

# การสะสมตะกั่วและทองแดงในฟองน้ำทะเล ดินตะกอน และน้ำทะเล บริเวณจังหวัดระยอง

## Accumulation of Pb and Cu in marine sponges, sediments and seawater in Rayong province

ฉลวย มุสิกะ<sup>1\*</sup>, แววตา ทองระอา<sup>1</sup>, วันชัย วงสุदारณ<sup>1</sup> และ อารุท มั่นหาพล<sup>1</sup>  
Chaluy Musika<sup>1\*</sup>, Waewtaa Thongra-ar<sup>1</sup>, Wanchai Wongsudawan<sup>1</sup>  
and Arvut Munhapon<sup>1</sup>

**บทคัดย่อ:** การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสะสมตะกั่วและทองแดงในฟองน้ำทะเล ดินตะกอน และน้ำทะเล บริเวณเกาะสะเก็ด (2 สถานี) และเกาะมัน (3 สถานี) จังหวัดระยอง โดยเก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง ระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 การวิเคราะห์โลหะหนักใช้เทคนิค atomic absorption spectrophotometry ผลการศึกษาพบว่าปริมาณตะกั่วและทองแดง ในดินตะกอนและน้ำทะเล มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนและน้ำทะเลชายฝั่งที่ประเทศไทยกำหนดไว้ ปริมาณตะกั่วในฟองน้ำทะเลมีค่าน้อยกว่าในดินตะกอน ขณะที่ทองแดง ฟองน้ำทะเลมีค่าสูงกว่าในดินตะกอน โดยฟองน้ำทะเลบริเวณเกาะสะเก็ดมีการสะสมตะกั่วและทองแดงสูงกว่าฟองน้ำทะเลบริเวณเกาะมันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ ) และในพื้นที่เดียวกัน ฟองน้ำทะเลส่วนใหญ่มีการสะสมโลหะหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ )

**คำสำคัญ:** โลหะหนัก, ฟองน้ำทะเล, ดินตะกอน, น้ำทะเล

**ABSTRACT:** This study aimed to investigate the accumulation of Pb and Cu in marine sponges, sediments and seawater in Rayong province. The samples were collected six times during the year of 2014 to 2015 from Ko Saket (2 stations) and Ko Mun (3 stations). Pb and Cu 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. Pb was accumulated in the sediments higher than an accumulation in the marine sponges, whereas Cu was accumulated in the marine sponges higher than an accumulation in the sediments. Both Pb and Cu concentrations in marine sponges of Ko Saket were significantly higher than those of Ko Mun ( $P < 0.01$ ). In the same area, the heavy metals accumulation in most marine sponges were not significantly different ( $P > 0.05$ ).

**Keywords:** heavy metal, marine sponge, sediment, seawater

<sup>1</sup> สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Institute of Marine Science, Burapha University, Chon Buri 20131

\* Corresponding author: musika@buu.ac.th

## บทนำ

มลพิษจากโลหะหนัก นับเป็นปัญหาร้ายแรงที่เกิดขึ้นในหลายประเทศทั่วโลก โดยมีสาเหตุสำคัญมาจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยลงสู่ทะเล (Velusamy et al., 2014) โลหะหนักเป็นสารที่อันตรายร้ายแรงชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีความคงตัวสูง ไม่สามารถย่อยสลายได้ เมื่อเข้าสู่แหล่งน้ำจะมีการสะสมอยู่ในน้ำ ดินตะกอน และสัตว์น้ำ (Bhattacharya et al., 2008) การประเมินปัญหามลพิษจากโลหะหนัก สามารถทำได้ทั้งการตรวจวิเคราะห์ในน้ำ ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต แต่เนื่องจากการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำและดินตะกอนส่วนใหญ่มีการตรวจวิเคราะห์ในรูปของโลหะทั้งหมด (total metal) จึงทำให้ได้ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะบ่งชี้ปริมาณโลหะหนักในรูปที่สามารถเข้าสู่สิ่งมีชีวิตได้ (bioavailable metal) ซึ่งสามารถแสดงถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้โดยตรง (Waldichuk, 1985) ปัจจุบันจึงนิยมใช้สิ่งมีชีวิตเป็นดัชนีชีวภาพ (bioindicators) ในการติดตามตรวจมลพิษจากโลหะหนัก (Bayen, 2012) ซึ่งจากรายงานวิจัยหลายฉบับในต่างประเทศนิยมใช้ฟองน้ำทะเลในการตรวจติดตามการปนเปื้อนของโลหะหนัก (Carballo, et. al., 1996; Pan, et. al., 2011; Venkateswara Rao, et. al., 2006; Venkateswara Rao, et. al., 2009) เพราะฟองน้ำทะเลเป็นสิ่งมีชีวิตที่เกาะติดอยู่กับที่ กินอาหารโดยการกรองผ่านลำตัว ทำให้ฟองน้ำทะเลสามารถรับสารมลพิษต่างๆ รวมถึงโลหะหนักในน้ำทะเลไว้ในร่างกายได้ (Verdenal, et al., 1990) อีกทั้งฟองน้ำทะเลเป็นสัตว์ที่พบได้ทั่วไปบริเวณชายฝั่งทะเล มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม มีอายุยืนยาว และไม่ค่อยมีศัตรู ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสะสมโลหะหนัก 2 ชนิด คือ ตะกั่ว (Pb) ซึ่งไม่มีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตและมีความเป็นพิษ และทองแดง (Cu) เป็นโลหะที่สิ่งมีชีวิตมีความต้องการ (essential element) ในฟองน้ำทะเล จังหวัดระยอง บริเวณเกาะสะเก็ด ในเขตพื้นที่อุตสาหกรรมและท่าเรือ มาบตาพุด และบริเวณเกาะมัน ซึ่งเป็นเขตพื้นที่อนุรักษ์

