การปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางทะเล จังหวัดระยอง

Heavy metals contamination in the marine environment of Rayong Province

ฉลวย มุสิกะ[1*], วันชัย วงสุดาวรรณ[1], อาวุธ หมั่นหาผล[1] และ แววตา ทองระอา[1]

Chaluay Musika[1*], Wanchai Wongsudawan[1], Arvut Munhapon[1] and Waewtaa Thongra-ar[1]

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนัก (Cd, Hg, Fe, Ni และ Zn) ในฟองน้ำ ทะเล น้ำทะเล และดินตะกอน ในจังหวัดระยอง โดยเก็บตัวอย่างบริเวณเกาะสะเก็ด (2 สถานี) และเกาะมัน (3 สถานี) รวม 6 ครั้ง ระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 การวิเคราะห์ โลหะหนัก ใช้เทคนิค atomic absorption spectrophotometry ผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด ในน้ำทะเลและดินตะกอนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล และมาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งของประเทศไทย (ไม่มีค่ามาตรฐานสำหรับฟองน้ำทะเล) ความเข้มข้นโลหะหนักในฟองน้ำทะเลสูงกว่าดินตะกอน และน้ำทะเล ตามลำดับ ยกเว้น Fe ในดินตะกอนสูงกว่าฟองน้ำทะเล และน้ำทะเล ตามลำดับ การปนเปื้อนโลหะหนักในฟองน้ำทะเลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) ขึ้นอยู่กับชนิดฟองน้ำทะเล

คำสำคัญ: โลหะหนัก, น้ำทะเล, ดินตะกอน, ฟองน้ำทะเล

ABSTRACT: This study aimed to investigate the accumulation of heavy metals (Cd, Hg, Fe, Ni and Zn) in marine sponges, sediments and seawater in Rayong province. The samples were collected six times during of 2014 to 2015 from Ko Saket (2 stations) and Ko Mun (3 stations). Heavy metals in all samples were analyzed by atomic absorption spectrophotometry technique. The results showed that Pb and Cu concentrations in sediments and seawater were still compiled with the standards of sediment and coastal water qualities of Thailand (no standard for marine sponges). Heavy metals were accumulated in the marine sponges higher than an accumulation in the sediments and seawater, except that Fe was accumulated in the sediments higher than marine sponges and seawater respectively. Contamination of heavy metals in marine sponges was significantly different depending on sponge species ($p < 0.01$).

Keywords: heavy metal, seawater, sediments, marine sponge

บทนำ

โลหะหนักเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง มีความคงตัวในสิ่งแวดล้อม สามารถสะสมได้เพิ่มขึ้นตามลำดับในห่วงโซ่อาหาร (สุวัจน์, 2557) การพัฒนาอุตสาหกรรมมีการปล่อยน้ำทิ้งปนเปื้อนโลหะหนักลงสู่ทะเลมากขึ้น (Velusamy et al., 2014) ทั้งโลหะที่เป็นประโยชน์ เช่น ทองแดง เหล็ก และสังกะสี และโลหะที่เป็นพิษ เช่น แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว (Chiarelli and Roccheri, 2014) ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตสัตว์น้ำในหลายประเทศทั่วโลก (Sivaperumal et al, 2007) โลหะหนักเมื่อลงสู่แหล่งน้ำสามารถสะสมในดินตะกอน และสัตว์น้ำ ตลอดจนผู้บริโภคสัตว์น้ำผ่านทางห่วงอาหาร (Bhattacharya et al., 2008) การประเมิน

[1] สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20131
Institute of Marine Science, Burapha University, Chon Buri 20131

