ระดับการปนเปื้อนของปรอทในน้ำทะเลอ่าวไทย

Contamination Level of Mercury in Seawater of the Gulf of Thailand

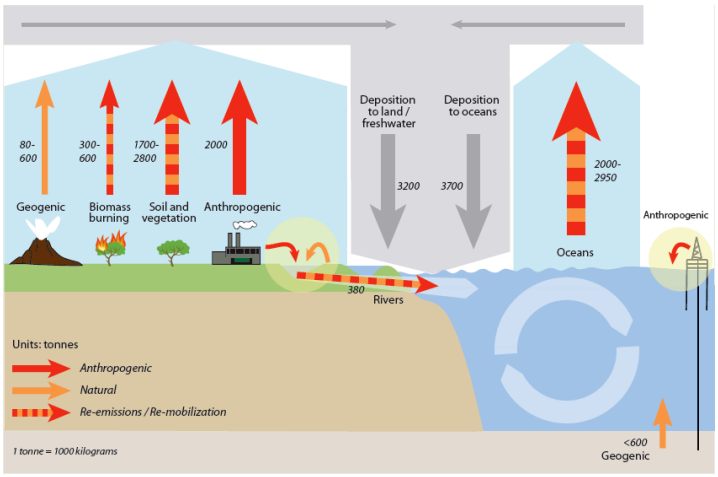
เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล* และ ปรีชา เสนสิทธิ์
Penjai Sompongchaiyakul* and Preecha Sanesith
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
*Corresponding author’s e-mail: spenjai@hotmail.com

บทคัดย่อ: จากการวิเคราะห์ปริมาณปรอททั้งหมด (Hg-T) ในน้ำทะเลอ่าวไทย 45 สถานี ระหว่างวันที่ 14 มีนาคม ถึง 12 เมษายน พ.ศ. 2556 โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 ระดับความลึก คือ ระดับผิว (5 เมตร ใต้ผิวน้ำ) และระดับเหนือดินตะกอน (5 เมตร เหนือตะกอน) ผลการศึกษาพบว่า Hg-T ในน้ำทะเลระดับผิวและน้ำทะเลระดับเหนือดินตะกอน อยู่ในช่วง 0.2 ถึง 33.1 และ 0.1 ถึง 47.7 ng/l ตามลำดับ และมีค่ากลางอยู่ที่ 2.0 และ 2.1 ng/l ตามลำดับ โดยมีบางสถานีกลางอ่าวและนอกชายฝั่งทะเลตะวันออกที่มีค่า Hg-T สูงมาก จากข้อมูลส่วนใหญ่ น้ำทะเลอ่าวไทยน่าจะมีค่าพื้นฐานของปรอทอยู่ในระดับที่ไม่เกิน 2 ng/l แม้ว่าค่าสูงสุดที่ตรวจวัดได้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ 47.7 ng/l จะยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของไทยที่กำหนดให้มี Hg-T ในน้ำทะเลได้ไม่เกิน 0.1 µg/l หรือเท่ากับ 100 ng/l แต่ค่าที่สูงกว่าปกติมาก บ่งชี้ถึงการปนเปื้อนอย่างต่อเนื่อง
คำสำคัญ: ปรอท น้ำทะเล อ่าวไทย

Abstract: Analysis of total mercury (Hg-T) in seawater from 45 stations of the Gulf of Thailand (GoT) collected during 14 March to 12 April 2013 at two different layers including surface (5 meters below surface) and bottom (5 meters above seafloor) layers was performed. The results found that concentration ranges of Hg-T in surface and bottom seawater were 0.2 to 33.1 and 0.1 to 47.7 ng/l, with the median of 2.0 and 2.1 ng/l, respectively. Some stations in the middle of the gulf and offshore eastern coast contained very high Hg-T concentration. The data revealed that baseline of mercury in the GoT should be less than 2 ng/l. Although the highest Hg-T values of 47.7 ng/l found in this study was not yet exceed Thailand Seawater Quality Standard limit of 0.1 µg/l or equal to 100 ng/l, the extremely high values indicated continuous sources of mercury in the area.
Keywords: mercury, seawater, Gulf of Thailand