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางทะเล เปรียบเทียบกับในดินตะกอนและน้ำทะเลในพื้นที่เดียวกัน เพื่อเป็นองค์ความรู้ใหม่ เนื่องจากปัจจุบันไม่พบการรายงานเรื่องนี้ในประเทศไทย

## วิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างฟองน้ำทะเล ดินตะกอน และน้ำทะเล บริเวณเกาะสะเก็ด 2 สถานี (RI 1, RI 2) และเกาะมัน 3 สถานี (RC 1, RC 2, RC 3) (Figure 1) ระหว่างเดือนมกราคม 2557-พฤศจิกายน 2558 รวม 6 ครั้ง เพื่อนำมาวิเคราะห์ตะกั่วและทองแดง โดยฟองน้ำทะเลเลือกเก็บเฉพาะชนิดที่พบเป็นประจำในพื้นที่ ๓ ละ 4 ชนิด ด้วยวิธีดำน้ำ (SCUBA diving) เก็บตัวอย่างใส่ถุงซิปลพลาสติก แยกตามชนิด และล้างทำความสะอาดเอาสิ่งเจือปนออกด้วยน้ำทะเลกรองในห้องปฏิบัติการก่อนทำแห้งด้วยความเย็น โดยเครื่อง freeze dryer แล้วบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง สกัดตัวอย่าง  $0.5 \pm 0.01$  กรัม ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 6 ml. (มิลลิลิตร) (supra.  $\text{HNO}_3$ , Merck) (Wagner, et al., 1998; Perez, et al., 2005) ที่อุณหภูมิ  $100^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บนเครื่องย่อยตัวอย่างแบบหลุม (block digestion system, model AIM600) วัดความเข้มข้นตะกั่วและทองแดง ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrometer (AAS) (Perkin-Elmer, model 4110ZL) ซึ่งวิธีนี้ค่า MDL (method detection limit) ของตะกั่วและทองแดง เท่ากับ 0.07 และ 0.1 mg/kg dry wt. (ppm) ตามลำดับ ความถูกต้อง (accuracy) ของการวิเคราะห์ ทดสอบโดยการวิเคราะห์ตัวอย่าง CRM (certified reference material) ปลาทะเล (DORM-2, National Research Council Canada) หอยแมลงภู่ (SRM 2976, National Institute of Standards & Technology, USA) และวิธีเติมสารละลายโลหะหนัก (reference standard, AccuStandard) ในตัวอย่าง (spiked samples) ซึ่งค่า Recovery ของตะกั่วและทองแดง อยู่ในช่วง 89-100 และ 88-111% ตามลำดับ



