i> (Wilson, 1925) Family Thorectidae Bergquist, 1978	-	✓	-	-	-	-	-
37. <i>Cacospongia</i> sp. Order Dendroceratida Minchin, 1900 Family Darwinellidae Merejkowsky, 1879	-	✓	✓	-	-	✓	-
38. <i>Aplysilla</i> aff. <i>rosea</i> Barrios, 1876 Order Verongida Bergquist, 1978 Family lanthellidae Hyatt, 1875	✓	-	-	-	-	-	-
39. <i>Hexadella purpurea</i> (Burton, 1937) Family Pseudoceratinidae Carter, 1885	-	-	-	-	✓	-	-
40. <i>Pseudoceratina purpurea</i> (Carter, 1880)	✓	✓	-	-	-	-	-

2. การติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย

การศึกษาครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมตัวอย่างฟองน้ำทะเลในบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีซัง รวมทั้งสิ้น 7 สถานี ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 มาวิเคราะห์หาการปนเปื้อนโลหะหนัก รวมทั้งทำการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอนในบริเวณเดียวกันเพื่อการเปรียบเทียบกันด้วย

การสะสมโลหะหนักในน้ำทะเล

การสะสมโลหะหนักในน้ำทะเล พบว่า แคดเมียม ทองแดง เหล็ก พรอท ตะกั่ว และสังกะสี ทั้งบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง และเกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) หลายเท่า ยกเว้นปรอท ซึ่งพบความเข้มข้นสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 12) ในบริเวณเกาะมันใน (RC3) เกาะสะเก็ด (RI1 และ RI2) และเกาะสีซัง (CHI1) ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 สำหรับนิกเกิลไม่มีค่ามาตรฐานกำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลดังกล่าว

ตารางที่ 12 ค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโลหะหนักในน้ำทะเลในบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 (n=20)

Heavy Metal	Concentration ($\mu\text{g/L}$)				Standard* Value ($\mu\text{g/L}$)
	Min	Max	Mean	S.D.	
Cd	0.006	0.014	0.009	0.002	≤ 5
Cu	0.25	0.95	0.40	0.18	≤ 8
Fe	0.56	56.2	13.8	16.3	≤ 300
Hg**	<0.1	0.38	-	-	≤ 0.1
Ni	0.19	0.53	0.30	0.10	-
Pb	<0.03	0.30	0.149	0.72	≤ 8.5
Zn	<0.25	1.76	0.51	0.39	≤ 50

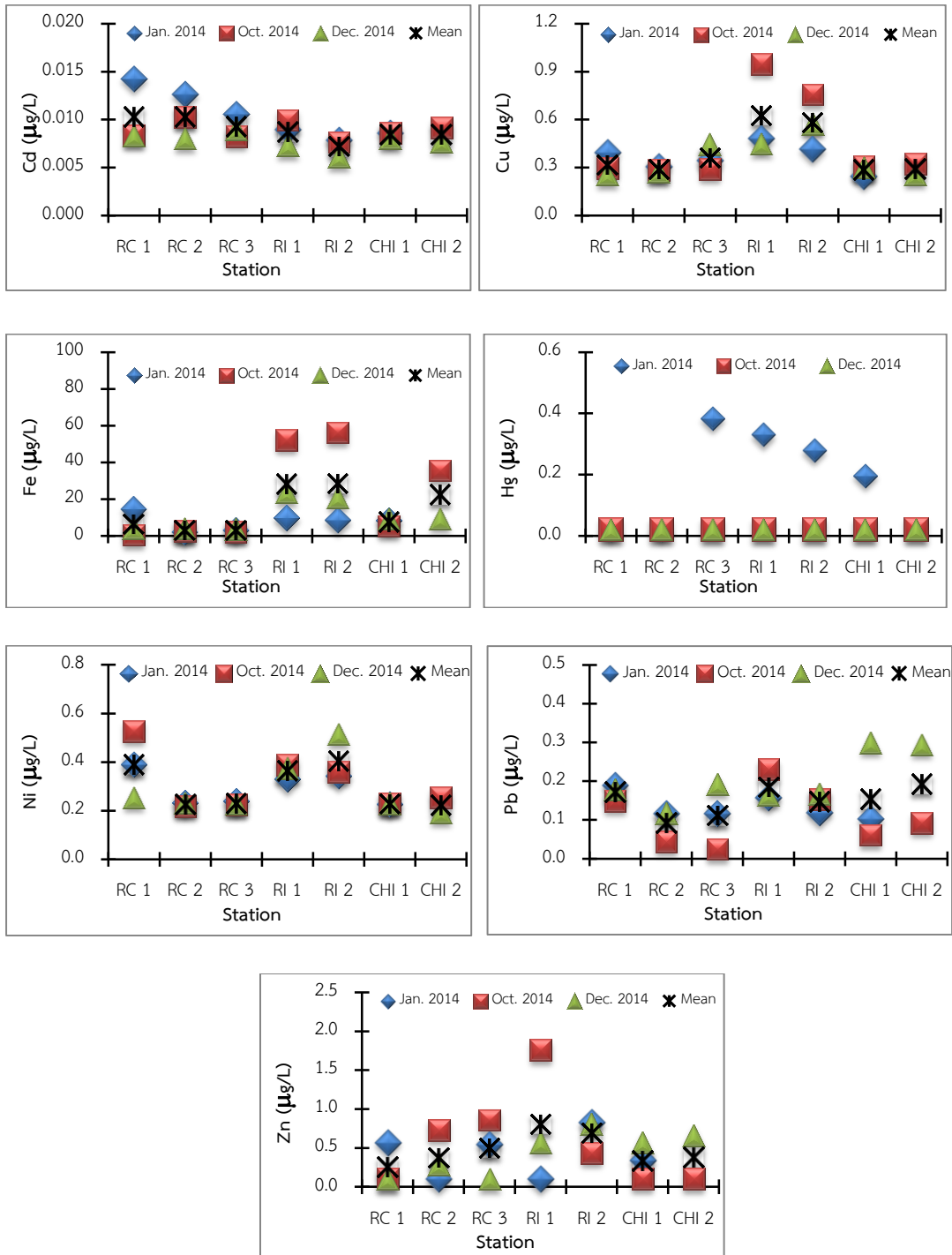
หมายเหตุ: * ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและเพื่อการอุตสาหกรรมและทำเรือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

** ไม่สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ เพราะข้อมูลร้อยละ 80 มีค่าต่ำกว่าค่า MDL (<0.1 $\mu\text{g/L}$)

S.D. = Standard deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

เมื่อพิจารณาการกระจายความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดระหว่างสถานี และช่วงเวลาที่ต่างกัน พบว่า ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นสูงบริเวณเกาะสะเก็ด ซึ่งเป็นพื้นที่ชายฝั่งและมีการใช้

ประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรมและทำเรือ (นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) ส่วนการกระจายความเข้มข้นระหว่างเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับโลหะหนักแต่ละชนิด ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก โปรท นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในน้ำทะเล ระหว่างสถานีและเวลาที่ต่างกัน

การสะสมโลหะหนักในดินตะกอน

การสะสมโลหะหนักในดินตะกอน พบว่า แคดเมียม ทองแดง โปรท นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ทั้งบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง และเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งสำหรับประเทศไทย (PCD, 2006) ซึ่งกำหนดไว้ 2 ระดับ คือ ความเข้มข้นของสารอันตรายในดินตะกอนที่มีโอกาสพบผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินระดับต่ำ (effect range low; ERL) และความเข้มข้นของสารอันตรายในดินตะกอนที่มีโอกาสพบผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินระดับปานกลาง (effect range median; ERM) ผลการศึกษาพบว่าดินตะกอนมีการสะสมโลหะหนักดังกล่าวข้างต้นต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ERL และ ERM ทั้งสิ้น (ตารางที่ 13) สำหรับเหล็กในมาตรฐานดังกล่าวไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานไว้ แต่เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในหินดินดาน (average shale) จากรายงานของ Turekian and Wedepohl (1961) พบว่าเหล็กมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยดังกล่าว (47,200 mg/kg dry wt.) หลายเท่า

ตารางที่ 13 ค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโลหะหนักในดินตะกอน ในบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสีชัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557 (n=20)

Heavy Metal	Concentration ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)				Standard Value* ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)	
	Min	Max	Mean	S.D.	ERL	ERM
Cd	0.018	0.147	0.046	0.027	1.2	9.6
Cu	<0.25	8.04	1.62	1.81	34	270
Fe	2.91	3,690	1,312	764	47,200**	
Hg	<0.003	0.019	0.007	0.005	0.15	0.71
Ni	0.93	7.30	3.01	1.68	20.9	51.6
Pb	2.00	47.2	7.87	9.61	46.7	218
Zn	<1	65.6	13.3	15.0	150	410

หมายเหตุ: * ร่างมาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งสำหรับประเทศไทย (PCD, 2006)

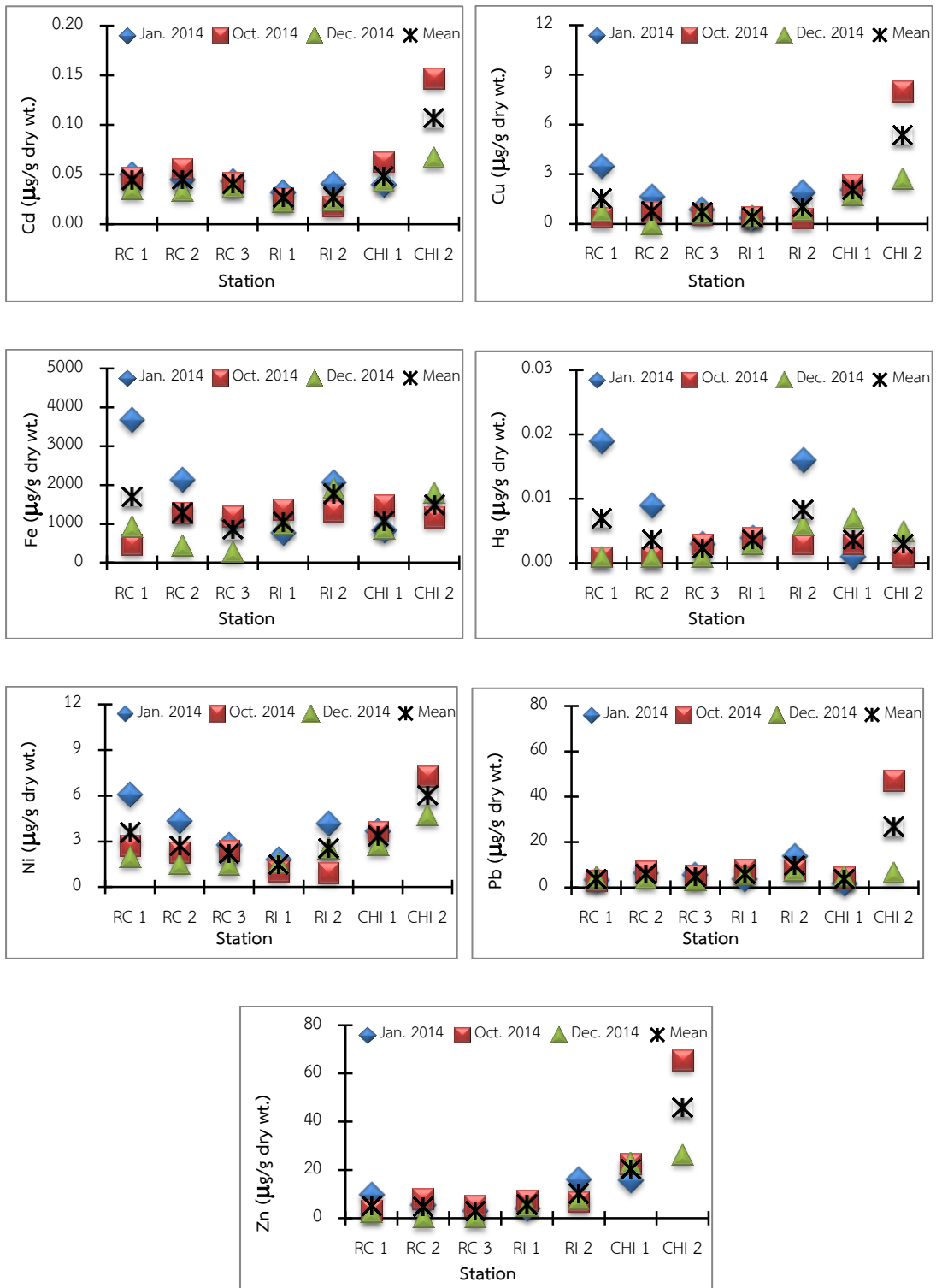
ERL = Effect range low, ERM = Effect range median

** Average shale (Turekian and Wedepohl, 1961)

S.D. = Standard deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การกระจายความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนในพื้นที่ศึกษา แสดงได้ดังภาพที่ 10 ซึ่งสังเกตได้ว่าโลหะหนักส่วนใหญ่ ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี มีปริมาณการสะสมในดินตะกอนบริเวณเกาะสีชังด้านทิศเหนือ (หินส้มป็นย้อย; CHI2) สูงกว่าบริเวณอื่นๆ โดยปริมาณการสะสมในเดือนตุลาคมสูงกว่าเดือนธันวาคม (เดือนมกราคม คลื่น ลม แรงไม่สามารถเก็บ

ตัวอย่างได้) ในขณะที่เหล็กและปรอท พบมีความเข้มข้นสูงในดินตะกอนบริเวณด้านทิศใต้เกาะสะเก็ด (กองหินใต้น้ำ; RI2) และเกาะมันนอก (RC1) มากกว่าบริเวณอื่นๆ และปริมาณที่พบในเดือนมกราคม สูงกว่าเดือนธันวาคมและเดือนตุลาคม ตามลำดับ



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในดินตะกอน ระหว่างสถานีและเวลาที่ต่างกัน

การสะสมโลหะหนักในฟองน้ำทะเล

จากการสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 สถานี พบฟองน้ำทั้งหมด 40 ชนิด โดยบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชังมีความหลากหลายของชนิดฟองน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด ตามลำดับ โดยร้อยละ 50 ของฟองน้ำที่พบมีรูปทรงการเจริญแบบเคลือบตามวัตถุที่อยู่อาศัย ซึ่งส่วนใหญ่เคลือบอยู่กับปะการังรูปทรงแบบก้อนที่แพร่กระจายอยู่มากในแหล่งที่อยู่อาศัย ด้วยลักษณะของฟองน้ำกลุ่มนี้จึงไม่สะดวกในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำกลับไปวิเคราะห์โลหะหนักในห้องปฏิบัติการได้ และบางชนิดปริมาณที่พบไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ ดังนั้นตัวอย่างฟองน้ำที่นำมาวิเคราะห์โลหะหนักครั้งนี้จึงมีเพียง 31 ชนิด (ตารางที่ 14) จากทั้งหมด 40 ชนิด และหลายชนิดตลอดการศึกษาเก็บตัวอย่างได้เพียง 1-2 ตัวอย่าง เท่านั้น เช่น ฟองน้ำสีฟ้า ฟองน้ำยัดหุ่ยสีขาว ฟองน้ำแจกันดำ ฟองน้ำท่อสีเทา ฟองน้ำลูกกอล์ฟ ฟองน้ำเปลี่ยนสี เป็นต้น (ตารางที่ 15) ซึ่งรูปร่างลักษณะของฟองน้ำแต่ละชนิดที่นำมาศึกษาได้แสดงเป็นภาพถ่ายใต้น้ำไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 14 รายชื่อชนิดของฟองน้ำ และรหัส (Sponge code) ที่ใช้ในการศึกษาการสะสมโลหะหนัก

