



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเล  
ภาคตะวันออกของไทย (ปีที่ 1)

Monitoring of Heavy Metals Accumulation in Marine Sponges in  
the Eastern Coast of the Gulf of Thailand

### ภายใต้แผนงานวิจัยเรื่อง

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

ฉลวย มุสิกะ

วันชัย วงศ์ดาวรรณ

อาวุธ หมั่นหาผล

แหวตตา ทองระอา

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล  
(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยบูรพา

## การติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย

ฉลวย มุสิกะ วันชัย วงศ์ดาวรรณ อารุช หมั่นหาผล และแววตา ทองระอา  
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

### บทคัดย่อ

การศึกษาการสะสมโลหะหนักของฟองน้ำทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยเก็บตัวอย่างฟองน้ำจากหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง และหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี จำนวน 7 สถานี ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 ได้ตัวอย่างฟองน้ำ 31 ชนิด รวมทั้งสิ้น 91 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์โลหะหนัก 7 ชนิด ได้แก่ Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb และ Zn ด้วยเทคนิค atomic absorption spectrophotometry ผลการศึกษาพบว่า ฟองน้ำมีการสะสม Cd, Cu, Hg, Ni และ Zn ไว้ได้มากกว่าความเข้มข้นของโลหะหนักดังกล่าวที่มีอยู่ในน้ำทะเลและในดินตะกอน ยกเว้น Fe และ Pb ซึ่งพบในดินตะกอนมากกว่าในฟองน้ำ และยังพบว่าในบริเวณเดียวกัน ฟองน้ำต่างชนิดกันมีการสะสมโลหะหนักได้ต่างกันด้วย โดยฟองน้ำที่อาจจะใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักได้ดีในบริเวณหมู่เกาะมัน และเกาะสีชัง คือ *Petrosia (Petrosia) sp.* และบริเวณเกาะสะเก็ด คือ *Chondrosia reticulate* (Carter) เพราะเป็นฟองน้ำชนิดเด่นในพื้นที่ แต่อย่างไรก็ตามควรจะได้มีการศึกษาในลักษณะนี้ซ้ำอย่างต่อเนื่องทั้งในบริเวณนี้ และบริเวณอื่นๆ ด้วย เพื่อเป็นการยืนยันผลและให้ได้ข้อมูลมากขึ้น เนื่องจากเป็นองค์ความรู้ที่ไม่พบว่ามีกรายงานมาก่อนในประเทศไทย

**คำสำคัญ:** โลหะหนัก / ฟองน้ำทะเล / น้ำทะเล / ดินตะกอน

# Monitoring of Heavy Metals Accumulation in Marine Sponges in the Eastern Coast of the Gulf of Thailand

Chaluay Musika, Wanchai Wongsudawan, Arvut Munhapon and Waewtaa Thongra-ar  
Institute of Marine Science, Burapha University, Chon Buri 20131

## Abstract

Accumulation of heavy metals in marine sponges was studied in the eastern coast of the gulf of Thailand. The samples were collected from 7 stations at Ko Mun and Ko Saket in Rayong provinces and Ko Si Chang in Chonburi provinces in January, October and December 2014. Seven heavy metals (Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb and Zn) were analyzed in 31 species of marine sponges (a total of 91 samples) by using atomic absorption spectrophotometry technique. 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 marine sponges. In the same area, different species of marine sponges can accumulate heavy metals at different concentrations. 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:** heavy metal, marine sponge, seawater, sediment

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญภาพ	ii
สารบัญตาราง	iv
บทนำ	1
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
วิธีดำเนินการวิจัย	6
พื้นที่สถานีศึกษา	6
การเก็บและรักษาตัวอย่าง	7
การวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่าง	9
การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์โลหะหนัก	10
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	12
คุณภาพสิ่งแวดล้อมบางประการในพื้นที่ศึกษา	12
การสะสมโลหะหนักในน้ำทะเล	15
การสะสมโลหะหนักในดินตะกอน	17
การสะสมโลหะหนักในฟองน้ำทะเล	19
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก ก	51
ภาคผนวก ข	62
ประวัตินักวิจัย	68

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ศึกษา	6
2	พารามิเตอร์และวิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล	8
3	ผลการวิเคราะห์น้ำทะเลมาตรฐาน (Seawater reference material for trace metals; NASS-6)	11
4	ผลการวิเคราะห์ดินตะกอนทะเลมาตรฐาน (Marine sediment certified reference material for trace metals and other constituents; PACS-3)	11
5	ค่า method detection limit (MDL) ของโลหะหนักในน้ำทะเล ฟองน้ำทะเล และดินตะกอน	11
6	ค่าทางสถิติของโลหะหนักในน้ำทะเล n=20 (เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557) และค่ามาตรฐานโลหะหนักในน้ำทะเล	15
7	ค่าทางสถิติของโลหะหนักในดินตะกอน n=20 (เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557) และค่ามาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอน	19
8	รายชื่อชนิดของฟองน้ำ และรหัส (Code) ที่ใช้ในการศึกษา	20
9	ชนิดของฟองน้ำ (Code) และสถานีที่เก็บตัวอย่าง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557	22
10	ค่าทางสถิติของโลหะหนักในฟองน้ำ n=91 (เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557)	25
11	<b>5 อันดับความเข้มข้นโลหะหนักต่ำสุด สูงสุด ชนิดฟองน้ำ สถานี และเวลาที่พบ</b>	25
12	เปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียม และทองแดง ในส่วนของน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานีเดียวกัน	28
13	เปรียบเทียบความเข้มข้นของเหล็ก และปรอท ในส่วนของน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานีเดียวกัน	31
14	เปรียบเทียบความเข้มข้นของนิเกิล และตะกั่ว ในส่วนของน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานีเดียวกัน	34
15	เปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสี ในส่วนของน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในช่วงเวลาและสถานีเดียวกัน	37

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก1	คุณภาพน้ำทะเลบางประการ ในแต่ละสถานี ของเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557	52
ก2	คุณสมบัติบางประการของดินตะกอน ในแต่ละสถานี ของเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557	53
ก3	ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในน้ำทะเล (n=3) ของแต่ละสถานี ในเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557	54
ก4	ค่าเฉลี่ยโลหะหนักในดินตะกอน (n=3) ของแต่ละสถานี ในเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557	55
ก5	โลหะหนักในฟองน้ำทะเล ของเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557 แยกตามสถานีและชนิดของฟองน้ำ	56

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณหมู่เกาะสีซัง จ.ชลบุรี หมู่เกาะมันและเกาะสะเก็ด จ.ระยอง	7
2	เปรียบเทียบค่าความลึก อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย และสารแขวนลอย ของน้ำทะเลระหว่างสถานีและเวลาศึกษาที่ต่างกัน	13
3	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอนุภาคดินตะกอนแต่ละชนิดระหว่างสถานีศึกษา	14
4	เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน ระหว่าง สถานีและเวลาศึกษาที่ต่างกัน	14
5	เปรียบเทียบความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในน้ำทะเล ระหว่างสถานีและเวลาที่ต่างกัน	16
6	เปรียบเทียบความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในดินตะกอน ระหว่างสถานีและเวลาที่ต่างกัน	18
7	เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ (ชนิด ของฟองน้ำที่เกาะมันและเกาะสีซัง คือ <i>Petrosia</i> sp. และที่เกาะสะเก็ด คือ <i>Chondrosia reticulate</i> )	41
8	เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ (ชนิด ของฟองน้ำที่เกาะมันและเกาะสีซัง คือ <i>Neopetrosia</i> sp. "blue" และที่เกาะ สะเก็ด คือ <i>Chondrosia reticulate</i> )	43
9	เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ <i>Petrosia</i> sp. บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี	44
10	เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ <i>Chondrosia reticulate</i> บริเวณเขตเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง	44
ข1	ภาพถ่ายใต้น้ำของฟองน้ำทะเลที่นำมาวิเคราะห์โลหะหนัก	63

รหัสโครงการ 2557A10803011

สัญญาเลขที่ 138/2557

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก  
ของไทย (ปีที่ 1)

Monitoring of Heavy Metals Accumulation in Marine Sponges in the Eastern  
Coast of the Gulf of Thailand

### ภายใต้แผนงานวิจัยเรื่อง

ฟองน้ำทะเล: ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่เป็นทางเลือกใหม่ในการใช้ตรวจติดตามมลพิษจาก  
โลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย

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

ฉลวย มุสิกะ

วันชัย วงสุดาวรรณ

อาวุธ หมั่นหาผล

แววตา ทองระอา

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

สิงหาคม พ.ศ. 2558



## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 138/2557 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรของมหาวิทยาลัยทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือ แนะนำ อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติทุกขั้นตอน งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี และขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ในการอนุเคราะห์เรือยนต์และบุคลากรร่วมสำรวจและเก็บตัวอย่างฟองน้ำ และการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยที่อนุญาตให้เข้าพื้นที่บริเวณเกาะสะเก็ดเพื่อเก็บตัวอย่าง มา ณ โอกาสนี้

## บทนำ

ตลอดแนวชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทยความยาวประมาณ 500 กิโลเมตร มีการใช้ประโยชน์เพื่อเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย การเกษตรกรรม การประมง การเพาะเลี้ยง การท่องเที่ยว และการอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการทำอุตสาหกรรม จังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยองได้ถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่การผลิตภาคอุตสาหกรรมขนาดกลาง ขนาดย่อม และท่าเรือน้ำลึก (นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง) จนถึงอุตสาหกรรมหนักของประเทศ (นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 หลังจากนั้นเป็นต้นมาการทำอุตสาหกรรมและการขนส่งในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกก็ได้รับการพัฒนาจนเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง กระทั่งปัจจุบันเกิดนิคมอุตสาหกรรม ศูนย์อุตสาหกรรมอื่นๆ ตามมาอีกมากมาย เช่น นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร นิคมอุตสาหกรรมชลบุรี นิคมอุตสาหกรรมปิ่นทอง นิคมอุตสาหกรรมพานทองเกษม นิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก นิคมอุตสาหกรรมผาแดง นิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด นิคมอุตสาหกรรมท่าเรือ เอเชีย เทอร์มินัส เป็นต้น ทำให้เมืองมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลายลง เกิดผลพลอยได้ที่ไม่มีทางหลีกเลี่ยงตามมา คือ ขยะเสียหรือสารมลพิษจำนวนมากถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมรวมทั้งในทะเล จนบางครั้งทำให้น้ำทะเลเสื่อมโทรม เช่น ในปี พ.ศ. 2547-2551 จากการศึกษาของฉลวย มุสิกะ และคณะ (2548) ฉลวย มุสิกะ และคณะ (2552) แววดา ทองระอา และคณะ (2549) พบว่าสารฟอสเฟต ไนเตรท โปรท เหล็ก สังกะสี และทองแดงในน้ำทะเลมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

ในบรรดาสารมลพิษทั้งหลายที่ถูกปล่อยลงสู่ทะเล โลหะหนักเป็นสารกลุ่มหนึ่งที่นักวิจัยให้ความสนใจศึกษากัน เพราะโลหะหนักเป็นวัตถุอันตรายหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม เป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง มีความคงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ด้วยกระบวนการทางธรรมชาติ จึงถูกสะสมอยู่ในน้ำ ดิน และสิ่งมีชีวิต โลหะหนักบางชนิด เช่น เหล็ก ทองแดง และสังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต (essential element) แต่ก็ยังเป็นพิษได้เช่นกันถ้ามีมากเกินไป และโลหะหนักบางชนิด ได้แก่ โปรท แคดเมียม และตะกั่ว นอกจากไม่พบว่ามีประโยชน์ใดๆต่อสิ่งมีชีวิตแล้วยังมีความเป็นพิษสูงอีกด้วย โลหะหนักในสิ่งแวดล้อมสามารถเปลี่ยนแปลงสถานะได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมเป็นตัวกำหนด และสามารถถ่ายทอดสู่ผู้บริโภคได้ตามห่วงโซ่อาหาร ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภคลำดับสุดท้ายอย่างมนุษย์เราได้รับอันตรายจากพิษของมันได้ ดังเช่นที่เคยเกิดขึ้นแล้วในประเทศญี่ปุ่น คือ โรคอิไต-อิไต จากพิษของแคดเมียม และโรคมินามาตะ จากพิษของโปรท เนื่องจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีโลหะหนักดังกล่าวสะสมอยู่ การปนเปื้อนโลหะหนักในทะเล ส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่ทะเล เนื่องจากโลหะหนักหลายชนิดได้ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรม และการเกษตร เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น พลาสติก พีวีซี ถ่านไฟฉาย สี ยาฆ่าแมลง และปุ๋ย เป็นต้น จนบางครั้งพบโลหะหนัก เช่น โปรท เหล็ก สังกะสี และทองแดง ในน้ำทะเลและดินตะกอนบริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน (ฉลวย มุสิกะ และคณะ, 2552; แววดา ทองระอา และคณะ, 2549) นอกจากนี้ แววดา ทองระอา และคณะ (2552) ยังพบว่าสัตว์น้ำจำพวกกุ้ง

กึ่ง ปู หอย และหมีกบางตัวมีการสะสมทองแดง แคดเมียม และสังกะสีไว้ในตัวสูงเกินค่ามาตรฐานด้วย แต่อย่างไรก็ตามการใช้โลหะหนักในน้ำทะเลหรือในดินตะกอนเพื่อบ่งชี้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ทำอยู่ปัจจุบัน อาจจะไม่เหมาะสมนัก เพราะปริมาณโลหะที่ได้นั้นอยู่ในรูปรวมทั้งหมด (total form) ซึ่งบางรูปไม่ก่อให้เกิดผลกระทบ มีเพียงในรูปของ “bioavailable form” เท่านั้น ที่สิ่งมีชีวิตสามารถรับเข้าสู่ร่างกาย และทำให้เกิดพิษ หรือสะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ได้ (Waldichuk, 1985) นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทำได้ยาก (ความเข้มข้นต่ำโอกาสปนเปื้อนหรือสูญหายจึงสูง) อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง การไหลบ่าของน้ำจืด ฤดูกาล และคุณสมบัติของดินตะกอน (Pujol, 2007) ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนโลหะหนักในทะเลได้ ซึ่งสัตว์ที่เหมาะสมควรจะเป็นพวกทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้สูง อายุยืน และไม่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ได้น้อย เช่น หอย เพรียง ฟองน้ำ เป็นต้น ซึ่งจากการค้นคว้า พบว่าในต่างประเทศนิยมใช้ฟองน้ำ (Carballo, et. al, 1996; Pan, et. al, 2011; Venkateswara Rao, et. al, 2006; Venkateswara Rao, et. al, 2009) เพราะฟองน้ำเป็นสิ่งมีชีวิตที่เกาะติดอยู่กับที่ กินอาหารโดยการกรองผ่านลำตัว ทำให้ฟองน้ำสามารถรับสารมลพิษต่างๆ รวมถึงโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำทะเลไว้ในร่างกายได้ (Verdenal, et al., 1990) อีกทั้งฟองน้ำเป็นสัตว์ที่พบได้ทั่วไปบริเวณชายฝั่งทะเล มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม มีอายุยืนยาว ไม่ค่อยมีศัตรู ในขณะที่หอยสองฝา ถึงแม้จะอยู่กับที่ แต่ก็มักจะมีศัตรูรบกวนเนื่องจากมันเป็นอาหารของมนุษย์ และมีช่วงชีวิตที่สั้นกว่า ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการสะสมของโลหะหนักบางชนิดในฟองน้ำทะเล ซึ่งจะเป็นองค์ความรู้ใหม่ของประเทศไทยเพราะปัจจุบันยังไม่พบรายงานการศึกษาเรื่องนี้ในประเทศไทย