Figure 1 Sampling station for sponges, sediments and seawater

ดินตะกอน เก็บตัวอย่างที่ระดับ 0-5 ซม. จากผิวน้ำ ด้วยการใช้ซ็อนตักในขณะดำนํ้า สถานีละ 3 ซัก ทำแห้งตัวอย่างด้วยความเย็น บดละเอียดด้วยครก (agate mortar) สกัดดินตะกอน  $0.5 \pm 0.01$  กรัม ด้วยสารละลายผสม aqua regia และ Hydrofluoric acid (Merck) อัตราส่วน 1 : 6 ml. (Loring and Rantala, 1992) ที่อุณหภูมิ  $95^{\circ}\text{C}$  นาน 3 ชั่วโมง บนเครื่องย่อยตัวอย่างแบบหลุม ก่อนระเหยแห้งที่อุณหภูมิ  $70-80^{\circ}\text{C}$  บนเตาไฟฟ้า ละลายตะกอนด้วยกรดไนตริกเข้มข้น ปรับปริมาตรด้วยน้ำ deionized วัดความเข้มข้น ตะกั่ว และทองแดง ด้วยเครื่อง AAS ซึ่งวิธีนี้ค่า MDL ของ ตะกั่ว และทองแดง เท่ากับ 0.15 และ 0.25 mg/kg dry wt. ตามลำดับ ความถูกต้องของการวิเคราะห์ ทดสอบ โดยการวิเคราะห์-CRM ดินตะกอน (PACS-3, National Research Council Canada) โดยค่า Recovery ของตะกั่วและทองแดง อยู่ในช่วง 81-83 และ 101-104% ตามลำดับ

น้ำทะเล เก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับกึ่งกลางความลึก ด้วยกระบอกเก็บน้ำ (non-metallic water sample, model 1080 series GO-FLO) ปรับสภาพให้เป็นกรด ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น สกัดตัวอย่าง 250 ml. ด้วยวิธี Cobalt-APDC co-precipitation technique ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Huizenga (1981) วัดความเข้มข้น ตะกั่วและทองแดง ด้วยเครื่อง AAS ซึ่งวิธีนี้ค่า MDL ของตะกั่วและทองแดง เท่ากับ 0.03 และ 0.04  $\mu\text{g/L}$

(ppb) ตามลำดับ ความถูกต้องของการวิเคราะห์ ทดสอบโดยการวิเคราะห์ CRM น้ำทะเล (NASS-6, National Research Council Canada) โดยค่า Recovery ทดสอบอยู่ในช่วง 101-108% แต่ตะกั่วไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เพราะค่ารับรองต่ำกว่าค่า MDL จึงทดสอบด้วยวิธีเติมสารละลายมาตรฐานลงในน้ำ ตัวอย่างในขั้นตอนการสกัด พบค่า Recovery อยู่ใน ช่วง 87-98%

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างแบบ One-way ANOVA และใช้สถิติ S-N-K ในการวิเคราะห์ กลุ่มที่แตกต่างออกจากกัน รวมทั้งทดสอบความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฟองน้ำทะเล ดินตะกอนและ น้ำทะเล โดยใช้ Pearson correlation

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ ตะกั่วและทองแดงจากตัวอย่าง ฟองน้ำทะเล 8 ชนิด บริเวณเกาะสะเก็ด ได้แก่ *Paratetilla bacca* (Selenka, 1867) (Sp1), *Chondrosia reticulata* (Carter, 1886) (Sp2), *Chondrilla australiensis* (Carter, 1873) (Sp3) และ *Biemna fortis* (Topsent, 1897) (Sp4) จำนวน 7, 6, 5 และ 5 ตัวอย่าง ตามลำดับ และบริเวณเกาะมัน ได้แก่ *Petrosia* (*Petrosia*) sp. "vase" (Sp5), *Neopetrosia*

sp. "blue" (Sp6), *Neopetrosia exigua* (Kirkpatrick, 1900) (Sp7) และ *Clathria (Thalysias) reinwardti* Vosmaer, 1880 (Sp8) จำนวน 14, 9, 8 และ 8 ตัวอย่าง ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 62 ตัวอย่าง ดินตะกอนและน้ำทะเลอย่างละ 90 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงใน Table 1 โดยค่าความเข้มข้นของตะกั่วและทองแดงที่ตรวจพบครั้งนี้อยู่ในช่วงเดียวกับที่เคยพบในพื้นที่ใกล้เคียงเกาะสะเก็ด เมื่อปี พ.ศ. 2550-2551 คือความเข้มข้นตะกั่วและทองแดงในน้ำทะเลอยู่ในช่วง 0.10-0.32 และ 0.28-1.39 µg/L ตามลำดับ ในดินตะกอนอยู่ในช่วง 4.18-16.3 และ < 0.65-1.99 mg/kg dry wt. ตามลำดับ (ฉลวย และคณะ, 2552) และเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทะเลชายฝั่ง (กรมควบคุม

