Research Article

Received: July 2, 2019; Accepted: November 13, 2019

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ตามฤดูกาลและพื้นที่บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนใน

Seasonal and Spatial Variation of Heavy Metals in the Inner Gulf of Thailand

ณัฐวร ขันธิกุล, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์* และณิศรา ถาวรโสตร์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

สราวุธ ศรีทองอุทัย

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

Nattaworn Kantikul, Shettapong Meksumpun* and Nissara Thawonsode

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University,

Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

Sarawut Srithongouthai

Department of Environmental Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University,

Wang Mai, Pathumwan, Bangkok 10330

บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน บริเวณอ่าวไทยตอนใน โดยเก็บตัวอย่าง 40 สถานี จำนวน 2 ครั้ง ในเดือนเมษายนและธันวาคม พ.ศ. 2560 เป็นตัวแทนช่วงก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และหลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนมีค่า 9.8-27.1, 2.4-41.1 และ 5.5-91.2 ppm ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทองแดงในบางสถานีมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเลที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ขณะที่แคดเมียมในดินตะกอนมีค่าต่ำกว่าระดับที่วิธีสามารถตรวจวัดได้ โลหะหนักส่วนใหญ่มีค่าสูงบริเวณชายฝั่งและมีแนวโน้มลดลงในระยะห่างฝั่ง ส่วนปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีค่า 1.9-18.2 % การวิเคราะห์พบว่าทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในดินตะกอนมีความแตกต่างกันตามเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสูงในช่วงก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมีแนวโน้มลดลงในช่วงหลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อีกทั้งพบว่าโลหะหนักในดินตะกอนที่ได้จากการศึกษา (ยกเว้น

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** ffisspm@ku.ac.th **doi:** 10.14456/tstj.2020.138

แคดเมียม) มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนอีกด้วย การประเมินระดับการปนเปื้อนโดยอาศัยค่าดัชนีการสะสมทางธรณี (I_{geo}) พบว่าโลหะหนักในดินตะกอนที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนในอยู่ในระดับไม่มีการปนเปื้อน

คำสำคัญ : โลหะหนัก; ปนเปื้อน; ดินตะกอน; อ่าวไทยตอนใน; ดัชนีการสะสมทางธรณี

Abstract

Studies on heavy metals (cadmium, lead, copper and zinc) and total organic matter in sediment were carried out by collecting sediment samples from 40 stations in the Inner Gulf of Thailand. The field surveys were conducted two times in April and December 2017 as a representative of pre southwest monsoon and post southwest monsoon, respectively. The result showed that the concentrations of lead, copper and zinc in sediment ranged between 9.8-27.1, 2.4-41.1 and 5.5-91.2 ppm, respectively. The result demonstrated that some of the study areas had copper concentration in sediment over the standard level of coastal sediment quality which was issued by Pollution Control Department of Thailand, while the cadmium concentration was lower than method detection limit. Most of the heavy metals in sediment had a high concentration in the coastal area and decreased toward the offshore area. According to the total organic matter in the sediment, it ranged between 1.9-18.2 %. The result from statistical analysis revealed that lead, copper and zinc in sediment had a significant difference among time. All concentrations of studied heavy metals trended to decrease from pre southwest monsoon to post southwest monsoon. Moreover, the heavy metals in sediment (except cadmium) had significantly correlated with total organic matter. The result from the geo-accumulation (Igeo) index indicated that the concentration of heavy metals in sediment in the Inner Gulf of Thailand was still unpolluted status.

Keywords: heavy metal; contamination; sediment; the Inner Gulf of Thailand; geo-accumulation index (I_{geo})

1. บทนำ

อ่าวไทยตอนในเป็นอ่าวกึ่งปิด ล้อมรอบด้วยแผ่นดินทั้ง 3 ทิศทาง มีด้านเปิดทางตอนใต้เชื่อมต่อกับอ่าวไทยตอนกลาง มีแม่น้ำสายสำคัญไหลลงสู่อ่าวไทยบริเวณตอนเหนือของพื้นที่ ได้แก่ แม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม แม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ และแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีความลึกเฉลี่ย 15 เมตร พบน้ำขึ้นน้ำลงอยู่ในช่วง 1-3 เมตร [1] สภาพภูมิอากาศอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ [2]