บทนำ

ปรอทมีแหล่งกำเนิดทั้งที่มาจากธรรมชาติและที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ ดังนั้น ในสิ่งแวดล้อมธรรมชาติแต่และแห่งจึงมีค่าพื้นฐานของปรอทอยู่ก่อนแล้ว อย่างไรก็ดี ดิน ดินตะกอน น้ำธรรมชาติ อากาศ หรือแม้แต่พืชและสัตว์โดยทั่วไปจะมีปรอทอยู่ในระดับที่ต่ำมาก เมื่อปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อม รูปแบบเคมีในตัวการต่างๆจะเปลี่ยนแปลงไป รูปแบบทางเคมีของปรอทในสิ่งแวดล้อมประกอบด้วยปรอทที่ถูกกดูดซับอยู่ (adsorbed Hg species) สารประกอบปรอทอินทรีย์และปรอทอนินทรีย์ (organic and inorganic compounds) และไอปรอท (mercury vapor) (UNEP 2013)

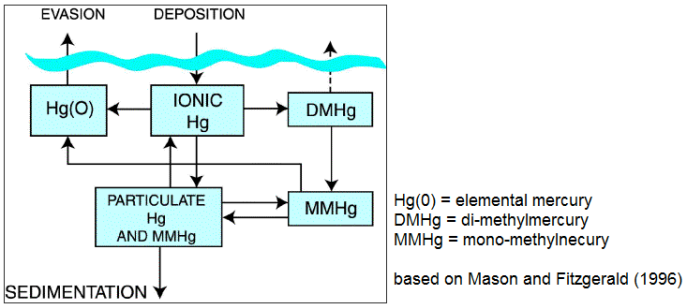


ที่มา: UNEP (2013)

รูปที่ 1 แสดงวัฏจักรของปรอททั้งที่มาจากธรรมชาติและที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์

ในน้ำทะเลปรอทอนินทรีย์อาจเปลี่ยนรูปไปเป็น monomethylmercury (MMHg) ที่มีพิษมากกว่าได้โดยกระบวนการ methylation ขณะเดียวกันแสงอาทิตย์จะเปลี่ยนรูป MMHg ไปเป็นตัวที่มีพิษน้อยกว่าโดยกระบวนการเคมีเชิงแสง (photochemical reaction) แต่หาก MMHg สร้างพันธะกับคลอไรด์ในน้ำทะเล ก็จะหน่วงการเปลี่ยนรูปโดยกระบวนการเคมีเชิงแสง (photochemical decomposition) ทำให้ MMHg คงรูปอยู่ในน้ำทะเลในนานขึ้น อย่างไรก็ดี dissolved organic carbon (DOC) ในน้ำทะเลจะเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยทำลายพันธะในโมเลกุลของ MMHg (Zhang and Hsu-Kim, 2010) เนื่องจากแสงอาทิตย์ทำให้เกิด reactive oxygen จากโมเลกุลของน้ำ Reactive oxygen มีพลังงานสูง (Sompongchaiyakul, 1999) ดังนั้นหาก MMHg สร้างพันธะกับ DOC แทนที่จะเป็นคลอไรด์ กระบวนการแตกทำลาย MMHg ก็เกิดขึ้นง่าย ในทะเลเปิดพบว่าปรอทละลายในน้ำลึก (deep water) จะอยู่ในรูป elemental mercury (Hg0), dimethylmercury (DMHg) และ MMHg (ซึ่งมีน้อยกว่าอีก 2 รูป) ขณะที่น้ำทะเลที่ระดับผิวจะพบ DMHg น้อยมาก ซึ่งอาจจะเนื่องมาจาก ส่วนหนึ่งจะเกิดการสลายตัวโดยแสงอาทิตย์ และอีกส่วนหนึ่งระเหยกลายเป็นไอออกสู่บรรยากาศ (Mason and Fitzgerald, 1996; 1997)