Common Name	Class	Order	Family	Genus	Species	Sponge code
ฟองน้ำต้นไม้สีดำ	Demospongiae	Astrophorida	Geodiidae	<i>Penares</i>	<i>nux</i> (de Laubenfels, 1954)	A001
ฟองน้ำหนังสีน้ำตาล	Demospongiae	Chondrosida	Chondrillidae	<i>Chondrilla</i>	<i>australiensis</i> (Carter, 1873)	A002
ฟองน้ำหนังสีดำลาย	Demospongiae	Chondrosida	Chondrillidae	<i>Chondrosia</i>	<i>reticulata</i> (Carter, 1886)	A003
ฟองน้ำหนามสีชมพู	Demospongiae	Dictyoceratida	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>arenaria</i> Bergquist, 1965	A004
ฟองน้ำยัดหยุ่นสีขาว	Demospongiae	Dictyoceratida	Irciniidae	<i>Ircinia</i>	<i>mutans</i> (Wilson, 1925)	A005
ฟองน้ำยัดหยุ่นสีดำ	Demospongiae	Dictyoceratida	Thorectidae	<i>Cacospongia</i>	sp. "black"	A006
ฟองน้ำแจกันสีดำ	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Haliclona</i>	sp. "black"	A007
ฟองน้ำท่อสีเทา	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Chalinula</i>	sp. "black"	A008
ฟองน้ำท่อสีเหลือง	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Chalinula</i>	sp. "yellow"	A009
ฟองน้ำเคลือบหนามสีชมพู	Demospongiae	Haplosclerida	Niphatidae	<i>Dasychalina</i>	<i>fragilis</i> Ridley & Dendy, 1886	A010
ฟองน้ำเคลือบสีฟ้า	Demospongiae	Haplosclerida	Niphatidae	<i>Gelliodes</i>	<i>petrosioides</i> Dendy, 1905	A011
ฟองน้ำเคลือบสีม่วง	Demospongiae	Haplosclerida	Niphatidae	<i>Gelliodes</i>	sp. "purple"	A012
ฟองน้ำท่อพุ่มสีแดง	Demospongiae	Haplosclerida	Phloeodictyidae	<i>Oceanapia</i>	<i>sagittaria</i> (Sollas, 1902)	A013
ฟองน้ำสีน้ำตาล	Demospongiae	Haplosclerida	Petrosiidae	<i>Neopetrosia</i>	<i>exigua</i> (Kirkpatrick, 1900)	A014
ฟองน้ำครก	Demospongiae	Haplosclerida	Petrosiidae	<i>Petrosia</i> (<i>Petrosia</i>)	sp. "vase"	A015
ฟองน้ำเคลือบแข็งสีม่วง	Demospongiae	Haplosclerida	Petrosiidae	<i>Xestospongia</i>	sp. "purple"	A016
ฟองน้ำสีน้ำเงิน	Demospongiae	Haplosclerida	Petrosiidae	<i>Neopetrosia</i>	sp. "blue"	A017
ฟองน้ำลูกบอล	Demospongiae	Hadromerida	Tethyidae	<i>Tethya</i>	aff. <i>robusta</i> Bowerbank, 1872	A018
ฟองน้ำเชือก	Demospongiae	Poecilosclerida	Microcionidae	<i>Clathria</i> (<i>Thalysias</i>)	<i>reinwardti</i> Vosmaer, 1880	A019
ฟองน้ำฝิ่งตัวสีแดง	Demospongiae	Poecilosclerida	Mycalidae	<i>Mycale</i> (<i>Mycale</i>)	<i>grandis</i> Gray, 1867	A020

ตารางที่ 14 (ต่อ)

Common Name	Class	Order	Family	Genus	Species	Sponge code
ฟองน้ำสีส้มหม่น	Demospongiae	Poecilosclerida	Desmacididae	<i>Desmapsamma</i>	<i>vervoorti</i> van Soest, 1997	A021
ฟองน้ำไฟ	Demospongiae	Poecilosclerida	Desmacellidae	<i>Biemna</i>	<i>fortis</i> (Topsent, 1897)	A022
ฟองน้ำกระชาย	Demospongiae	Poecilosclerida	Isodictyidae	<i>Coelocarteria</i>	<i>singaporensis</i> (Carter, 1883)	A023
ฟองน้ำสีเทา	Demospongiae	Poecilosclerida	Mycalidae	<i>Mycale</i> (<i>Zygomycale</i>)	<i>parishii</i> (Bowerbank, 1875)	A024
ฟองน้ำสีดำเมื่อม้วน	Demospongiae	Poecilosclerida	Iotrochotidae	<i>Iotrochota</i>	<i>baculifera</i> Ridley, 1884	A025
ฟองน้ำลูกกอล์ฟ	Demospongiae	Spirophorida	Tetillidae	<i>Paratetilla</i>	<i>bacca</i> (Selenka, 1867)	A026
ฟองน้ำเปลี่ยนสี	Demospongiae	Verongida	Pseudoceratinidae	<i>Pseudoceratina</i>	<i>purpurea</i> (Carter, 1880)	A027
ฟองน้ำก้อนสีม่วง	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Haliclona</i> (<i>Halichoclona</i>)	sp. "purple"	A028
ฟองน้ำสีม่วง	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Haliclona</i>	sp. "purple"	A029
ฟองน้ำท่อสีดำ	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Haliclona</i>	sp. "black"	A030
ฟองน้ำกึ่งน้ำตาล	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Haliclona</i> (<i>Haliclona</i>)	sp. "black"	A031

ตารางที่ 15 ชนิดของฟองน้ำ (Sponge code) และสถานที่เก็บตัวอย่าง (✓) ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557

Sponge code	January 2014							October 2014							December 2014						
	RC 1	RC 2	RC 3	RI 1	RI 2	CHI 1	CHI 2	RC 1	RC 2	RC 3	RI 1	RI 2	CHI 1	CHI 2	RC 1	RC 2	RC 3	RI 1	RI 2	CHI 1	CHI 2
A001						✓			✓				✓	✓	✓	✓				✓	✓
A002			✓			✓															
A003				✓	✓	✓												✓	✓		
A004														✓							✓
A005																					✓
A006									✓					✓		✓		✓			
A007				✓					✓												
A008			✓																		
A009			✓																		
A010	✓	✓																			
A011						✓										✓					
A012														✓							✓
A013															✓			✓			
A014		✓						✓		✓					✓	✓					
A015	✓	✓	✓			✓		✓		✓			✓		✓	✓	✓			✓	✓
A016			✓														✓				
A017	✓	✓	✓					✓					✓	✓	✓		✓				✓
A018				✓	✓													✓			

ตารางที่ 15 (ต่อ)

Sponge Code	January 2014							October 2014							December 2014							
	RC 1	RC 2	RC 3	RI 1	RI 2	CHI 1	CHI 2	RC 1	RC 2	RC 3	RI 1	RI 2	CHI 1	CHI 2	RC 1	RC 2	RC 3	RI 1	RI 2	CHI 1	CHI 2	
A019		✓											✓	✓	✓	✓					✓	✓
A020												✓										
A021								✓							✓							
A022				✓											✓				✓			
A023																						✓
A024												✓										
A025						✓							✓								✓	✓
A026											✓								✓			
A027																						✓
A028																			✓			
A029			✓																			
A030																	✓					
A031																			✓			

ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในฟองน้ำ จากตัวอย่างทั้งหมด 31 ชนิด (ตารางที่ 14) ที่เก็บจาก เขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน เขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด และเขต อุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 (ตารางที่ 15) รวมทั้งสิ้น 91 ตัวอย่าง พบความเข้มข้นต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ โลหะหนักแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 16 และเมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละ ชนิด ใน 5 อันดับค่าต่ำสุด และ 5 อันดับค่าสูงสุดว่าสามารถพบได้ในฟองน้ำชนิดใดบ้าง พบว่า ฟองน้ำแต่ละชนิดมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักได้ต่างชนิดกันด้วย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 17 เช่น *Gelliodes petrosioides* Dendy (ฟองน้ำเคลือบสีฟ้า; A011) *Gelliodes* sp. (ฟองน้ำเคลือบ สีม่วง; A012) และ *Clathria (Thalysias) reinwardti* Vosmaer (ฟองน้ำเชือก; A019) มี ประสิทธิภาพในการสะสมแคดเมียมไว้ในตัวได้ดีกว่าฟองน้ำชนิดอื่น ตรงข้ามกับ *Neopetrosia* sp. (ฟองน้ำสีน้ำเงิน; A017) ที่ประสิทธิภาพในการสะสมแคดเมียมได้ค่อนข้างต่ำกว่าฟองน้ำทะเลชนิดอื่น หรือกรณีของปรอท พบว่า *Chondrosia reticulata* (Carter) (ฟองน้ำหนังสีดำลาย; A003) และ *Cacospongia* sp. (ฟองน้ำยัดหุยนสีดำ; A006) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการดูดซับปรอทไว้ในตัว ตรง ข้ามกับฟองน้ำอีกหลายชนิด เช่น *Dasychalina fragilis* Ridley & Dendy (ฟองน้ำเคลือบสีชมพู; A010) *Neopetrosia* sp. (ฟองน้ำสีน้ำเงิน; A017) *Penares nux* (de Laubenfels) (ฟองน้ำต้นไม้สี ดำ; A001) *Gelliodes petrosioides* Dendy (ฟองน้ำเคลือบสีฟ้า; A011) *Gelliodes* sp. (ฟองน้ำ เคลือบสีม่วง; A012) *Desmapsamma verwoorti* van Soest (ฟองน้ำสีม่วงหม่น; A021) *Dysidea arenaria* Bergquist (ฟองน้ำหนามสีชมพู; A004) *Clathria (Thalysias) reinwardti* Vosmaer (ฟองน้ำเชือก; A019) *Iotrochota baculifera* Ridley (ฟองน้ำสีดำเมือกม่วง; A025) และ *coelocarteria singaporensis* (Carter) (ฟองน้ำกระชาย; A023) ซึ่งไม่ค่อยมีประสิทธิภาพหรือ ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำกว่าฟองน้ำชนิดอื่นในการสะสมปรอทไว้ในตัว หรือกรณีของตะกั่ว พบว่า *Petrosia (petrosia)* sp. (ฟองน้ำครก; A015) และ *Neopetrosia* sp. (ฟองน้ำสีน้ำเงิน; A017) มี ประสิทธิภาพในการสะสมตะกั่วได้ดีกว่าฟองน้ำชนิดอื่น ในขณะที่ *Dasychalina fragilis* Ridley & Dendy (ฟองน้ำเคลือบสีชมพู; A010) *Haliclona* sp. (ฟองน้ำแจกันดำ; A007) *Mycale (Zygomycala) parishii* (Bowerbank) (ฟองน้ำสีเทา; A024) และ *Cacospongia* sp. (ฟองน้ำ ยัดหุยนสีดำ; A006) มีประสิทธิภาพสูงกว่าฟองน้ำชนิดอื่น อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการเก็บ ตัวอย่างจากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งมีปัจจัยแวดล้อมอื่น ที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการสะสมโลหะหนัก ของฟองน้ำด้วย เช่น โลหะหนักในน้ำทะเล โลหะหนักในดินตะกอน ชนิดและอายุของฟองน้ำที่ แตกต่างกัน เป็นต้น

ตารางที่ 16 ค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโลหะหนัก ในฟองน้ำทะเล บริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะสี่ซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557 (n=91)

	Concentration ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)						
	Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
Min	0.047	2.73	20.0	<0.007	2.20	0.137	5.27
Max	30.1	72.3	3,303	0.703	42.7	10.9	597
Mean	1.35	9.55	747	0.065	16.8	1.01	61.2
S.D	4.10	8.71	650	0.091	10.6	1.40	90.6

ตารางที่ 17 5 อันดับของความเข้มข้นโลหะหนักต่ำสุด สูงสุด ชนิดฟองน้ำ สถานที่ และเดือนที่พบ

Heavy metal	5 Low concentrations ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)					5 High concentrations ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)			
	Conc.	Sponge code	Station code	Month	Conc.	Sponge code	Station code	Month	
Cd	1	0.047	A017	CHI1	Oct.	30.1	A011	RC2	Dec.
	2	0.051	A017	RC3	Dec.	19.2	A011	CHI1	Jan.
	3	0.053	A017	RC1	Dec.	17.9	A012	CHI2	Dec.
	4	0.059	A017	RC1	Oct.	4.63	A012	CHI2	Oct.
	5	0.068	A017	CHI2	Oct.	3.25	A019	RC1	Dec.
Cu	1	2.73	A021	RC1	Oct.	72.3	A006	RI1	Dec.
	2	2.81	A021	RC1	Dec.	34.1	A006	RC2	Dec.
	3	3.09	A022	RI1	Jan.	28.5	A006	CHI2	Oct.
	4	3.66	A011	CHI1	Jan.	25.3	A006	RC2	Oct.
	5	3.67	A023	CHI2	Dec.	22.4	A012	CHI2	Oct.
Fe	1	20.0	A020	RI2	Oct	3,303	A008	RC3	Jan.
	2	78.3	A017	RC1	Dec.	2,792	A002	CHI1	Jan.
	3	101	A014	RC1	Dec.	2,677	A004	CHI2	Dec.
	4	103	A019	RC2	Jan.	2,204	A006	RI1	Dec.
	5	117	A015	RC2	Jan.	1,956	A001	CHI2	Dec.

ตารางที่ 17 (ต่อ)

Heavy Metal	5 Low Concentration ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)				5 High Concentration ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)				
	Conc.	Sponge Code	Station Code	Month	Conc.	Sponge Code	Station Code	Month	
Hg	1	<0.007	A010, A017 A001,A011 A017	RC2 RC2, RC3 CHI1 CHI1	Jan. Jan. Jan. Oct.	0.703	A003	RI1	Dec.
	2	0.007	A012	CHI2	Oct.	0.356	A003	RI1	Jan.
	3	0.008	A021, A004	RC1, CHI2	Oct.	0.271	A006	RI1	Dec.
	4	0.009	A019, A025	RC2, CHI1	Jan, Oct.	0.260	A003	RI2	Jan.
	5	0.012	A023	CHI2	Dec.	0.227	A003	RI1	Dec.
Ni	1	2.20	A007	RI1	Jan.	42.7	A005	CHI2	Dec.
	2	3.66	A001	CHI1	Jan.	41.9	A013, A003	RC1, RI1	Dec.
	3	4.32	A019	RC2	Jan.	40.3	A006	CHI2	Oct.
	4	4.68	A017	RC3	Jan.	36.6	A015	CHI2	Dec.
	5	4.74	A009	RC3	Jan.	36.0	A022	RI2	Dec.
Pb	1	0.137	A015	RC2, CHI1	Jan.	10.9	A004	CHI2	Oct.
	2	0.158	A015	RC3	Dec.	5.18	A007	RC2	Oct.
	3	0.162	A017	CHI1	Oct.	4.03	A024	RI2	Oct.
	4	0.164	A015	RC1	Jan.	3.71	A006	RC2	Dec.
	5	0.182	A015	RC3	Oct.	3.34	A004	CHI2	Dec.
Zn	1	5.27	A021	RC1	Oct	597	A014	RC1	Dec.
	2	6.59	A015	CHI1	Dec.	583	A014	RC2	Dec.
	3	6.73	A015	CHI1	Oct.	239	A029	RC3	Jan.
	4	7.44	A001	CHI1	Oct.	219	A026	RI1	Oct.
	5	7.78	A004	CHI2	Oct.	163	A025	CHI2	Dec.

การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียม ทองแดง เหล็ก โปรท นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ที่ตรวจพบในครั้งนี้ ระหว่างในน้ำทะเล ในดินตะกอน และในฟองน้ำ ไม่สามารถวิเคราะห์ผลหาความแตกต่างกันทางสถิติได้ เพราะฟองน้ำที่เก็บมาวิเคราะห์มีความหลากหลายทางชนิด (31 ชนิด) และแต่ละชนิดมีจำนวนตัวอย่างที่ไม่เท่ากัน กล่าวคือ หลายชนิดมีเพียงหนึ่งตัวอย่าง และบางชนิดมีสูงสุดถึง 12 ตัวอย่าง (ตารางที่ 15) ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง เช่น ในเดือนมกราคม

พ.ศ. 2557 เขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสีชัง ทะเลมีคลื่น ลมแรง ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างใน สถานีทางทิศเหนือของเกาะสีชัง (CHI2; หินสัมปันธ์) ได้ เก็บได้เพียงสถานีเดียว คือ บริเวณเกาะ ท้ายตาทหมื่น (CHI1) ทำนองเดียวกับบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 พบว่าคลื่น ลมในทะเลได้พัดเอาดินตะกอนปิดบังท้องน้ำ ทำให้น้ำขุ่นไม่สามารถมองเห็น ฟองน้ำจึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ นอกจากนี้ฟองน้ำที่พบบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ เกาะ สะเก็ด เป็นฟองน้ำคนละกลุ่มกับที่พบบริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขต อุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จึงทำให้ชนิดของฟองน้ำที่เก็บได้แตกต่างกัน ดังนั้นในการ เปรียบเทียบความแตกต่างของโลหะหนักในครั้งนี จึงได้แสดงไว้ในรูปของตารางความเข้มข้นของโลหะ หนักที่พบในน้ำทะเล ในดินตะกอน และในฟองน้ำแต่ละชนิดในสถานีเดียวกัน ดังได้แสดงไว้ในตาราง ที่ 18 – 21 ซึ่งสังเกตได้ว่าในสถานีเดียวกัน ซึ่งมีโลหะหนักชนิดหนึ่งอยู่ในน้ำทะเลและดินตะกอน จำนวนหนึ่ง และมีฟองน้ำอาศัยอยู่ในบริเวณนั้นหลายชนิด แต่ละชนิดมีการสะสมโลหะหนักไว้ในตัวได้ ไม่เท่ากัน เช่น บริเวณสถานีเกาะมันนอก (RC1) ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 พบฟองน้ำ 3 ชนิด คือ *Dasychalina fragilis* Ridley & Dendy (A010), *Petrosia (Petrosia) sp.* (A015) และ *Neopetrosia sp.* (A017) แต่ละชนิดมีแคดเมียมสะสมอยู่ คือ 0.236, 0.515 และ 0.098 $\mu\text{g/g dry wt.}$ ตามลำดับ แต่ฟองน้ำทั้ง 3 มีแคดเมียมสูงกว่าที่มีอยู่ในดินตะกอน คือ 0.05 $\mu\text{g/g dry wt.}$ และ โลหะหนักส่วนใหญ่ในสถานีอื่น ๆ ก็มีลักษณะเช่นเดียวกันนี้ ยกเว้นตะกั่ว ที่พบลักษณะตรงกันข้าม คือ ความเข้มข้นในดินตะกอนสูงกว่าความเข้มข้นในน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าโลหะหนักที่พบในดิน ตะกอนและในน้ำทะเลส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูป “bioavailable” แต่อยู่ในรูปอื่นที่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถ นำเข้าสู่ร่างกายได้ นอกจากนี้ยังพบว่าเหล็กเป็นโลหะอีกตัวที่ส่วนใหญ่พบในฟองน้ำได้ต่ำกว่าในดิน ตะกอน แต่ในบริเวณที่มีเหล็กในดินตะกอนต่ำ ฟองน้ำบางชนิดก็สามารถจะสะสมเหล็กได้ใกล้เคียง หรือมากกว่าที่มีอยู่ในดินตะกอน เช่น บริเวณเกาะมันใน (RC3) ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 พบ เหล็กในดินตะกอน 291 $\mu\text{g/g dry wt.}$ และพบเหล็กในฟองน้ำ *Petrosia (Petrosia) sp.* (A015), *Xestospongia sp.* (A016), *Neopetrosia sp.* (A017) และ *Haliclona sp.* “purple” (A030) เท่ากับ 482, 667, 505 และ 1966 $\mu\text{g/g dry wt.}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียม และทองแดง ในน้ำทะเล ดินตะกอน และ ฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานีเดียวกัน

Date	Station	Cd			Cu			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
Jan.2514	RC 1	0.014	0.050	0.236	0.396	3.50	10.1	A010
				0.515			4.83	A015
				0.098			5.73	A017
	RC 2	0.013	0.045	0.161	0.308	1.67	8.74	A010
				0.627			7.39	A014
				0.319			3.83	A015
	RC 3	0.011	0.043	0.105	0.345	0.87	4.55	A017
				1.25			8.24	A019
				1.21			9.47	A002
				2.11			8.12	A008
				1.26			5.62	A009
				0.613			4.29	A015
	RI 1	0.009	0.032	0.126	0.483	0.35	8.60	A016
				0.119			6.11	A017
				1.26			7.49	A029
0.475				7.81			A003	
0.782				5.31			A007	
1.09				5.83			A018	
RI 2	0.008	0.041	0.183	0.416	1.93	3.09	A022	
			0.366			9.53	A003	
			1.50			5.61	A018	
CHI 1	0.009	0.040	0.135	0.248	2.06	5.02	A001	
			0.392			8.26	A002	
			0.448			9.01	A003	
			19.2			3.66	A011	
			0.326			4.48	A015	
			0.129			4.61	A025	
Oct.2014	RC 1	0.008	0.047	0.793	0.296	0.397	7.35	A014
				0.559			5.23	A015
				0.059			5.46	A017
	RC 2	0.010	0.056	0.178	0.286	0.719	2.73	A021
				0.358			8.72	A001
				0.660			25.3	A006
				0.680			8.79	A007

ตารางที่ 18 (ต่อ)

Date	Station	Cd			Cu			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
	RC 3	0.008	0.042	0.501	0.290	0.585	9.03	A014
				0.463			4.55	A015
	RI 1	0.010	0.026	0.845	0.947	0.439	10.5	A026
	RI 2	0.008	0.018	0.558	0.757	0.346	4.03	A020
				0.854			3.92	A024
	CHI 1	0.009	0.063	0.289	0.307	2.40	10.2	A001
				0.198			7.00	A015
				0.047			4.51	A017
				0.831			7.90	A019
				0.204			9.33	A025
	CHI 2	0.009	0.147	0.421	0.323	8.04	13.8	A001
				0.376			5.25	A004
				0.391			28.5	A006
				4.63			19.3	A012
				0.068			5.02	A017
				1.15			16.3	A019
Dec.2014	RC 1	0.008	0.036	0.494	0.256	0.76	6.21	A001
				0.165			10.9	A013
				0.334			7.32	A014
				0.363			5.91	A015
				0.053			5.56	A017
				3.25			13.2	A019
				0.161			2.81	A021
				0.365			3.85	A022
	RC 2	0.008	0.034	0.341	0.270	<0.25	8.92	A001
				1.07			34.1	A006
				30.1			6.61	A011
				0.481			7.67	A014
				0.471			6.65	A015
				2.08			10.2	A019
	RC 3	0.009	0.037	0.369	0.446	0.75	5.35	A015
				0.111			9.92	A016
				0.051			4.74	A017
				1.44			6.15	A030

ตารางที่ 18 (ต่อ)

Date	Station	Cd			Cu			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
	RI 1	0.007	0.023	0.354	0.448	0.47	11.6	A003
				0.443			72.3	A006
				0.075			7.97	A013
				1.29			7.28	A018
				1.47			15.4	A026
				0.071			10.4	A028
				0.123			9.64	A031
	RI 2	0.006	0.024	0.459	0.574	0.87	10.8	A003
				0.130			4.97	A022
	CHI 1	0.008	0.043	0.277	0.300	1.78	15.8	A001
				0.193			8.05	A015
				1.39			10.5	A019
				0.145			7.62	A025
	CHI 2	0.008	0.067	0.229	0.257	2.76	8.89	A001
				0.329			5.50	A004
				2.11			23.0	A005
				17.9			22.4	A012
				0.200			8.48	A015
				0.179			7.22	A017
				1.67			15.6	A019
				0.724			3.67	A023
				0.142			6.95	A025
				0.919			21.3	A027

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบความเข้มข้นของเหล็ก และปรอท ในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล
ในช่วงเวลาและสถานีเดียวกัน

Date	Station	Fe			Hg			Sponge code	
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)		
Jan.2514	RC 1	14.4	3690	689	<0.1	0.019	0.018	A010	
				133			0.055	A015	
				157			0.011	A017	
	RC 2	2.27	2150	227	<0.1	0.009	<0.007	A010	
				221			0.025	A014	
				117			0.030	A015	
				175			<0.007	A017	
				103			0.009	A019	
				623			0.039	A002	
	RC 3	3.18	1096	3,303	0.384	0.003	0.049	A008	
				1,803			0.032	A009	
				171			0.059	A015	
				130			0.019	A016	
				679			<0.007	A017	
				834			0.018	A029	
145				0.33			0.004	0.356	A003
746								0.101	A007
495								0.064	A018
1,149			0.020	A022					
RI 2	8.55	2073	351	0.279	0.016	0.260	A003		
			1,420			0.045	A018		
CHI 1	8.34	844	1,600	0.197	<0.003	<0.007	A001		
			2,792			0.025	A002		
			401			0.079	A003		
			748			<0.007	A011		
			106			0.060	A015		
			922			0.020	A025		
Oct.2014	RC 1	0.56	470	164	<0.1	<0.003	0.043	A014	
				333			0.102	A015	
				184			0.014	A017	
	RC 2	2.57	1287	722	<0.1	<0.003	0.008	A021	
				418			0.063	A001	
				896			0.121	A006	
				966			0.034	A007	

ตารางที่ 19 (ต่อ)

Date	Station	Fe			Hg			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
	RC 3	2.27	1189	207	<0.1	0.003	0.076	A014
				160			0.075	A015
	RI 1	52.0	1378	1,242	<0.1	0.004	0.091	A026
	RI 2	56.2	1333	20	<0.1	0.003	0.019	A020
				1,339			0.019	A024
	CHI 1	5.23	1478	529	<0.1	0.003	0.017	A001
				176			0.031	A015
				162			<0.007	A017
				186			0.016	A019
				521			0.009	A025
	CHI 2	35.6	1183	659	<0.1	<0.003	0.036	A001
				1,093			0.008	A004
				937			0.070	A006
				946			0.007	A012
				387			0.016	A017
				510			0.016	A019
Dec.2014	RC 1	3.98	937	812	<0.1	<0.003	0.054	A001
				768			0.069	A013
				101			0.066	A014
				316			0.091	A015
				78.3			0.013	A017
				334			0.055	A019
				373			0.022	A021
				808			0.029	A022
	RC 2	3.95	448	528	<0.1	<0.003	0.071	A001
				657			0.083	A006
				259			0.016	A011
				449			0.075	A014
				234			0.106	A015
				306			0.033	A019
	RC 3	3.71	291	482	<0.1	<0.003	0.090	A015
				667			0.043	A016
				505			0.021	A017
				1,766			0.042	A030

ตารางที่ 19 (ต่อ)

Date	Station	Fe			Hg			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
	RI 1	23.5	1005	809	<0.1	0.003	0.227	A003
				2,204			0.271	A006
				649			0.076	A013
				606			0.066	A018
				1,176			0.085	A026
				907			0.044	A028
				1,736			0.076	A031
	RI 2	20.8	1920	509	<0.1	0.006	0.703	A003
				905			0.068	A022
	CHI 1	9.13	889	1,783	<0.1	0.007	0.058	A001
				1,140			0.072	A015
				611			0.032	A019
				1,855			0.016	A025
	CHI 2	9.24	1804	1,956	<0.1	0.005	0.045	A001
				2,677			0.013	A004
				396			0.100	A005
				1,812			0.028	A012
				507			0.062	A015
				389			0.017	A017
				616			0.028	A019
				556			0.012	A023
				472			0.027	A025
				1,272			0.099	A027

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบความเข้มข้นของนิเกิล และตะกั่ว ในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล
ในช่วงเวลาและสถานีเดียวกัน

Date	Station	Ni			Pb			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
Jan.2514	RC 1	0.390	6.09	7.04	0.189	3.54	0.475	A010
				28.7			0.164	A015
				7.46			0.366	A017
	RC 2	0.232	4.35	9.27	0.116	6.59	0.267	A010
				14.6			0.208	A014
				22.2			0.137	A015
	RC 3	0.239	2.81	5.50	0.118	5.88	0.316	A017
				4.32			0.342	A019
				14.2			0.527	A002
				4.82			1.07	A008
				4.74			1.05	A009
				20.4			0.220	A015
	RI 1	0.331	1.83	12.2	0.158	3.95	0.425	A016
				4.68			0.374	A017
				6.36			0.762	A029
23.3				0.266			A003	
2.20				0.271			A007	
6.78				0.616			A018	
RI 2	0.342	4.19	10.2	0.120	14.0	1.45	A022	
			28.0			0.504	A003	
CHI 1	0.226	3.66	13.0	0.103	2.00	1.12	A018	
			3.66			0.621	A001	
			10.7			1.68	A002	
			34.1			0.362	A003	
			5.47			0.470	A011	
			29.0			0.137	A015	
Oct.2014	RC 1	0.527	2.71	6.33	0.150	3.16	0.408	A025
				14.7			0.431	A014
				11.9			0.193	A015
	RC 2	0.218	2.29	5.46	0.044	7.21	0.244	A017
				4.97			0.613	A021
				17.5			1.36	A001
				24.7			0.924	A006
			20.3			5.18	A007	

ตารางที่ 20 (ต่อ)

Date	Station	Ni			Pb			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
	RC 3	0.226	2.39	15.2	<0.03	5.51	0.430	A014
				14.6			0.182	A015
	RI 1	0.388	1.05	14.7	0.230	7.99	1.45	A026
	RI 2	0.360	0.93	18.5	0.154	7.79	0.508	A020
				10.0			4.03	A024
	CHI 1	0.230	3.67	20.6	0.061	4.54	0.420	A001
				32.9			0.281	A015
				6.15			0.162	A017
				5.28			0.293	A019
				7.34			0.401	A025
	CHI 2	0.254	7.30	21.1	0.093	47.2	0.752	A001
				11.6			10.9	A004
				40.3			1.40	A006
				8.40			2.14	A012
				5.22			0.558	A017
				5.16			0.774	A019
Dec.2014	RC 1	0.252	2.01	24.5	0.179	4.60	1.25	A001
				41.9			1.74	A013
				15.5			0.999	A014
				19.2			0.310	A015
				11.4			0.302	A017
				17.3			0.317	A019
				8.01			0.658	A021
				20.6			1.83	A022
	RC 2	0.232	1.55	28.9	0.118	4.32	0.722	A001
				22.9			3.71	A006
				33.9			0.600	A011
				7.60			0.385	A014
				7.03			0.270	A015
				13.9			0.409	A019
	RC 3	0.228	1.48	16.2	0.192	3.23	0.158	A015
				8.31			0.566	A016
				29.6			0.304	A017
				18.0			2.48	A030