อ่าวไทยตอนในมีความสำคัญต่อประเทศไทยเป็นอย่างมาก ทั้งในด้านการอุปโภค-บริโภค การ

ประมง การปศุสัตว์ การท่องเที่ยว การขนส่งทางเรือ รวมถึงเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ แต่เนื่องด้วยอ่าวไทยตอนในเป็นแหล่งรองรับน้ำจากแม่น้ำสายสำคัญของประเทศไทย จึงส่งผลให้อ่าวไทยตอนในเป็นพื้นที่รองรับกิจกรรมบนแผ่นดิน เช่น อุตสาหกรรม เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและเกษตรกรรม เป็นแหล่งมลพิษที่สำคัญที่กระจายมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมทางทะเล [3] โดยเฉพาะโลหะหนัก ด้วยลักษณะสมบัติที่ไม่สามารถสลายตัวได้โดยกระบวนการทางธรรมชาติ สามารถสะสมในสิ่งมีชีวิต (bioaccumulation) และถ่ายทอดตามลำดับขั้นที่สูงขึ้นตามห่วงโซ่อาหาร [4] จนส่งผลกระทบถึงผู้บริโภคลำดับที่สูงขึ้นไป อาทิ มนุษย์

เนื่องด้วยเหตุนี้การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบปริมาณการสะสมของโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) ในดินตะกอน และนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเลที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ [5] รวมถึงศึกษาลักษณะทิศทางการกระจายและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนใน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานอันก่อให้เกิดประโยชน์ในการจัดการการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยตอนในต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) ในดินตะกอน (0-1 เซนติเมตร) คลอบคลุมบริเวณอ่าวไทยตอนใน 40 สถานี (รูปที่ 1) โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายนและธันวาคม พ.ศ. 2560 ด้วยเรือเกษตรศาสตร์ 1 กำหนดให้เดือนเมษายนเป็นตัวแทนช่วงก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเดือนธันวาคมเป็นตัวแทนช่วงหลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

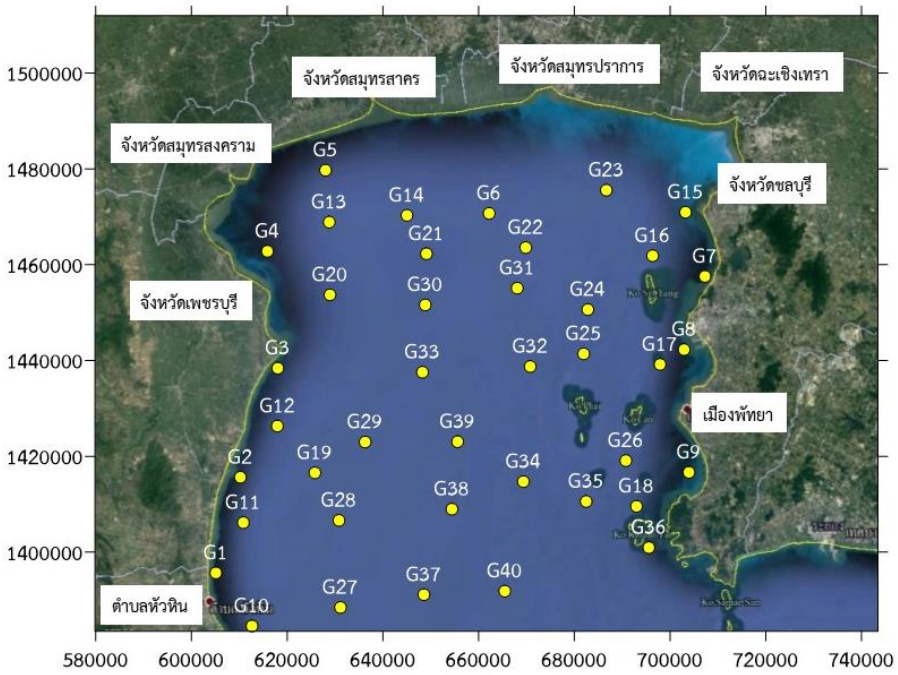

Figure 1 Sampling location in the Inner Gulf of Thailand

2.2 วิธีเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินตะกอนด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน (sediment corer) จดบันทึกลักษณะทางกายภาพทั่วไปของดินตะกอน จากนั้นตัดขอบดินตะกอนที่สัมผัสกับ corer ด้านในออกเพื่อป้องกันการปนเปื้อน และตัดดินบริเวณชั้นผิวหน้า (0-1 เซนติเมตร) แล้วนำตัวอย่างดินตะกอนที่ได้ใส่ถุง polyethylene ระบุชื่อสถานีและวันที่เก็บตัวอย่าง จากนั้นนำถุงตัวอย่างแช่น้ำแข็งจนกว่าจะถึงห้องปฏิบัติการ เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ต่อไป [6]

