

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการแพร่กระจายของปรอท และลักษณะของดินตะกอนในบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ สามารถสรุปและอภิปรายผล ดังต่อไปนี้

คุณภาพน้ำโดยทั่วไป

คุณภาพน้ำในบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ ในเดือนสิงหาคม 2546 วัดคุณภาพน้ำในภาคสนามขณะเก็บตัวอย่าง คุณภาพของน้ำที่วัดประกอบด้วยค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด – ด่าง และค่าความเค็ม

ระดับความลึกของน้ำในบริเวณที่ทำการศึกษา มีระดับความลึกไม่มากนัก (1 – 6 เมตร) เป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น – น้ำลง คลื่นลม และไม่เกิดการแบ่งชั้นของน้ำ เนื่องจากมีระดับน้ำที่ตื้นจึงทำให้เกิดการผสมผสานของมวลน้ำในแนวดิ่งได้ดี คุณสมบัติต่าง ๆ ของคุณภาพน้ำที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับใต้น้ำจึงไม่แตกต่างกันเท่าใดนัก การศึกษาครั้งนี้จึงวัดคุณภาพน้ำต่าง ๆ ที่ระดับความลึกประมาณ 1 เมตร เพียงระดับเดียว

ค่าออกซิเจนละลายน้ำในสถานีที่ 1 และ 2 มีค่าค่อนข้างต่ำ คือประมาณ 3 มิลลิกรัม/ลิตร และเพิ่มขึ้นในสถานีที่ 3 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลมาศึกษาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในบริเวณที่ทำการศึกษา ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่ง สาเหตุที่ค่าออกซิเจนละลายในสถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 มีค่าต่ำดังกล่าว อาจเกิดจากความต้องการออกซิเจนของน้ำในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เนื่องจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในน้ำสูง การปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่ทำให้บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สมุทรปราการ) มีค่าออกซิเจนละลายต่ำ คาดว่าเนื่องจากสาเหตุร่วม 2 ด้านด้วยกัน คือ การเกษตรกรรมที่ใช้น้ำเจ้าพระยา และการปล่อยน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมและบ้านเรือนบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาก่อนที่จะออกสู่ทะเล (<http://www.marinepcd.org/coastalwater/swqdata42.html>) และมีการปล่อยทิ้งของเสียในรูป BOD สูงถึง 34,376 ตัน/ปี (Taranatham, 1992 อ้างถึงใน <http://www.start.or.th/got/gotwww.pollution.html>)

ความเค็มของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 14 – 21 psu มีค่าความเค็มต่ำสุดอยู่ที่สถานีที่ 1 และ 5 เนื่องจากการผสมผสานกับน้ำจืดจากแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางปะกงตามลำดับ นอกจากนี้ค่าความเค็มในสถานีที่ 3 มีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากการผสมผสานระหว่างน้ำทะเลกับน้ำจืดที่ระบายออกจากประตูระบายน้ำตามโครงการแก้มลิงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ความเป็นกรด – ด่างในพื้นที่ที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 7.0 – 7.3 ใกล้เคียงกับการศึกษาของ วิไลวรรณ อุทุมพฤษย์พร (2545) ที่พบว่าค่าความเป็นกรด – ด่าง ในบริเวณชายฝั่งทะเล จ.สมุทรปราการ มีค่า 7.4 – 7.9 เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำชายฝั่ง พบว่ามีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่เป็นไปในทางค่อนข้างต่ำ อันเนื่องมาจากการผสมผสานระหว่างน้ำทะเลกับน้ำจืด ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาและพื้นที่ในจังหวัดสมุทรปราการส่วนใหญ่ดินมีความเป็นกรด (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2541 อ้างถึงใน สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2527) เนื่องจากช่วงที่เก็บตัวอย่างเป็นฤดูฝน น้ำฝนจะชะล้างเอาความเป็นกรดจากพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ความเป็นกรด – ด่างของน้ำต่ำลง

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู (สิงหาคม 2546) กับมาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐาน คุณภาพน้ำชายฝั่ง	ค่าคุณภาพน้ำในบริเวณที่ศึกษา (ต่ำสุด – สูงสุด)
ค่าความเป็นกรด - ด่าง		7.0 – 8.5	7.0 – 7.3
ค่าความเค็ม	psu	D >> 10	14.8 – 21.9
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	mg/L	>>4	2.2 – 6.2

D หมายถึง ค่าที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ

เมื่อประเมินคุณภาพน้ำในทั้ง 5 สถานี แล้วพบว่าคุณภาพน้ำบางประเภทต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เช่น ค่าออกซิเจนละลายน้ำในสถานีที่ 1 แต่ความเป็นกรด – ด่าง และค่าออกซิเจนละลายน้ำในสถานีที่ 2 – 5 ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำก็มีแนวโน้มที่จะเสื่อมลง เนื่องจากการขยายตัวของแหล่งอุตสาหกรรมในบริเวณนี้

การศึกษาปริมาณสารปรอทในดินตะกอน

1. การแพร่กระจายของสารปรอทตามระดับความลึก (vertical distribution)