ตารางที่ 20 (ต่อ)

Date	Station	Ni			Pb			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
	RI 1	0.375	1.61	41.9	0.165	6.12	1.53	A003
				33.8			2.65	A006
				25.1			2.63	A013
				9.73			0.431	A018
				14.9			1.53	A026
				13.8			1.21	A028
				8.63			1.21	A031
	RI 2	0.514	2.58	35.2	0.168	7.80	0.525	A003
				36.0			2.44	A022
	CHI 1	0.230	2.81	16.8	0.300	5.26	1.23	A001
				29.3			0.606	A015
				8.41			0.518	A019
				16.1			0.626	A025
	CHI 2	0.194	4.78	21.0	0.295	6.64	1.12	A001
				20.8			3.34	A004
				42.7			0.391	A005
				15.2			0.796	A012
				36.6			0.212	A015
				10.5			0.630	A017
				9.80			0.574	A019
				22.2			0.374	A023
				8.11			0.299	A025
				33.4			1.41	A027

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสี ในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานีเดียวกัน

Date	Station	Zn			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
Jan.2514	RC 1	0.572	9.65	37.2	A010
				22.0	A015
				103	A017
	RC 2	<0.25	5.69	23.9	A010
				29.6	A014
				21.2	A015
				86.4	A017
				31.3	A019
				39.8	A002
	RC 3	0.545	3.15	54.0	A008
				53.2	A009
				29.2	A015
				15.9	A016
				91.5	A017
				239	A029
				31.8	A003
				120	A007
				50.9	A018
	RI 1	<0.25	4.15	111	A022
				57.5	A003
				64.4	A018
	RI 2	0.829	16.2	74.1	A001
				36.0	A002
				33.6	A003
				84.6	A011
				27.9	A015
				70.6	A025
Oct.2014	RC 1	<0.25	3.37	14.1	A014
				15.5	A015
				28.0	A017
				5.27	A021
				10.0	A001
				14.4	A006
				11.8	A007

ตารางที่ 21 (ต่อ)

Date	Station	Zn			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
	RC 3	0.859	5.23	10.3	A014
				14.1	A015
	RI 1	1.76	7.53	219	A026
	RI 2	0.434	6.96	8.26	A020
				10.7	A024
	CHI 1	<0.25	22.7	7.44	A001
				6.73	A015
				17.8	A017
				43.1	A019
				85.5	A025
	CHI 2	<0.25	65.6	11.4	A001
				7.78	A004
				42.6	A006
				73.5	A012
				33.0	A017
				55.6	A019
Dec.2014	RC 1	<0.25	2.62	46.2	A001
				27.0	A013
				597	A014
				14.6	A015
				26.2	A017
				34.9	A019
				21.7	A021
				11.7	A022
	RC 2	0.291	<1.0	44.7	A001
				113	A006
				43.1	A011
				583	A014
				32.4	A015
				33.1	A019
	RC 3	<0.25	<1.0	51.6	A015
				35.3	A016
				19.6	A017
				20.7	A030

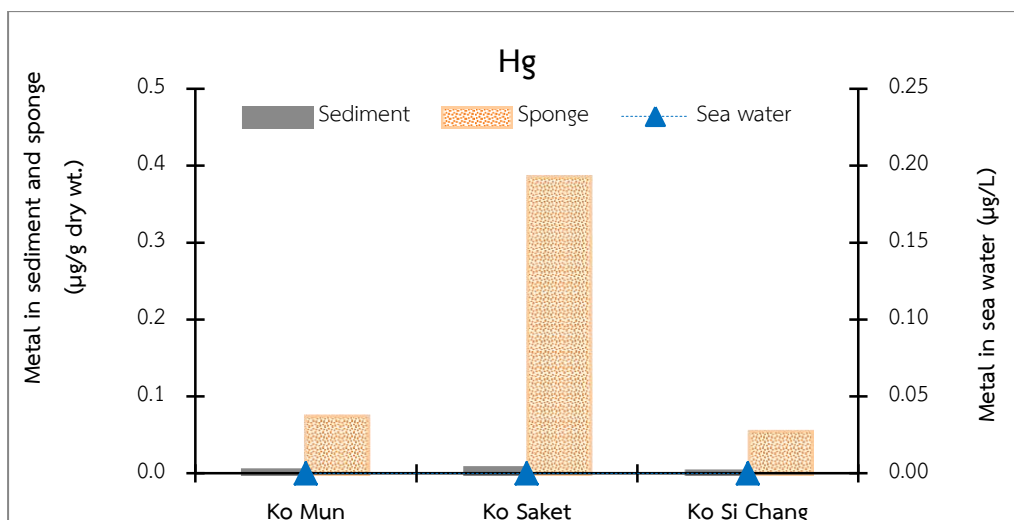
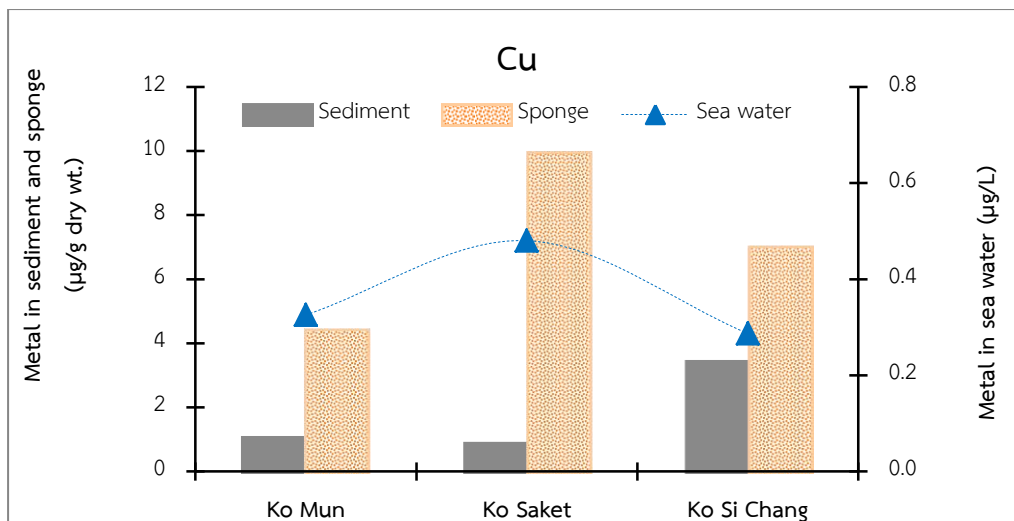
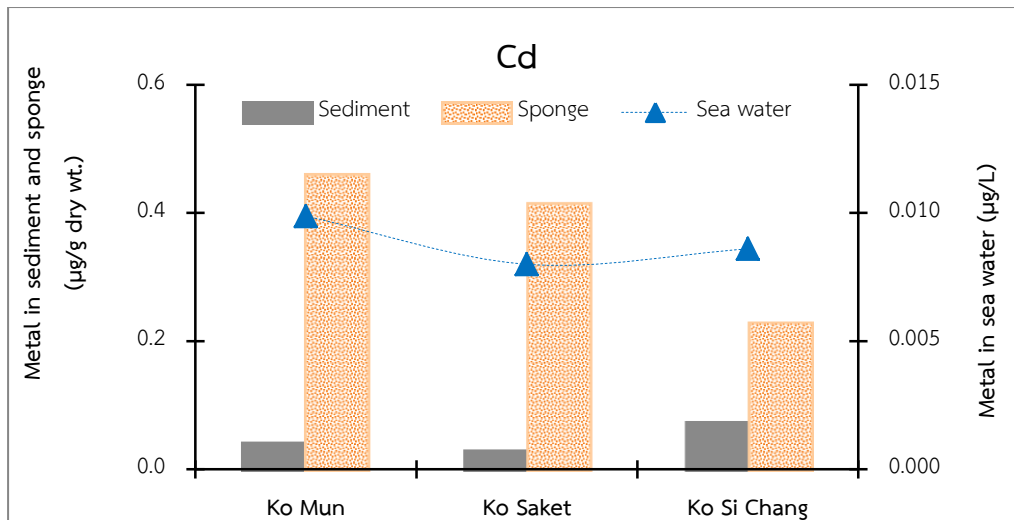
ตารางที่ 21 (ต่อ)

Date	Station	Zn			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
	RI 1	0.573	5.32	57.7	A003
				49.9	A006
				51.9	A013
				122	A018
				34.8	A026
				62.8	A028
				49.9	A031
	RI 2	0.813	8.03	18.7	A003
				35.8	A022
	CHI 1	0.572	23.1	19.4	A001
				6.59	A015
				39.3	A019
				110	A025
	CHI 2	0.666	26.5	48.6	A001
				53.5	A004
				40.0	A005
				142	A012
				20.6	A015
				54.4	A017
				136	A019
				61.2	A023
				163	A025
				48.6	A027

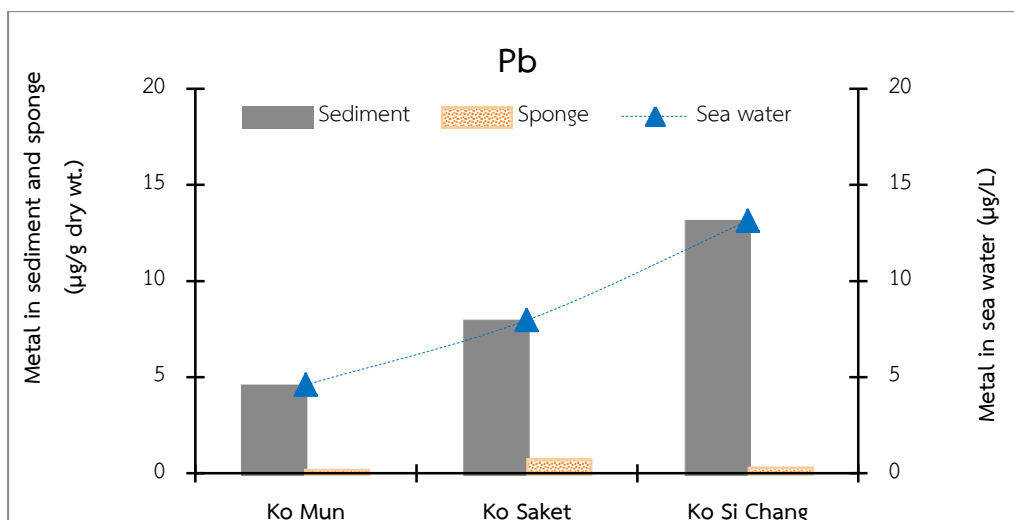
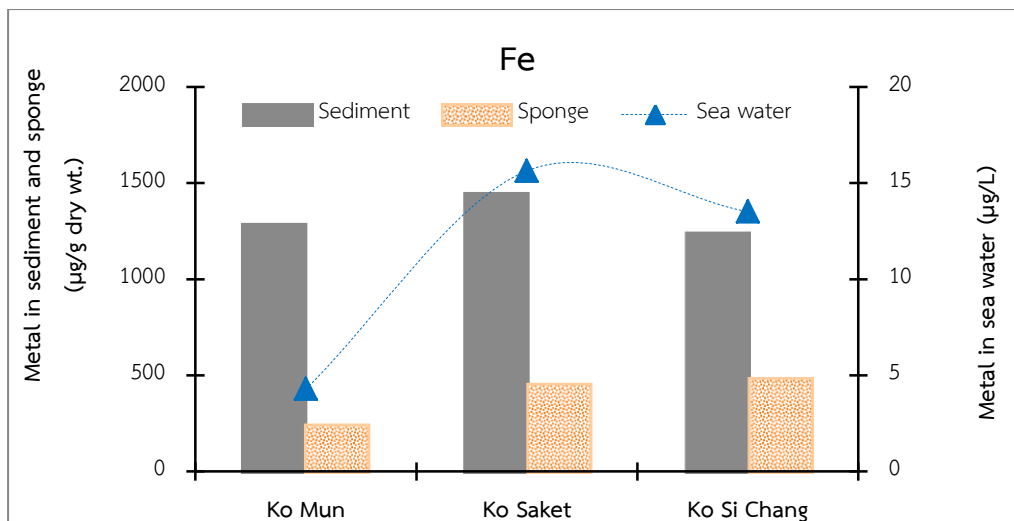
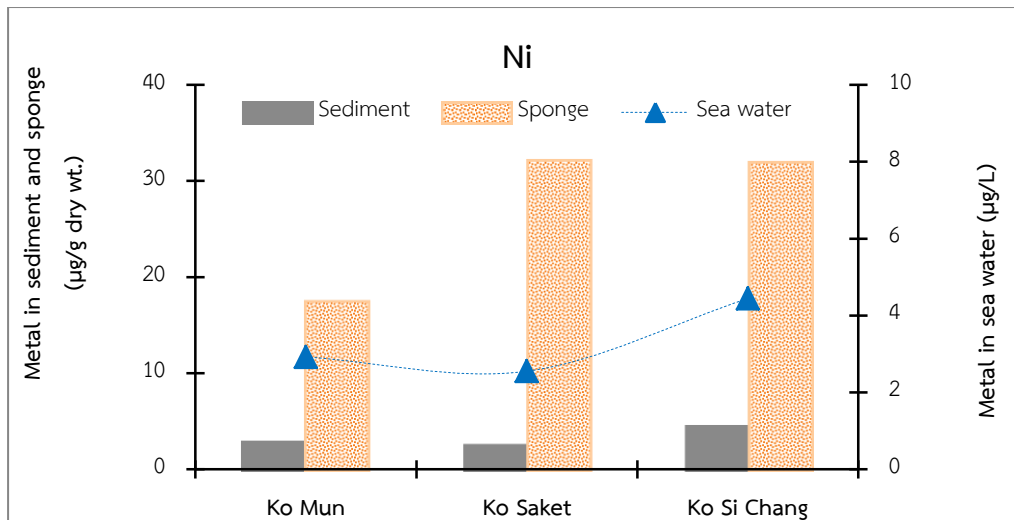
อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้ ถึงแม้พบว่าฟองน้ำแต่ละชนิดมีการสะสมโลหะหนักได้แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ การจะชี้ชัดว่าฟองน้ำที่สะสมโลหะหนักส่วนใหญ่ไว้ได้ปริมาณมากๆ จะเป็นชนิดที่ตีเหมาะแก่การใช้เป็นตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในการตรวจติดตามการปนเปื้อนของโลหะหนักในทะเล ก็ไม่น่าจะดีนัก เพราะส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มของฟองน้ำเคลือบ คือ การเจริญเติบโตแบบเคลือบตามวัตถุเกาะติด (encrusting) การเก็บตัวอย่างไปศึกษาค่อนข้างทำได้ยากลำบาก อาจจะมีการปนเปื้อนได้ และถ้าเจริญอยู่บริเวณพื้นท้องดินโอกาสจะโดนตะกอนทับถมค่อนข้างสูง ดังนั้นฟองน้ำที่ดีจึงน่าจะเป็นฟองน้ำที่มีขนาดใหญ่ และมีการเจริญเติบโตอยู่มากในบริเวณนั้น ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าบริเวณเขตอนุรักษทรัพย์ากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสี่ซัง ฟองน้ำชนิดเด่น คือ ฟองน้ำครก *Petrosia (Petrosia) sp.* (A015) รองลงมา คือ ฟองน้ำสีน้ำเงิน *Neopetrosia sp.* "blue" (A017) ส่วนบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด ฟองน้ำชนิดเด่น คือ ฟองน้ำหนังสีดำลาย *Chondrosia reticulata* (Carter, 1886) และเมื่อ