2.3 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3.1 วิธีวิเคราะห์คุณภาพดินตะกอน

วิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (total organic matter, TOM) ด้วยวิธี ignition loss โดยนำดินตัวอย่างมาทำให้แห้งด้วยเครื่อง freeze dryer (FTS System รุ่น Flexi-Dry^{TM}) จากนั้นนำดินมาบดให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกันก่อนนำมาหาปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน [7]

2.3.2 วิธีวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอน

นำดินตะกอนที่ผ่านการทำให้แห้ง (ข้อ 2.3.1) มาบดให้ละเอียดด้วย agate mortar แล้วนำดินที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก [8] โดยวิธี acid

Table 1 Geometrical Landmark of study area in the Inner Gulf of Thailand

Stations	UTM unit*		Stations	UTM unit*		Stations	UTM unit*	
	E	N		E	N		E	N
G1	605098	1395667	G15	703236	1470962	G29	636282	1422993
G2	610228	1415626	G16	696353	1461870	G30	648845	1451604
G3	618036	1438402	G17	697903	1439187	G31	668073	1455100
G4	615876	1462806	G18	692990	1409569	G32	670784	1438746
G5	628010	1479721	G19	625786	1416557	G33	648271	1437562
G6	662200	1470718	G20	628946	1453713	G34	669358	1414723
G7	707280	1457559	G21	649099	1462285	G35	682471	1410575
G8	702930	1442275	G22	669847	1463573	G36	695566	1400950
G9	703947	1416657	G23	686685	1475557	G37	648555	1391124
G10	612651	1384579	G24	682810	1450634	G38	654426	1408978
G11	610837	1406157	G25	681948	1441398	G39	655601	1423059
G12	617956	1426323	G26	690762	1419103	G40	665465	1391855
G13	628794	1468882	G27	631140	1388455			
G14	645029	1470301	G28	630824	1406633			

* Universal Transverse Mercator unit

digestion ด้วยเครื่อง microwave digestion (รุ่น QLAB Pro) โดยใช้กรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น 10 มิลลิลิตร ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 2 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรฟลูออริค (HF) เข้มข้น 2 มิลลิลิตร เป็นตัวทำละลาย จากนั้นกรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman® No. 41 ก่อนนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง flame-atomic absorption spectrophotometer (Hitachi model Z-8200 series)

2.3.3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล โดยนำเสนอข้อมูลเชิงพรรณนาด้วยค่าสูงสุด-ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบหาความแตกต่างทางสถิติของชุดข้อมูลแบบ T-test และหาความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักกับปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนโดยวิธีวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation coefficient ด้วยโปรแกรม IBM SPSS statistics 22 และประเมินระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนโดยใช้ดัชนีการสะสมทางธรณีวิทยา (Geo-accumulation index, I_{geo}) เป็นเครื่องมือบ่งชี้การจัดระดับการปนเปื้อน โดยใช้ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ระดับภูมิหลังของ Turekian และ Wedepohl [9] และแบ่งระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนของโลหะหนักตาม Förstner และคณะ [10]

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 แคดเมียม (cadmium, Cd)

ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนตลอดการศึกษา พบว่ามีค่าต่ำกว่าระดับที่วิธีสามารถตรวจวัด (detection limit = 1.0 ppb)

3.2 ตะกั่ว (lead, Pb)

ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนช่วงเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) มีค่า 9.8-27.1 ppm ค่าเฉลี่ย 18.8±4.9 ppm ส่วนการศึกษาในเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบปริมาณตะกั่วในดินตะกอนมีค่า 1.0-15.5 ppm ค่าเฉลี่ย 10.3±3.7 ppm (ตารางที่ 2) ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเลที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ (52.0 ppm)