* Corresponding author: musika@buu.ac.th

ปัญหามลพิษจากโลหะหนักในทะเล สามารถทำได้ทั้งการตรวจวิเคราะห์ในน้ำ ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต ซึ่งการวิเคราะห์ในน้ำและดินตะกอนมักอยู่ในรูปของโลหะทั้งหมด (total metal) แต่โลหะหนักเฉพาะที่อยู่ในรูปที่สามารถเข้าสู่สิ่งมีชีวิตได้ (bioavailable) เท่านั้นจึงจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต (Waldichuk, 1985) จึงพบการใช้สิ่งมีชีวิตเป็นดัชนีชีวภาพ (bioindicators) ในการตรวจติดตามโลหะหนักในทะเลกันมากขึ้น (Bayen, 2012) ซึ่งฟองน้ำทะเลนับเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมใช้เป็นดัชนีดังกล่าว (Carballo et al., 1996; Pan et al., 2011; Venkateswara Rao et al., 2006; Venkateswara Rao et al., 2009) เพราะพบได้ทั่วไปบริเวณชายฝั่งทะเล มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม มีอายุยืนยาว และไม่ค่อยมีศัตรู ดำรงชีวิตด้วยการเกาะติดอยู่กับที่ กินอาหารโดยการกรองน้ำผ่านลำตัว โอกาสที่จะรับเอาโลหะหนักละลายหรือแขวนลอยในน้ำทะเลมีตลอดเวลา (Verdenal et al., 1990) การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของแคดเมียม (Cd), ปรอท (Hg), เหล็ก (Fe), นิเกิล (Ni) และสังกะสี (Zn) ในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล บริเวณเกาะสะเก็ดและเกาะมัน จังหวัดระยอง

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่าง น้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล ในจังหวัดระยอง บริเวณเกาะสะเก็ด 2 สถานี (RI 1, RI 2) และเกาะมัน 3 สถานี (RC 1, RC 2, RC 3) (**Figure 1**) รวม 6 ครั้ง ระหว่างมกราคม 2557 - พฤศจิกายน 2558 เพื่อนำมาวิเคราะห์ Cd, Hg, Fe, Ni และ Zn การเก็บตัวอย่างน้ำ ใช้กระบอกเก็บน้ำ (non-metallic water sample, model 1080 series GO-FLO) เก็บที่ระดับกึ่งกลางความลึก ถ่ายใส่ขวดพลาสติก (polypropylene (PP); Nalgene) สถานีละ 3 ซ้ำ ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยการเติมกรดไนตริก (supra.HNO_3, Merck) ยกเว้นการวิเคราะห์ Hg เก็บในขวดแก้ว (pyrex) และเติมกรดไฮโดรคลอริค (supra. HCl, Merck) สำหรับดินตะกอน ใช้ช้อนพลาสติกแข็งตักดิน (ลึกไม่เกิน 5 ซม.) ใส่ถุงซิปพลาสติก สถานีละ 3 ซ้ำ และเก็บตัวอย่างฟองน้ำทะเล เฉพาะชนิดเด่น (dominant species) พื้นที่ละ 4 ชนิด โดยการดำน้ำแบบ SCUBA ใส่ในถุงซิปพลาสติก แยกตามชนิด แช่ตัวอย่างทั้งหมดในถังน้ำแข็ง และล้างทำความสะอาดฟองน้ำทะเลด้วยน้ำทะเลและน้ำกลั่น เอาสิ่งปนเปื้อนออก เลือกเปลือกหอยและขยะชิ้นใหญ่ออกจากดินตะกอน ก่อนทำแห้งด้วยความเย็น (freeze dryer) ปั่นฟองน้ำทะเลด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้ง และบดดินตะกอนด้วย agate mortar ให้ละเอียด บรรจุในถุงซิปพลาสติก เก็บในตู้ดูดความชื้น สำหรับน้ำทะเลเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 - 5˚C ก่อนนำไปสกัดโลหะหนักในขั้นตอนต่อไป

การสกัดโลหะหนักในน้ำทะเล ใช้วิธี Cobalt-APDC co-precipitation technique ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Huizenga (1981) สำหรับวิเคราะห์ Cd, Fe, Ni และ Zn ส่วน Hg สกัดด้วยวิธี BrCl method ตามวิธีของ Quémerais and Cossa (1997) ดินตะกอน ใช้ตัวอย่าง 0.5 ± 0.01 g dry wt. สกัดด้วยสารละลายผสม aqua regia และ HF (Hydrofluoric, Merck) (Loring and Rantala, 1992) ที่อุณหภูมิ 95˚C บนเครื่องย่อยตัวอย่างแบบหลุม (block digestion system, model AIM600) นาน 3 ชั่วโมง ก่อนระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 70 - 80˚C บนเตาไฟฟ้า ละลายตะกอนด้วย conc. HNO_3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำ deionized สำหรับ Hg สกัดด้วย HNO_3 และ HCl ที่อุณหภูมิ 95˚C บนเครื่องย่อยตัวอย่างแบบหลุม ส่วนในฟองน้ำทะเล ใช้ตัวอย่าง 0.5 ± 0.01 g dry wt. สกัดด้วย conc. HNO_3 (Wagner et al., 1998; Perez et al., 2005) ที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 24 ชั่วโมง บนเครื่องย่อยตัวอย่างแบบหลุม และปรับปริมาตร ด้วยน้ำ deionized