มลพิษ, 2549) และมาตรฐานดินตะกอนที่มีโอกาสพบผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินระดับต่ำ (effect range low, ERL) (Pollution Control Department, 2006) หลายเท่า โดยความเข้มข้นระหว่าง 6 สถานี ไม่มีความแตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) ยกเว้น ตะกั่วในดินตะกอนที่แตกต่างกัน ( $P < 0.05$ ) (Table 1) กล่าวคือ พบความเข้มข้นสูงสุดบริเวณเกาะสะเก็ด (RI 2) เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากการนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมากที่สุด และมีความเข้มข้นต่ำสุดบริเวณเกาะมันนอก (RC 1) ซึ่งอยู่ห่างไกลจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมากที่สุด และยังเป็นเขตอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ได้รับอิทธิพลจากทะเลเปิดมากกว่าสถานีอื่น

Table 1 Mean  $\pm$  SD (range) of Pb and Cu in marine sponges, sediments and seawater

Location	Station	Pb			Cu		
		Marine sponges (mg/kg dry wt.)	Sediments (mg/kg dry wt.)	Seawater (µg/L)	Marine sponges (mg/kg dry wt.)	Sediments (mg/kg dry wt.)	Seawater (µg/L)
Ko Saket	RI 1	1.30 $\pm$ 0.75 <sup>b</sup> (0.27-2.44)	6.6 $\pm$ 1.8 <sup>ab</sup> (4.0-8.8)	0.27 $\pm$ 0.18 (0.15-0.53)	10.5 $\pm$ 3.9 <sup>b</sup> (3.1-16.5)	0.71 $\pm$ 0.33 (0.35-1.09)	0.64 $\pm$ 0.12 (0.48-0.76)
	RI 2	1.68 $\pm$ 1.25 <sup>b</sup> (0.50-4.24)	8.0 $\pm$ 3.3 <sup>b</sup> (4.4-14.1)	0.23 $\pm$ 0.18 (0.06-0.58)	8.9 $\pm$ 2.3 <sup>ab</sup> (5.0-12.5)	0.99 $\pm$ 0.53 (0.35-1.93)	0.48 $\pm$ 0.17 (0.30-0.72)
Ko Mun	RC 1	0.52 $\pm$ 0.49 <sup>a</sup> (0.16-1.77)	4.1 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup> (2.5-6.7)	0.17 $\pm$ 0.12 (0.04-0.30)	6.5 $\pm$ 3.2 <sup>a</sup> (2.9-14.5)	1.24 $\pm$ 1.13 (0.40-3.50)	0.41 $\pm$ 0.14 (0.27-0.58)
	RC 2	0.40 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup> (0.14-1.03)	5.3 $\pm$ 1.5 <sup>ab</sup> (3.1-7.2)	0.18 $\pm$ 0.15 (0.03-0.26)	7.4 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup> (3.8-10.9)	0.96 $\pm$ 0.55 (<0.25-1.67)	0.40 $\pm$ 0.11 (0.29-0.57)
	RC 3	0.53 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup> (0.16-1.64)	5.2 $\pm$ 1.8 <sup>ab</sup> (2.6-7.0)	0.26 $\pm$ 0.15 (0.12-0.51)	5.9 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup> (3.3-10.3)	1.06 $\pm$ 0.55 (0.59-2.11)	0.57 $\pm$ 0.22 (0.35-0.95)
Standard value		-	46.7 <sup>1/</sup>	8.5 <sup>2/</sup>	-	34 <sup>1/</sup>	8 <sup>2/</sup>
One-way ANOVA		**	*	ns	**	ns	ns

<sup>1/</sup> Proposed marine and coastal sediment quality guidelines (Pollution Control Department, 2006),