Table 2 The concentrations of heavy metals and total organic matter (TOM) in the sediment in the Inner Gulf of Thailand

Regions	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	TOM (%)
Min-Max[1] (n = 40)	nd**	9.8-27.1	4.9-41.1	17.4-91.2	3.5-17.2
Average[1] (n = 40)	nd	18.8±4.9	18.0±9.4	46.2±19.3	9.8±3.3
Min-Max[2] (n = 40)	nd	1.0-15.5	2.4-21.6	5.5-79.4	1.9-18.2
Average[2] (n = 40)	nd	10.3±3.7	8.9±5.1	27.6±16.7	7.1±3.8
Average[3] (n = 32)	0.058	17.0	7.8	28.2	1.7
Standard level*	2.0	52.0	25.0	102.0	-

[1] Result from April 2017; [2] Result from December 2017; [3] Musika *et al*. [11]; * The standard level of coastal sediment quality (Pollution Control Department of Thailand); ** nd = non-detected

เมื่อพิจารณาตามพื้นที่พบปริมาณตะกั่วในเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) มีค่าสูงในสถานี G15 (27.1 ppm), G1 (25.2 ppm) และ G4 (24.6 ppm) ซึ่งเป็นสถานีที่พบปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีค่าสูงอีกด้วย (8.3, 10.0 และ 10.7 % ตามลำดับ) และพบปริมาณตะกั่วในดินตะกอนมีค่าต่ำที่สุดในสถานี G19 (9.8 ppm) ซึ่งพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนต่ำเช่นเดียวกัน (7.4 %) ส่วนในเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบตะกั่วในดินตะกอนมีค่าสูงในสถานี G5 (15.5 ppm), G4 (15.2 ppm) และ G23 (15.1 ppm) รวมทั้งพบปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีค่าสูงเช่นเดียวกัน (10.8, 8.8 และ 13.7 % ตามลำดับ) ขณะที่ตะกั่วมีค่าต่ำที่สุดในสถานี G17 (1.0 ppm) และปริมาณสารอินทรีย์ในสถานีดังกล่าวมีค่าต่ำเช่นเดียวกัน (6.7 %)

เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลจากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของตะกั่วในดินตะกอนระหว่าง 2 ฤดูกาล พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการศึกษาในเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบตะกั่วในดินตะกอนมีค่าสูงกว่าในเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้)

3.3 ทองแดง (copper, Cu)

ปริมาณทองแดงช่วงเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) มีค่า 4.9-41.1 ppm ค่าเฉลี่ย 18.0±9.4 ppm ส่วนการศึกษาในเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบทองแดงในดินตะกอนมี 2.4-21.6 ppm ค่าเฉลี่ย 8.9±5.1 ppm (ตารางที่ 2) ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเลที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ (25.0 ppm) 8 สถานี ในเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้)

เมื่อพิจารณาตามพื้นที่พบทองแดงในเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) มีค่าสูงและเกินเกณฑ์มาตรฐานในสถานี G11 (41.1 ppm), G5 (38.2 ppm), G7 (36.9 ppm), G15 (36.4 ppm), G23 (27.4 ppm), G13 (25.6 ppm), G10 (25.3 ppm) และ G22 (25.2 ppm) ซึ่งเป็นสถานีที่พบปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนมีค่าสูง โดยมีค่า 8.3-13.1 % และพบทองแดงมีค่าต่ำในสถานี G36 (4.9 ppm) และ G26 (7.6 ppm) เป็นสถานีที่พบปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีค่าต่ำเช่นเดียวกัน (4.6 และ 6.1 % ตามลำดับ) ส่วนในเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบทองแดงและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีค่าสูงที่สุดในสถานี G15 (21.6 ppm และ 18.2 % ตามลำดับ) ซึ่งพบว่าเป็นสถานีที่พบทองแดงช่วงเดือนเมษายนมีค่าสูงเช่นเดียวกัน ขณะที่ทองแดงและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนพบมีค่าต่ำในสถานี G26 (2.4 ppm และ 2.0 %) และ G36 (3.6 ppm และ 2.9 %) สอดคล้องกับการศึกษาในเดือนเมษายนที่พบทองแดงและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนในดินตะกอนมีค่าต่ำในสถานีดังกล่าวเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลจากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของทองแดงในดินตะกอนระหว่าง 2 ฤดูกาล พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยในเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบทองแดงมีค่าสูงกว่าเดือนธันวาคม (ฤดูน้ำหลาก) ถึงสองเท่า