แม้ว่าปรอทจะไม่ถูกทำลายจนหายไปจากระบบได้ แต่รูปแบบทางเคมีของปรอทในน้ำทะเลจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบที่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำไปใช้ได้ (non-bioavailable) หรือเป็น รูปแบบที่ไม่ละลายน้ำ (non-water soluble) เช่น mercury sulfide (HgS) และ mercury oxide (HgO) ดังนั้นปรอทจึงถูกกำจัดออกจากน้ำทะเลไปสะสมในดินตะกอน อย่างไรก็ดี ปรอทที่สะสมในตะกอนนี้อาจจะถูกรบกวนให้กลับออกสู่มวลน้ำได้อีก (UNEP, 2002) Residence time ของปรอทในมหาสมุทรอยู่ที่ 3,200 ปี ขณะที่ระยะเวลาพำนักเฉลี่ยของปรอทในดินตะกอนในมหาสมุทรนั้นนานมากกว่า 250 ล้านปี (NRC, 1979)



รูปที่ 2 พลวัตความสัมพันธ์ระหว่างกันของปรอทรูปแบบต่างๆ ในน้ำทะเล

จากข้อมูล ณ สิ้นปี พ.ศ. 2554 อ่าวไทยมีสัมปทานสำรวจและผลิตปิโตรเลียม 29 สัมปทาน มีพื้นที่แปลงสำรวจและผลิตรวม 104,690 ตารางกิโลเมตร (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ, 2554) กิจกรรมด้านปิโตรเลียมในอ่าวไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นที่จะต้องติดตามและตรวจสอบข้อมูลโดยเทียบกับข้อมูลพื้นฐาน (baseline data) แต่ปัจจุบันการศึกษาการปนเปื้อนของปรอทในน้ำทะเลครอบคลุมทั้งอ่าวไทยเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานยังไม่มีเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการเก็บตัวอย่างที่สูงมาก ดังนั้นส่วนใหญ่จึงเป็นการติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่ได้สัมปทาน

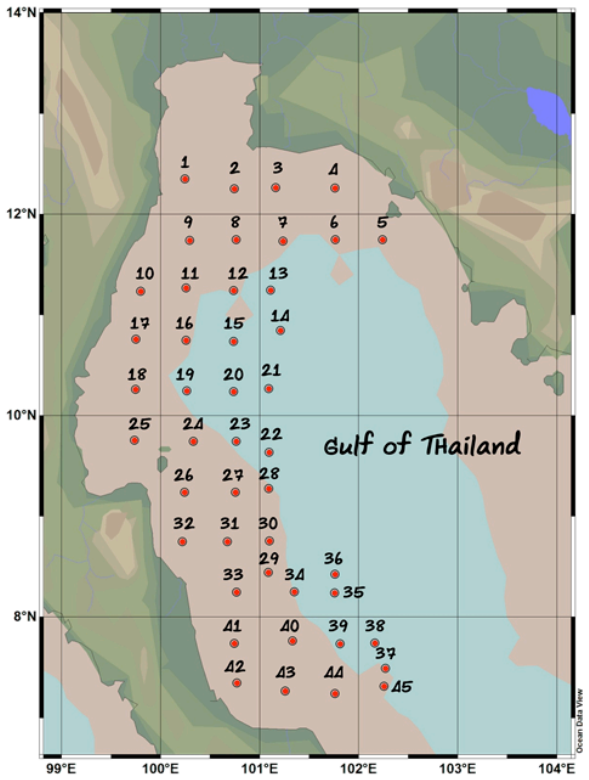
วิธีการศึกษา

พื้นที่สำรวจและเก็บตัวอย่างจำนวน 45 สถานี ในอ่าวไทย (รูปที่ 3) ระหว่างวันที่ 14 มีนาคม ถึง 12 เมษายน พ.ศ. 2556 โดยเรือสำรวจ M.V. SEAFDEC ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 7°20´ ถึง 12°30´เหนือ และลองจิจูดที่ 99°40´ ถึง 102°20´ ตะวันออก เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ 2 ระดับ คือ ระดับผิว (5 เมตร ใต้ผิวน้ำ) และระดับเหนือดินตะกอน (5 เมตร เหนือตะกอน) จากระดับที่ต้องการโดยใช้ Carousel Water Sampler ซึ่งประกอบด้วยกระบอกเก็บน้ำ Niskin bottle และ SeaBird 911 CTD system ซึ่งตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพเคมีของน้ำทะเลได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ ฟลูออเรสเซนต์และปริมาณออกซิเจนละลายขณะเก็บตัวอย่าง