Figure 1 Sampling stations (⊗) for seawater, sediments and sponges

ความเข้มข้น Cd, Fe, Ni และ Zn วัดด้วย graphite furnace atomic absorption spectrometry (Perkin-Elmer, model 4110ZL) ยกเว้น Fe และ Zn ในดินตะกอนใช้ flame atomic absorption spectrometry (Perkin-Elmer, model AAnalyst 100) และ Hg ใช้วิธี cold vapor atomic absorption spectrometry ระบบ flow injection mercury hydride system (F1MHS; model FIAS 100) ด้วย atomic absorption spectrometry (Perkin-Elmer, model 4110ZL)

นอกจากนี้ได้ตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์กับตัวอย่างมาตรฐานที่มีการรับรองความเข้มข้น (certified reference material) ของน้ำทะเล (NASS-6, National Research Council Canada) ดินตะกอน (SRM 1646a, National Institute of Standards and Technology) และเนื้อเยื่อปลาทะเล (DORM-2, National Research Council Canada) พบว่าค่า recovery ของตัวอย่างมาตรฐานทั้งหมดดังกล่างข้างต้นของโลหะหนักทุกชนิดอยู่ในช่วง 81-120 % ยกเว้น Hg ในน้ำทะเล ใช้วิธีทดสอบด้วยการเติมสารละลายมาตรฐานลงในตัวอย่างในขั้นตอนสกัด พบค่า recovery อยู่ในช่วง 100-104 % สำหรับค่า method detection limit (MDL) น้ำทะเล ของ Cd, Hg, Fe, Ni และ Zn เท่ากับ 0.003, 0.10, 0.04, 0.03 และ 0.25 µg/L ตามลำดับ ดินตะกอน เท่ากับ 0.015, 0.003, 20.0, 0.20 และ 1.0 mg/kg dry wt. ตามลำดับ และฟองน้ำทะเล เท่ากับ 0.007, 0.007, 1.0, 0.15 และ 0.2 mg/kg dry wt. ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One-way ANOVA และใช้สถิติ S-N-K เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งใช้ Pearson correlation วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนัก

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ Cd, Hg, Fe, Ni และ Zn ในน้ำทะเลและดินตะกอน แสดงใน **Table 1** พบว่าในน้ำทะเลมีเพียง Fe และ Ni เท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) ระหว่างสถานี โดยสถานีเกาะสะเก็ดมีความเข้มข้นสูงกว่าสถานีเกาะมัน เนื่องจากเกาะสะเก็ดเป็นพื้นที่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จึงอาจมีโลหะหนักปนเปื้อนออกมากับน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่ทะเล ต่างจากเกาะมันซึ่งเป็นพื้นที่อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและอยู่ห่างออกไป ปกติโลหะหนักเมื่อถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำแล้วสุดท้ายจะเข้าไปสะสมอยู่ในดินตะกอนพื้นท้องน้ำ โดยกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยาที่ซับซ้อน (แววตา และคณะ, 2549) สำหรับโลหะหนักในดินตะกอน พบว่ามีการกระจายใกล้เคียงกันระหว่างสถานี มีเพียง Cd ที่มีความแตกต่างกัน ($p < 0.01$) คือ ความเข้มข้นบริเวณเกาะมันสูงกว่าบริเวณเกาะสะเก็ด

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักจากการศึกษาครั้งนี้กับในอดีตเมื่อปี พ.ศ. 2547 (แววตา และคณะ, 2549) และปี พ.ศ. 2550-2551 (ฉลวย และ