### วัตถุประสงค์

1. ตรวจสอบติดตามปริมาณการสะสมโลหะหนักบางชนิดในฟองน้ำทะเลตามธรรมชาติ บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก
2. ตรวจสอบติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ได้แก่ โลหะหนักในน้ำทะเล โลหะหนักในดินตะกอน คุณสมบัติบางประการของดินตะกอนและน้ำทะเล ในบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยของฟองน้ำ
3. ประเมินผลประสิทธิภาพการสะสมโลหะหนักของฟองน้ำทะเลแต่ละชนิด

### ขอบเขตการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา เขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ หมู่เกาะมัน เขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ หมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
2. ชนิดของโลหะหนักที่ศึกษา ได้แก่ แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe)ปรอท (Hg) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn)
3. ระยะเวลาที่ศึกษา 2 ปี คือ ตุลาคม พ.ศ. 2557 – กันยายน พ.ศ. 2559 (ปีนี้เป็นปีที่ 1) โดยเก็บตัวอย่างปีละ 3 ครั้ง

## กรอบแนวความคิดของงานวิจัย

กรอบแนวความคิดของการวิจัยครั้งนี้ คือ จะใช้ฟองน้ำ ซึ่งมีความหลากหลายของชนิดมาใช้ในการตรวจติดตามการปนเปื้อนของโลหะหนักในทะเลภาคตะวันออก เพื่อจะใช้เป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงผลกระทบจากการพัฒนาเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมในพื้นที่ดังกล่าวตามทฤษฎีหรือองค์ความรู้ที่มีการศึกษากันในต่างประเทศ ซึ่งประเทศไทยยังขาดข้อมูลและองค์ความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้อยู่มากทั้งที่ฟองน้ำสามารถพบได้ทั่วไปในทะเลไทยและมีความหลากหลายของชนิดค่อนข้างมาก ขณะเดียวกันสถานการณ์ทางสิ่งแวดล้อมทางทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาอันเป็นผลมาจากการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลอย่างต่อเนื่องจึงมีความจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาสิ่งมีชีวิตที่มีความเหมาะสมเพื่อใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพในการติดตามตรวจสอบสารมลพิษต่างๆ โดยสามารถสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาที่แท้จริงของ มลพิษทางทะเลในพื้นที่นั้น

## ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับ คือ องค์ความรู้ใหม่ของไทยเกี่ยวกับเรื่องของฟองน้ำทะเลกับความสามารถในการสะสมโลหะหนัก โดยการคาดหวังจะใช้ฟองน้ำทะเลเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการใช้ติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนโลหะหนักหรือสารมลพิษอื่นๆ ในสิ่งแวดล้อมทางทะเลแทนที่จะตรวจสอบในน้ำทะเล ดินตะกอน ซึ่งมักอยู่ในรูปรวมทั้งหมด (total form) หรือในสัตว์น้ำ (หอย ปู ปลา กุ้ง) ซึ่งก็มีอายุในสิ่งแวดล้อมสั้น เพราะจะถูกจับไปเป็นอาหาร ในขณะที่ฟองน้ำเป็นสัตว์ที่เกาะติด มีการกรองน้ำผ่านตัวตลอดเวลา คัดรูน้อย โอกาสที่โลหะหนักหรือสารมลพิษอื่นถูกสะสมในตัวจึงมีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูง โดยคาดว่าจะมีหน่วยงานที่สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

1. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อเป็นฐานข้อมูลและองค์ความรู้ใหม่ในการพัฒนางานวิจัยในระดับที่สูงขึ้น และการให้บริการข้อมูลกับหน่วยงานอื่นๆ
2. หน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีหน้าที่ในการกำหนดนโยบาย และการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม เช่น สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ กรมเจ้าท่า การนิคมอุตสาหกรรม และหน่วยงานท้องถิ่น เป็นต้น สามารถใช้อ้างอิงหรือสนับสนุนการดำเนินงานทางด้านสิ่งแวดล้อม
3. สถาบันการศึกษาต่างๆ ใช้ประกอบการเรียนการสอน และต่อยอดการทำวิจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม
4. หน่วยงานระดับท้องถิ่น เช่น องค์การบริหารส่วนตำบลและชุมชนสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการอ้างอิงเพื่อสร้างจิตสำนึกและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้กับประชาชน

## การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ฟองน้ำ นักชีววิทยาทางทะเลจัดฟองน้ำเป็นสัตว์ทะเลชั้นต่ำ เพราะโครงสร้างของร่างกายเป็นการเรียงตัวกันของเซลล์แบบง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อน ไม่มีกระดูกสันหลัง ไม่มีสมอง ไม่มีกล้ามเนื้อที่แท้จริง ไม่มีอวัยวะอย่างที่มีสัตว์ทั่วไปส่วนใหญ่ที่พัฒนาแล้วควรมี ลำตัวอ่อนนุ่มเป็นรูพรุน แต่ฟองน้ำก็สามารถอยู่คู่ท้องทะเลมาเนิ่นนานจนสัตว์ที่มีพัฒนาการกว่ามันหลายชนิดสูญพันธุ์ไปแล้วแต่ฟองน้ำก็ยังอยู่มาได้จนถึงวันนี้และไม่มีท่าทีจะสูญพันธุ์ไปท้องทะเลและจากโลก ฟองน้ำสามารถสร้างสารชีวเคมีที่ใช้ป้องกันไม่ให้สัตว์อื่นกินมันเป็นอาหารหรือแทรกเข้ามาเติบโตในเนื้อเยื่อได้ แต่ก็ไม่สามารถป้องกันหากทะเลซึ่งกินฟองน้ำเป็นอาหารแล้วยังสามารถจะสกัดเอาสารพิษจากฟองน้ำไปป้องกันตัวเองไม่ให้ตกเป็นเหยื่อของสัตว์อื่นได้อีกด้วย (ผู้จัดการออนไลน์, 2547) แหล่งที่อยู่อาศัยของฟองน้ำ พบได้ทั่วไปตามชายฝั่งทะเล ทั้งหาดหิน หาดทราย แหล่งหญ้าทะเล และแนวปะการัง โดยอยู่รวมกันเป็นโคโลนีเกาะติดอยู่กับที่ตามพื้นทะเล สืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ กินอาหารด้วยการกรองน้ำทะเลผ่านทางท่อหน้าขนาดเล็ก (ostium) ที่มีกระจายอยู่ทั่วลำตัว โดยอาศัยการพัดโบกของเซลล์พิเศษ (choanocytes) ที่ทำหน้าที่จับอาหารและออกซิเจน น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะไหลออกทางท่อหน้าออก (osculum) ซึ่งมักมีท่อเดียวขนาดใหญ่ และสามารถกรองน้ำทะเลได้มากกว่าปริมาตรตัวเองถึงสิบเท่าในหนึ่งชั่วโมง แล้วยังทำงานต่อเนื่องตลอดเวลา ฟองน้ำจึงมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศทางทะเลในแง่การปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ใสสะอาด (สุเมตต์ ปุจฉาการ และสุชา มั่นคงสมบูรณ์, 2550.) ทำให้ฟองน้ำมีโอกาสสัมผัสกับน้ำทะเลในธรรมชาติได้มากกว่าสัตว์หลายเซลล์ในไฟลัมอื่นๆ (Vogel, 1977) ดังนั้นถ้าน้ำทะเลมีการปนเปื้อนสารโลหะหนักหรือสารมลพิษอื่น ฟองน้ำก็น่าจะสามารถสะสมสารเหล่านั้นที่ละลายหรือแขวนลอยในน้ำทะเลโดยการกรองผ่านลำตัวได้ (Verdenal, et al., 1990) คุณสมบัติที่สำคัญของฟองน้ำในข้อนี้ และคุณสมบัติอื่นๆ เช่น การเป็นสัตว์หลายเซลล์ที่มีวิวัฒนาการต่ำสุด มีโครงสร้างของร่างกายและกระบวนการต่าง ๆ โดยเฉพาะการป้องกันตัวจากมลพิษสิ่งแวดล้อมที่ไม่ซับซ้อน (Müller and Müller, 1998) เป็นสัตว์หลายเซลล์ที่พบมากที่สุดบนพื้นท้องทะเลทั้งในแง่ของชนิดและปริมาณ (Sarà and Vacelet, 1973) จากการทดลองของ Hansen, et al. (1995) ในห้องปฏิบัติการ พบว่าฟองน้ำ *Halichondria panacea* Pallas มีประสิทธิภาพในการสะสมทองแดง สังกะสี ตะกั่ว และโครเมียม และสามารถใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพ (biomonitoring organism) ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักในทะเลได้

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ 5 เท่าขึ้นไป จัดเป็นสารมลพิษกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญมาก มีแหล่งที่มาจากธรรมชาติ และการสังเคราะห์ขึ้นมาของมนุษย์ เป็นสารที่มีความคงตัวสูง ไม่สลายตัวโดยกระบวนการทางธรรมชาติ สามารถสะสมตัวในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร จนถึงมนุษย์ ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นที่ได้รับ เช่น อาจทำให้เซลล์ตาย หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ เป็นตัวการทำให้เกิดมะเร็ง เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม โดยทำความเสียหายต่อโครโมโซมซึ่งเป็นปัจจัยทางพันธุกรรม (ชนิษฐ พานชูวงศ์, 2550) มนุษย์สังเคราะห์โลหะหนักบางชนิดขึ้นมาเพื่อให้เพียงพอับความต้องการใช้งาน เพราะโลหะหนักหลายชนิดถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตหลายภาคส่วน เช่น ภาคอุตสาหกรรมใช้ในการผลิตพลาสติก พีวีซี สี ถ่านไฟฉาย ภาค

เกษตรใช้เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลง และปุ๋ย ทาง การแพทย์ใช้เป็นส่วนผสมของยา อุปกรณ์ทางการแพทย์ และเครื่องสำอาง เป็นต้น ในกระบวนการผลิตแต่ละภาคส่วนย่อมเกิดกากของเสีย โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในการดำรงชีพ (พรพรรณ พนาปวุฒิกุล, 2549) โลหะหนักมีทั้งคุณและโทษ เช่น ทองแดง เหล็ก นิเกิล และสังกะสีจัดเป็นธาตุที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต (essential element) แต่ถ้ามีมากเกินไปความต้องการก็จะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่โลหะหนักบางชนิด ได้แก่ปรอท แคดเมียม และตะกั่ว นอกจากไม่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตแล้ว ยังมีความเป็นพิษสูง แต่อย่างไรก็ตามมีเพียงโลหะหนักในรูปของ “bioavailable form” เท่านั้น ที่สิ่งมีชีวิตสามารถรับเข้าสู่ร่างกาย และทำให้เกิดพิษหรือสะสมในร่างกายได้ (Waldichuk, 1985) โดย “bioavailable form” จะหมายถึงรูปแบบที่ละลาย (dissolved) หรือเป็นไอออน (ionic species) อยู่ในน้ำทะเล หรือละลายอยู่ในสารละลายดิน (soil solution) หรือละลายในน้ำระหว่างเม็ดดิน (pore water) หรือโลหะที่จับรวมอยู่กับดินตะกอนแบบแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange) (แหวตา ทองระอา และคณะ, 2548) ประเทศไทยเคยเจอปัญหาปลาหมึกมีการปนเปื้อนของแคดเมียมสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน (1 mg/L) ไม่สามารถส่งออกได้โดยมีความถี่ ในหมึกสาย > หมึกกระดอง > หมึกกล้วย เนื่องจากหมึกสายหากินตามผิวดินในเขตน้ำตื้น หมึกกระดองหากินตามผิวดินในทะเล ส่วนหมึกกล้วยจะหากินกลางทะเล (พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, ม.ป.ป) ซึ่งโดยปกติโลหะหนักสะสมอยู่ในชั้นของดินตะกอนสูงกว่าในชั้นน้ำ ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในทะเลภาคตะวันออก ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำไม่สามารถส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ คือ ไม่ทำให้สิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะที่เกาะติดอยู่กับที่ (sessile species) ตายทันที แต่จะส่งผลกระทบต่อในระยะยาว (sublethal effects) การตรวจวัดโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางทะเลปัจจุบันนิยมตรวจวัดจากในน้ำ และดินตะกอน ซึ่งมักจะอยู่ในรูปของโลหะหนักทั้งหมด (total form) ไม่ใช่ในรูปที่สิ่งมีชีวิตจะรับเข้าสู่ร่างกายได้ (bioavailable form) จึงไม่ถูกต้องนักที่จะนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของโลหะหนักต่อระบบนิเวศทางทะเล แต่มีทางเลือกหนึ่งที่นักวิจัยหลายท่านนำมาใช้ คือ การตรวจวัดโลหะหนักในสิ่งมีชีวิต (biomonitoring) ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมและถูกเลือกมาใช้ คือ ฟองน้ำ (Hansen, et. al, 1995; Berthet, et. al, 2005; Cebrian, et. al, 2006; Venkateswara Rao, et. al, 2006; Venkateswara Rao, et. al, 2009; Pan, et. al, 2011) เนื่องจากฟองน้ำเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางในทุกพื้นที่ของโลก มีอายุยืนยาว ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อม สามารถเก็บตัวอย่างได้ตลอดทั้งปี ในปริมาณที่มากพอ (Pujol, 2007) ในขณะที่การตรวจวัดโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตที่สามารถเคลื่อนที่ได้ (migrating organisms) ไม่มีความเหมาะสมกับการนำมาประเมินผลเฉพาะพื้นที่ แต่เหมาะกับพื้นที่กว้างๆ ไม่มีขอบเขตแน่นอน (Venkateswara Rao et. al, 2006) สำหรับประเทศไทยยังไม่พบรายงานการศึกษาโลหะหนักในฟองน้ำทะเล แต่พบรายงานการศึกษาเกี่ยวกับฟองน้ำด้านอื่นๆ เช่น การศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลาย (สหรัฐ ธีระคัมพร, 2548; สุเมตต์ ปุจฉาการและคณะ, 2551) สารเคมีจากฟองน้ำ (ชนิษฐา ดีประหลาด, 2540) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (พชร เพ็ชรประดับ, ม.ป.ป; ฤทธิรงค์ พรหมมาศ, 2550; รวิวรรณ วัฒนดิถก และคณะ, 2552) การศึกษาเกี่ยวกับกรดไขมัน (ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ และคณะ, 2550) เป็นต้น

## วิธีดำเนินการวิจัย

### พื้นที่สถานีศึกษา

กำหนดสถานีศึกษาเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกซึ่งมีรายงานการพบฟองน้ำทะเล โดยยึดหลักเกณฑ์ คือ มีตัวอย่างฟองน้ำให้ศึกษาได้ตลอดโครงการ และคลื่น ลม โดยเฉพาะในช่วงมรสุมไม่เป็นอุปสรรคในการออกเรือมากนัก เป็นพื้นที่ซึ่งได้รับอิทธิพลจากกิจกรรมของมนุษย์ที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักและพื้นที่ที่สะอาด ดังนั้นจึงได้กำหนดพื้นที่ศึกษา บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง 3 สถานี เขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง 2 สถานี และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี 2 สถานี รวมทั้งสิ้น 7 สถานี (ภาพที่ 1) รายละเอียดสถานีดังแสดงในตารางที่ 1