ถ่ายตัวอย่างน้ำทะเลจาก Niskin bottle ลงในขวดTeflon® ขนาด 250ml ด้วยเทคนิค clean-hand นำขวดบรรจุตัวอย่างแช่แข็งที่ -20ºC นำกลับห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขวด Teflon® สำหรับบรรจุตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อวิเคราะห์ปริมาณปรอท ก่อนนำมาใช้ต้องเตรียมด้วยการแช่ล้างด้วยกรดและชะด้วยน้ำปราศไอออน (deionized water, >18 MΩ) บรรจุลงในถุงพลาสติกซิปล็อค 2 ชั้น เก็บในกล่องสะอาด จนกว่าจะใช้งาน

วิเคราะห์ปริมาณปรอททั้งหมด (total mercury; Hg-T) ทำโดยเปลี่ยนปรอททุกรูปแบบที่ละลายในน้ำทะเลให้เป็นปรอทอนินทรีย์ (หรือ reactive mercury; Hg-R) ด้วยการออกซิไดซ์ปรอทอินทรีย์ให้เป็นปรอทอนินทรีย์โดยใช้ BrCl และ hydroxylamine ตามวิธีการของ Bloom and Crecelius (1983) ดัดแปลงโดย Quemerais and Cossa (1997) จากนั้นรีดิวซ์ Hg-R ให้เป็นไอปรอท (elemental mercury; Hg0) ด้วย SnCl2 (Gill and Fitzgerald, 1987) Hg0 จะถูกส่งเข้าสู่ระบบ gold augmentation เพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพของการตรวจวัด ก่อนปล่อย Hg0 เข้าสู่ atomic fluorescence detector (TEKRAN) วัดปริมาณ Hg0 ที่เกิดขึ้น ค่า detection limit ในการหา Hg-T ของวิธีนี้อยู่ที่ 0.02 ng/l ด้วยค่า %RPD (Relative Percent Difference) 10-20%



รูปที่ 3 สถานีเก็บตัวอย่าง 45 สถานี ในอ่าวไทย

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ความเข้มข้นของ Hg-T ในน้ำทะเลอ่าวไทย ระหว่างวันที่ 14 มีนาคม ถึง 12 เมษายน พ.ศ. 2556 แสดงในตารางที่ 1 ความเข้มข้นของ Hg-T ในน้ำทะเลระดับผิว อยู่ในช่วง 0.2 ถึง 33.1 ng/l และในน้ำระดับเหนือดินตะกอน อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 47.7 ng/l อย่างไรก็ดี ผลการศึกษาพบว่าน้ำทะเลส่วนใหญ่จะมี Hg-T ประมาณ 2 ng/l ดังสรุปไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของปรอททั้งหมด (Hg-T) ในน้ำทะเลอ่าวไทย ระหว่างวันที่ 14 มีนาคม ถึง 12 เมษายน พ.ศ. 2556 (หน่วยเป็น ng/l)