3.4 สังกะสี (zinc, Zn)

ปริมาณสังกะสีในดินตะกอนช่วงเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบมีค่า 17.4-91.2 ppm ค่าเฉลี่ย 46.2±19.3 ppm ส่วนการศึกษาในเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบสังกะสีในดินตะกอนมีค่า 5.5-79.4 ppm ค่าเฉลี่ย 27.6±16.7 ppm (ตารางที่ 2) ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเลที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ

(102.0 ppm)

เมื่อพิจารณาตามพื้นที่พบว่าสังกะสีและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนช่วงเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) มีค่าสูงในสถานี G15 (91.2 ppm และ 8.3 %), G5 (87.2 ppm และ 12.4 %), G21 (76.8 ppm และ 10.3 %), G23 (73.4 ppm และ 13.1 %) และ G7 (71.7 ppm และ 11.7 %) สอดคล้องกับผลการศึกษาของปริมาณทองแดงในดินตะกอนที่มีค่าสูงในสถานีดังกล่าวเช่นเดียวกัน ขณะที่สังกะสีและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีค่าต่ำในสถานี G36 (17.4 ppm และ 4.6 %) เป็นสถานีที่พบปริมาณทองแดงและสังกะสีในดินตะกอนมีค่าต่ำเช่นเดียวกัน ส่วนในเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบสังกะสีมีค่าสูงที่สุดในสถานี G2 (79.4 ppm) และพบสังกะสีและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีค่าต่ำในสถานี G18 (5.5 ppm และ 2.2 %) เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลจากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของสังกะสีในดินตะกอนระหว่าง 2 ฤดูกาล พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยในเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พบทองแดงมีค่าสูงกว่าเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้)