### พารามิเตอร์ที่ศึกษา

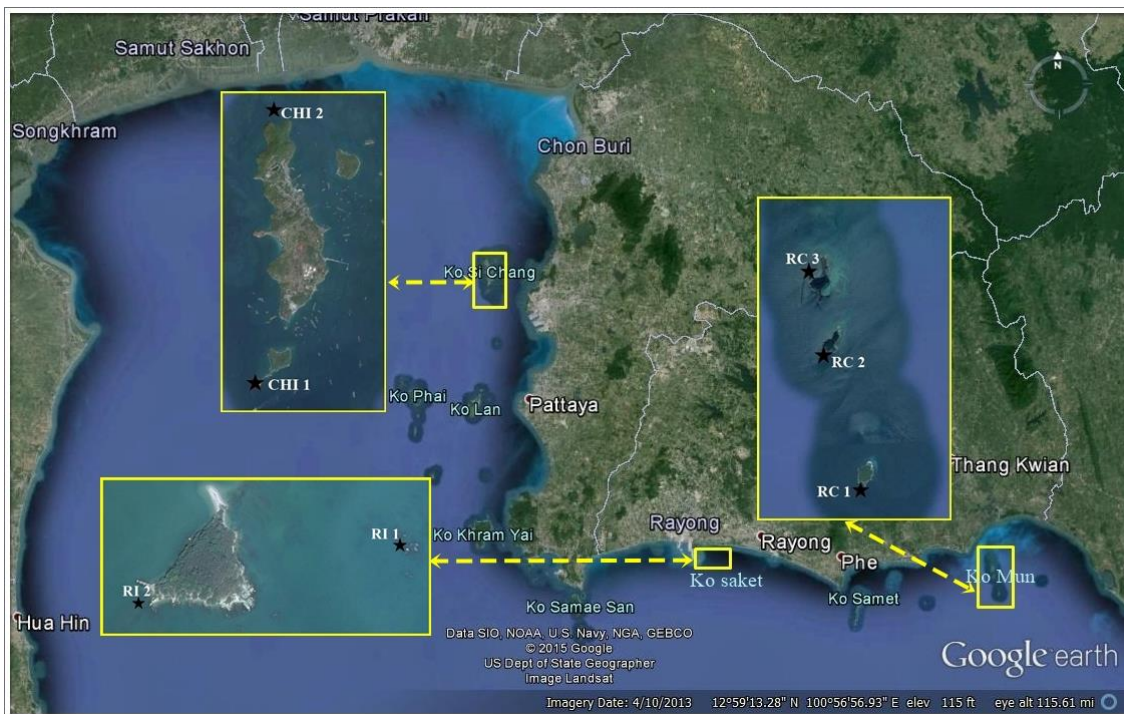
พารามิเตอร์ที่ศึกษาทั้งในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2

### การปฏิบัติงานในภาคสนาม

ในการออกเรือเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง ได้ทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทะเล ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนละลาย ณ สถานีศึกษาด้วยทุกครั้ง

### ตารางที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ศึกษา

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



ภาพที่ 1 ★ สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณหมู่เกาะสี่ซัง จ.ชลบุรี หมู่เกาะมันและเกาะสะเก็ด จ.ระยอง

### การเก็บและรักษาตัวอย่าง

1. น้ำทะเล (sea water) เก็บตัวอย่างน้ำทะเลด้วยเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ (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.  $\text{HNO}_3$ ) ก่อนเก็บไว้ในตู้เย็นจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์โลหะหนัก (Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) การวิเคราะห์ปรอท ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้จะแยกเก็บไว้ในขวดแก้วไฟเร็กซ์ขนาดความจุ 0.5 ลิตร ใส่ลงถุงพลาสติก รัดปากถุงให้แน่นก่อนแช่เย็นในถังน้ำแข็ง และปรับสภาพให้เป็นกรด ( $\text{pH} \leq 2$ ) โดยการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Merck supra. HCl) ทันที เมื่อนำส่งถึงห้องปฏิบัติการ และเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อรอการวิเคราะห์ปรอทต่อไป

2. ดินตะกอน (sediment) การเก็บตัวอย่างดินตะกอน กระทำพร้อมกับการเก็บตัวอย่างฟองน้ำ โดยขณะดำน้ำ (SCUBA diving) นักประดาน้ำ (นักวิจัย) จะใช้ซอนพลาสติกตักตัวอย่างดินตะกอนบริเวณผิวหน้า (ความลึกไม่เกิน 5 เซนติเมตร) ในบริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างฟองน้ำใส่ถุงซิปลาสติก สถานีละ 3 ซ้ำ แยกอิสระต่อกัน เทน้ำออกจิดปิดปากถุงให้สนิท เก็บแช่ไว้ในถังน้ำแข็ง เมื่อนำส่งถึงไปยังห้องปฏิบัติการสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ตัวอย่างจะถูกแช่แข็ง



ทันทีที่อุณหภูมิ  $-40^{\circ}\text{C}$  ก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยความเย็น (freeze dryer) แล้วนำมาผ่านตะแกรงขนาดตา 1 มิลลิเมตร เพื่อคัดเศษหินและเปลือกหอยออก ก่อนนำไปบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยครก (agate mortar) บรรจุไว้ในถุงซิปลาสติกเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น รอกาโรวิเคราะห์โลหะหนักในขั้นตอนต่อไป

## ตารางที่ 2 พารามิเตอร์และวิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล

Parameter	Method of analysis
<b>Sea Water</b>	
1. Temperature	DO meter (YSI; 550A)
2. Salinity	Hand- Refractometer (Atago; S/Mill-E)
3. pH	pH meter (YSI; pH 100)
4. Dissolve oxygen (DO)	DO meter (YSI; 550A)
5. Suspended solids (SS)	GF/C Filter APHA, AWWA and WPCF (1992)
6. Heavy metals (Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn)	
<b>Sediment</b>	
1. pH	pH meter (1:1.25; sediment : water) (Thongra-ar et al., 2008)
2. Organic matter (OM)	Acid-dichromate oxidation (Nelson and Sommers, 1982)
3. Particle size distribution	Hydrometer method (Sheldrick and Wang, 1993)
4. Sediment texture	Textural triangle (Hillel, 1998)
7. Heavy metals (Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn)	
<b>Marine Sponge</b>	
Heavy metals (Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn)	

3. ฟองน้ำ (marine sponge) เก็บตัวอย่างในสถานศึกษา ด้วยวิธีการดำน้ำลึกโดยใช้เครื่องช่วยหายใจใต้น้ำ (SCUBA diving) เมื่อพบฟองน้ำที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ และมีปริมาณมากพอ (ชนิดเด่นๆ) ก็จะทำการบินที่ภาพใต้น้ำไว้ก่อนเก็บตัวอย่างฟองน้ำใส่ถุงซิปลาสติก (ถุงซิปล) แยกตามชนิด แช่ไว้ในถังน้ำแข็ง เมื่อถึงห้องปฏิบัติการสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ตัวอย่างส่วนหนึ่งจะถูกแยกไว้เพื่อจำแนกชนิด ส่วนที่เหลือนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำทะเลและน้ำกลั่น แช่แข็งทันทีที่อุณหภูมิ  $-40^{\circ}\text{C}$  ก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยความเย็น (freeze dryer) เมื่อแห้งแล้วนำมาแยกสิ่งเจือปนออก แล้วนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้ง บรรจุในถุงซิปลาสติกเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น เพื่อรอนำไปวิเคราะห์โลหะหนักในขั้นตอนต่อไป ส่วนการจำแนกชนิดของฟองน้ำกระทำ ณ ห้องปฏิบัติการอนุกรมวิธาน สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา โดย ดร.สุเมตต์ ปุจฉาการ (นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ)

## การวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่าง

1. น้ำทะเล การเตรียมตัวอย่างน้ำทะเล สำหรับวิเคราะห์โลหะแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง นิเกิล สังกะสี และเหล็ก ใช้วิธี Cobalt – APDC co-precipitation technique ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Huizenga (1981) คือ ใช้ตัวอย่างน้ำทะเล  $250 \pm 2$  มิลลิลิตร ปรับค่า pH ให้ได้  $4 \pm 0.2$  ด้วยน้ำแอมโมเนีย 10 % (supra ammonia solution; Merck) เติมสารละลายโคบอลต์ (cobalt reagent) 2 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลาย 2% APDC (ammonium-pyrolidin-dithio-carbamate) 2 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอย่างน้อย 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำตัวอย่างกรองผ่านเยื่อกรอง polycarbonate (pore size  $0.4 \mu$ ) เพื่อเก็บรวบรวมตะกอน หลังจากนั้นจึงละลายตะกอนด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ก่อนเติมน้ำกลั่น deionized 4 มิลลิลิตร ทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวัดความเข้มข้นของโลหะทั้ง 6 ชนิด ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer; model 4110ZL) เทคนิค GFAAS (graphite furnace atomic absorption spectrometry)

สำหรับปรอท การเตรียมตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้น ใช้วิธีสกัดและเตรียมโดยวิธี BrCl method ซึ่งดัดแปลงมาจาก Quemerais 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 4110ZL)

2. ดินตะกอน ในการวิเคราะห์ปรอท การเตรียมสารละลายดินตะกอนใช้วิธีย่อยสลายตัวอย่างดินตะกอนแห้ง (จากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษาตัวอย่าง ข้อ 4.3) น้ำหนัก  $0.5 \pm 0.01$  กรัม ด้วยส่วนผสมของ 4:1  $\text{HNO}_3$  : HCl โดยใช้เครื่องย่อยตัวอย่างด้วยกรดแบบหลุม (Block Digestion system Model AIM600) ที่อุณหภูมิ  $95^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนเจือจางด้วยน้ำกลั่น deionized และปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร และใช้เทคนิค Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry (CVAAS) ระบบ Flow Injection Mercury Hydried System (F1-MHS) Model FIAS 100 ใช้ 0.2 %  $\text{NaBH}_4$  in 0.05 % NaOH เป็น reducing agent และ 3 % (v/v) HCl เป็น carrier solution ในการวัดความเข้มข้นของปรอท ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer (Perkin Elmer, model 4110ZL)

การเตรียมสารละลายดินตะกอนสำหรับการวิเคราะห์แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง นิเกิล สังกะสี และเหล็ก การย่อยสลายตัวอย่างได้ดัดแปลงมาจากวิธีของ Loring and Rantala (1992) โดยชั่งตัวอย่างดินตะกอนแห้ง (จากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษาตัวอย่าง ข้อ 4.3) น้ำหนัก  $0.5 \pm 0.01$  กรัม ใส่ใน teflon tube และเติมกรด aqua regia ( $\text{HNO}_3$ :HCl, 1:3 v/v) และกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) อัตราส่วน 1 และ 6 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำไปย่อยสลายบน block digestion system (model AIM600) ที่อุณหภูมิ  $95^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วเทส่วนผสมทั้งหมดลงใน teflon

beaker นำไประเหยให้แห้งที่อุณหภูมิ 70-80 °C บนเตาไฟฟ้า (hot plate) แล้วจึงละลายตะกอนด้วยกรดไนตริกเข้มข้น (suprapur HNO<sub>3</sub>, Merck) 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น deionized เก็บสารละลายในขวดพลาสติก (Nalgene) ที่ไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวัดความเข้มข้นโลหะหนักแต่ละชนิดด้วยเทคนิค GFAAS (Perkin Elmer; Model 4110ZL) ยกเว้นเหล็ก และสังกะสี ใช้เทคนิค FAAS ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer (Perkin Elmer; Model AAnalyst 100)

3. ฟองน้ำ การเตรียมสารละลายฟองน้ำ ใช้วิธีการย่อยสลาย (digestion) ตัวอย่างฟองน้ำด้วยกรดไนตริกเข้มข้น โดยการดัดแปลงจากวิธีของ Wagner, et al. (1998) และ Pérez, et al. (2005) คือ ชั่งตัวอย่างฟองน้ำแห้ง (จากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษาตัวอย่าง ข้อ 4.2) 0.5 ± 0.01 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง ความจุ 100 มิลลิลิตร (มีฝาปิด) เติมกรดไนตริกเข้มข้น 6 มิลลิลิตร (suprapur HNO<sub>3</sub>, 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 โดยใช้เทคนิค GFAAS ด้วยเครื่อง 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)

### การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์โลหะหนัก (Quality control)

การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอนได้ทำการศึกษา คือ การวิเคราะห์น้ำทะเลควบคุมโดยการตรวจสอบความถูกต้องกับตัวอย่างน้ำทะเลมาตรฐานที่ผ่านการรับรองความเข้มข้น (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 ยังไม่มีตัวอย่างมาตรฐานฟองน้ำทะเล หรือตัวอย่างที่ใกล้เคียงให้ตรวจสอบได้ นอกจากนี้ในการตรวจวิเคราะห์ครั้งนี้ทั้งน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ ได้ทำการศึกษาค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์ครั้งนี้ (method detection limit, MDL) โดยคำนวณจาก 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, S.D) ที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของ method blank จำนวน 7-10 ซ้ำ ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5

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

Heavy Metal	Certified value ( $\mu\text{g/L}$ )	Measured value ( $\mu\text{g/L}$ )	% Recovery
Cd	$0.0311 \pm 0.0019$	$0.026 \pm 0.0004$	81.2-83.5
Cu	$0.248 \pm 0.025$	$0.259 \pm 0.010$	100.5-108.2
Fe	$0.495 \pm 0.046$	$0.499 \pm 0.086$	81.0-112.6
Ni	$0.301 \pm 0.025$	$0.306 \pm 0.012$	97.2-104.6
Pb	$0.006 \pm 0.002$	< MDL	-
Zn	$0.257 \pm 0.020$	$0.243 \pm 0.008$	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 ( $\mu\text{g/g}$ )	Measured value ( $\mu\text{g/g}$ )	% Recovery
Cd	$2.23 \pm 0.13$	$1.82 \pm 0.02$	81.0-82.4
Cu	$327 \pm 14$	$335 \pm 2.8$	101.4-103.5
Fe	$41,100 \pm 1,100$	$43,440 \pm 3,730$	97.6-116.7
Hg	$3.0 \pm 0.5$		
Ni	$39.9 \pm 3.0$	$34.7 \pm 1.0$	82.8-89.4
Pb	$188 \pm 7$	$153 \pm 1.8$	81.0-82.8
Zn	$379 \pm 15$	$367 \pm 17$	93.8-104.7

ตารางที่ 5 ค่า method detection limit (MDL) ของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ

Heavy metal	Method detection limit		
	Seawater ( $\mu\text{g/L}$ )	Sediment ( $\mu\text{g/g}$ dry wt.)	Marine sponge ( $\mu\text{g/g}$ dry wt.)
Cd	0.003	0.01	0.007
Cu	0.04	0.25	0.1
Fe	0.04	20.0	1.0
Hg	0.10	0.003	0.007
Ni	0.03	0.20	0.15
Pb	0.03	0.15	0.05
Zn	0.25	1.0	0.7

## ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล บริเวณเขตอนุรักษ์ธรรมชาติหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง 3 สถานี (เกาะมันนอก; RC1, เกาะมันกลาง; RC2 และเกาะมันใน; RC3) เขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง 2 สถานี (ทิศเหนือ หินใหญ่; RI และทิศใต้ กองหินใต้น้ำ; RI2) และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี 2 สถานี (ทิศใต้เกาะท้าย ตาหมื่น; CHI1 และทิศเหนือ หินสัมปันย้อย; CHI2) รวมทั้งสิ้น 7 สถานี เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการสะสมของโลหะหนัก 7 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี พร้อมทั้งศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบางประการในน้ำทะเลและในดินตะกอนประกอบด้วย โดยตลอดการศึกษา ในปี พ.ศ. 2557 ได้ทำการเก็บตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง (เป็นช่วงเวลาที่คลื่น ลมในทะเลไม่รุนแรงมากนัก สามารถนำเรือออกทะเลได้) ดังนี้