คณะ, 2552) บริเวณมาบตาพุด พบว่าการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงจากปีที่ผ่านมา และค่าความเข้มข้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) และมาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งของประเทศไทย ที่ความเข้มข้นสารในดินตะกอนมีโอกาสพบผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินระดับต่ำ (effect range low; ERL) (Pollution Control Department, 2006) ดังแสดงใน **Table 1**

Table 1 Average concentrations and SE values (numbers in brackets) of heavy metals in seawater and sediments in various stations (n = 6)

Station	Seawater concentrations (µg/L)					Sediments concentrations (mg/kg dry wt.)				
	Cd	Hg	Fe	Ni	Zn	Cd	Hg	Fe	Ni	Zn
RI 1	0.012	<0.1	28[b]	0.42[b]	0.85	0.030[a]	0.020	1,320	1.37	8.7
	(0.002)		(6)	(0.06)	(0.22)	(0.002)	(0.008)	(177)	(0.12)	(1.5)
RI 2	0.010	<0.1	26[b]	0.41[b]	0.63	0.030[a]	0.015	1,593	1.88	10.0
	(0.001)		(7)	(0.05)	(0.07)	(0.004)	(0.004)	(170)	(0.53)	(1.5)
RC1	0.014	<0.1	6[a]	0.31[ab]	0.38	0.040[b]	0.019	1,375	2.47	6.7
	(0.003)		(2)	(0.05)	(0.08)	(0.003)	(0.007)	(474)	(0.76)	(1.2)
RC 2	0.014	<0.1	7[a]	0.23[a]	0.36	0.045[b]	0.021	1,177	2.02	6.3
	(0.002)		(2)	(0.01)	(0.08)	(0.003)	(0.010)	(238)	(0.50)	(1.2)
RC 3	0.013	<0.1	7[a]	0.25[a]	0.44	0.042[b]	0.025	1,044	1.76	5.8
	(0.003)		(2)	(0.02)	(0.13)	(0.001)	(0.015)	(120)	(0.29)	(1.4)
Standard value	5[1/]	0.1[1/]	300[1/]	-	50[1/]	1.2[2/]	0.15[2/]	47,200[3/]	20.9[2/]	150[2/]
One-way ANOVA	ns		**	**	ns	**	ns	ns	ns	ns

[1/] มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

[2/] Proposed marine and coastal sediment quality guidelines (Pollution Control Department, 2006)

[3/] Average shale (Turekian and Wedepohl, 1961), ** Significant at P 0.01, ns = Not significant

ฟองน้ำทะเลจากเกาะสะเก็ด ที่นำมาศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ *Paratetilla bacca* (Selenka, 1867) (**Sp1**), *Chondrosia reticulata* (Carter, 1886) (**Sp2**), *Chondrilla australiensis* (Carter, 1873) (**Sp3**) และ *Biemna fortis* (Topsent, 1897) (**Sp4**) และจากเกาะมัน ได้แก่ *Petrosia* (*Petrosia*) sp. “vase” (**Sp5**), *Neopetrosia* sp. “blue” (**Sp6**), *Neopetrosia exigua* (Kirkpatrick, 1900) (**Sp7**) และ *Clathria (Thalysias) reinwardti* Vosmaer, 1880 (**Sp8**) ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในฟองน้ำทะเลดังกล่าวแสดงใน **Table 2** พบว่าการสะสม Cd, Hg, Fe, Ni และ Zn ในฟองน้ำทะเลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) ขึ้นอยู่กับชนิดของฟองน้ำทะเล โดยมีลำดับการสะสมที่เหมือนกัน ดังนี้ Fe > Zn > Ni > Cd > Hg แต่มีความเข้มข้นที่ต่างกันขึ้นกับชนิดของฟองน้ำทะเล สอดคล้องกับการศึกษาของ Pan et al. (2011) และ Venkateswara Rao et al. (2009) ซึ่งรายงานว่าโลหะหนักในเนื้อเยื่อฟองน้ำทะเลมีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ โดยโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกาย ขึ้นอยู่กับโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัว

ชนิด สายพันธุ์ อายุ ขนาด เพศ สภาวะทางสรีรวิทยา และกลไกทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิตในการคัดสรรโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย กรณีโลหะที่มีประโยชน์ (เช่น Fe, Cu และ Zn) จะถูกส่งไปยังอวัยวะที่ต้องการเพื่อใช้ในกระบวนการเผาผลาญอาหาร ส่วนโลหะที่ไม่มีประโยชน์ (Cd, Hg และ Pb) จะพยายามขับออกจากร่างกาย จึงทำให้โลหะในเนื้อเยื่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลมีความแตกต่างกันอย่างมหาศาล แม้จะเป็นประชากรที่อยู่ในแหล่งเดียวกันก็ตาม (Depledge and Rianbow, 1990; Pan et al., 2011) จากการศึกษาโลหะหนักในฟองน้ำทะเลบริเวณแอนตาร์กติก และทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ของ Illuminati et al. (2016) พบว่า Cd, Cu และ Pb สะสมอยู่ในส่วนที่เป็นเนื้อเยื่ออินทรีย์ (organic tissue) สูงถึง 82-99 % มีเพียงเล็กน้อยที่สะสมในส่วนเนื้อเยื่อ siliceous (spicules) ทั้งๆ ที่ siliceous เป็นเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ของฟองน้ำทะเล

Table 2 Average concentrations and SD values (numbers in brackets) of heavy metals in various marine sponges

Location	Marine sponges[1/]	Heavy metals concentrations (mg/kg dry wt.)				
		Cd	Hg	Fe	Ni	Zn
Ko Saket	Sp1 (n = 7)	0.97 ± 0.27^{c}	0.15 ± 0.11^{a}	809 ± 291^{c}	11 ± 4^{ab}	252 ± 173^{b}
	Sp2 (n = 6)	0.43 ± 0.06^{b}	0.42 ± 0.18^{c}	395 ± 239^{ab}	34 ± 7^{d}	43 ± 15^{a}
	Sp3 (n = 5)	0.33 ± 009^{b}	0.28 ± 0.18^{b}	646 ± 328^{bc}	23 ± 11^{c}	43 ± 5^{a}
	Sp4 (n = 5)	0.12 ± 0.04^{a}	0.06 ± 0.03^{a}	1,165 ± 602^{c}	20 ± 12^{bc}	82 ± 31^{a}
Ko Mun	Sp5 (n = 14)	0.45 ± 0.10^{b}	0.09 ± 0.03^{a}	343 ± 253^{ab}	18 ± 6^{bc}	24 ± 10^{a}
	Sp6 (n = 9)	0.07 ± 0.03^{a}	0.06 ± 0.11^{a}	320 ± 240^{ab}	9 ± 8^{a}	51 ± 34^{a}
	Sp7 (n = 8)	0.51 ± 0.15^{b}	0.08 ± 0.04^{a}	226 ± 99^{a}	14 ± 5^{abc}	19 ± 7^{a}
	Sp8 (n = 8)	2.23 ± 0.94^{d}	0.07 ± 0.04^{a}	397 ± 175^{ab}	8 ± 5^{a}	76 ± 42^{a}
One-way ANOVA		**	**	**	**	**

** Significant at P 0.01

1/ SP1 = *Paratetilla bacca*, SP2 = *Chondrosia reticulate*, SP3 = *Chondrilla australiensis*, SP4 = *Biemna fortis* SP5 = *Petrosia* (*Petrosia*) sp., SP6 = *Neopetrosia* sp., SP7 = *Neopetrosia exigua* and SP8 = *Clathria* (*Thalysias*) *reinwardti*

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) ดังแสดงใน **Table 3** ซึ่งสังเกตได้ว่า Cd, Ni และ Zn ในฟองน้ำทะเล > ดินตะกอน > น้ำทะเล (แม้ Cd ในดินตะกอนและน้ำทะเล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ) ส่วน Fe ในดินตะกอน > ฟองน้ำทะเล > น้ำทะเล ซึ่ง Venkateswara Rao et al. (2009) และ Cebrian et al. (2007) อธิบายได้ว่า เป็นกลไกทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการควบคุม (regulation) และการสะสมสุทธิ (net accumulation) ซึ่งถือเป็นความสามารถของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลในการรักษาความเข้มข้นของโลหะในร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นในสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัว ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในช่วงกว้าง การกระจายโลหะหนักระหว่างน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเลมีความสอดคล้องกัน คือ Fe > Zn > Ni > Cd > Hg และมีแนวโน้มความสัมพันธ์กันในเชิงบวกระหว่างโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และฟองน้ำทะเล โดยเฉพาะ Fe และ Ni ในฟองน้ำทะเลและน้ำทะเล สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (ค่า r ของ Fe และ Ni เท่ากับ 0.620** และ 0.384* ตามลำดับ) แสดงว่าฟองน้ำทะเลได้รับโลหะหนักจากน้ำทะเล มากกว่าดินตะกอน เนื่องจากฟองน้ำทะเลมีการกรองน้ำผ่านลำตัว