นำฟองน้ำ *Petrosia (Petrosia) sp.* มาเป็นตัวแทนของฟองน้ำในเขตอนุรักษทรัพย์ากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง และฟองน้ำ *Chondrosia reticulata* (Carter, 1886) เป็นตัวแทนของฟองน้ำในเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ พบว่าโลหะหนักส่วนใหญ่ คือ แคดเมียม ทองแดง ปรอท และนิเกิล มีการสะสมในฟองน้ำได้ดีกว่าในน้ำทะเลและดินตะกอน ส่วนตะกั่ว และเหล็ก พบในดินตะกอนสูงกว่าในฟองน้ำและในน้ำทะเล และสังกะสีเป็นโลหะหนักชนิดเดียวที่มีความแตกต่างออกไป คือ ในเขตอนุรักษทรัพย์ากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด พบโลหะหนักในฟองน้ำสูงกว่าในดินตะกอน แต่บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง กลับพบสังกะสีในดินตะกอนสูงกว่าในฟองน้ำ (ภาพที่ 11) และเมื่อนำฟองน้ำ *Neopetrosia sp. "blue" (A017)* ซึ่งเป็นฟองน้ำที่พบมากเป็นอันดับ 2 มาศึกษาแทนฟองน้ำ *Petrosia (Petrosia) sp.* กลับให้ผลเหมือนกันทั้ง 3 พื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 12 และมีรูปแบบเดียวกับการสะสมแคดเมียม ทองแดง ปรอท และนิเกิล คือ พบในฟองน้ำมากกว่าในดินตะกอน และน้ำทะเล ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าฟองน้ำเป็นสัตว์ที่อยู่กับที่และกรองน้ำอยู่ตลอดเวลา โลหะหนักที่อยู่ในน้ำและดินตะกอนก็สามารถเข้าสู่ร่างกายและสะสมไปเรื่อยๆ ในขณะที่โลหะหนักในน้ำและดินตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เช่น จากการเจือจางของน้ำทะเลที่สะอาด การเปลี่ยนสถานะระหว่างน้ำ ดิน และสิ่งมีชีวิตด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพต่างๆที่เกิดขึ้นในทะเล

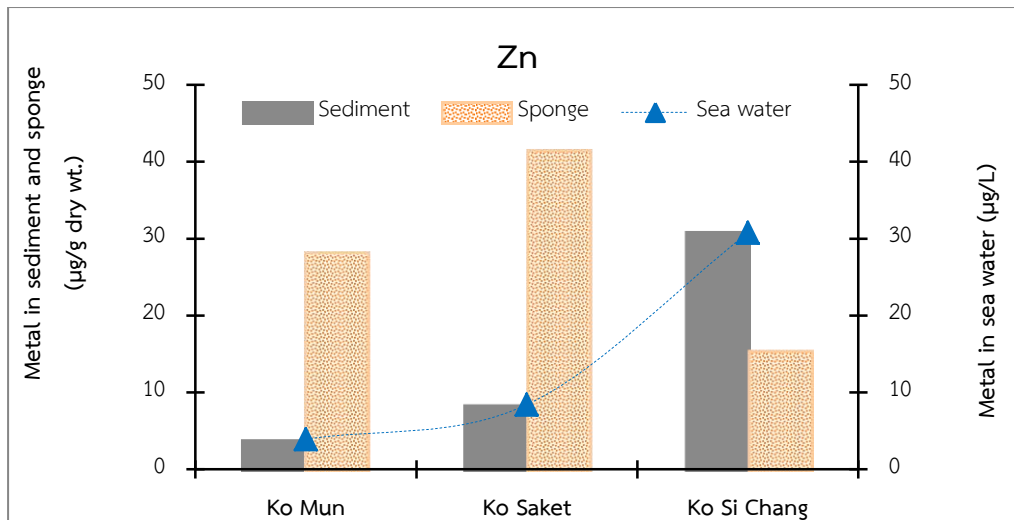
นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ที่พบในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ *Petrosia sp.* บริเวณเขตอนุรักษทรัพย์ากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสีชัง พบว่าน้ำทะเลมีการสะสม $Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd$ (มากกว่าร้อยละ 50 ของ Hg มีค่าต่ำกว่าค่า method detection limit คือ 0.1 $\mu\text{g/L}$ จึงไม่นำมารวมในการคิดนี้) ดินตะกอนมีการสะสม $Fe > Zn > Pb > Ni > Cu > Cd > Hg$ และในฟองน้ำ *Petrosia sp.* สามารถสะสม $Fe > Ni > Zn > Cu > Cd > Pb > Hg$ ส่วนบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด พบว่า ในน้ำทะเลและดินตะกอนมีลักษณะเดียวกับ 2 พื้นที่แรกดังกล่าวข้างต้น ส่วนฟองน้ำ *Chondrosia reticulata* ซึ่งเป็นคนละชนิดกับ 2 พื้นที่แรก มีความแตกต่างกันเล็กน้อย คือ พบว่าสามารถสะสม $Fe > Zn > Ni > Cu > Pb > Cd > Hg$ ดังแสดงในภาพที่ 14



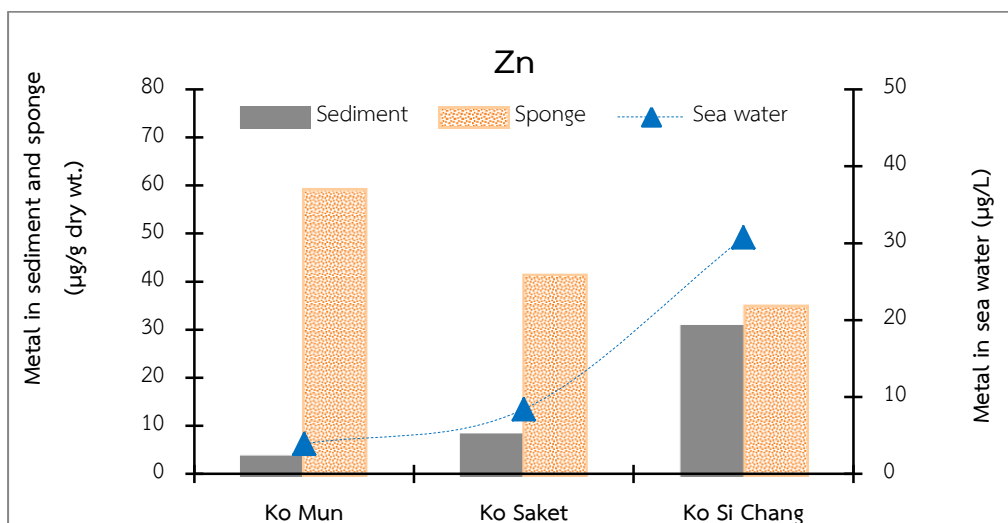
ภาพที่ 11 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ (ชนิดของฟองน้ำที่เกาะมันและเกาะสี่ซัง คือ *Petrosia* sp. และที่เกาะสะเก็ด คือ *Chondrosia reticulate*)



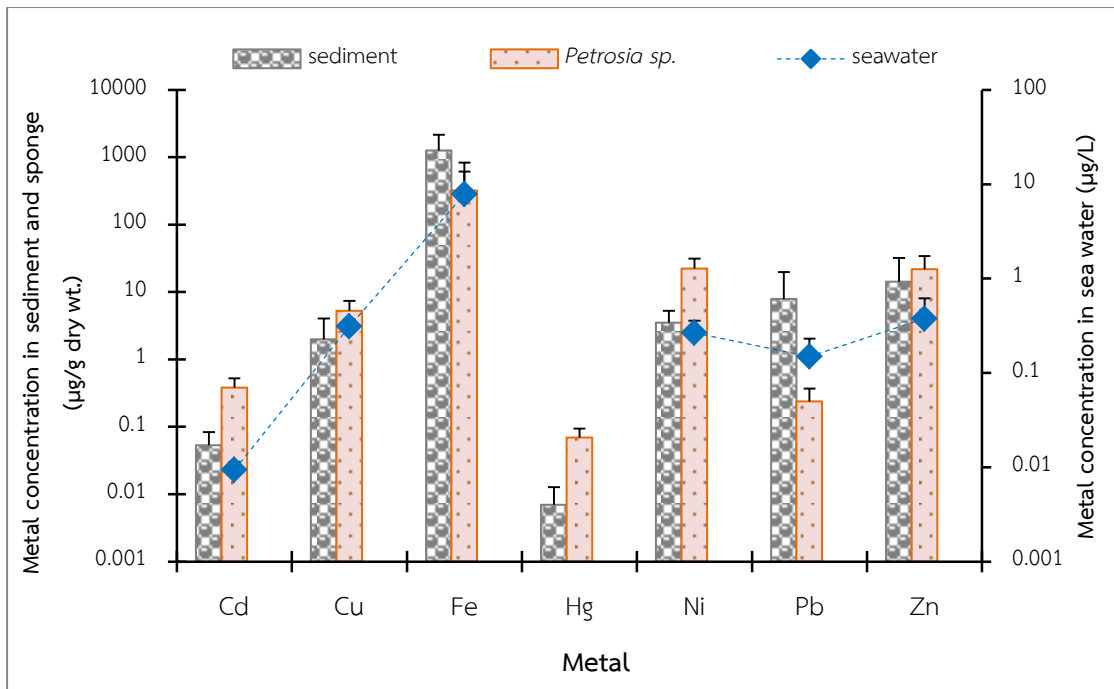
ภาพที่ 11 (ต่อ)



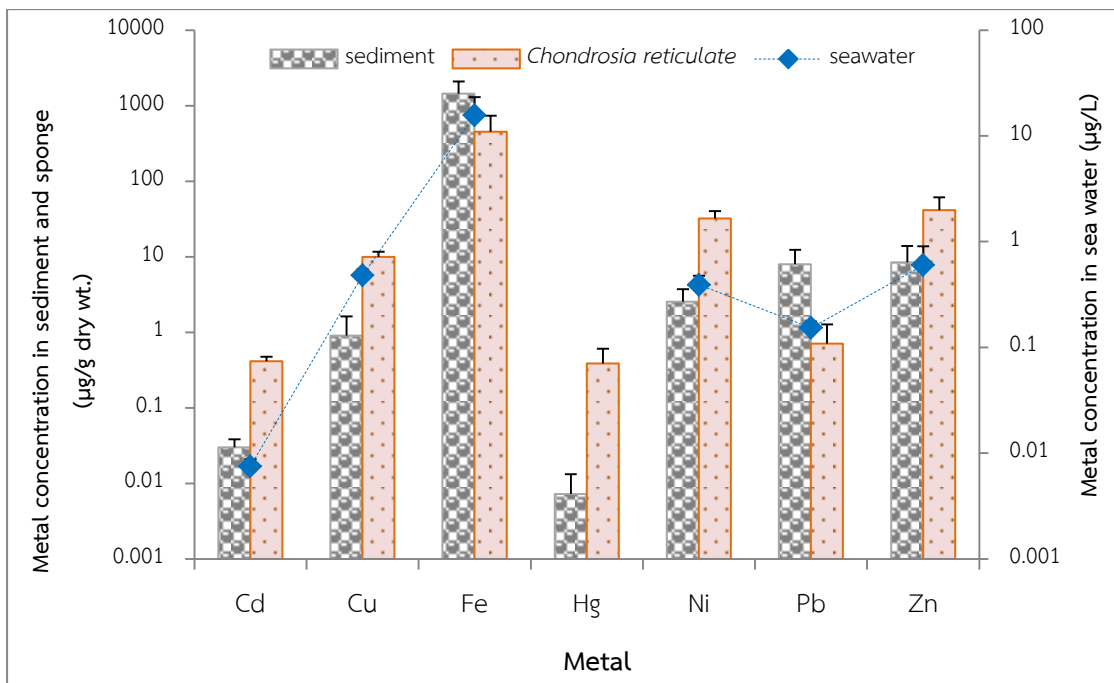
ภาพที่ 11 (ต่อ)



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ (ชนิดของ ฟองน้ำที่เกาะมันและเกาะสี่ซัง คือ *Neopetrosia* sp. "blue" และที่เกาะสะเก็ด คือ *Chondrosia reticulate*)



ภาพที่ 13 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ *Petrosia sp.* บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ *Chondrosia reticulata* บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการใช้ฟองน้ำทะเล เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในการใช้ตรวจติดตามมลพิษจากโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย เป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง 2 ปีระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 ซึ่งรายงานฉบับนี้เป็นผลการศึกษา ในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีที่ 1 ของโครงการ โดยได้ทำการศึกษาใน 3 พื้นที่ คือ หมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เกาะสะเก็ด และหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง รวม 7 สถานี สุ่มและเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง คือ ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น การสำรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเล อันได้แก่ คุณภาพน้ำทะเล คุณสมบัติดินตะกอน และความอุดมสมบูรณ์ของประชากรแพลงก์ตอนพืช รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเล และการติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเล โดยนำตัวอย่างฟองน้ำทะเลในธรรมชาติมาวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนัก รวมทั้งทำการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอนในบริเวณเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบกับกันด้วย ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

คุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ศึกษา

1. คุณภาพน้ำทะเลมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลตามประเภทการใช้ประโยชน์ในแต่ละพื้นที่ ดังนี้ คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติสำหรับพื้นที่หมู่เกาะมัน และคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอุตสาหกรรม และท่าเรือ สำหรับพื้นที่เกาะสะเก็ดและหมู่เกาะสีชัง
2. คุณสมบัติดินตะกอน พบว่า ดินตะกอนส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินทราย มีสภาพเป็นด่างโดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 8.1 - 9.2 และมีปริมาณสารอินทรีย์ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 0.2 - 2.1 %
3. การสำรวจประชากรแพลงก์ตอนพืช พบทั้งสิ้น 78 สกุล แบ่งเป็น Class Cyanophyceae 4 สกุล Class Chlorophyceae 1 สกุล Class Euglenophyceae 1 สกุล Class Bacillariophyceae 59 สกุล Class Dictyochophyceae 1 สกุล และ Class Dinophyceae 12 สกุล แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมเป็นกลุ่มที่มีสัดส่วนความหนาแน่นมากที่สุดทุกสถานีและทุกเดือนที่ทำการสำรวจ และสกุลที่มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ *Skeltonema*, *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Guinardia*, *Pseudonitzschia* และ *Thalassionema* ตามลำดับ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นสูงสุดในเดือนมกราคม รองลงมาคือ ธันวาคม และ ตุลาคม ตามลำดับ และพบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชสูงสุดในพื้นที่เกาะสะเก็ด รองลงมา คือ หมู่เกาะสีชัง และ หมู่เกาะมัน ตามลำดับ
4. การสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเล พบทั้งสิ้น 40 ชนิด จาก 33 สกุล 27 วงศ์ และ 10 อันดับ และ บริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งพบฟองน้ำทะเลมีความหลากหลายทาง