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

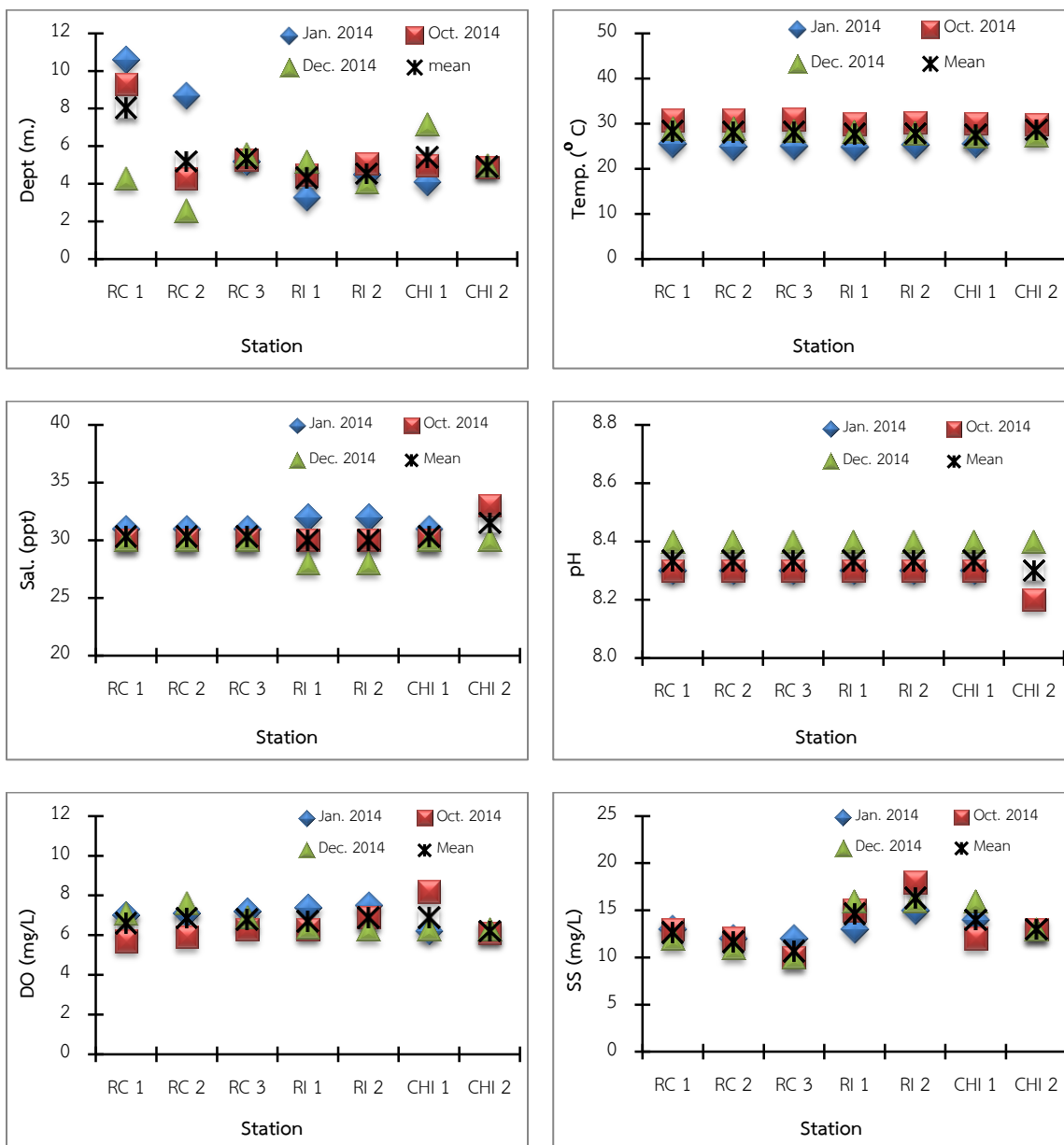
โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

### คุณภาพสิ่งแวดล้อมบางประการในพื้นที่ศึกษา

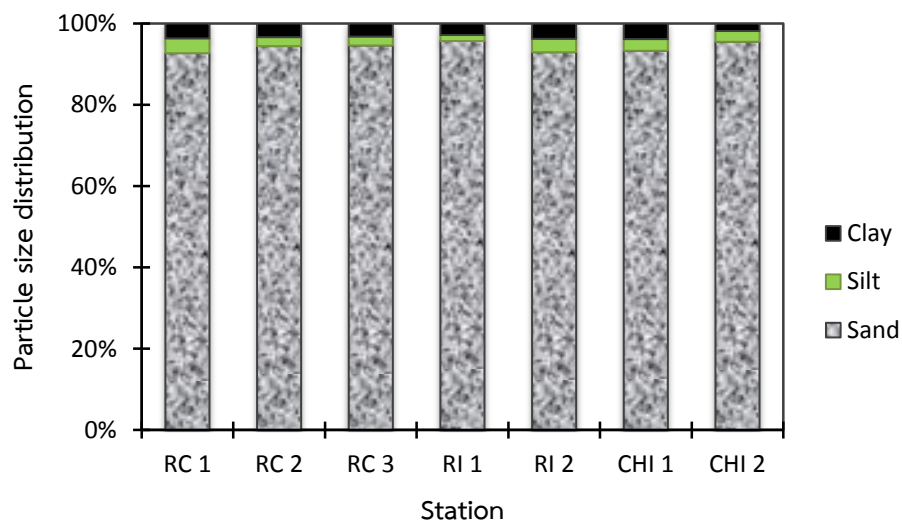
คุณภาพสิ่งแวดล้อมบางประการในน้ำทะเล ได้แก่ ความลึก อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย และสารแขวนลอย ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 2 และภาคผนวก ก (ตารางที่ ก 1) ซึ่งสรุปได้ว่า ความลึกของน้ำทะเลอยู่ในช่วง 2.6 - 10.6 เมตร บริเวณเกาะมันนอก (RC1) น้ำทะเลลึกที่สุด และตื้นที่สุดบริเวณเกาะเสม็ด (RI1) โดยน้ำทะเลค่อนข้างใส พบสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 10 - 18 mg/L เท่านั้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่บริเวณสถานีใกล้ฝั่ง คือ เกาะเสม็ด (RI2) และต่ำสุดอยู่ที่สถานีห่างฝั่งและมีเกาะช่วยกำบังคลื่น ลมได้เป็นอย่างดี คือ บริเวณเกาะมันใน (RC3) สำหรับ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนละลาย ค่าที่พบอยู่ในช่วง 25 - 31 °C, 28 - 32 ppt, 8.2 - 8.4 และ 5.9 - 8.2 mg/L ตามลำดับ โดยทั้ง 4 พารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยระหว่างสถานีใกล้เคียงกัน

คุณสมบัติของดินตะกอนในพื้นที่ศึกษา และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของฟองน้ำทะเลที่ได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณการสะสมโลหะหนักครั้งนี้ พบว่า ทั้ง 7 สถานี ดินตะกอนมีอนุภาคเป็นทราย (sand) มีอนุภาคของดินร่วน (silt) และดินเหนียว (clay) ปะปนเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 3) ดินมีสภาพเป็นต่าง คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 8.1 - 9.2 (ค่าเฉลี่ย  $8.8 \pm 0.3$ ) และมีปริมาณสารอินทรีย์ปะปนอยู่

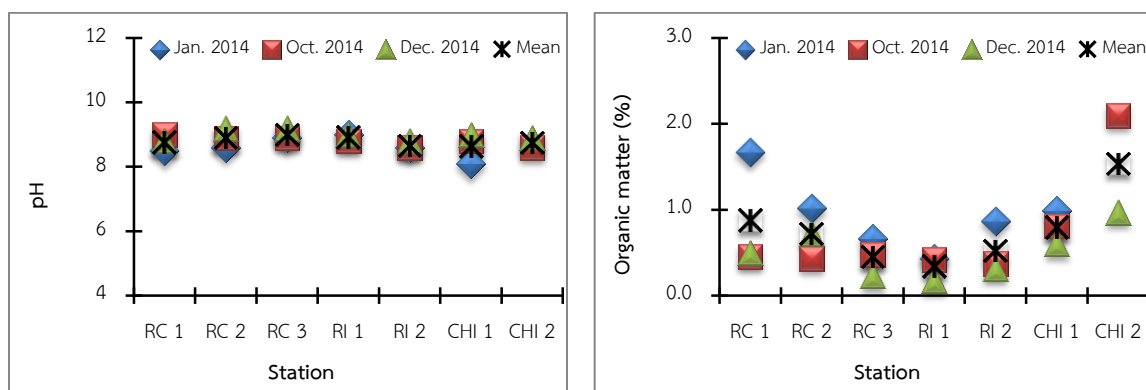
ค่อนข้างต่ำ คือ อยู่ในช่วง 0.2 – 2.1 % มีค่าเฉลี่ย  $0.7 \pm 0.5$  % เท่านั้น และบริเวณทิศเหนือของเกาะสี่ซัง (CHI 2) ปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่าบริเวณอื่นๆ และต่ำสุดบริเวณเกาะสะเก็ด (RI 2) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าความลึก อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย และสารแขวนลอย ของน้ำทะเลระหว่างสถานีและเวลาศึกษาที่ต่างกัน



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอนุภาคดินตะกอนแต่ละชนิดระหว่างสถานีศึกษา



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน ระหว่างสถานีและเวลาศึกษาที่ต่างกัน

## การสะสมโลหะหนักในน้ำทะเล

การสะสมโลหะหนักในส่วนของน้ำทะเล พบว่า แคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท ตะกั่ว และสังกะสี ทั้งบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง และเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) หลายเท่า ยกเว้นปรอท ซึ่งพบความเข้มข้นสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน บริเวณเกาะมันใน (RC3) เกาะสะเก็ด (RI1 และ RI2) และเกาะสีชัง (CHI1) ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 สำหรับนิกเกิลไม่มีค่ามาตรฐานกำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลดังกล่าว ค่าต่ำสุด (min) ค่าสูงสุด (max) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; S.D) และค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ของโลหะหนักแต่ละชนิด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** ค่าทางสถิติของโลหะหนักในน้ำทะเล n=20 (เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีชัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557) และค่ามาตรฐานโลหะหนักในน้ำทะเล

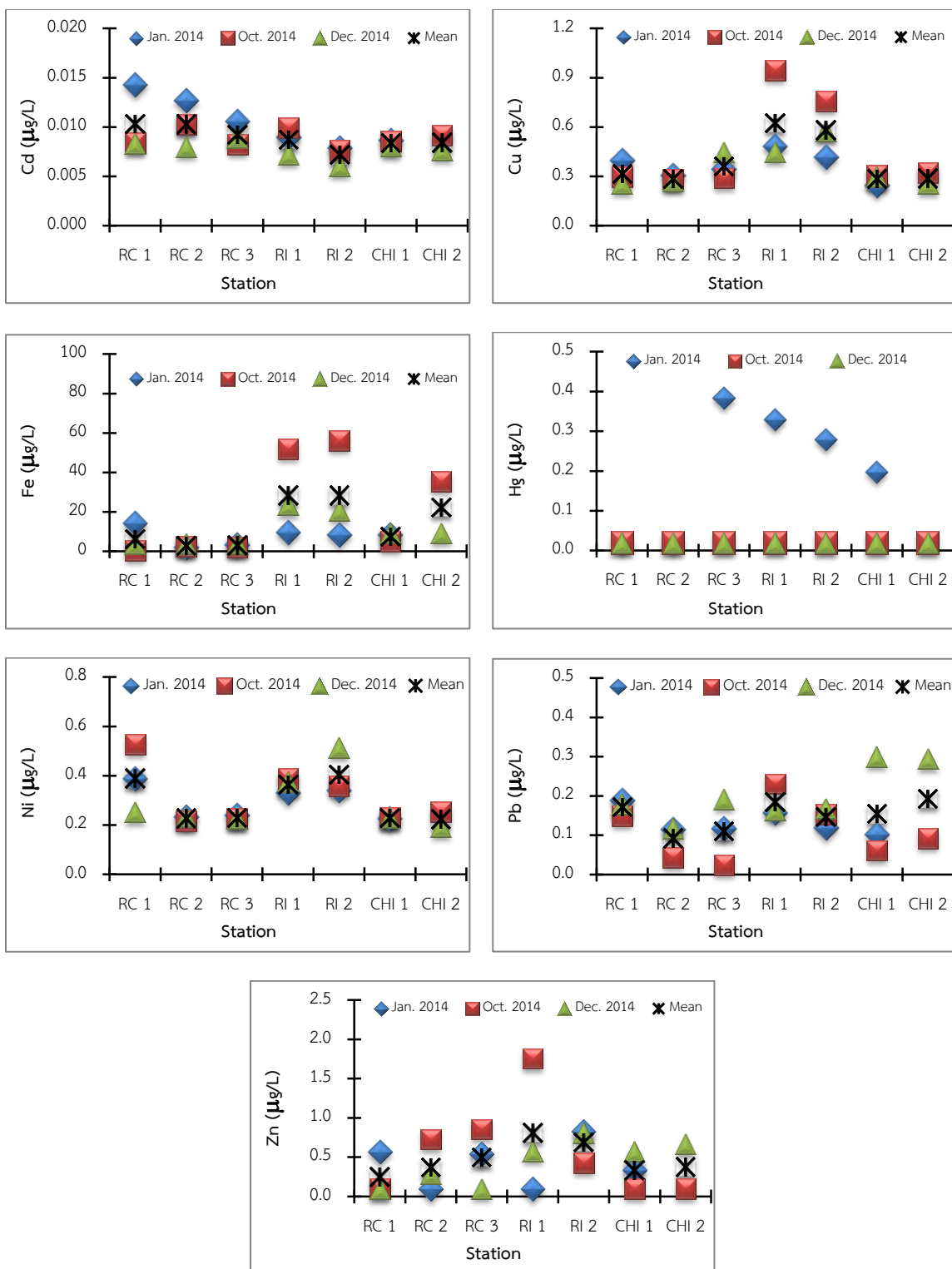
Heavy Metal	Statistic Value ( $\mu\text{g/L}$ )				Standard* Value ( $\mu\text{g/L}$ )
	Min	Max	Mean	S.D	
Cd	0.006	0.014	0.009	0.002	$\approx 5$
Cu	0.25	0.95	0.40	0.18	$\approx 8$
Fe	0.56	56.2	13.8	16.3	$\approx 300$
Hg**	<0.1	0.38	-	-	$\approx 0.1$
Ni	0.19	0.53	0.30	0.10	-
Pb	<0.03	0.30	0.149	0.72	$\approx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

หมายเหตุ: \* ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและเพื่อการอุตสาหกรรมและทำเรือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

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

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการกระจายความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดระหว่างสถานีและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน พบว่า ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นสูงบริเวณเกาะสะเก็ด ซึ่งเป็นพื้นที่ชายฝั่งและมีการใช้ประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรมและทำเรือ (นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) ส่วนการกระจายความเข้มข้นระหว่างเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับโลหะหนักแต่ละชนิด ดังแสดงในภาพที่ 5