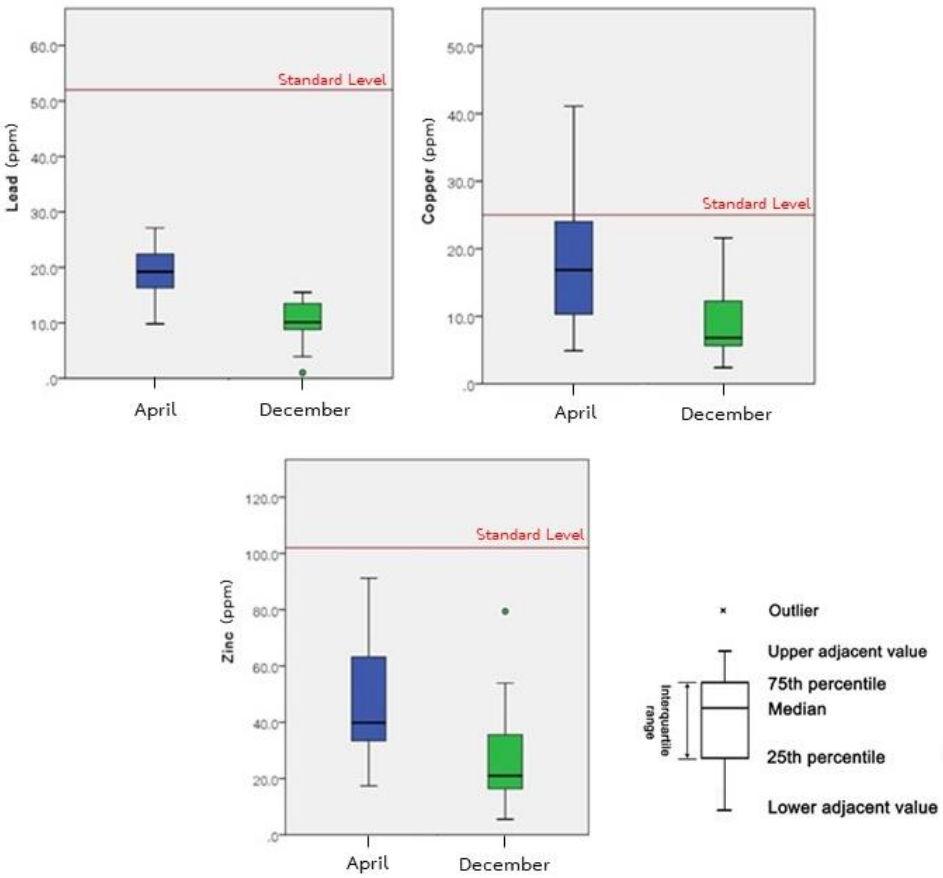

Figure 2 Box plot time variation of lead, copper and zinc (ppm) concentrations in the sediment in the Inner Gulf of Thailand during April and December 2017, representative of pre southwest monsoon and post southwest monsoon, respectively.

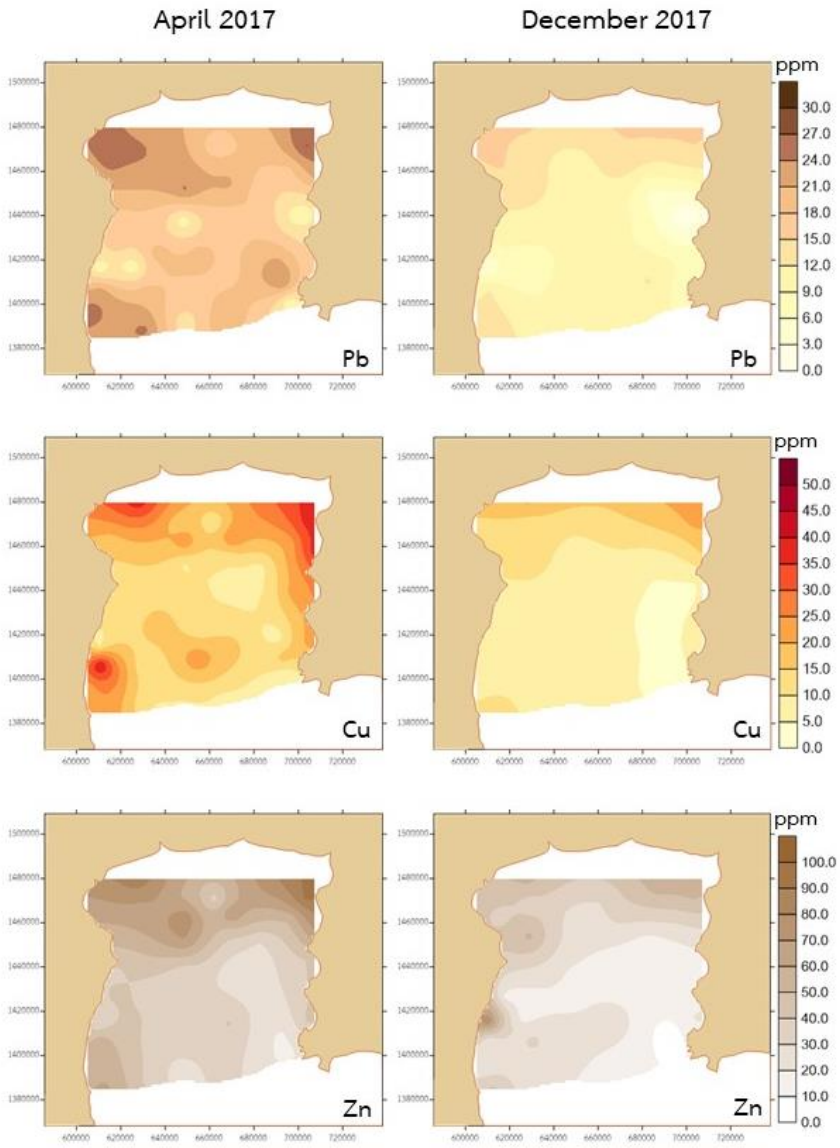

Figure 3 Distribution of lead (Pb), copper (Cu) and zinc (Zn) concentrations in the Inner Gulf of Thailand during April 2017 and December 2017

จากการศึกษาปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยตอนในช่วงเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) และเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) พ.ศ. 2560 พบว่า ปริมาณทองแดงในดินตะกอนช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2560 มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเล ที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ 8 สถานี ได้แก่ สถานี G5 G9 G12 G13 G15 G17 G24 และ G25 ซึ่งมีโอกาสก่อให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์หน้าดิน และคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเล [5]