ชีวภาพมากที่สุด คือ บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี พบ 24 ชนิด รองลงมา คือ บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ หมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง พบ 21 ชนิดและบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง พบ 16 ชนิด ซึ่งฟองน้ำที่พบเหล่านี้เป็นฟองน้ำที่พบได้ทั่วไปในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก และเขตอินโดแปซิฟิก

การติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเล

โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์รวม 7 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในรูปของปริมาณโลหะรวมทั้งในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล สำหรับฟองน้ำทะเลที่นำวิเคราะห์โลหะหนักมี 31 ชนิด โดยฟองน้ำกลุ่มเด่นบริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง พบเหมือนกัน คือ ฟองน้ำครก *Petrosia (Petrosia) sp.* รองลงมา คือ ฟองน้ำสีน้ำเงิน *Neopetrosia sp.* "blue" ในขณะที่บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด ฟองน้ำชนิดเด่น คือ ฟองน้ำหนังสีดำลาย *Chondrosia reticulata* (Carter, 1886) และได้ใช้ฟองน้ำทั้ง 3 ชนิดนี้ เป็นตัวแทนของฟองน้ำในบริเวณนั้นศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการสะสมของโลหะหนักแต่ละชนิดระหว่างน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. ปริมาณโลหะหนักทุกชนิดที่ทำการศึกษาในน้ำทะเลและดินตะกอน ทั้ง 3 พื้นที่ พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ของประเทศไทย คือ มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และเพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ และมาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งสำหรับประเทศไทย โดยโลหะหนักส่วนใหญ่ (ยกเว้น แคดเมียม) ในน้ำทะเล พบได้ในเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง ค่อนข้างสูงกว่าอีก 2 พื้นที่ ในขณะที่โลหะหนักในดินตะกอนส่วนใหญ่ (ยกเว้น เหล็ก และปรอท) พบในเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี สูงกว่าอีก 2 พื้นที่

2. การสะสมโลหะหนักในน้ำทะเล ทั้ง 3 พื้นที่ พบ $Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd$ (Hg ผลการวิเคราะห์ร้อยละ 80 มีค่าต่ำกว่าค่า MDL คือ 0.1 $\mu\text{g/L}$ ทำให้ไม่ทราบค่าที่แท้จริง จึงไม่นำมาจัดอันดับ) และในดินตะกอน พบ $Fe > Zn > Pb > Ni > Cu > Cd > Hg$

3. การสะสมโลหะหนักในฟองน้ำทะเล พบว่า แคดเมียม ทองแดง ปรอท นิเกิล และสังกะสี ในฟองน้ำมีความเข้มข้นสูงกว่าในน้ำทะเลและในดินตะกอน ในขณะที่เหล็ก และตะกั่ว พบความเข้มข้นในดินตะกอนสูงกว่าในฟองน้ำ

4. ฟองน้ำทะเลต่างชนิดกันมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักได้แตกต่างกัน

5. ฟองน้ำทะเลที่น่าจะเหมาะกับการใช้เป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของโลหะหนักในบริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี คือ *Petrosia (Petrosia) sp.* รองลงมา คือ *Neopetrosia sp.* "blue" และ *Clathria (Thalysias) reinwardti* Vosmaer (ฟองน้ำเชือก) ตามลำดับ โดยพบการสะสมโลหะหนักในฟองน้ำ *Petrosia (Petrosia) sp.* ดังนี้ $Fe > Ni > Zn > Cu > Cd > Pb > Hg$ และบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด คือ ฟองน้ำ *Chondrosia reticulate* Carter ซึ่งมีการสะสม $Fe > Zn > Ni > Cu > Pb > Cd > Hg$ รองลงมา คือ *Tethya aff. robusta* Bowerbank (ฟองน้ำลูกบอล) แต่ฟองน้ำทั้ง 2 ชนิดนี้มีความเสี่ยงที่ถูกทับถมด้วยตะกอนในบางเวลา เพราะเป็นฟองน้ำที่เจริญเติบโตอยู่บริเวณพื้นที่อ่าวทะเลในเขตน้ำตื้น

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาปัญหามลพิษทางทะเลโดยใช้ฟองน้ำทะเลเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในการตรวจติดตามการปนเปื้อนโลหะหนักยังไม่พบว่ามีการศึกษามาก่อนในประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นโครงการนำร่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำฟองน้ำมาเป็นดัชนีทางเลือกใหม่หรือการนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการบำบัดมลพิษจากโลหะหนักสำหรับในอนาคต จึงควรจะได้มีการดำเนินซ้ำ โดยการศึกษาในครั้งต่อไป ควรเลือกศึกษาเฉพาะเจาะจงในฟองน้ำชนิดเด่นๆ ในแต่ละพื้นที่จำนวน 2-3 ชนิดเท่านั้น และควรทำซ้ำให้มากขึ้น เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของข้อมูล

ผลผลิต

ผลผลิตจากการดำเนินงานแผนงานวิจัยนี้เฉพาะปีที่ 1 ได้มีการนำผลงานวิจัยเรื่อง Marine sponges in the industrial and conservation areas of Chon Buri and Rayong provinces โดย Sumaitt Putchakarna, Arvut Munhapon, Supattra Taleba, Wanchai Wongsudawan ไปเผยแพร่ในการประชุมวิชาการ The Burapha University International Conference 2015, 10-12 July 2015, Bangsaen, Chonburi, Thailand และได้รับการตีพิมพ์ใน Proceedings of the Burapha University International Conference 2015 p. 573-581

บรรณานุกรม

- กองปฐพีวิทยา. 2537. วิธีวิเคราะห์ดินและพืช. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. กรมวิชาการเกษตร.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2549. มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ขวัญเรือน ศรีนุ้ย และคณะ . 2552. รายงานการวิจัย การประเมินสถานภาพองค์ประกอบชีวภาพ
ของระบบนิเวศในพื้นที่ อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก.ทุนอุดหนุนวิจัยประจำปี
งบประมาณ 2550- 2551.
- คมสัน หงษ์ทศศิริ วิยะดา สีหบุตร สุเมตต์ ปุจฉาการ และพนัส ธรรมกীরติวงศ์. 2551. การศึกษา
เบื้องต้นเกี่ยวกับความหลากหลายทางชนิดของฟองน้ำในแนวปะการัง บริเวณเกาะกา จังหวัด
ชุมพร.การเสนอผลงานภาคบรรยาย ในการประชุมทางวิชาการขอมหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 สาขาประมง. 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551.
- จุมพล สงวนสิน, สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ และศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ .2548. อิทธิพลของ
คุณภาพต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช บริเวณอ่าวตราดและช่องช้าง จังหวัดตราด.
วารสารการประมง 58(3) :235- 255
- จินดา ป่าสนธิ. (2546). การใช้ *Metallothionein* เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพการปนเปื้อนของปรอทใน
หอยแมลงภู่ *Perna viridis*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะ
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 141 หน้า.
- ประยูร สุรตระกูล. 2537. การเปลี่ยนแปลงประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมฉบัง
จังหวัดชลบุรี. วารสารวาริชศาสตร์ 1(1) : 67-71.
- พรศิลป์ ผลพันธิน. 2544. เทคนิคในการจำแนกชนิดของแพลงก์ตอน. คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา
- พิเชษฐ์ อังสกุล, 2544. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารในการจัดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบ
พัฒนาระบบเปิดและระบบปิด ในพื้นที่ความเค็มต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร
ลัตดา วงศ์รัตน์. 2544..แพลงก์ตอนพืช.พิมพ์ครั้งที่2 คณะประมง,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
กรุงเทพฯ.
- ลัตดา วงศ์รัตน์ และโสภณา บุญญาภิวัฒน์. 2546. คู่มือวิธีการเก็บและวิเคราะห์แพลงก์ตอน.
สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- แววตา ทองระอา ฉลวย มุสิกะ วันชัย วงสุตาวรรณ และ อาวุธ หมั่นหาผล. 2549. การปนเปื้อน
ของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก. รายงานการวิจัย
ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2547 สถาบันวิทยาศาสตร์
ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.

- แววตา ทองระอา วันชัย วงสุดาวรรณ อาวุธ หมั่นหาผล และ ฉลวย มุสิกะ. 2552. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักในอาหารทะเลในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงใต้ รายงานการวิจัย ทุนอุตสาหกรรมวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2550-2551สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สรารุช แสงสว่างโชติ. 2547. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงโดยการวิเคราะห์องค์ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุนันท์ ภัทรจินดา และคณะ. 2550. แพลงก์ตอนพืชทะเลบริเวณเกาะครามและเกาะใกล้เคียง. สารวจนั เกรียงศักดิ์ชัย. 2546. ปริมาณและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลเจลเลตและปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาชีววิทยา, มหาวิทยาลัย ศิลปากร.
- โสภณา บุญญาภิวัดน์ . 2525. ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนกลางปี 2520-2522. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 9 .กองสำรวจแหล่งประมง, กรมประมง.
- สุเมตต์ ปุจฉาการ และสุชา มั่นคงสมบูรณ์. 2550. ฟองน้ำทะเล เอกโคโนเดิร์ม และเพรียงหัวหอมบริเวณเกาะครามและเกาะใกล้เคียง. โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี. บริษัทเวิร์ค สแควร์ จำกัด. กรุงเทพฯ. 74 น.
- สุเมตต์ ปุจฉาการ สุชา มั่นคงสมบูรณ์ กิติธร สรรพานิช และชุติวรรณ เดชสกุลวัฒนา. 2551ก. ความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำจากชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย: จังหวัดจันทบุรีและตราด. รายงานการวิจัย ทุนอุตสาหกรรมวิจัย งบประมาณแผ่นดิน 2549. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 75 หน้า.
- สุเมตต์ ปุจฉาการ สุชา มั่นคงสมบูรณ์ กิติธร สรรพานิช และชุติวรรณ เดชสกุลวัฒนา. 2551ข. ความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำจากชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย: จังหวัดชลบุรีและระยอง. รายงานการวิจัย ทุนอุตสาหกรรมวิจัย งบประมาณแผ่นดิน 2548. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 74 หน้า.
- APHA. 1992. *Standard Methods for the Examination of water and wastewater (17th) ed.* American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation Washington.
- Bauman, J. W., Liu, J. and Klaassen, C. D. (1993). Production of metallothionein and heat-shock proteins in response to metals. *Fundamental and Applied Toxicology* 21, 15-22.

- Ganguly, S., Taioli, E., Baranski, B. Cohen, B., Toniolo, P. And Garte, S. J. (1996). Human metallothionein gene expression determined by quantitative reverse transcription-polymerase chain reaction as a biomarker of cadmium exposure. *Cancer Epidemiology, Biomarker and Prevention* 5, 297-301.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M., and Kremling, K. 1983. Method of seawater analysis. 2nd ed. Rev. and Extended ed. Weinheim: Verlag Chemic of Germany.
- Hansen, I. V., Weeks, J. W. and Depledge, M. H. (1995). Accumulation of copper, zinc, cadmium and chromium by the marine sponge *Halichondria panicea* Pallas and the implications for biomonitoring. *Marine Pollution Bulletin* 31, 133-138.
- Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics*. San Diego: Academic Press.
- Huizenga, D.L. 1981. *The cobalt-APDC coprecipitation technique for the preconcentration of trace metal sample*. Rhode Island: Graduate school of oceanography, University of Rhode Island.
- Loring, D.H. and Rantala, R.T.T. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth Sci. Rev.* 32: 235-283.
- Müller, W. E. G. and Müller, I. 1998. Sponge cells and tissue *in vitro*: useful biomarkers of aquatic pollution. In: Wells, P. G., Lee, K. and Blaise, C. (Eds.), *Microscale aquatic toxicology-advances, techniques and practice*. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 97-112.
- Pan, K., Lee, O.O., Qian, P. and Wang, W. 2011. Sponges and sediments as monitoring tools of metal contamination in the eastern coast of the Red Sea, Saudi Arabia. *Marine Pollution Bulletin* 62(2011) 1140-1146.
- Pérez, et al., 2005. Effects of 12 years' operation of a sewage treatment plant on trace metal occurrence within a Mediterranean commercial sponge (*Spongia officinalis*, Demospongiae) *Mar. Pollut. Bull.* 50.301-309
- PCD (Pollution Control Department). 2006. *Proposed marine and coastal sediment quality guidelines*. Pollution Control Department, Bangkok.
- Pujol, E.C. 2007. *Sublethal effects of metal contamination on marine sponges: responses at different biological levels*. Tesi doctor of Universitat de Barcelona.
- Quémerais, B. and Cossa, D. 1997. Procedures for sampling and analysis of mercury in natural waters. Environment Canada – Quebec Region, Environmental

- Conservation, St. Lawrence Centre. *Scientific and Technical Report ST-31E*, 34 p.
- Sheldrick, B.H. and Wang, C. 1993. Particle size distribution. In: Carter, M.R. (ed.). *Soil sampling and methods of analysis*. Canadian Society of Soil Science. Boca Raton: Lewis Publishers. p. 499-511.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972 *A practical handbook of seawater analysis*. Ottawa: Fisheries research board of Canada
- Sará, M. and Vacelet, J. 1973. Ecologie des Démosponges, *Traité de Zoologie: Spongiaires*. In: Grassé, P. P. (Ed.), *Tome III (1)*. Masson, Paris, pp. 462-576.
- Thongra-ar, W., Musika, C., Wongsudawan, W. and Munhapol, A. 2008. Heavy metals contamination in sediments along the Eastern Coast of the Gulf of Thailand. *EnvironmentAsia*. 1: 37-45.
- Turekian, K.K. and Wedepohl, K.H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geological Society of America*, 72:175-192.
- Venkateswara Rao, J., Kavitha, P., Chakra Reddy, N. and Gnaneshwar Rao, T. 2006. *Petrosia testudinaria* as a biomarker for metal contamination at Gulf of Mannar, southeast coast of India. *Chemosphere*, 65, 634-638.
- Venkateswara Rao, J., Srikanth, K., Pallela, R. and Gnaneshwar Rao, T. 2009. The use of marine sponge, *Haliclona tenuiramosa* as bioindicator to monitor heavy metal pollution in the coasts of Gulf of Mannar, India. *Environ Monit Assess*. 156:451-459.
- Verdenal, B., Diana, C., Arnoux, A. and Vacelet, J. 1990. Pollutant levels in Mediterranean commercial sponges. In: Rützler, K. (Ed.), *New perspectives in sponge biology*. Smithsonian Institute Press, Washington, DC, pp. 516-524.
- Vogel, S. 1977. Current-induced flow through living sponges in nature. *Proceedings of National Academy of Science of the USA* 74, 2069-2071.
- Wagner, C., Steffen, R., Koziol, C., Batel, R., Lacorn, M., Steinhart, H., Simat, T. & Müller, W.E.G. 1998. Apoptosis in marine sponges: a biomarker for environmental stress (cadmium and bacteria) *Marine Biology*, 131: 411-421.
- Waldichuk, M. 1985. Biological availability of metals to marine organisms. *Mar. Pollut. Bull.* 16: 7-11.