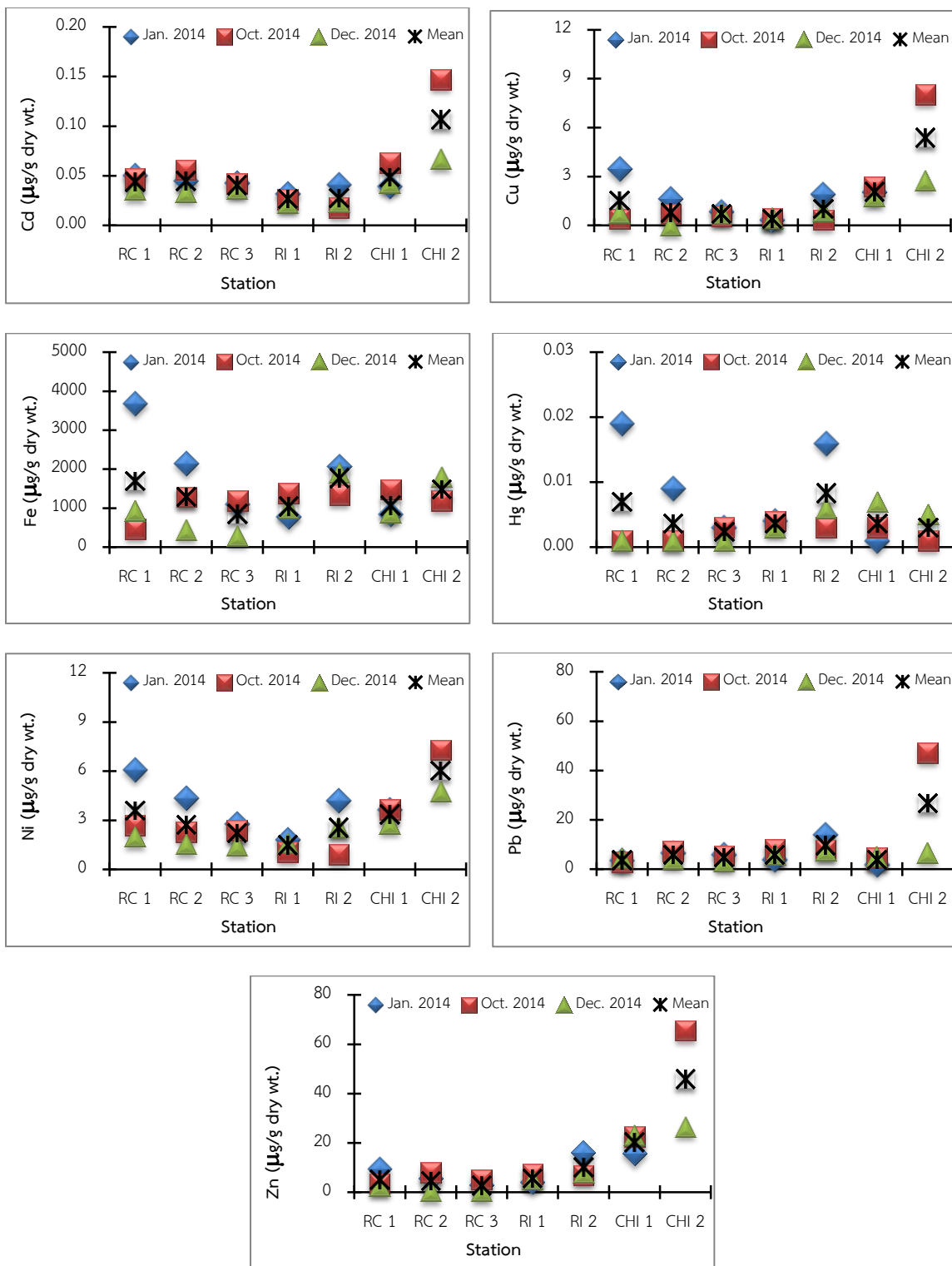


ภาพที่ 5 เปรียบเทียบความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก โปรอท นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในน้ำทะเล ระหว่างสถานีและเวลาที่ต่างกัน

## การสะสมโลหะหนักในดินตะกอน

การสะสมโลหะหนักในส่วนของดินตะกอน พบว่า แคดเมียม ทองแดง โปรท นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ทั้งบริเวณหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง และเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งสำหรับประเทศไทย (Pollution Control Department, 2006) ซึ่งกำหนดไว้ 2 ระดับ คือ ความเข้มข้นของสารอันตรายในดินตะกอนที่มีโอกาสพบผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินระดับต่ำ (effect range low; ERL) และความเข้มข้นของสารอันตรายในดินตะกอนที่มีโอกาสพบผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินระดับปานกลาง (effect range median; ERM) ผลการศึกษาพบว่าดินตะกอนมีการสะสมโลหะหนักดังกล่าวข้างต้นต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ERL และ ERM ทั้งสิ้น สำหรับเหล็กในมาตรฐานดังกล่าวไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานไว้ แต่เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในหินดินดาน (average shale) จากรายงานของ Turekian and Wedepohl (1961) พบว่าเหล็กมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยดังกล่าว (47,200 mg/kg dry wt.) หลายเท่า ทั้งนี้ได้แสดงค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่ามาตรฐานของโลหะหนักที่พบในการศึกษาครั้งนี้ไว้ในตารางที่ 7

การกระจายความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนในพื้นที่ศึกษา แสดงได้ดังภาพที่ 6 ซึ่งสังเกตได้ว่าโลหะหนักส่วนใหญ่ ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี มีปริมาณการสะสมในดินตะกอนบริเวณเกาะสีชังด้านทิศเหนือ (หินสัมปณีย้อ; CHI2) สูงกว่าบริเวณอื่นๆ โดยปริมาณการสะสมในเดือนตุลาคมสูงกว่าเดือนธันวาคม (เดือนมกราคม คลื่น ลม แรงไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้) ในขณะที่เหล็กและปรอท พบมีความเข้มข้นสูงในดินตะกอนบริเวณด้านทิศใต้เกาะสะเก็ด (กองหินไต้หน้า; RI2) และเกาะมันนอก (RC1) มากกว่าบริเวณอื่นๆ และปริมาณที่พบในเดือนมกราคมสูงกว่าเดือนธันวาคมและเดือนตุลาคม ตามลำดับ



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรัตท นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในดินตะกอน ระหว่างสถานีและเวลาที่ต่างกัน

**ตารางที่ 7** ค่าทางสถิติของโลหะหนักในดินตะกอน n=20 (เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีชัง ในเดือน มกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557) และค่ามาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอน

Heavy Metal	Statistic Value ( $\mu\text{g/g}$ 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 (Pollution Control Department, 2006)

ERL = Effect range low, ERM = Effect range median

\*\* Average shale (Turekian and Wedepohl, 1961)

### การสะสมโลหะหนักในฟองน้ำทะเล

จากการสำรวจภาคสนามของทีมงานวิจัยเรื่อง “คุณภาพสิ่งแวดล้อมในถิ่นอาศัยของฟองน้ำทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย” ภายใต้แผนงานวิจัยเดียวกันกับการการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ แผนงานวิจัยเรื่อง “ฟองน้ำทะเล: ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่เป็นทางเลือกใหม่ในการใช้ตรวจติดตามมลพิษจากโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย” ในบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 สถานี ดังกล่าวข้างต้น พบฟองน้ำทั้งหมด 40 ชนิด โดยบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชังมีความหลากหลายของชนิดฟองน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด ตามลำดับ โดยร้อยละ 50 ของฟองน้ำที่พบมีรูปทรงการเจริญแบบเคลือบตามวัตถุที่อยู่อาศัย ซึ่งส่วนใหญ่เคลือบอยู่กับปะการังรูปทรงแบบก้อนที่แพร่กระจายอยู่มากในแหล่งที่อยู่อาศัย ด้วยลักษณะของฟองน้ำกลุ่มนี้จึงไม่สะดวกในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำกลับไปวิเคราะห์โลหะหนักในห้องปฏิบัติการได้ และบางชนิดปริมาณที่พบไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ ดังนั้นตัวอย่างฟองน้ำที่นำมาวิเคราะห์โลหะหนักครั้งนี้จึงมีเพียง 31 ชนิด (ตารางที่ 8) จากทั้งหมด 40 ชนิด และหลายชนิดตลอดการศึกษาก็เก็บตัวอย่างได้เพียง 1-2 ตัวอย่าง เท่านั้น เช่น ฟองน้ำสีฟ้า ฟองน้ำยัดหุ่ยสีขาวย ฟองน้ำแฉกดำ ฟองน้ำท่อสีเทา ฟองน้ำลูกกอล์ฟ ฟองน้ำเปลี่ยนสี เป็นต้น (ตารางที่ 9) ซึ่งรูปร่างลักษณะของฟองน้ำแต่ละชนิดที่นำมาศึกษาได้แสดงเป็นภาพถ่ายใต้น้ำไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 8 รายชื่อชนิดของฟองน้ำ และรหัส (Sponge code) ที่ใช้ในการศึกษา

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
ฟองน้ำยี่ดยุ่นสีขาว	Demospongiae	Dictyoceratida	Irciniidae	<i>Ircinia</i>	<i>mutans</i> (Wilson, 1925)	A005
ฟองน้ำยี่ดยุ่นสีดำ	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 8 (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
ฟองน้ำสีดำเมื่อม่วง	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>Halichoelona</i> )	sp. "purple"	A028
ฟองน้ำสีม่วง	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Haliclona</i>	sp. "purple"	A029
ฟองน้ำทอสีดำ	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Haliclona</i>	sp. "black"	A030
ฟองน้ำกึ่งน้ำตาล	Demospongiae	Haplosclerida	Chalinidae	<i>Haliclona</i> ( <i>Haliclona</i> )	sp. "black"	A031

ตารางที่ 9 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 9 (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 8) ที่เก็บจาก เขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน เขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด และเขต อุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสี่ซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557 (ตารางที่ 9) รวมทั้งสิ้น 91 ตัวอย่าง พบความเข้มข้นต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโลหะ หนักแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 10 และเมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิด ใน 5 อันดับค่าต่ำสุด และ 5 อันดับค่าสูงสุดที่พบว่าสามารถพบได้ในฟองน้ำชนิดใดบ้าง พบว่า ฟองน้ำแต่ละชนิดมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักได้ต่างชนิดกันด้วย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 11 เช่น *Gelliodes petrosioides* Dendy (ฟองน้ำเคลือบสีฟ้า; A011) *Gelliodes* sp. (ฟองน้ำเคลือบสี ม่วง; 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. (ฟองน้ำยัดหยุ่นสีดำ; 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) *Lotrochota baculifera* Ridley (ฟองน้ำสีดำเมื่อกลมวง; A025) และ *coelocarteria singaporensis* (Carter) (ฟองน้ำกระชาย; A023) ซึ่งไม่ก่อนมีประสิทธิภาพหรือ 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 ยัดหยุ่นสีดำ; A006) มีประสิทธิภาพสูงกว่าฟองน้ำชนิดอื่น แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการ เก็บตัวอย่างจากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งมีปัจจัยแวดล้อมอื่น ที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการสะสมโลหะ หนักของฟองน้ำด้วย เช่น โลหะหนักในน้ำทะเล โลหะหนักในดินตะกอน ชนิดและอายุของฟองน้ำที่ แตกต่างกัน เป็นต้น

ตารางที่ 10 ค่าทางสถิติของโลหะหนักในฟองน้ำ n=91 (เกาะมัน เกาะสะเก็ด และเกาะสีซัง ในเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557)

Statistic	Heavy Metal ( $\mu\text{g/g}$ 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 11 5 อันดับความเข้มข้นโลหะหนักต่ำสุด สูงสุด ชนิดฟองน้ำ สถานที่ และเวลาที่พบ

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 11 (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 ปรอท นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ที่ตรวจพบในครั้งนี ระหว่างในน้ำทะเล ในดินตะกอน และในฟองน้ำ ไม่สามารถวิเคราะห์ผลหาความแตกต่างกันทางสถิติได้ เพราะฟองน้ำที่เก็บมาวิเคราะห์มีความหลากหลายทางชนิด (31 ชนิด) และแต่ละชนิดก็มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่เท่ากัน คือ หลายชนิดมีเพียงหนึ่งตัวอย่าง และสูงสุดที่ 12 ตัวอย่าง (ตารางที่

9) ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง เช่น ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 เขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสีชัง ทะเลมีคลื่น ลมแรง ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างในสถานีทางทิศเหนือของเกาะสีชัง (CHI2; หินสัมปันย้อย) ได้ เก็บได้เพียงสถานีเดียว คือ บริเวณเกาะท้ายตาหมื่น (CHI1) ทำนองเดียวกับบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 พบว่าคลื่น ลมในทะเลได้พัดเอาดินตะกอนปิดบังท้องน้ำ ทำให้น้ำขุ่นไม่สามารถมองเห็นฟองน้ำได้ ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ และยังพบว่าฟองน้ำที่พบบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือ เกาะสะเก็ด เป็นฟองน้ำคนละกลุ่มกับที่พบบริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จึงทำให้ชนิดของฟองน้ำที่เก็บได้แตกต่างกัน อย่างนี้เป็นต้น ดังนั้นในการเปรียบเทียบความแตกต่างของโลหะหนักในครั้งนี้ จึงได้แสดงไว้ในรูปของตารางความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบในน้ำทะเล ในดินตะกอน และในฟองน้ำแต่ละชนิดในสถานีเดียวกัน ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 12 – ตารางที่ 15 ซึ่งสังเกตได้ว่าในสถานีเดียวกัน ซึ่งมีโลหะหนักชนิดหนึ่งอยู่ในน้ำทะเลและดินตะกอนจำนวนหนึ่ง และมีฟองน้ำอาศัยอยู่ในบริเวณนั้นหลายชนิด แต่ละชนิดมีการสะสมโลหะหนักไว้ในตัวได้ไม่เท่ากัน 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. และโลหะหนักส่วนใหญ่ในสถานีอื่นๆก็มีลักษณะเช่นเดียวกันนี้ ยกเว้นตะกั่วที่พบลักษณะตรงกันข้าม คือ ความเข้มข้นในดินตะกอนสูงกว่าความเข้มข้นในน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าโลหะหนักที่พบในดินตะกอนและในน้ำทะเลส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูป “bioavailable” แต่อยู่ในรูปอื่นที่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำเข้าสู่ร่างกายได้ นอกจากนี้ยังพบว่าเหล็กเป็นโลหะอีกตัวที่ส่วนใหญ่พบในฟองน้ำได้ต่ำกว่าในดินตะกอน แต่ในบริเวณที่มีเหล็กในดินตะกอนต่ำ ฟองน้ำบางชนิดก็สามารถจะสะสมเหล็กได้ใกล้เคียงหรือมากกว่าที่มีอยู่ในดินตะกอน เช่น บริเวณเกาะมันใน (RC3) ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 พบเหล็กในดินตะกอน 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 13)

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียม และทองแดง ในส่วนของน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล 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
				0.105			4.55	A017
				1.25			8.24	A019
				0.011			0.043	1.21
	RC 3	0.011	0.043	2.11	0.345	0.87	8.12	A008
				1.26			5.62	A009
				0.613			4.29	A015
				0.126			8.60	A016
				0.119			6.11	A017
				1.26			7.49	A029
RI 1	0.009	0.032	0.475	0.483	0.35	7.81	A003	
			0.782			5.31	A007	
			1.09			5.83	A018	
			0.183			3.09	A022	
			0.366			0.416	1.93	9.53
RI 2	0.008	0.041	1.50	0.416	1.93	5.61	A018	
			0.135			0.248	2.06	5.02
CHI 1	0.009	0.040	0.392	0.248	2.06	8.26	A002	
			0.448			9.01	A003	
			19.2			3.66	A011	
			0.326			4.48	A015	
			0.129			4.61	A025	
			0.793			0.296	0.397	7.35
Oct.2014	RC 1	0.008	0.047	0.559	0.296	0.397	5.23	A015
				0.059			5.46	A017
				0.178			2.73	A021
	RC 2	0.010	0.056	0.358	0.286	0.719	8.72	A001
				0.660			25.3	A006
				0.680			8.79	A007