<sup>2/</sup> มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

\*\* Significant at P 0.01, \* Significant at P 0.05, ns Not significant

การสะสมโลหะหนักในฟองน้ำทะเล พบว่าฟองน้ำทะเลบริเวณเกาะสะเก็ดมีการสะสมตะกั่วและทองแดงได้สูงกว่าฟองน้ำทะเลบริเวณเกาะมันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ ) (Table 1) โดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะในน้ำทะเลและดินตะกอน เพราะพบว่าตะกั่ว มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำทะเล ( $r = 0.385$ ;  $P < 0.05$ ) และในดินตะกอน ( $r = 0.425$ ;  $P < 0.05$ ) สอดคล้องกับการศึกษาของ Cebrian et al. (2007) บริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ถึงแม้การศึกษาจะไม่พบความสัมพันธ์กันระหว่างทองแดงในฟองน้ำทะเล ดินตะกอนและน้ำทะเลก็ตาม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อจำกัดของชนิดฟองน้ำทะเล เนื่องจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลจะมีวิธีการคัดสรรชนิดของโลหะที่จะรับเข้าสู่ร่างกาย จึงทำให้ความเข้มข้นของโลหะในเนื้อเยื่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลมีความแตกต่างกันอย่างมาก แม้จะเป็นประชากรที่เก็บรวบรวมมาจากที่เดียวกัน (Depledge and Rianbow, 1990; Pan et al., 2011) โดยการศึกษาพบว่าฟองน้ำ

ทะเลต่างชนิดกันมีความสามารถในการสะสม ตะกั่วและทองแดง ได้แตกต่างกัน ( $P < 0.01$ ) ถึงแม้ฟองน้ำทะเลส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกันมีการสะสมตะกั่วและทองแดงได้ไม่แตกต่างกันก็ตาม และสังเกตได้ว่าฟองน้ำทะเลชนิดที่สะสมโลหะหนักชนิดใดชนิดหนึ่งได้สูงก็จะสะสมโลหะหนักอีกชนิดได้ต่ำ (Figure 2) โดยปกติสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังรวมทั้งฟองน้ำในทะเลสามารถรับโลหะหนักได้ทั้งในรูปแบบที่ละลายน้ำและในรูปของอนุภาคแขวนลอย โดยการดูดซึมเข้าทางผิวสัมผัส จากอาหารและน้ำทะเลที่ถูกกรองเข้าสู่ร่างกาย (Depledge and Rianbow, 1990; Pan et al., 2011) แล้วเกิดการสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่ง Illuminati et al. (2016) พบว่าโลหะหนัก (Cd, Cu และ Pb) ที่สะสมอยู่ในฟองน้ำทะเลบริเวณแอนตาร์กติก และทะเลเมดิเตอร์เรเนียน 82-99% อยู่ในส่วนของเนื้อเยื่ออินทรีย์ (organic tissue) มีเพียงส่วนน้อยที่อยู่ในเนื้อเยื่อส่วน siliceous (spicules)

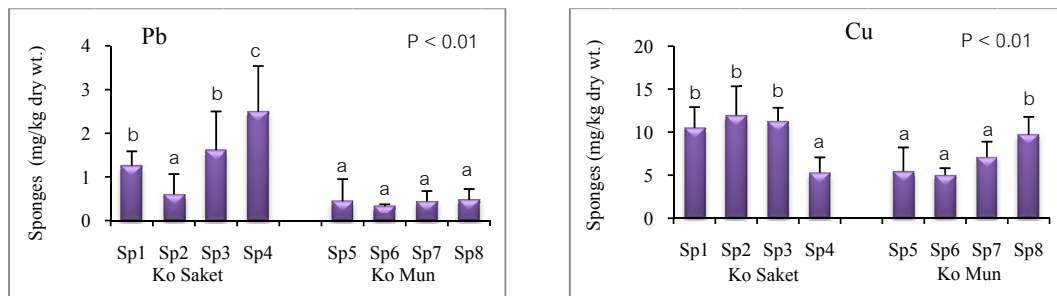


Figure 2 Concentrations of Pb and Cu in various species of marine sponges at Ko Saket and Ko Mun

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบสะสมในฟองน้ำทะเล ดินตะกอน และน้ำทะเล พบว่ามีความแตกต่างกัน ( $P < 0.01$ ) กล่าวคือ ตะกั่ว ความเข้มข้นในดินตะกอน > ฟองน้ำทะเล > น้ำทะเล ส่วนทองแดง พบในฟองน้ำทะเล > ดินตะกอน > น้ำทะเล (Figure 3) สอดคล้องกับการศึกษาของ Venkateswara Rao et al. (2009) และ Cebrian, et al. (2007) โดยอธิบายได้ว่าเป็นกลไกทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการควบคุม (regulation) และการ