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก1 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในน้ำทะเล (n=3) ของแต่ละสถานี ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557

Date	Station	Heavy metal (µg/L)						
		Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
Jan. 2014	RC 1	0.014±0.004	0.396±0.117	14.4±3.70	<0.1	0.390±0.160	0.189±0.105	0.572±0.228
	RC 2	0.013±0.001	0.308±0.038	2.27±0.77	<0.1	0.232±0.025	0.116±0.034	<0.25
	RC 3	0.011±0.002	0.345±0.041	3.18±0.48	0.384±0.064	0.239±0.030	0.118±0.023	0.545±0.182
	RI 1	0.009±0.000	0.483±0.045	9.69±2.11	0.330±0.069	0.331±0.015	0.158±0.020	<0.25
	RI 2	0.008±0.001	0.416±0.022	8.55±0.48	0.279±0.029	0.342±0.014	0.120±0.048	0.829±0.160
	CHI 1	0.009±0.001	0.248±0.052	8.34±1.48	0.197±0.030	0.226±0.009	0.103±0.049	0.337±0.115
	CHI 2*	-	-	-	-	-	-	-
Oct. 2014	RC 1	0.008±0.001	0.296±0.059	0.56±0.10	<0.1	0.527±0.523	0.150±0.069	<0.25
	RC 2	0.010±0.003	0.286±0.019	2.57±0.28	<0.1	0.218±0.004	0.044±0.017	0.731±0.594
	RC 3	0.008±0.002	0.290±0.015	2.27±0.28	<0.1	0.226±0.010	<0.03	0.859±1.06
	RI 1	0.010±0.004	0.947±0.162	52.0±4.27	<0.1	0.388±0.009	0.230±0.080	1.76±1.14
	RI 2	0.008±0.001	0.757±0.039	56.2±6.59	<0.1	0.360±0.011	0.154±0.035	0.434±0.142
	CHI 1	0.009±0.003	0.307±0.061	5.23±1.34	<0.1	0.230±0.019	0.061±0.010	<0.25
	CHI 2	0.009±0.003	0.323±0.050	35.64±4.15	<0.1	0.254±0.014	0.093±0.029	<0.25
Dec. 2014	RC 1	0.008±0.001	0.256±0.005	3.98±0.08	<0.1	0.252±0.025	0.179±0.049	<0.25
	RC 2	0.008±0.001	0.270±0.032	3.95±0.35	<0.1	0.232±0.004	0.118±0.084	0.291±0.155
	RC 3	0.009±0.000	0.446±0.091	3.71±0.45	<0.1	0.228±0.002	0.192±0.126	<0.25
	RI 1	0.007±0.001	0.448±0.012	23.53±2.33	<0.1	0.375±0.007	0.165±0.021	0.573±0.393
	RI 2	0.006±0.000	0.574±0.038	20.82±2.35	<0.1	0.514±0.022	0.168±0.035	0.813±0.093
	CHI 1	0.008±0.000	0.300±0.016	9.13±0.97	<0.1	0.230±0.016	0.300±0.098	0.572±0.233
	CHI 2	0.008±0.001	0.257±0.013	9.24±0.12	<0.1	0.194±0.008	0.295±0.061	0.666±0.311

หมายเหตุ: * ทะเลมึลโคลนแรงไม่สามารถออกเรือเก็บตัวอย่างได้

ตารางที่ ก2 ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในดินตะกอน (n=3) ของแต่ละสถานี ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557

Date	Station	Heavy metal ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)						
		Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
Jan. 2014	RC 1	0.050±0.011	3.50±1.59	3690±2072	0.019±0.002	6.09±2.73	3.54±3.02	9.65±4.02
	RC 2	0.045±0.002	1.67±0.28	2150±692	0.009±0.002	4.35±0.40	6.59±1.59	5.69±1.62
	RC 3	0.043±0.008	0.87±0.19	1096±259	0.003±0.003	2.81±0.05	5.88±0.43	3.15±0.82
	RI 1	0.032±0.019	0.35±0.07	774±40	0.004±0.001	1.83±0.25	3.95±0.27	4.15±0.25
	RI 2	0.041±0.009	1.93±1.39	2073±947	0.016±0.012	4.19±1.03	14.0±6.83	16.2±8.22
	CHI 1	0.040±0.010	2.06±1.19	844±340	<0.003	3.66±0.60	2.00±0.40	15.8±11.5
	CHI 2*	-	-	-	-	-	-	-
Oct. 2014	RC 1	0.047±0.009	0.40±0.04	470±107	<0.003	2.71±0.84	3.16±0.79	3.37±3.31
	RC 2	0.056±0.030	0.72±0.20	1287±428	<0.003	2.29±0.36	7.21±3.27	8.12±6.49
	RC 3	0.042±0.005	0.58±0.68	1189±639	0.003±0.001	2.39±0.70	5.51±0.51	5.23±2.54
	RI 1	0.026±0.005	0.44±0.01	1378±297	0.004±0.002	1.05±0.05	7.99±1.65	7.53±0.83
	RI 2	0.018±0.006	0.35±0.02	1333±280	0.003±0.001	0.93±0.15	7.79±1.32	6.96±1.13
	CHI 1	0.063±0.024	2.40±1.03	1478±396	0.003±0.002	3.67±0.47	4.54±1.95	22.6±10.6
	CHI 2	0.147±0.045	8.04±1.94	1183±232	<0.003	7.30±1.08	47.2±49.9	65.6±23.0
Dec. 2014	RC 1	0.036±0.001	0.76±0.35	937±331	<0.003	2.01±0.68	4.60±1.51	2.62±1.09
	RC 2	0.034±0.004	<0.25	448±85	<0.003	1.55±0.39	4.32±0.71	<1.0
	RC 3	0.037±0.003	0.75±0.89	291±54	<0.003	1.48±0.12	3.23±0.35	<1.0
	RI 1	0.023±0.005	0.47±0.06	1005±96	0.003±0.005	1.61±0.11	6.12±0.58	5.32±0.85
	RI 2	0.024±0.003	0.87±0.24	1920±111	0.006±0.001	2.58±0.21	7.80±3.93	8.03±1.14
	CHI 1	0.043±0.024	1.78±1.51	889±453	0.007±0.003	2.81±0.92	5.26±3.73	23.1±25.7
	CHI 2	0.067±0.021	2.76±1.20	1804±247	0.005±0.003	4.78±0.82	6.64±2.78	26.5±16.2

หมายเหตุ: * ทะเลมึลโคลนลมแรงไม่สามารถออกเรือเก็บตัวอย่างได้

ตารางที่ ก3 โลหะหนักในฟองน้ำทะเล ของเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 แยกตามสถานีและชนิดของฟองน้ำ

Date	Station	Sponge Code	Heavy metal ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)						
			Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
Jan. 2014	RC 1	A010	0.236	10.2	689	0.018	7.04	0.475	37.2
		A015	0.515	4.83	134	0.055	28.7	0.164	22.0
		A017	0.098	5.73	157	0.011	7.46	0.366	103
	RC 2	A010	0.161	8.74	227	<0.007	9.27	0.267	23.9
		A014	0.627	7.39	221	0.025	14.6	0.208	29.6
		A015	0.319	3.83	118	0.030	22.2	0.137	21.2
		A017	0.105	4.55	175	<0.007	5.50	0.316	86.4
		A019	1.25	8.24	103	0.009	4.32	0.342	31.3
		A017	0.105	4.55	175	<0.007	5.50	0.316	86.4
	RC 3	A002	1.21	9.47	623	0.039	14.2	0.527	39.8
		A008	2.11	8.12	3303	0.049	4.82	1.07	54.0
		A009	1.26	5.62	1803	0.032	4.74	1.05	53.2
		A015	0.613	4.29	171	0.059	20.4	0.220	29.2
		A016	0.126	8.60	130	0.019	12.2	0.425	15.9
		A017	0.119	6.11	679	<0.007	4.68	0.374	91.5
		A029	1.26	7.49	834	0.018	6.36	0.762	239

ตารางที่ ก3 (ต่อ)

Date	Station	Marine Sponge	Heavy metal ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)						
			Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
	RI 1	A003	0.475	7.81	145	0.356	23.3	0.266	31.8
		A007	0.782	5.31	746	0.101	2.20	0.271	120
		A018	1.09	5.83	495	0.064	6.78	0.616	50.9
		A022	0.183	3.09	1149	0.020	10.2	1.45	111
	RI 2	A003	0.366	9.53	351	0.260	28.0	0.504	57.5
		A018	1.50	5.61	1420	0.045	13.0	1.12	64.4
	CHI 1	A001	0.135	5.02	1600	<0.007	3.66	0.621	74.1
		A002	0.392	8.26	2792	0.025	10.7	1.68	36.0
		A003	0.448	9.01	401	0.079	34.1	0.362	33.6
		A011	19.2	3.67	748	<0.007	5.47	0.470	84.6
A015		0.326	4.48	106	0.060	29.0	0.137	27.9	
A025		0.129	4.61	922.5	0.020	6.33	0.408	70.6	
Oct. 2014	RC 1	A014	0.793	7.35	164	0.043	14.7	0.43	14.1
		A015	0.559	5.23	333	0.102	11.9	0.19	15.5
		A017	0.059	5.46	184	0.014	5.46	0.24	28.0
		A021	0.178	2.73	722	0.008	4.97	0.61	5.27

ตารางที่ ก3 (ต่อ)

Date	Station	Marine Sponge	Heavy metal ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)						
			Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
	RC 2	A001	0.358	8.72	418	0.063	17.5	1.36	10.0
		A006	0.660	25.3	896	0.121	24.7	0.92	14.4
		A007	0.680	8.79	966	0.034	20.3	5.18	11.8
	RC 3	A014	0.501	9.03	207	0.076	15.2	0.43	10.3
		A015	0.463	4.55	160	0.075	14.6	0.18	14.1
	RI 1	A026	0.845	10.5	1242	0.091	14.7	1.45	219
	RI 2	A020	0.558	4.03	20.0	0.019	18.5	0.51	8.26
		A024	0.854	3.92	1339	0.019	10.0	4.03	10.7
	CHI 1	A001	0.289	10.2	529	0.017	20.6	0.420	7.44
		A015	0.198	7.00	176	0.031	32.9	0.281	6.73
		A017	0.047	4.51	162	<0.007	6.15	0.162	17.8
		A019	0.831	7.90	186	0.016	5.28	0.293	43.1
		A025	0.204	9.33	521	0.009	7.34	0.401	85.5
	CHI 2	A001	0.421	13.8	659	0.036	21.1	0.752	11.4
		A004	0.376	5.25	1093	0.008	11.6	10.9	7.78
		A006	0.391	28.5	937	0.070	40.3	1.40	42.6
		A012	4.63	19.3	946	0.007	8.40	2.14	73.5
		A017	0.068	5.02	387	0.016	5.22	0.558	33.0
		A019	1.15	16.3	510	0.016	5.16	0.774	55.6

ตารางที่ ก3 (ต่อ)

Date	Station	Marine Sponge	Heavy metal ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)						
			Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
Dec. 2014	RC 1	A001	0.494	6.21	812	0.054	24.5	1.25	46.2
		A013	0.165	10.9	768	0.069	41.9	1.74	27.0
		A014	0.334	7.32	101	0.066	15.5	0.999	597
		A015	0.363	5.91	316	0.091	19.2	0.310	14.6
		A017	0.053	5.56	78.3	0.013	11.4	0.302	26.2
		A019	3.25	13.2	334	0.055	17.3	0.317	34.9
		A021	0.161	2.81	373	0.022	8.01	0.658	21.7
		A022	0.365	3.85	808	0.029	20.6	1.83	11.7
	RC 2	A001	0.34	8.92	528	0.071	28.9	0.722	44.7
		A006	1.07	34.1	657	0.083	22.9	3.71	113
		A011	30.1	6.61	259	0.016	33.9	0.600	43.1
		A014	0.481	7.67	449	0.075	7.60	0.385	583
		A015	0.47	6.65	234	0.106	7.03	0.270	32.4
		A019	2.08	10.2	306	0.033	13.9	0.409	33.1
	RC 3	A015	0.37	5.35	482	0.090	16.2	0.158	51.6
		A016	0.11	9.92	667	0.043	8.31	0.566	35.3
		A017	0.05	4.74	505	0.021	29.6	0.304	19.6
		A030	1.44	6.15	1766	0.042	18.0	2.48	20.7

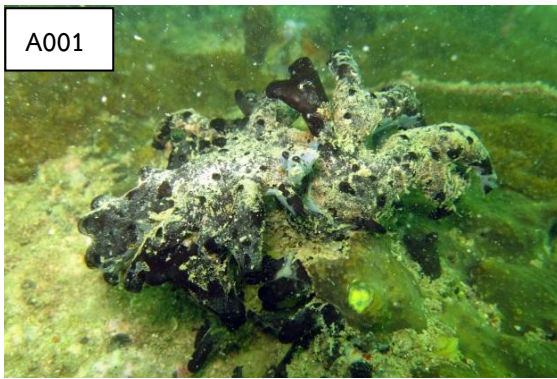
ตารางที่ ก3 (ต่อ)

Date	Station	Marine Sponge	Heavy metal ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)						
			Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
	RI 1	A003	0.354	11.6	809	0.227	41.9	1.53	57.7
		A006	0.443	72.3	2204	0.271	33.8	2.65	49.9
		A013	0.075	7.97	649	0.076	25.1	2.63	51.9
		A018	1.29	7.28	606	0.066	9.73	0.431	122
		A026	1.47	15.4	1176	0.085	14.9	1.53	34.8
		A028	0.071	10.4	907	0.044	13.8	1.21	62.8
		A031	0.123	9.64	1736	0.076	8.63	1.21	49.9
	RI 2	A003	0.459	10.8	509	0.703	35.2	0.525	18.7
		A022	0.130	4.97	905	0.068	36.0	2.44	35.8
	CHI 1	A001	0.277	15.8	1783	0.058	16.8	1.23	19.4
		A015	0.193	8.05	1140	0.072	29.3	0.606	6.6
		A019	1.39	10.5	611	0.032	8.41	0.518	39.3
		A025	0.145	7.62	1855	0.016	16.1	0.626	110
	CHI 2	A001	0.229	8.89	1956	0.045	21.0	1.12	48.6
		A004	0.329	5.50	2677	0.013	20.8	3.34	53.5
		A005	2.11	23.0	396	0.100	42.7	0.391	40.0
		A012	17.9	22.4	1812	0.028	15.2	0.796	142
		A015	0.200	8.48	507	0.062	36.6	0.212	20.6

ตารางที่ ก3 (ต่อ)

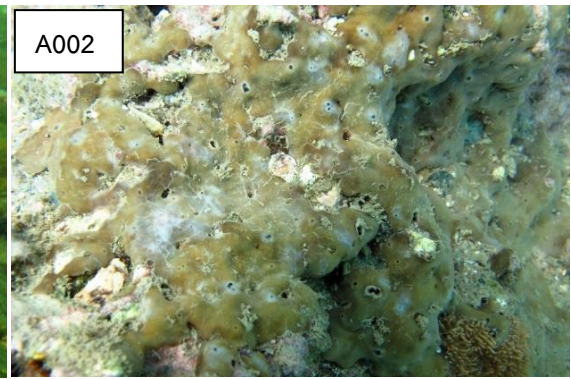
Date	Station	Marine Sponge	Heavy metal ($\mu\text{g/g}$ dry wt.)						
			Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
		A017	0.179	7.22	389	0.017	10.5	0.630	54.4
		A019	1.67	15.6	616	0.028	9.80	0.574	136
		A023	0.724	3.67	556	0.012	22.2	0.374	61.2
		A025	0.142	6.95	472	0.027	8.11	0.299	163
		A027	0.919	21.3	1272	0.099	33.4	1.41	48.6