ตารางที่ 12 (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 12 (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 13 เปรียบเทียบความเข้มข้นของเหล็ก และปรอท ในส่วนของน้ำทะเล ดินตะกอน และ ฟองน้ำทะเล 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			0.384	0.003
	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
RI 1	9.69	774	145	0.33	0.004	0.356	A003	
			746			0.101	A007	
			495			0.064	A018	
			1,149			0.020	A022	
			351			0.279	0.016	0.260
RI 2	8.55	2073	1,420	0.279	0.016	0.045	A018	
			844			0.197	<0.003	<0.007
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	
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 13 (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 13 (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 14 เปรียบเทียบความเข้มข้นของนิเกิล และตะกั่ว ในส่วนของน้ำทะเล ดินตะกอน และ ฟองน้ำทะเล 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				
				5.50			0.316	A017				
				4.32			0.342	A019				
				14.2			0.527	A002				
	RC 3	0.239	2.81	4.82	0.118	5.88	1.07	A008				
				4.74			1.05	A009				
				20.4			0.220	A015				
				12.2			0.425	A016				
				4.68			0.374	A017				
				6.36			0.762	A029				
RI 1				0.331			1.83	23.3	0.158	3.95	0.266	A003
								2.20			0.271	A007
								6.78			0.616	A018
	10.2	1.45	A022									
RI 2	0.342	4.19	28.0	0.120	14.0	0.504	A003					
			13.0			1.12	A018					
CHI 1	0.226	3.66	3.66	0.103	2.00	0.621	A001					
			10.7			1.68	A002					
			34.1			0.362	A003					
			5.47			0.470	A011					
			29.0			0.137	A015					
			6.33			0.408	A025					
			Oct.2014			RC 1	0.527	2.71	14.7	0.150	3.16	0.431
11.9	0.193	A015										
5.46	0.244	A017										
RC 2	0.218	2.29		4.97	0.044	7.21	0.613	A021				
				17.5			1.36	A001				
				24.7			0.924	A006				
				20.3			5.18	A007				

ตารางที่ 14 (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 14 (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 15 เปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสี ในส่วนของน้ำทะเล 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				
				RI 1	<0.25	4.15		31.8	A003
								120	A007
								50.9	A018
111	A022								
57.5	A003								
RI 2	0.829	16.2		64.4	A018				
				74.1	A001				
				36.0	A002				
CHI 1	0.337	15.8		33.6	A003				
				84.6	A011				
				27.9	A015				
				70.6	A025				
				RC 1	<0.25	3.37		14.1	A014
								15.5	A015
								28.0	A017
5.27	A021								
RC 2	0.731	8.12		10.0	A001				
				14.4	A006				
				11.8	A007				

ตารางที่ 15 (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 15 (ต่อ)

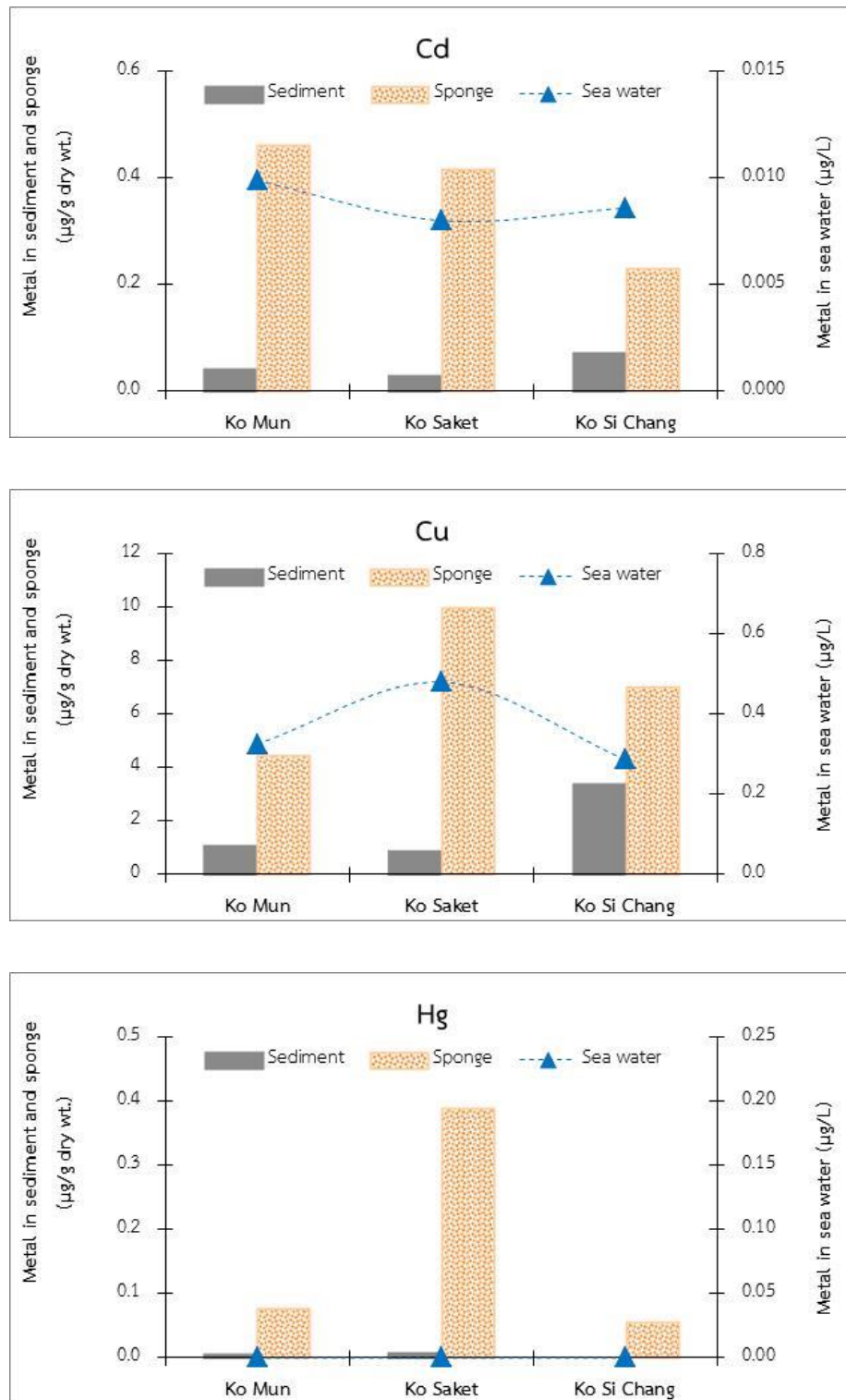
Date	Station	Zn			Sponge code
		Water (µg/L)	Sediment (µg/g dry wt.)	Sponge (µg/g dry wt.)	
	RI 1	0.573	5.32	57.7	A003
				49.9	A006
				51.9	A013
				122	A018
				34.8	A026
				62.8	A028
				49.9	A031
	RI 2	0.813	8.03	18.7	A003
				35.8	A022
	CHI 1	0.572	23.1	19.4	A001
				6.59	A015
				39.3	A019
				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

แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้ ถึงแม้พบว่าฟองน้ำแต่ละชนิดมีการสะสมโลหะหนักได้แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ การจะชี้ชัดว่าฟองน้ำที่สะสมโลหะหนักส่วนใหญ่ไว้ได้ปริมาณมากจะเป็นชนิดที่ตีเหมาะแก่การใช้เป็นตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในการตรวจติดตามการปนเปื้อนของโลหะหนักในทะเล (biomarker) ก็ไม่น่าจะดีนัก เพราะส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มของฟองน้ำเคลือบ คือ การเจริญเติบโตแบบเคลือบตามวัตถุเกาะติด (encrusting) การเก็บตัวอย่างไปศึกษาค่อนข้างทำได้ยากลำบาก อาจจะมีการปนเปื้อนได้ และถ้าเจริญอยู่บริเวณพื้นที่ท้องดินโอกาสจะโดนตะกอนทับถมค่อนข้างสูง ดังนั้นฟองน้ำที่ดีจึงน่าจะเป็นฟองน้ำที่มีขนาดใหญ่ และมีการเจริญเติบโตอยู่มากในบริเวณนั้น ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าบริเวณเขตอนุรักษทรัพย์การธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง ฟองน้ำชนิดเด่น คือ ฟองน้ำครก *Petrosia (Petrosia) sp.* (A015) รองลงมา คือ ฟองน้ำสีน้ำเงิน *Neopetrosia sp.* "blue" (A017) ส่วนบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด ฟองน้ำชนิดเด่น คือ ฟองน้ำหนังสีดำลาย *Chondrosia*

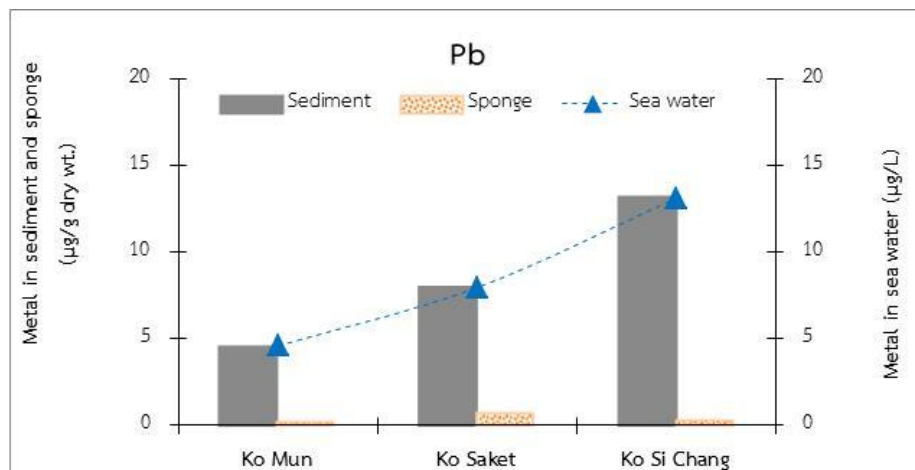
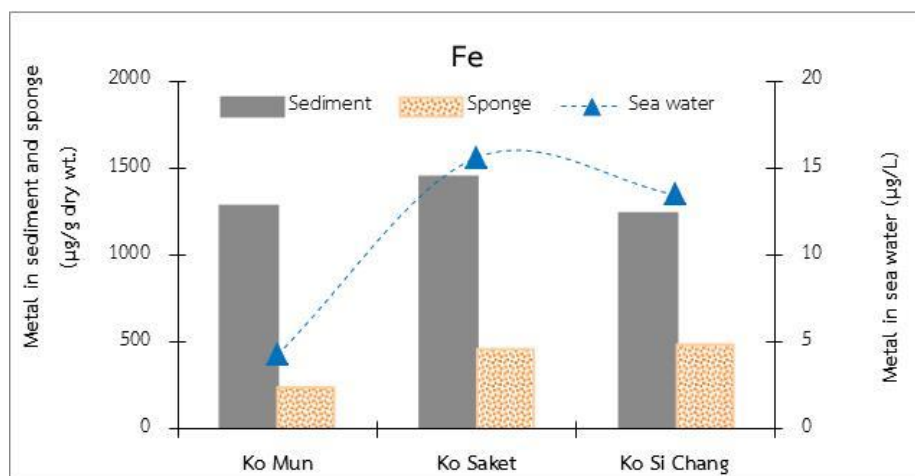
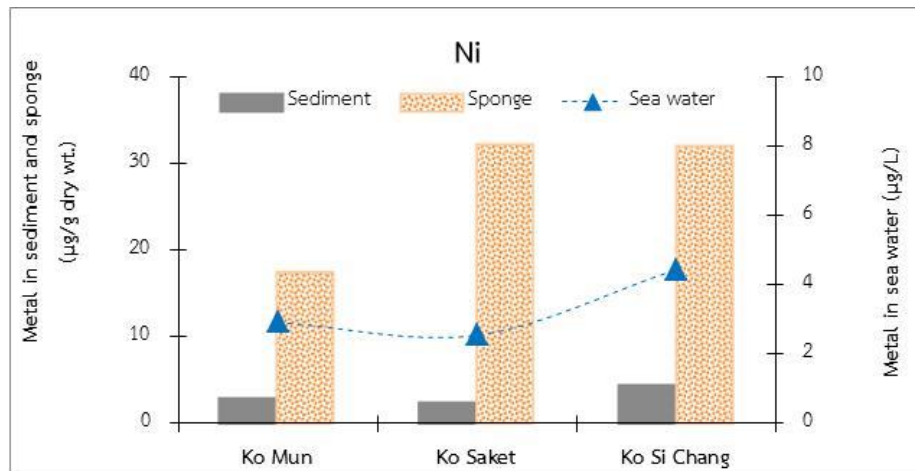


*reticulata* (Carter, 1886) และเมื่อนำฟองน้ำ *Petrosia* (*Petrosia*) sp. มาเป็นตัวแทนของฟองน้ำในเขตอนุรักษทรัพย์ากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง และฟองน้ำ *Chondrosia reticulata* (Carter, 1886) เป็นตัวแทนของฟองน้ำในเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำพบว่าโลหะหนักส่วนใหญ่ คือ แคดเมียม ทองแดง ปรอท และนิเกิล มีการสะสมในฟองน้ำได้ดีกว่าในน้ำทะเลและดินตะกอน ส่วน ตะกั่ว และเหล็ก พบในดินตะกอนสูงกว่าในฟองน้ำและในน้ำทะเล และสังกะสีเป็นโลหะหนักตัวเดียวที่มีความแตกต่างออกไป คือ ในเขตอนุรักษทรัพย์ากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด พบในฟองน้ำสูงกว่าในดินตะกอน แต่บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง กลับพบสังกะสีในดินตะกอนสูงกว่าในฟองน้ำ (ภาพที่ 7) และเมื่อนำฟองน้ำ *Neopetrosia* sp. "blue" (A017) ซึ่งเป็นฟองน้ำที่พบมากเป็นอันดับ 2 มาศึกษาแทนฟองน้ำ *Petrosia* (*Petrosia*) sp. กลับให้ผลเหมือนกันทั้ง 3 พื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 8 และมีรูปแบบเดียวกับการสะสมแคดเมียม ทองแดง ปรอท และนิเกิล คือ พบในฟองน้ำมากกว่าในดินตะกอน และน้ำทะเล ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าฟองน้ำเป็นสัตว์ที่อยู่กับที่และกรองน้ำอยู่ตลอดเวลา โลหะหนักที่อยู่ในน้ำและดินตะกอนก็สามารถเข้าสู่ร่างกายและสะสมไปเรื่อยๆ ในขณะที่โลหะหนักในน้ำและดินตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เช่น จากการเจือจางของน้ำทะเลที่สะอาด การเปลี่ยนสถานะระหว่างน้ำ ดิน และสิ่งมีชีวิตด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพต่างๆที่เกิดขึ้นในทะเล

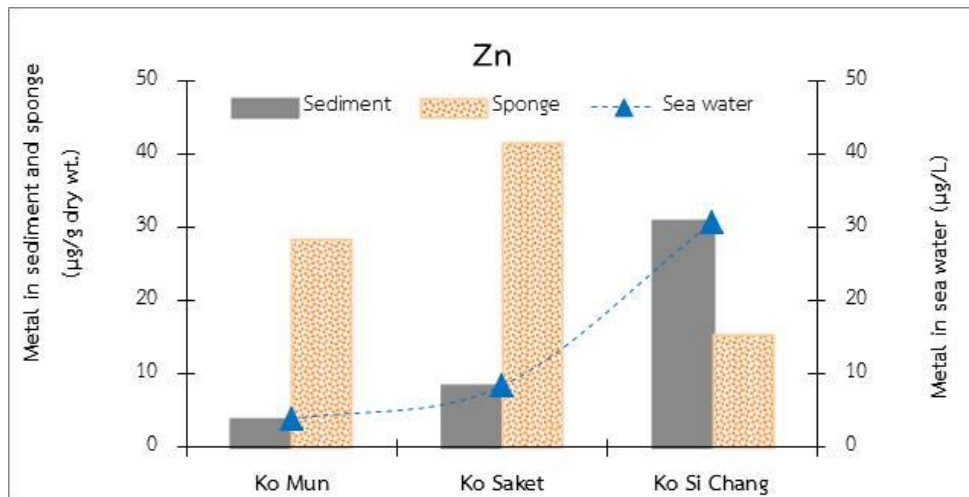
นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ที่พบในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ *Petrosia* sp. บริเวณเขตอนุรักษทรัพย์ากรธรรมชาติเกาะมัน และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสีชัง พบว่าน้ำทะเลมีการสะสม  $Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd$  (Hg พบมากกว่าร้อยละ 50 มีค่าต่ำกว่าค่า 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 10