อยู่ตลอดเวลา ทำให้สามารถสะสมโลหะหนักทั้งที่ละลายอยู่ในน้ำและที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย โดยเฉพาะอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งฟองน้ำทะเลสามารถเก็บกักไว้ได้ถึง 80 % (Pan et al., 2001) อนุภาคเหล่านี้มีพื้นที่ในการดูดซับสูงมาก จากการศึกษาของ Pan et al. (2001) บริเวณชายฝั่งทะเลแดง ประเทศซาอุดิอาระเบีย ก็พบว่าโลหะหนักในดินตะกอนไม่ได้ให้ข้อมูลที่ดีในการใช้ประโยชน์ทางชีวภาพของโลหะหนักในฟองน้ำทะเล แต่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม Cebrian et al. (2007) แนะนำว่า ฟองน้ำทะเลที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีตรวจติดตามโลหะหนักในทะเลได้ดีนั้น ควรเป็นชนิดที่มีความสามารถในการสะสมโลหะหนักได้ดี สอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณโลหะหนักที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้ จึงพบว่าฟองน้ำทะเลที่เหมาะสมจะเป็นดัชนีตรวจติดตามโลหะหนักในทะเลบริเวณเกาะสะเก็ด ได้แก่ *Paratetilla bacca* และ *Chondrosia reticulate* ส่วนบริเวณเกาะมัน ได้แก่ *Petrosia* (*Petrosia*) sp. *Clathria* (*Thalysias*) *reinwardti* เพราะนอกจากสามารถสะสมโลหะหนักได้สูงสอดคล้องกับปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเป็นชนิดที่พบได้บ่อยในพื้นที่ด้วย

Table 3 Heavy metals concentrations in seawater, sediments and marine sponges

Samples	Location	Concentration of heavy metals				
		Cd	Hg	Fe	Ni	Zn
Seawater	Ko Saket (n = 36)	0.011 ± 0.004[a]	< 0.1	27 ± 15[a]	0.42 ± 0.13[a]	0.74 ± 0.40[a]
(µg/L)	Ko Mun (n = 54)	0.013 ± 0.007[a]	< 0.1	6.5 ± 4.9[a]	0.26 ± 0.08[a]	0.39 ± 0.23[a]
Sediment	Ko Saket (n = 36)	0.030 ± 0.042[a]	0.02 ± 0.02	1,456 ±429[e]	1.6 ± 0.9[b]	9.4 ±3.6[b]
(mg /kg dry wt.)	Ko Mun (n = 54)	0.042 ± 0.006[a]	0.02 ± 0.03	1,199 ± 776[d]	2.1 ± 1.3[b]	6.3 ± 3.0[b]
Marine sponges	Ko Saket (n = 23)	0.50 ± 0.36[b]	0.23 ± 0.19	743 ± 446[c]	21 ± 12[d]	115 ± 131[d]
(mg /kg dry wt.)	Ko Mun (n = 39)	0.74 ± 0.88[c]	0.08 ± 0.06	323 ± 210[b]	13 ± 7[c]	68 ± 126[c]
One-way ANOVA		**	**	**	**	**

สรุป

การปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางทะเลจังหวัดระยอง พบว่า Cd, Hg, Fe, Ni และ Zn ในน้ำทะเล และดินตะกอน มีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล และมาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งของประเทศไทย โดยการปนเปื้อน Cd, Ni และ Zn ในฟองน้ำทะเล > ดินตะกอน > น้ำทะเล ส่วน Fe พบการปนเปื้อนในดินตะกอน > ฟองน้ำทะเล > น้ำทะเล