เมื่อพิจารณาตามพื้นที่พบปริมาณโลหะหนักที่ศึกษา (ยกเว้นแคดเมียม) มีค่าสูงในสถานีใกล้ฝั่ง

และมีรูปแบบการกระจายตัวที่คล้ายคลึงกัน (รูปที่ 3) เนื่องจากบริเวณใกล้ฝั่งเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับการปนเปื้อนเข้ามาของโลหะหนักจากแผ่นดิน ไม่ว่าจะเป็นอิทธิพลของน้ำท่าที่พัดพามวลน้ำที่ปนเปื้อนโลหะหนักจากการกระบวนการในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมลงสู่ทะเล ขยะมูลฝอยที่ใช้ในการฝังปรับปรุงพื้นที่บริเวณชายฝั่งซึ่งส่งผลให้สารพิษโลหะหนักจากขยะกระจายลงสู่ทะเล [12] เมื่อออกห่างจากฝั่งบริเวณสถานีตอนกลางของพื้นที่อ่าวไทยตอนในจะพบปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากแหล่งที่มาของตะกอนพื้นท้องน้ำบริเวณอ่าวไทย ส่วนใหญ่มาจากแพลงก์ตอนพืชที่เกิดในทะเล [13] ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวมีโอกาสได้รับโลหะหนักน้อยกว่าบริเวณใกล้ฝั่ง ส่วนในสถานีใกล้ฝั่งบางสถานีที่พบปริมาณโลหะหนักมีค่าต่ำมาก เช่น สถานี G36 เกิดจากสถานีดังกล่าวมีปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนต่ำ (4.6 % ในเดือนเมษายน และ 2.9 % ในเดือนธันวาคม) เนื่องด้วยสารอินทรีย์เป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน โดยสามารถจับตัวกับโลหะหนักและตรึงโลหะไว้ในรูปโลหะอินทรีย์สะสมอยู่กับดินตะกอน จึงส่งผลโดยตรงต่อการเคลื่อนย้าย และเก็บกักโลหะหนักในดินตะกอน [14] ในสถานีที่พบปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนต่ำส่งผลให้มีโอกาสพบปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนมีค่าต่ำตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาตามเวลาจากความแตกต่างทางสถิติพบว่าตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีมีความแตกต่างกันตามเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยช่วงเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) มีปริมาณโลหะหนักสูงกว่าเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) เนื่องจากความแปรปรวนของน้ำทะเลและปริมาณน้ำท่าที่เพิ่มเข้ามาในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะทองแดงในเดือนธันวาคมที่พบมีค่าลดลงจากเดือนเมษายนถึง 2 เท่า

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (ตารางที่ 3) การวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันแสดงให้เห็นว่าตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณและการกระจายของโลหะหนักในบริเวณอ่าวไทยตอนใน อีกทั้งยังพบว่าโลหะหนักในดินตะกอนทั้ง 3 ชนิด มีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างกันสูง แสดงให้เห็นว่าโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด มีการกระจายสะสมอยู่ร่วมกัน และมีโอกาสเกิดจากแหล่งกำเนิดแหล่งเดียวกัน

Table 3 Correlation coefficients between the heavy metals (lead, copper and zinc) and total organic matter (TOM)

Parameters	Lead	Copper	Zinc
Copper	0.630**		
Zinc	0.635**	0.775**	
TOM	0.459**	0.647**	0.642**

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในอดีตโดยอาศัยค่าเฉลี่ย พบว่าทองแดงและสังกะสีในดินตะกอนที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนในในครั้งนี้มีค่าสูงขึ้นจากการศึกษาของ ฉลวย และคณะ [11] ส่วนปริมาณตะกั่วในดินตะกอนพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

การวิเคราะห์ระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักที่ศึกษา โดยอาศัยค่า geo-accumulation index พบว่าตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยตอนในอยู่ในระดับไม่มีการปนเปื้อน โดย

สามารถจัดเรียงระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักที่ศึกษาดังนี้ ตะกั่ว > ทองแดง > สังกะสี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ฉลวย และคณะ [11] ที่พบตะกั่วในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยตอนในมีระดับการปนเปื้อนที่สูงกว่าโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ที่ศึกษา