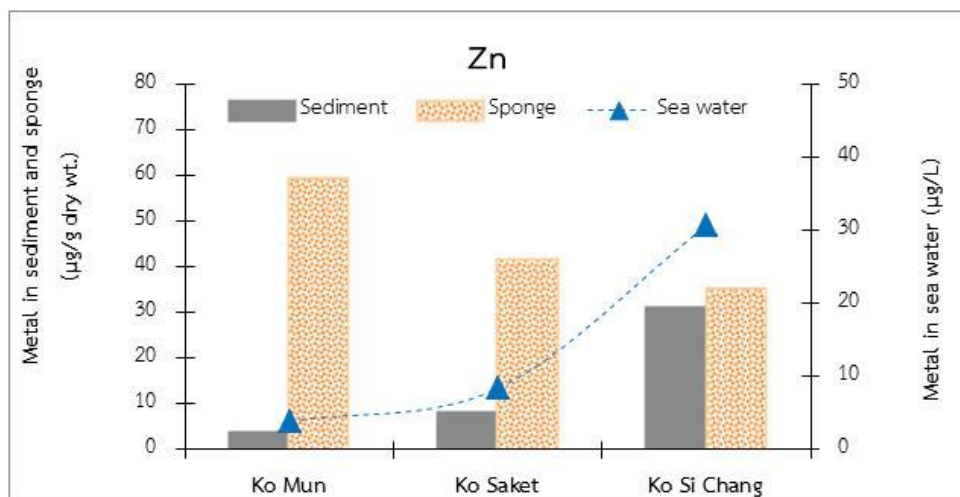
ภาพที่ 7 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ (ชนิดของฟองน้ำที่เกาะมันและเกาะสี่ซึ่ง คือ *Petrosia* sp. และที่เกาะสะเก็ด คือ *Chondrosia reticulata*)



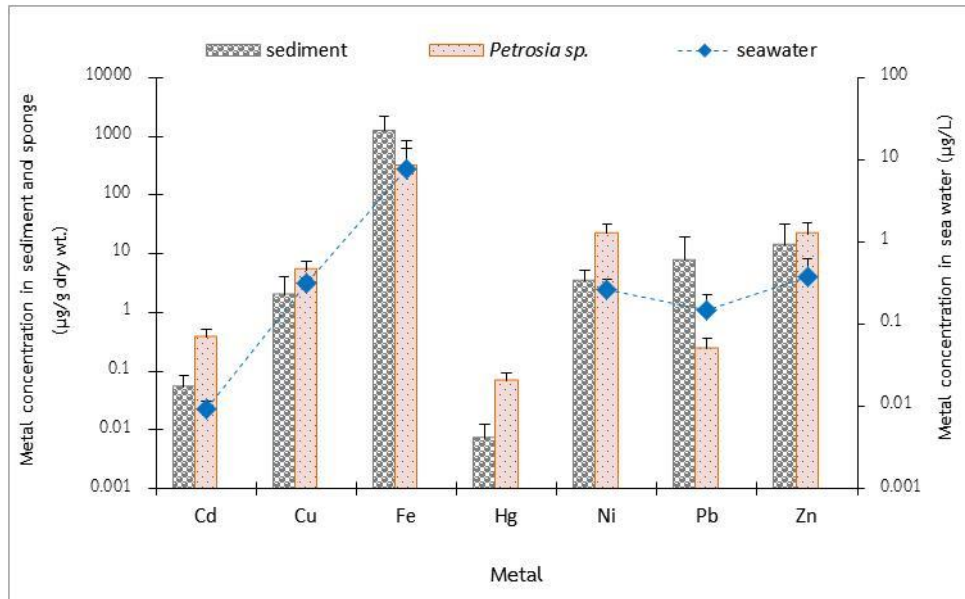
ภาพที่ 7 (ต่อ)



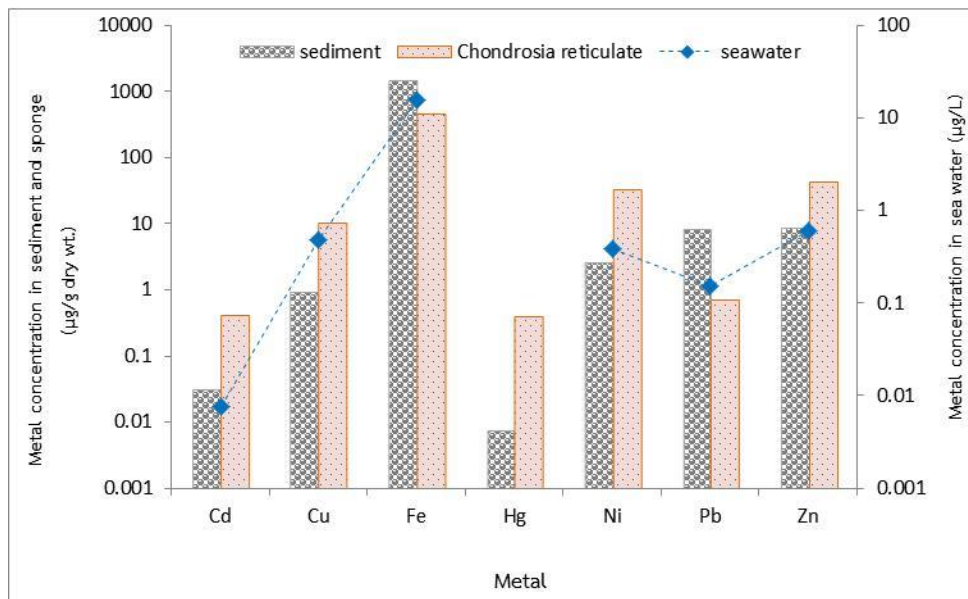
ภาพที่ 7 (ต่อ)



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำ (ชนิดของฟองน้ำที่เกาะมันและเกาะสี่ซัง คือ *Neopetrosia* sp. "blue" และที่เกาะสะเก็ด คือ *Chondrosia reticulate*)



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ *Petrosia sp.* บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำทะเล ดินตะกอน ฟองน้ำ *Chondrosia reticulata* บริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง

## สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การติดตามการสะสมของโลหะหนักในฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย ในปี ที่ 1 นี้ ได้ทำการศึกษาการสะสมโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก พรอท นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล จำนวน 3 ครั้ง คือ ในเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557 ใน 3 พื้นที่ ได้แก่ บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน เขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เก็บตัวอย่างฟองน้ำได้จำนวน 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 และฟองน้ำ

ผลการศึกษา ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักทุกชนิดดังกล่าวข้างต้น ในน้ำทะเล และในดินตะกอน ทั้ง 3 พื้นที่ พบว่ายังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ของประเทศไทย คือ มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และเพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ และมาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งสำหรับประเทศไทย โดยโลหะหนักส่วนใหญ่ (ยกเว้น แคดเมียม) ในน้ำทะเล พบได้ในเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง ค่อนข้างสูงกว่าอีก 2 พื้นที่ ขณะที่ในดินตะกอนส่วนใหญ่ (ยกเว้น เหล็ก และพรอท) พบในเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี สูงกว่าอีก 2 พื้นที่ โดยการสะสมของโลหะหนักทั้ง 3 พื้นที่ในน้ำทะเล พบ  $Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd$  (Hg ผลการวิเคราะห์ร้อยละ 80 มีค่าต่ำกว่าค่า MDL คือ 0.1  $\mu\text{g/L}$  ทำให้ไม่ทราบค่าที่แท้จริง จึงไม่นำมาจัดอันดับ) และในดินตะกอน พบ  $Fe > Zn > Pb > Ni > Cu > Cd > Hg$

สำหรับปริมาณการสะสมโลหะหนักในฟองน้ำ ซึ่งไม่พบว่ามีมาตรฐานใดๆกำหนดค่ามาตรฐานไว้ จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ แต่พบว่าแคดเมียม ทองแดง พรอท นิเกิล และสังกะสี ในฟองน้ำมีความเข้มข้นสูงกว่าในน้ำทะเล และในดินตะกอน ตรงข้ามกับเหล็ก และตะกั่ว ซึ่งความเข้มข้นในฟองน้ำต่ำกว่าในดินตะกอน และฟองน้ำต่างชนิดกันมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักแตกต่างกันด้วย แต่การจะเลือกฟองน้ำชนิดใดชนิดหนึ่งมาเป็นดัชนีชี้วัดในการตรวจติดตามการปนเปื้อนของโลหะหนักในบริเวณนี้ ต้องคำนึงถึงว่าฟองน้ำชนิดนั้นต้องมีอยู่เป็นจำนวนมากและมีอยู่ตลอดไป ไม่เสี่ยงต่อการสูญหายหรือถูกทับถมด้วยตะกอนในบางช่วงเวลา ซึ่งจากการศึกษาฟองน้ำที่น้ำจะเหมาะกับการใช้เป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของโลหะหนัก บริเวณเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง และเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือหมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี คือ *Petrosia (Petrosia) sp.* รองลงมา คือ *Neopetrosia sp.* "blue" และ *Clathria (Thalysias) reinwardti* Vosmaer (ฟองน้ำเชือก)

ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีฟองน้ำ *Petrosia (Petrosia) sp.* มีการสะสม  $Fe > Ni > Zn > Cu > Cd > Pb > Hg$  และบริเวณเขตอุตสาหกรรมและท่าเรือเกาะสะเก็ด ซึ่งพบว่าฟองน้ำบริเวณนี้เป็นฟองน้ำคนละกลุ่มกับที่พบใน 2 พื้นที่แรก โดยฟองน้ำที่น่าจะเหมาะสมเป็นดัชนีชี้วัดในการตรวจติดตามการปนเปื้อนของโลหะหนักในบริเวณนี้ คือ *Chondrosia reticulate* Carter ซึ่งพบว่ามีการสะสม  $Fe > Zn > Ni > Cu > Pb > Cd > Hg$  รองลงมา คือ *Tethya aff. robusta* Bowerbank (ฟองน้ำลูกบอล) แต่ฟองน้ำทั้ง 2 ชนิดนี้มีความเสี่ยงที่ถูกทับถมด้วยตะกอนในบางเวลา เพราะเป็นฟองน้ำที่เจริญเติบโตอยู่บริเวณพื้นที่ท่องเที่ยวทะเลในเขตน้ำตื้น ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การศึกษาครั้งนี้เปรียบเสมือนการ Pre test เพราะยังไม่พบว่ามีการศึกษาในลักษณะนี้ในประเทศไทยมาก่อน ข้อมูลโลหะหนักที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้ น่าจะเป็นพื้นฐานที่ดีในการนำฟองน้ำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษาเรื่องหนึ่งเรื่องใดในอนาคต
2. ในการศึกษาติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของสารใดสารหนึ่งในฟองน้ำครั้งต่อไป ควรเลือกศึกษาเฉพาะเจาะจงในฟองน้ำชนิดเด่นๆ ในแต่ละพื้นที่ 2-3 ชนิด เท่านั้น และควรทำซ้ำให้มากขึ้น เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของข้อมูล

## ผลผลิต

การศึกษาเรื่องนี้เป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง 2 ปี โดยรายงานฉบับนี้เป็นผลการศึกษาของปีที่ 1 และยังไม่มียieldผลิตเกิดขึ้น ณ ขณะนี้

### บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. 2549. มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ชนิษฐ พานชูวงศ์. 2550. พรอท ตะกั่ว สารหนูโลหะหนักภัยใกล้ตัว. นิตยสารหมอชาวบ้าน เล่ม:334; 02/2550.
- ชนิษฐา ดีประหลาด. 2540. สารเคมีจากฟองน้ำทะเลของไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. เกษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 99 น.
- ฉวย มุสิกะ วันชัย วงศ์ดาวรรณ อาวุธ หมั่นหาผล และแววตา ทองระอา. 2552. การประเมินความเสี่ยงของสารมลพิษทางทะเล ในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 101 น.
- ฉวย มุสิกะ วันชัย วงศ์ดาวรรณ อาวุธ หมั่นหาผล และแววตา ทองระอา. 2548. การสำรวจคุณภาพน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 51 น.
- ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ รวีวรรณ วัฒนดิถ และกานต์พิชชา ใจดี. 2550. การตรวจหาชนิดและปริมาณกรดไขมันในฟองน้ำและแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในฟองน้ำทะเลบางชนิด. รายงานการวิจัย สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 94 น.
- ผู้จัดการออนไลน์. 2547. โลกของฟองน้ำ. ค้นได้จาก <http://www.manager.co.th/Travel/ViewNews.aspx?NewsID=9470000000778> เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2554.
- พร เพ็ชรประดับ, ม.ป.ป. การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพจากทรัพยากรฟองน้ำในทะเลอันดามัน. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง. 7 น.
- พรพรรณ พนาปฎิภักดิ์, 2549. โลหะหนัก: ตัวการปัญหาสิ่งแวดล้อม. ค้นได้จาก <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=4&ID=7>. เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2554.
- พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล. ม.ป.ป. โลหะหนัก : สถานะภาพการปนเปื้อนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ของไทย. ค้นได้จาก <http://www.fisheries.go.th/industry/news/art2Cadmium.htm> เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2554.
- รวีวรรณ วัฒนดิถ และวรรณภา กสิฤกษ์. 2552. ฟองน้ำทะเลจากอ่าวไทยแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ. รายงานการวิจัย สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 83 น.
- ฤทธิรงค์ พรหมมาศ. 2550. สารยับยั้งจุลชีพจากฟองน้ำทะเลและแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ร่วมกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 128 น.



- แหวตาทองระอา ฉลอย มุสิเกะ วันชัย วงสุดาวรรณ และอาวูธ หมั่นหาผล. 2552. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักในอาหารทะเลในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียง. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 87 น.
- แหวตาทองระอา ฉลอย มุสิเกะ วันชัย วงสุดาวรรณ และอาวูธ หมั่นหาผล. 2549. การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียง. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 117 น.
- แหวตาทองระอา ฉลอย มุสิเกะ วันชัย วงสุดาวรรณ และอาวูธ หมั่นหาผล. 2548. การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสารปรอทในดินตะกอนและน้ำ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 71 น.
- สุเมตต์ ปุจฉากการ และสุชา มั่นคงสมบูรณ์. 2550. ฟองน้ำทะเล เอกโคโนเดิร์ม และเพรียงหัวหอม บริเวณเกาะครามและเกาะใกล้เคียง. โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี. บริษัทเวิร์ค สแควร์ จำกัด. กรุงเทพฯ. 74 น.
- สุเมตต์ ปุจฉากการ สุชา มั่นคงสมบูรณ์ กิติธร สรพานิช และชุตีวรรณ เดชสกุลวัฒนา. 2551. ความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำจากชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงของไทย: จังหวัดชลบุรีและระยอง. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 74 น.
- สหรัฐ ธีระคัมพร. 2548. ฟองน้ำทะเลในอันดับ Haplosclerida ในแนวปะการังบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.
- Berthet, B., Mouneyrac, C., Pérez, T. and Amiard-Triquet, C. 2005. Metallothionein concentration in sponge (*Spongia officinalis*) as a biomarker of metal contamination. Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Carballo, J.L., Naranjo, S.A. and Gómez-García, J.C. 1996. Use of marine sponges as stress indicators in marine ecosystems at Algeciras Bay (Southern Iberian Peninsula). *Mar Ecol Prog Ser.* 135: 109-122.
- Cebrian, E., Agell, G. Martí, R. and Uria, M.J. 2006. Response of the Mediterranean sponge *Chondrosia reniformis* Nardo to copper pollution. *Environmental Pollution* 141, 452-458.
- Hansen, I.V., Weeks, J.M., and Depledge, M.H. 1995. Accumulation of copper, zinc, cadmium and chromium by the marine sponge *Halichondria panacea* Pallas and the implications for biomonitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 31 (Nos 1-3) 133-138.
- 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 (*Spongiaofficinalis*, Demospongiae) *Mar. Pollut. Bull.* 50:301-309
- 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.
- Quémérais, 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 pages.
- 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.
- 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 คุณภาพน้ำทะเลบางประการ ในแต่ละสถานี ของเดือนมกราคม ตุลาคม และธันวาคม พ.ศ. 2557