สะสมสุทธิ (net accumulation) ซึ่งถือเป็นความสามารถของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลในการรักษาความเข้มข้นของโลหะในร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นในสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในช่วงกว้าง แต่เมื่อใดที่อัตราการรับเข้า (uptake) โลหะสูงไม่สอดคล้องกับการกำจัดออก (excretion) ก็จะเกิดการสะสมโลหะไว้ในร่างกาย (Rainbow and Phillips, 1993 อ้างใน Cebrian, et al. 2007) การศึกษานี้แสดง

ให้เห็นว่าฟองน้ำทะเลสามารถควบคุมระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเนื้อเยื่อได้ดี กล่าวคือ ไม่สะสมไว้สูงเกินกว่าระดับที่ปลอดภัย (threshold) โดยไม่คำนึงถึงความเข้มข้นที่มีในสิ่งแวดล้อม แต่ในทางกลับกันพวกมันสามารถสะสมทองแดง ได้สูงกว่าในสิ่งแวดล้อมสอดคล้องกับการศึกษาของ Cebrían et al. (2007)

ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าตะกั่ว เป็นโลหะหนักที่สิ่งมีชีวิตไม่ต้องการและมีความเป็นพิษจึงถูกขับออก แต่ทองแดงสิ่งมีชีวิตมีความต้องการ เมื่อรับเข้าสู่ร่างกายจึงถูกส่งไปเก็บยังเนื้อเยื่ออวัยวะที่ต้องการใช้ประโยชน์ในกระบวนการเมตาบอลิซึม ((Depledge and Rianbow, 1990)

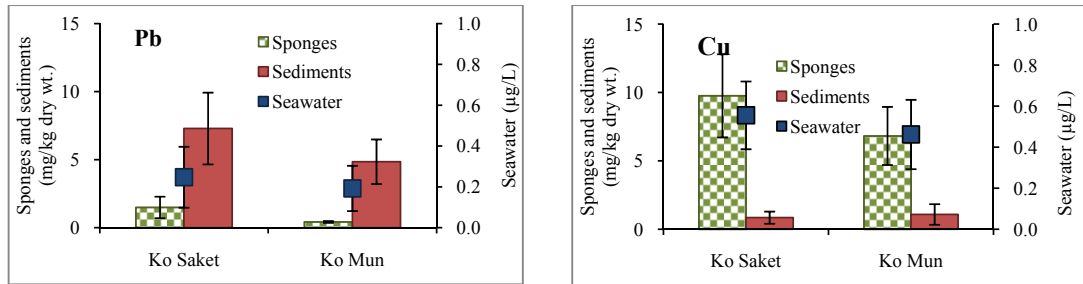


Figure 3 Concentrations of Pb and Cu in marine sponges, sediments and seawater

**สรุป**

การสะสมโลหะหนักในฟองน้ำทะเล ดินตะกอน และน้ำทะเลมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ ตะกั่ว ในดินตะกอน > ฟองน้ำทะเล > น้ำทะเล และ ทองแดง ในฟองน้ำทะเล > ดินตะกอน > น้ำทะเล โดยฟองน้ำทะเลที่สะสม ตะกั่ว ได้ดีที่สุดในคือ *Biemna fortis* และรองลงมา คือ *Chondrilla australiensis* ส่วน *Paratettilla bacca*, *Chondrosia reticulata*, *Chondrilla australiensis* และ *Clathria (Thalysias) reinwardti* สามารถสะสม ทองแดง ได้สูงใกล้เคียงกัน

**คำขอขอบคุณ**

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

**เอกสารอ้างอิง**

กรมควบคุมมลพิษ. 2549. มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ฉลวย มุสิก๊ะ, วันชัย วงศ์สุวรรณ, อาวุธ หมั่นหาผล และแววดาทองระอา. 2552. การประเมินความเสี่ยงของสารมลพิษทางทะเล ในพื้นที่อุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล 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.

Cebrían, E., M-J. Uriz, and X.Turon. 2007. Sponges as biomonitors of heavy metals in spatial and temporal surveys in northwestern Mediterranean: multispecies comparison. Environ. Toxicol. and Chem. 26: 2430-2439.

- 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 matter. *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 (*Spongia officinalis*, Demospongiae) *Mar. Pollut. Bull.* 50: 301-309.
- Pollution Control Department. 2006. Proposed Marine and Coastal Sediment Quality Guidelines. Pollution Control Department, Bangkok.
- Rainbow, P.S., and D.J.H. Phillips. 1993. Cosmopolitan biomonitors of trace metals. *Mar. Pollut. Bull.* 26: 593-601.
- 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.
- 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.
- 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.