สถานี	Surface	Bottom	สถานี	Surface	Bottom	สถานี	Surface	Bottom
1	2.0	1.7	16	1.1	–	31	1.5	2.0
2	0.8	1.3	17	0.6	2.0	32	1.2	0.7
3	4.0	0.9	18	1.5	1.1	33	0.9	2.4
4	2.3	47.7	19	0.2	–	34	19.5	–
5	7.5	23.7	20	0.2	–	35	18.7	18.7
6	12.2	38.7	21	2.0	1.4	36	10.4	12.4
7	22.5	–	22	0.7	0.2	37	33.1	–
8	5.8	3.1	23	0.3	0.1	38	27.5	17.4
9	5.3	1.7	24	2.0	–	39	10.2	–
10	3.1	2.5	25	2.5	2.7	40	10.4	9.1
11	2.6	2.5	26	0.4	1.4	41	5.8	4.5
12	3.3	2.1	27	1.1	–	42	1.9	2.8
13	2.0	2.3	28	1.6	4.0	43	1.3	1.3
14	1.2	1.2	29	1.1	2.9	44	1.5	0.6
15	1.2	1.7	30	1.8	1.1	45	0.7	1.0

การกระจายของปรอททั้งหมดในน้ำทะเลอ่าวไทยในช่วงที่ทำการศึกษาแสดงไว้ในรูปที่ 4 ส่วนรูปที่ 5 แสดงสถานีที่มีค่าปรอทสูง ซึ่งสถานีที่มีค่า Hg-T สูงกว่า 10 ng/l ได้แก่ สถานีที่ 4, 5, 6 และ 7 ซึ่งอยู่นอกชายฝั่งทะเลตะวันออก และสถานีที่ 34, 35, 36, 37, 38, 39 และ 40 ซึ่งอยู่กลางอ่าว อย่างไรก็ดี Hg-T ที่ตรวจพบในน้ำทะเลทั้งอ่าวไทยยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลในเขตน่านน้ำไทยตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) ที่กำหนดให้มีค่า Hg-T ในน้ำทะเลได้ไม่เกิน 0.1 µg/l หรือเท่ากับ 100 ng/l (ราชกิจจานุเบกษา, 2550) ขณะที่ค่าสูงสุดที่พบในการศึกษาครั้งนี้อยู่ที่ 47.7 ng/l

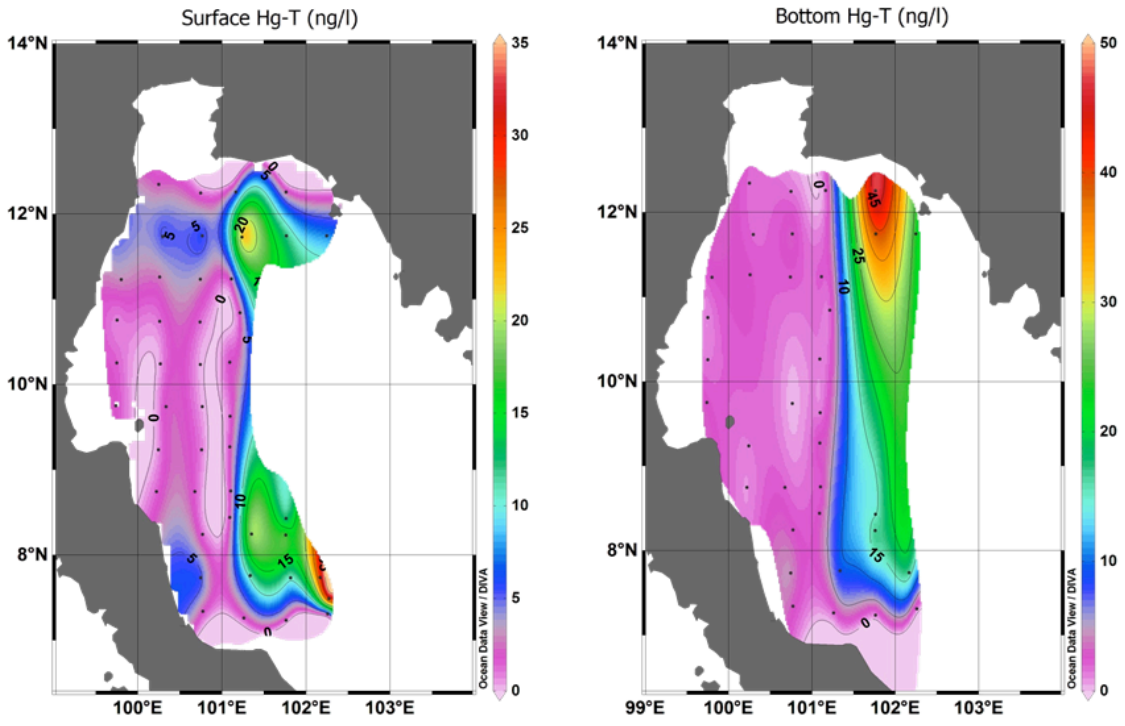
แต่จากค่า Hg-T ในมวลน้ำบางสถานีที่สูงเกินค่าปกติ ซึ่ง Hg-T ในน้ำทะเลควรจะอยู่ในระดับ 1-2 ng/l เช่นเดียวกับที่พบในสถานีส่วนใหญ่ในอ่าวไทย (ตารางที่ 1 และ 2) เพราะปรอทที่เข้าสู่น้ำทะเลจะถูกกำจัดออกอย่างรวดเร็วโดยกระบวนการต่างๆ (รูปที่ 2) ดังนั้นในสถานีที่มีค่า Hg-T สูงมากนั้น น่าจะเป็นผลมาจากการที่มีปรอทปนเปื้อนเข้ามาอย่างต่อเนื่อง และจากรูปที่ 4 และ 5 เป็นที่น่าสังเกตว่าสถานีที่มีค่า Hg-T ในน้ำทะเลสูงจะเป็นสถานีที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ดังนั้น จึงควรจะทำการศึกษาเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงเพื่อบริหารจัดการแหล่งที่มาของการปนเปื้อน