Date	Station	Depth (m)	Water quality				
			Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)
Jan. 2014	RC 1	10.6	25.6	31	8.3	7.0	13
	RC 2	8.7	25.0	31	8.3	7.1	12
	RC 3	5.2	25.1	31	8.3	7.2	12
	RI 1	3.3	24.9	32	8.3	7.4	13
	RI 2	4.5	25.4	32	8.3	7.5	15
	CHI 1	4.1	25.6	31	8.3	6.2	14
	CHI 2	-	-	-	-	-	-
Oct. 2014	RC 1	9.3	30.8	30	8.3	5.7	13
	RC 2	4.3	30.8	30	8.3	5.9	12
	RC 3	5.3	31.0	30	8.3	6.3	10
	RI 1	4.5	30.0	30	8.3	6.3	15
	RI 2	5.1	30.3	30	8.3	6.9	18
	CHI 1	5.0	30.1	30	8.3	8.2	12
	CHI 2	4.9	29.9	33	8.2	6.1	13
Dec. 2014	RC 1	4.3	29.0	30	8.4	7.1	12
	RC 2	2.6	29.0	30	8.4	7.6	11
	RC 3	5.6	28.5	30	8.4	6.9	10
	RI 1	5.2	28.4	28	8.4	6.4	16
	RI 2	4.1	28.0	28	8.4	6.3	16
	CHI 1	7.2	27.3	30	8.4	6.3	16
	CHI 2	5.0	27.5	30	8.4	6.3	13

หมายเหตุ: \* ทะเลมึลโคลนลมแรง ไม่สามารถออกเรือเก็บตัวอย่างได้

ตารางที่ ก2 คุณสมบัติบางประการของดินตะกอน ในแต่ละสถานี ของเดือนมกราคม ตุลาคม และ ธันวาคม พ.ศ. 2557

Date	Station	pH	Organic matter (%)	Particle size distribution			Texture Class
				Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
Jan. 2014	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
	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
	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	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
	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
	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	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
	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
	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: \* ทะเลมึลึ้นลมแรง ไม่สามารถออกเรือเก็บตัวอย่างได้

ตารางที่ ก3 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: \* ทะเลมึลึนลมแรงไม่สามารถออกเรือเก็บตัวอย่างได้

ตารางที่ ก4 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: \* ทะเลมึลคลื่นลมแรงไม่สามารถออกเรือเก็บตัวอย่างได้



ตารางที่ ก5 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	
	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 ก5 (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 ก5 (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 ก5 (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 ก5 (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 ก5 (ต่อ)

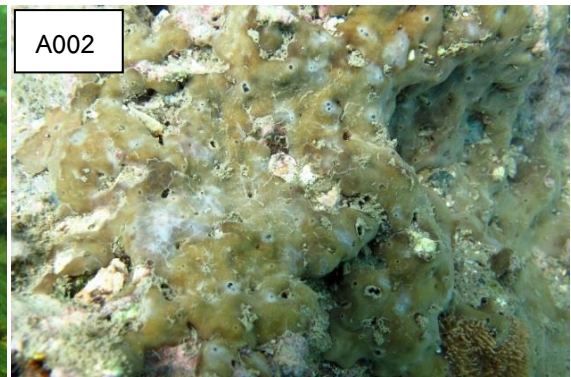
Date	Station	Marine Sponge	Heavy metal ( $\mu\text{g/g}$ dry wt.)						
			Cd	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
		A017	0.179	7.22	389	0.017	10.5	0.630	54.4
		A019	1.67	15.6	616	0.028	9.80	0.574	136
		A023	0.724	3.67	556	0.012	22.2	0.374	61.2
		A025	0.142	6.95	472	0.027	8.11	0.299	163
		A027	0.919	21.3	1272	0.099	33.4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

ภาคผนวก ข



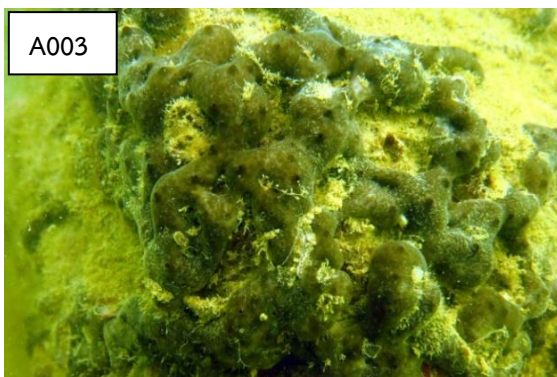
A001

ฟองน้ำตันไม้สีดำ *Penares nux* (de Laubenfels,  
1954)



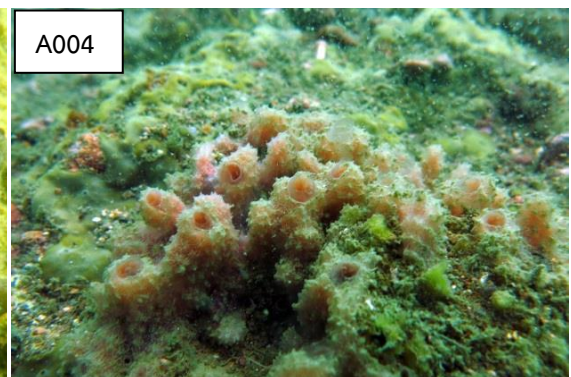
A002

ฟองน้ำหนังสีน้ำตาล *Chondrilla australiensis*  
(Carter, 1873)



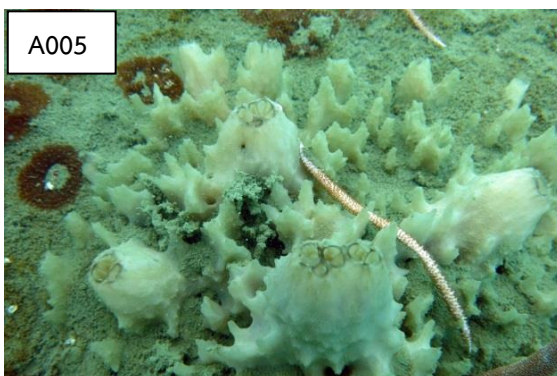
A003

ฟองน้ำหนังสีน้ำตาลลาย *Chondrosia reticulata* (Carter,  
1886)



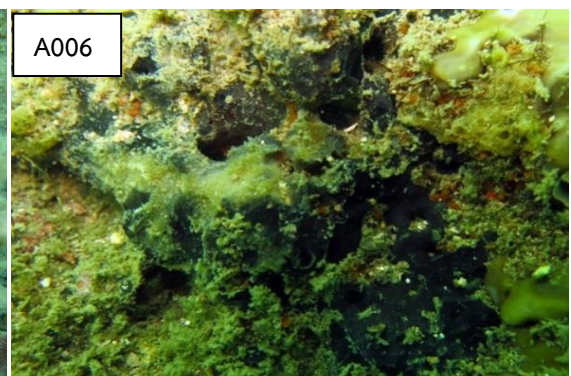
A004

ฟองน้ำหนามสีชมพู *Dysidea arenaria* Bergquist,  
1965



A005

ฟองน้ำยัดหูสีขาว *Ircinia mutans* (Wilson, 1925)

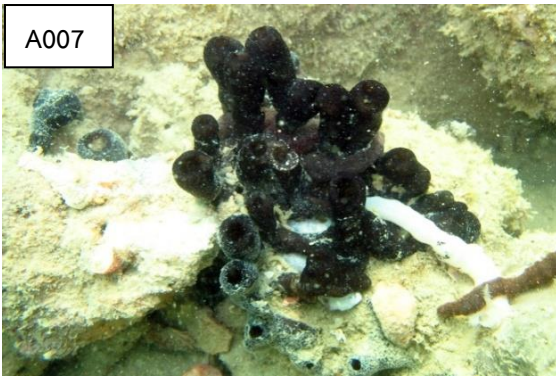


A006

ฟองน้ำยัดหูสีดำ *Cacospongia* sp. "black"

ภาพที่ ข1 ภาพถ่ายใต้น้ำของฟองน้ำทะเลที่นำมาวิเคราะห์โลหะหนัก





ฟองน้ำแจกันสีดำ *Haliclona* sp. "black"



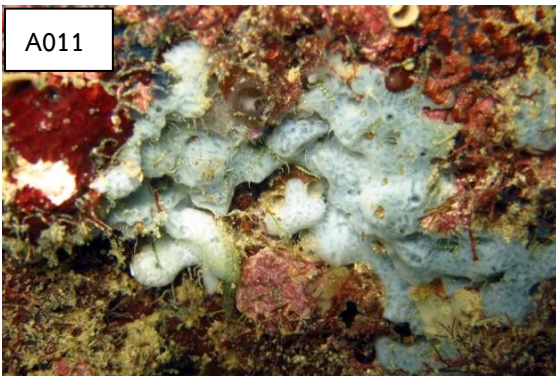
ฟองน้ำท่อสีเทา *Chalinula* sp. "black"



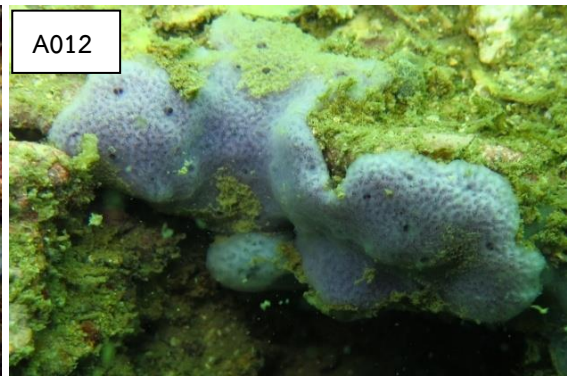
ฟองน้ำท่อสีเหลือง *Chalinula* sp. "yellow"



ฟองน้ำเคลือบหนามสีชมพู *Dasychalina fragilis*  
Ridley & Dendy, 1886



ฟองน้ำเคลือบสีฟ้า *Gelliodes petrosioides* Dendy,  
1905



ฟองน้ำเคลือบสีม่วง *Gelliodes* sp. "purple"

ภาพที่ ข1 (ต่อ)





A013

ฟองน้ำท่อพุ่มสีแดง *Oceanapia sagittaria* (Sollas, 1902)



A014

ฟองน้ำสีน้ำตาล *Neopetrosia exigua* (Kirkpatrick, 1900)



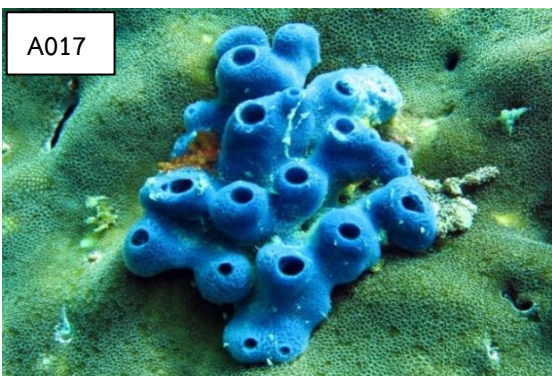
A015

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



A016

ฟองน้ำเคลือบแข็งสีม่วง *Xestospongia sp. "purple"*



A017

ฟองน้ำสีน้ำเงิน *Neopetrosia sp. "blue"*

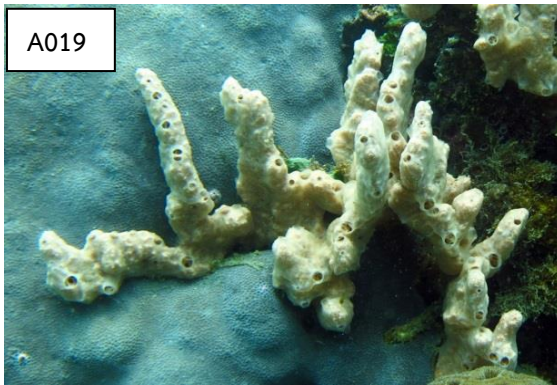


A018

ฟองน้ำลูกบอล *Tethya aff. robusta* Bowerbank, 1872

ภาพที่ ข1 (ต่อ)





A019

ฟองน้ำเชือก *Clathria (Thalysias) reinwardti*  
Vosmaer, 1880



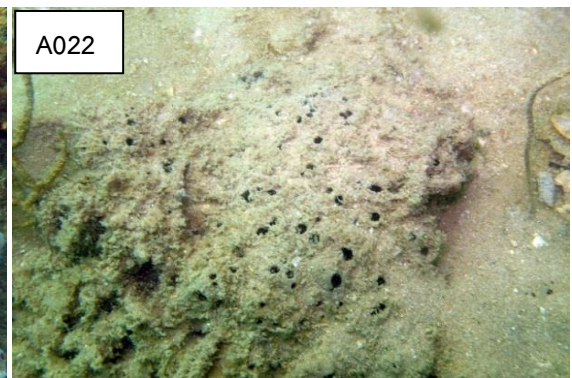
A020

ฟองน้ำฝิ่งตัวสีแดง *Mycale (Mycale) grandis* Gray,  
1867



A021

ฟองน้ำสีส้มหม่น *Desmapsamma vervoorti* van  
Soest, 1997



A022

ฟองน้ำไฟ *Biemna fortis* (Topsent, 1897)



A023

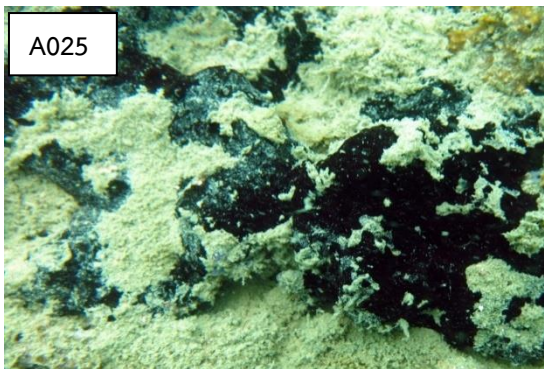
ฟองน้ำกระชาย *Coelocarteria singaporensis*  
(Carter, 1883)



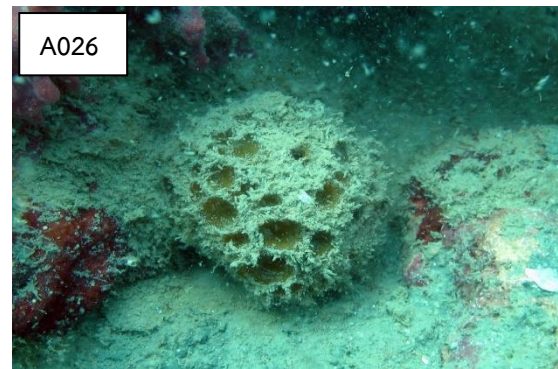
A024

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

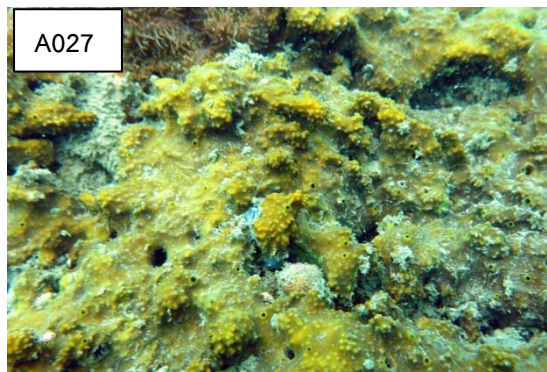
ภาพที่ ข1 (ต่อ)



ฟองน้ำสีดำเมือกม่วง *Iotrochota baculifera* Ridley,  
1884



ฟองน้ำลูกกอล์ฟ *Paratetilla bacca* (Selenka, 1867)



ฟองน้ำเปลี่ยนสี *Pseudoceratina purpurea* (Carter, 1880)

ภาพที่ ข1 (ต่อ)