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557-2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้องมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณ ดร.สุเมตต์ ปุจฉาการ ที่ให้ความกรุณาจำแนกชนิดฟองน้ำทะเลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2549. มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุดาวรรณ, อาวุธ หมั่นหาผล และแววตา ทองระอา. 2552. การประเมินความเสี่ยงของสารมลพิษทางทะเล ในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

สุวัจน์ ธัญรส. 2557. มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

แววตา ทองระอา, ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุดาวรรณ และอาวุธ หมั่นหาผล. 2549. การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

Bayen, S. 2012. Occurrence, bioavailability and toxic effects of trace metals and organic contaminants in mangrove ecosystems: A review. Environ. Int. 48: 84 - 101.

Bhattacharya, A.K., S.N. Mandal, and S.K. Das. 2008. Heavy metals accumulation in water, sediment and tissues of different edible fishes in upper stretch of Gangetic West Bengan. Trends Appl. Sci. Res. 3: 61 - 68.

Carballo, J.L., S.A. NaranJo, and J.C. Gómez-García. 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., M-J. Uriz, and X.Turon. 2007. Sponges as biomonitors of heavy mentals in spatial and temporal surveys in northwestern Mediterranean: multispecies comparison. Environ. Toxicol. and Chem. 26: 2430 - 2439.

Chiarelli, R., and M.C. Roccheri. 2014. 2014. Marine invertebrates as bioindicators of heavy metal pollution. OJMetal. 4: 93-106.

Depledge, M.H., and P.S. Rianbon. 1990. Models of regulation and accumulation of trace metals in marine invertebrates. Comp. biochem. Physiol. 97C: 1 - 7.

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.

Illuminati, S., A. Annibaldi, C. Truzzi, and G. Scarponi. 2016. Heavy metal distribution in organic and siliceous marine sponge tissues measured by square wave anodic stripping voltammetry. Mar. Pollut. Bull. 111: 476-482.

Loring, D.H., and R.T.T. Rantala. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate metter. Earth. Sci. Rev. 32: 235 - 283.

Pan, K., O.O. Lee, P. Qian, and W. Wang. 2011. Sponges and sediments as monitoring tools of metal contamination in the eastern coast of the Red Sea, Saudi Arabia. Mar. Pollut. Bull. 62: 1140 - 1146.

Perez, T., D. Longet, T. Schembri, P. Rebouillon, and J. Vacelet. 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.

Quémerais, B., and D. Cossa. 1997. Procedures for sampling and analysis of mercury in natural waters. Environment Canada-Quebec Region, Environment Conservation, St. Lawrence Centre. Scientific and Technical Report ST-31E.

Sivaperumal, P., T. V. Sankar, and P. G. Viswanathan-Nair. 2007. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-à-vis international standards. Food Chem. 102(4): 612-620.

Turekian, K.K., and K.H. Wedepohl. 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. GSA Bulletin. 72(2): 175-192.

Venkateswara Rao, J., K. Srikanth, R. Pallela, and T. Gnaneshwar Rao. 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.

Venkateswara Rao, J., P. Kavitha, N. Chakra Reddy, and T. Gnaneshwar Rao. 2006. Petrosia testudinaria as a biomarker for metal contamination at Gulf of Mannar, southeast coast of India. Chemosphere. 65: 634 - 638.

Verdenal, B., C. Diana, A. Arnoux, and J. Vacelet. 1990. Pollutant Levels in Mediterranean Commercial Sponges. In: Rützler, K. (Ed.), New perspectives in sponge biology. Smithsonian Institute Press, Washington, DC.

Velusamy, A., P.S. Kumar, A. Ram, and S. Chinnadurai. 2014. Bioaccumulation of heavy metals in commercially important marine fishes from Mumbai harbor, India. Mar. Pollut. Bull. 81: 218 - 224.

Wagner, C., R. Steffen, C. Koziol, R. Batel, M. Lacorn, H. Steinhart, T. Simat, and W.E.G. Müller. 1998. Apoptosis in marine sponges: a biomarker for environmental stress (cadmium and bacteria) Mar. Biol. 131: 411 - 421.

Waldichuk, M. 1985. Biological availability of metals to marine organisms. Mar. Pollut. Bull. 16: 7 - 11.