4. สรุป

4.1 พบทองแดงในดินตะกอนมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน 8 สถานี ขณะที่ตะกั่วและสังกะสีมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเลที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ โดยโลหะหนักมีค่าสูงในสถานีใกล้ฝั่ง ซึ่งเป็นสถานีที่พบปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีค่าสูงเช่นเดียวกัน และมีแนวโน้มของโลหะหนักในดินตะกอนลดลงในสถานีห่างฝั่ง

4.2 โลหะหนักที่ศึกษา (ยกเว้นแคดเมียม) มีค่าสูงในช่วงเดือนเมษายน (ก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) และมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนธันวาคม (หลังมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) เนื่องจากความแปรปรวนของน้ำทะเลและการเติมเข้ามาของปริมาณน้ำท่าจากอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

4.3 โลหะหนักที่ศึกษา (ยกเว้นแคดเมียม) มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน สารอินทรีย์รวมในดินตะกอนจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณและการกระจายตัวของโลหะหนัก

4.4 โลหะหนักในดินตะกอนที่ศึกษาบริเวณอ่าวไทยตอนในอยู่ในระดับไม่มีการปนเปื้อนจากการประเมินระดับการปนเปื้อนโดยใช้ดัชนีการสะสมทางธรณีวิทยา (geo-accumulation index, I_{geo})

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย แผนพัฒนาศักยภาพบัณฑิตวิจัยรุ่นใหม่ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561 ขอขอบคุณ นักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยประจำห้องปฏิบัติการวิจัยทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ตัวอย่าง ตลอดจนให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างดี

6. References

[1] Buranapratheprat, A. , Yanagi, T. and Matsumura, S., 2008, Seasonal variation in water column conditions in the upper Gulf of Thailand, Cont. Shelf Res. 28: 2509-2522.

[2] Sojisuporn, P., Niemnil, S. and Tungjaitong, S., 2003, Eye on the Ocean: Physic in the Ocean, National research Council of Thailand, Bangkok. (in Thai)

[3] Pollution Control Department, 2005, Unep GEF Project on Reversing Environmental Degradation Trends in the South China Sea and Gulf of Thailand (UNEP GEF SCS), Bangkok. (in Thai)

[4] Altindag, A. and Yigit, S., 2005, Assessment of heavy metal concentration in the food web of lake Beysehir, Turkey, Chemo sphere 60: 552-556.

[5] Pollution Control Department, 2015, Determine the Quality Criteria for Coastal Sediment. Bangkok. (in Thai)

[6] Meksumpun, C., 2005, Sediment, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

[7] Verardo, D., Froelich, P.N. and McIntyre, A.,

1990, Determination of organic carbon and nitrogen in marine sediments using the Carlo Erba NA-1500 Analyze, Deep- Sea Res. 37: 157-165.

[8] Hungspreugs, M. and Yuangthong, C., 1983, A history of metal pollution in the upper Gulf of Thailand, Mar. Poll. Bull. 14: 465-469.

[9] Turekian, K.K. and Wedepohl, K.H., 1961, Distribution of the element in some major unit of earth's crust, GSA Bull. 72: 175-192.

[10] Förstner, U. and Wittman, G.T.W., 1983, Metal Pollution in Aquatic Environment, Springer-Verlag, Berlin.

[11] Musika, C., Wongsudawan, W. and Thongra- ar, W., 2014, Distribution and accumulation of heavy metals in sediments of the Inner Gulf of Thailand, pp. 569-580, Proceedings of the 4th Marine Science: Blue Ocean Science, Prince of Songkla University, Songkla. (in Thai)

[12] Chaiyabutr, W., 1998, The Study of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Various Tissues of Some Fish Species in the Mae Klong River, Master Thesis, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

[13] Meksumpun, C., Meksumpun, S. and Ajjimangkul, S., 2007, What we have learnt from multidisciplinary research on aquatic resource management of the largest reservoir of Thailand?, pp. 180- 188, Proceedings of the 5th International Symposium on Southeast Asia Water Environment, Chiangmai. (in Thai)

[14] Sompongchaiyakul, P., 1989, Analysis of Chemical Species for Trace Metals in Near- Shore Sediment by Sequential Leaching Method, Master Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)