สรุปผลการศึกษา

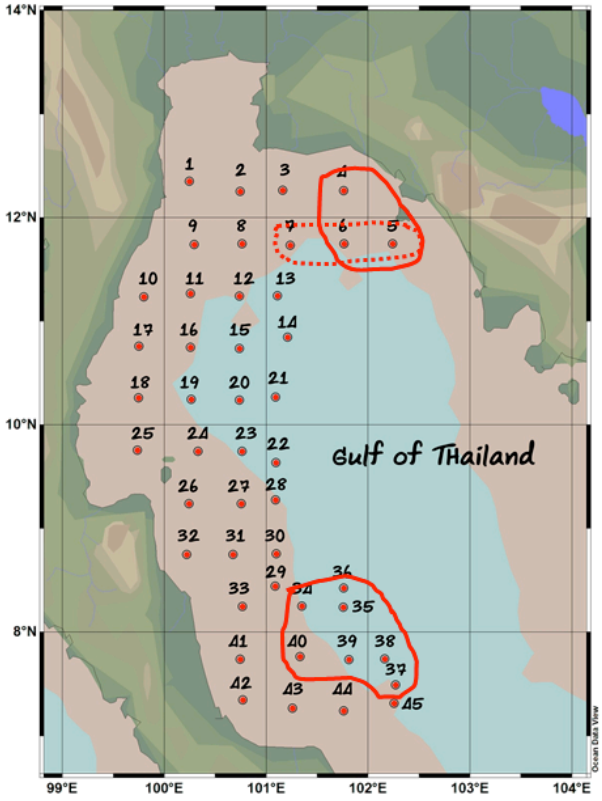
จากข้อมูล Hg-T ในน้ำทะเล 45 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของน่านน้ำไทยในอ่าวไทย อาจกล่าวได้ว่าค่าพื้นฐานสำหรับ Hg-T ในน้ำทะเลอ่าวไทยน่าจะอยู่ที่ไม่เกิน 2 ng/l ซึ่งเป็นค่ากลาง (median) จากการวิเคราะห์น้ำทะเลทั้งสิ้น 80 ตัวอย่าง อย่างไรก็ดี บริเวณกลางอ่าวไทยและบริเวณใกล้ชายฝั่งทะเลตะวันออกบางสถานีมีค่า Hg-T ในมวลน้ำสูง แม้จะไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลที่กำหนดไว้ให้มีได้ไม่เกิน 0.1 µg/l (หรือ 100 ng/l) แต่ค่า Hg-T ดังกล่าวสูงกว่าค่ากลางของน้ำทะเลอ่าวไทยหลายสิบเท่า การปนเปื้อนในสถานีเหล่านี้น่าจะเกิดอย่างต่อเนื่องทำให้กระบวนการที่กำจัดปรอทออกจากมวลน้ำ ซึ่งแม้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วแต่ก็ไม่สามารถที่จะกำจัดปรอทออกจากระบบได้ทัน ดังนั้นแม้ว่าค่า Hg-T ที่ตรวจพบจะยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย แต่ผู้เกี่ยวข้องก็ควรจะต้องหาสาเหตุเพื่อบริหารจัดการแหล่งที่มาของการปนเปื้อนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2 ภาพรวมความเข้มข้นของปรอททั้งหมด (Hg-T) ในน้ำทะเลอ่าวไทย (หน่วยเป็น ng/l)