ภาคผนวก ข



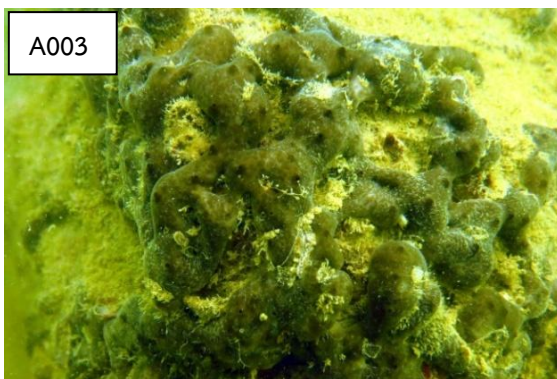
A001

ฟองน้ำตันไม้สีดำ *Penares nux* (de Laubenfels,
1954)



A002

ฟองน้ำหนังสีน้ำตาล *Chondrilla australiensis*
(Carter, 1873)



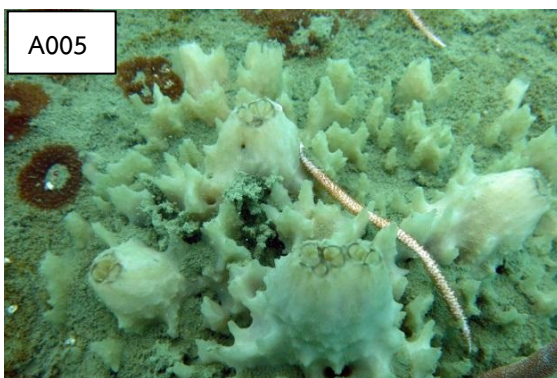
A003

ฟองน้ำหนังสีน้ำตาลลาย *Chondrosia reticulata* (Carter,
1886)



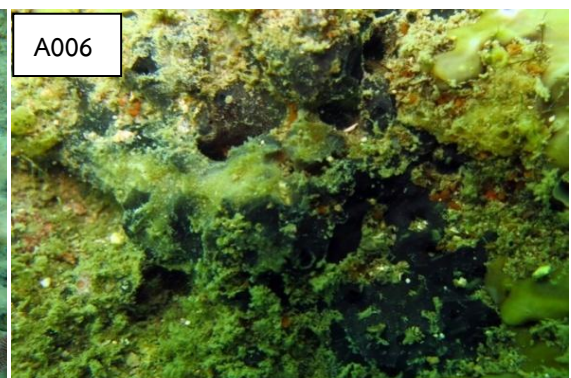
A004

ฟองน้ำหนามสีชมพู *Dysidea arenaria* Bergquist,
1965



A005

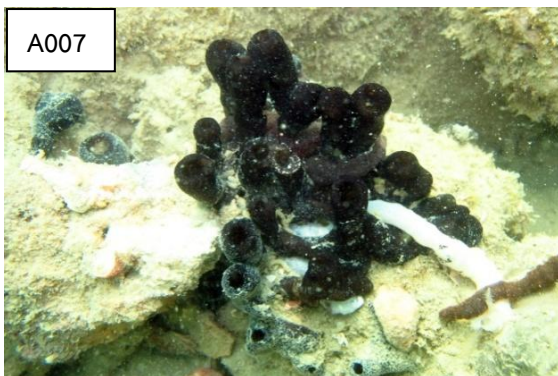
ฟองน้ำยัดหูสีขาว *Ircinia mutans* (Wilson, 1925)



A006

ฟองน้ำยัดหูสีดำ *Cacospongia* sp. "black"

ภาพที่ ข1 ภาพถ่ายใต้น้ำของฟองน้ำทะเลบางชนิดที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2557
(รหัส A001 ถึง A027 คือ ตัวอย่างฟองน้ำทะเลที่นำมาวิเคราะห์โลหะหนัก)



A007

ฟองน้ำแจกันสีดำ *Haliclona* sp. "black"

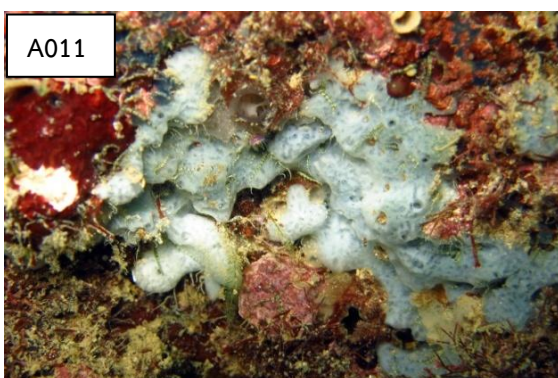
A008

ฟองน้ำท่อสีเทา *Chalinula* sp. "black"

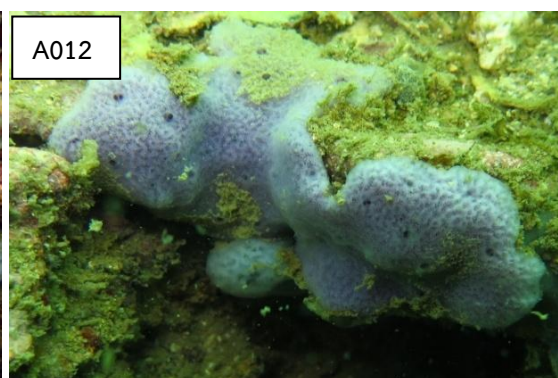
A009

ฟองน้ำท่อสีเหลือง *Chalinula* sp. "yellow"

A010

ฟองน้ำเคลือบหนามสีชมพู *Dasychalina fragilis*
Ridley & Dendy, 1886

A011

ฟองน้ำเคลือบสีฟ้า *Gelliodes petrosioides* Dendy,
1905

A012

ฟองน้ำเคลือบสีม่วง *Gelliodes* sp. "purple"

ภาพที่ ข1 (ต่อ)



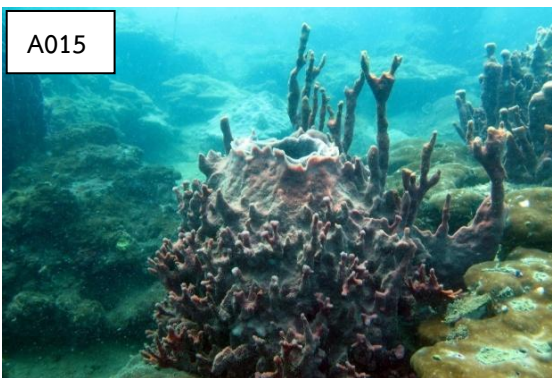
A013

ฟองน้ำท่อพุ่มสีแดง *Oceanapia sagittaria* (Sollas, 1902)



A014

ฟองน้ำสีน้ำตาล *Neopetrosia exigua* (Kirkpatrick, 1900)



A015

ฟองน้ำครก *Petrosia (Petrosia) sp. "vase"*



A016

ฟองน้ำเคลือบแข็งสีม่วง *Xestospongia sp. "purple"*



A017

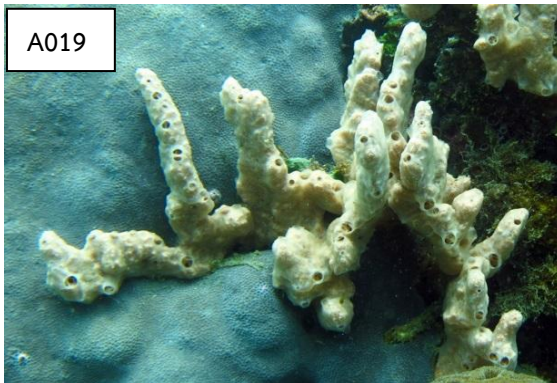
ฟองน้ำสีน้ำเงิน *Neopetrosia sp. "blue"*



A018

ฟองน้ำลูกบอล *Tethya aff. robusta* Bowerbank, 1872

ภาพที่ ข1 (ต่อ)



A019

ฟองน้ำเชือก *Clathria (Thalysias) reinwardti*
Vosmaer, 1880



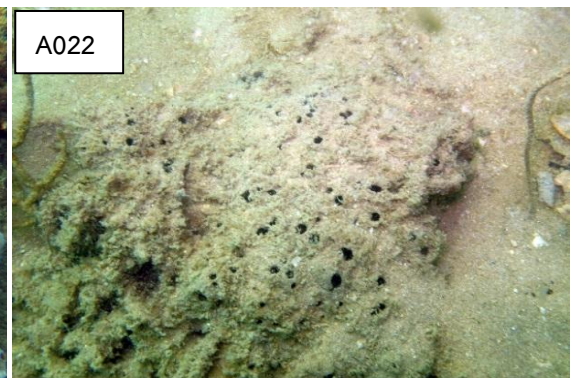
A020

ฟองน้ำฝิ่งตัวสีแดง *Mycale (Mycale) grandis* Gray,
1867



A021

ฟองน้ำสีส้มหม่น *Desmapsamma vervoorti* van
Soest, 1997



A022

ฟองน้ำไฟ *Biemna fortis* (Topsent, 1897)



A023

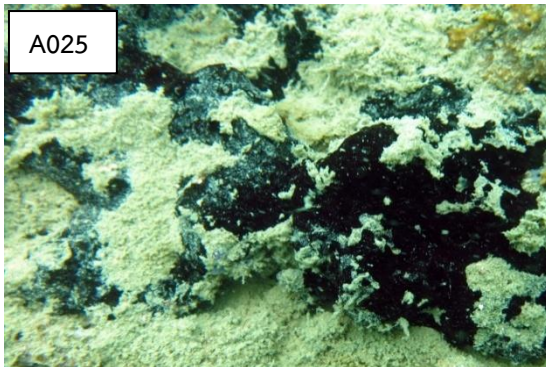
ฟองน้ำกระชาย *Coelocarteria singaporensis*
(Carter, 1883)



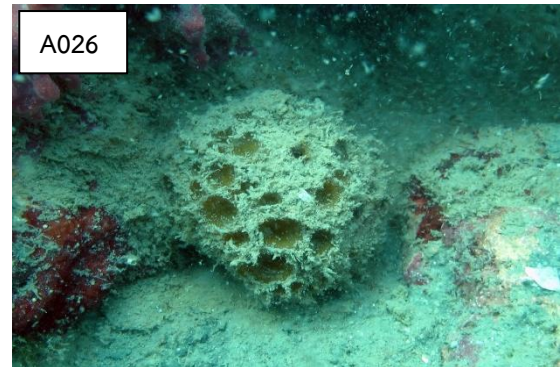
A024

ฟองน้ำสีเทา *Mycale (Zygomycale) parishii*
(Bowerbank, 1875)

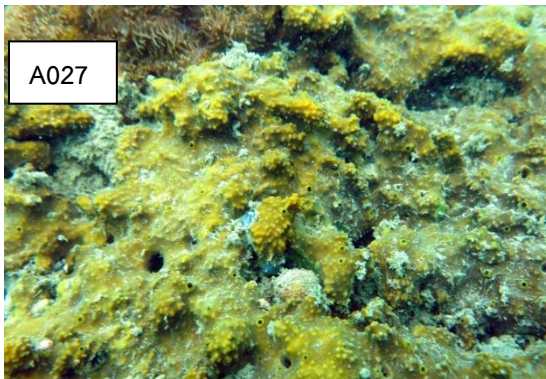
ภาพที่ ข1 (ต่อ)



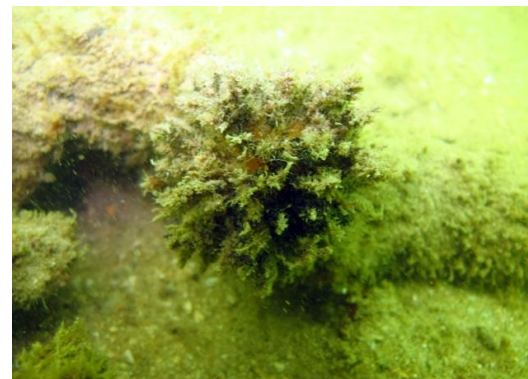
ฟองน้ำสีดำเมือกม้วน *Ictochota baculifera* Ridley,
1884



ฟองน้ำลูกกอล์ฟ *Paratetilla bacca* (Selenka, 1867)



ฟองน้ำเปลี่ยนสี *Pseudoceratina purpurea*
(Carter, 1880)



ฟองน้ำลูกกอล์ฟพนาม, *Paratetilla abracadabra*



ฟองน้ำเคลือบบางสีน้ำเงิน, *Terpios granulose*



ฟองน้ำเคลือบบางสีส้ม, *Clathria (Microciona)* sp.

ภาพที่ ข1 (ต่อ)



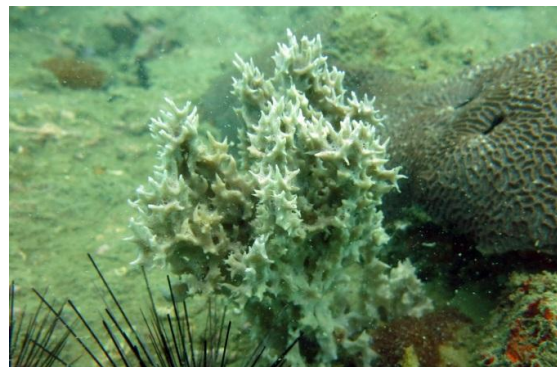
ฟองน้ำเคลือบหนามสีส้ม, *Thrinacophora incrustans*



ฟองน้ำผิวขรุขระ, *Stylissamassa*



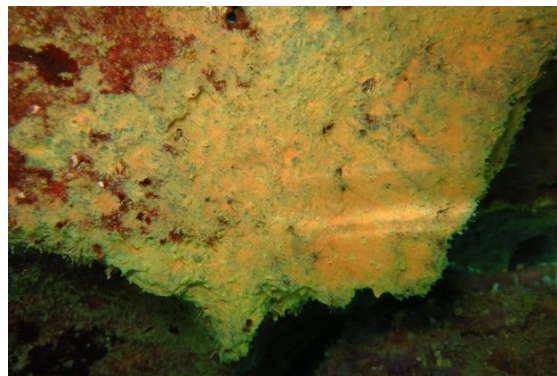
ฟองน้ำสีเทาเขียว, *Amorphinopsis excavan*



ฟองน้ำหนามสีเทา, *Callyspongia joubini*



ฟองน้ำเคลือบสีม่วง, *Haliclona* sp. "purple"

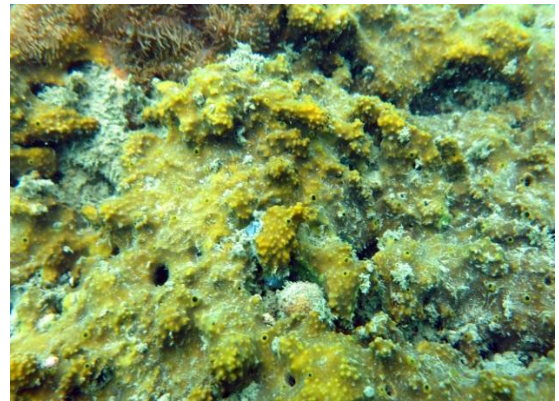


ฟองน้ำเคลือบบางสีส้ม, *Hexadella purpurea*

ภาพที่ ข1 (ต่อ)



ฟองน้ำเคลือบสีชมพู, *Aplysilla* aff. *Rosea*



ฟองน้ำเปลี่ยนสี, *Pseudoceratina purpurea*

ภาพที่ ข1 (ต่อ)