ระดับความลึกน้ำ	n	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่ากลาง	เปอร์เซนไทล์		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
					ที่ 25	ที่ 75	
ผิวน้ำ	45	0.2	33.1	2.0	1.1	5.8	5.3±7.6
เหนือดินตะกอน	35	0.1	47.7	2.1	1.3	3.3	6.1±10.7



รูปที่ 4 การกระจายของปรอททั้งหมดในน้ำทะเลอ่าวไทย ระหว่างวันที่ 14 มีนาคม ถึง 12 เมษายน พ.ศ. 2556
รูปซ้าย – ในน้ำทะเลระดับผิว และรูปขวา – ในน้ำทะเลระดับเหนือดินตะกอน



รูปที่ 5 สถานีในวงเป็นสถานีที่น้ำทะเลมีค่าปรอททั้งหมด (Hg-T) ในน้ำทะเลสูงกว่า 10 ng/l

เอกสารอ้างอิง

กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ. 2554. รายงานประจำปี 2554. [online]. แหล่งที่มา: *http://www.dmf.go.th/resources/annual Report/annual/th/PDF Ministry 2011th.pdf* [ดาวน์โหลด เมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2556]

Bloom, N.S. and Crecelius, E.A. 1983. Determination of Mercury in Seawater at Sub-nanogram per Liter Levels. *Marine Chemistry* 14: 49–59.

Gill, G.A. and Fitzgerald, W.F. 1987. Picomolar Mercury Measurements in Sea Water and Other Materials using Stannous Chloride Reduction and Two-stage Gold Amalgamation with Gas Phase Detection. *Marine Chemistry* 20: 227–243.

Mason, R.P. and Fitzgerald, W.F. 1996. *Sources, sinks and biogeochemical cycling of mercury in the ocean*. In: Baeyens, W. et al. (ed.) *Global and Regional Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass Balances*. Kluwer Acedamic, The Netherlands, pp. 249-272.

Mason, R.P. and Fitzgerald, W.F. 1997. Biogeochemical cycling of mercury in the marine environment. In: Sigel, A. and Sigel, H. (ed.) *Metal ions in biological systems. Marcel Dekker*, Inc. 34, pp. 53-111.

NRC 1979. *An Assessment of Mercury in the Environment*. National Research Council, National Academy of Sciences, Washington D.C.

Quemerais, B. and Cossa, D. 1997. *Procedures for Sampling and Analysis of Mercury in Natural Waters*. ST-31E, -37. Centre Saint-Laurent, Environment Canada

Sompongchaiyakul, P. 1999. *Photo-mediated Iron Transformations in Marine Waters*. Ph.D. Thesis, The University of New South Wales, Australia.

UNEP 2002. Global Mercury Assessment 2002. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.

UNEP 2013. Global Mercury Assessment 2013, Sources, Emissions, Releases and Environment Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.

Zhang, T. and Hsu-Kim, H. 2010. Photolytic degradation of methylmercury enhanced by binding to natural organic ligands, *Nature Geoscience* 3(7): 473-476.