จากการศึกษาการปนเปื้อนของสารปรอทในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล นิคมอุตสาหกรรม บางปู จ.สมุทรปราการ จากสถานีเก็บตัวอย่าง 5 สถานีตลอดแนวชายฝั่งระหว่าง ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำบางปะกง การเก็บตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก ในสถานที่ 1 ลักษณะของดินตะกอนส่วนใหญ่เป็นทรายทำให้ยากต่อการเก็บตัวอย่าง ทำให้ได้ปริมาณดินตะกอนที่ไม่ลึกมากนัก โดยเก็บดินตะกอนได้ที่ระดับความลึกเพียง 11 เซนติเมตร แต่ในสถานที่ 2-5 ดินตะกอนมีลักษณะเป็นโคลนละเอียดที่มีความเหนียวพอที่จะเจาะเป็นแท่งได้จึงเก็บดินตะกอนได้ลึกประมาณ 30 เซนติเมตร หากใช้อัตราการตกตะกอนที่ศึกษาโดย Cheevaporn and Mookongpai (1996) ที่ใช้วิธี Pb-210 ในการประเมินอัตราการตกตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ซึ่งพบมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.58 เซนติเมตร/ปี มาใช้ในการคำนวณอายุดินตะกอน พบว่าดินตะกอนที่เก็บได้มีอายุย้อนหลัง 18 - 54 ปี โดยประมาณ ตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บจากทุกสถานี สามารถตรวจพบสารปรอทรวมในทุกตัวอย่าง

1.1 ปริมาณสารปรอทตามระดับความลึก เป็นข้อสรุปสำคัญที่แสดงถึงการตกตะกอนของปรอทในช่วงเวลาที่ผ่านมา (EPRI, 1996 อ้างถึงใน Leady & Gottgens, 2001) จากการศึกษาพบว่าสถานที่ 1 เป็นสถานที่เดียวที่พบว่ามีปริมาณสารปรอทมีค่าลดลงตามระดับความลึกอย่างชัดเจน และที่ผิวหน้าของดินตะกอนมีปริมาณการสะสมของสารปรอทมากกว่าที่ระดับความลึกอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าในสถานที่ 1 มีการสะสมของปรอทในบริเวณผิวหน้าดินเพิ่มขึ้น แต่ในสถานที่ 2 ถึง 5 ไม่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารปรอทตามระดับความลึกอย่างชัดเจน ทั้งนี้ น่าจะมีสาเหตุจาก

1.1.1 การปนเปื้อนสารปรอทในดินตะกอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีค่าค่อนข้างคงที่

1.1.2 อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของดินตะกอน เนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างมวลน้ำกับผิวหน้าของดินตะกอน ในระหว่างน้ำขึ้นน้ำลง การฟุ้งกระจายของดินตะกอนจากระบวนการทางกายภาพนี้เอง ที่ทำให้เกิดการผสมผสาน (mixing) ระหว่างดินตะกอนที่ผิวหน้ากับดินตะกอนที่อยู่ลึกลงไป ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงตามความลึกของปริมาณสารปรอทในดินตะกอนในบริเวณที่ทำการศึกษาอย่างเด่นชัด

1.1.3 สิ่งมีชีวิตหน้าดิน อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึก เนื่องจากสัตว์เล็ก ๆ จำพวก worm สามารถรบกวนชั้นของดินตะกอนที่มีปรอทตก

2 เซนติเมตร และพวกสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น หอย สามารถรบกวนชั้นดินตะกอนได้ลึกอย่างน้อย 9 เซนติเมตร (D'Itri, 1977)

1.2 ปริมาณสารปรอทเฉลี่ยตามความลึกต่อสถานี จากค่าเฉลี่ยตามความลึกของสารปรอทรวมของแต่ละสถานี พบว่ามีปริมาณสารปรอทแพร่กระจายอยู่ทุกสถานีในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบแนวโน้มว่า สารปรอทในสถานีที่ 1 และ 2 ปริมาณน้อยกว่าในสถานีที่ 3 ถึง 5 สามารถอภิปรายผลการศึกษาดังนี้

สถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 บริเวณที่ทำการศึกษาคือเป็นบริเวณที่อยู่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และบริเวณหน้านิคมอุตสาหกรรมบางปู ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีแหล่งชุมชนที่มีบ้านเรือนประชาชนหนาแน่น มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ในบริเวณชายฝั่ง และน้ำที่ไหลออกจากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนของสารปรอทในบริเวณนี้ นอกจากนี้ยังมีน้ำเสียจากคลองหัวลำพูที่รับน้ำเสียจากโรงงานบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรม ปล่อยลงสู่ทะเลบริเวณสถานีที่ 2 ด้วย แต่จากการศึกษาพบว่า ปริมาณสารปรอทที่พบมีค่าต่ำกว่าในสถานีที่ 3 ถึง 5 ทั้งนี้เนื่องจาก ลักษณะดินตะกอนที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าลักษณะดินตะกอนของสถานีที่ 1 และ 2 ส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่มีความสามารถในการดูดซับสารปรอทได้น้อย ทำให้สารปรอทที่พบมีค่าไม่สูงนัก นอกจากนี้การที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีอัตราการตะกอนค่อนข้างสูง จะมีส่วนทำให้ความเข้มข้นของสารปรอทที่ตรวจวิเคราะห์ได้มีค่าน้อยกว่าที่ควรจะเป็น เพราะเกิดการผสมด้วยปริมาณของดินตะกอนที่มากกว่า (Stamenkovic, Gustin, Marvin-DiPasquale, Thomas & Agee, 2004)

นอกจากนี้บริเวณสถานีที่ 1 และ 2 มีปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน ซึ่งวัดในรูปของ % ignition loss มีค่าน้อยโดยมีค่าเฉลี่ย 2.25 และ 2.77 ในสถานีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งเป็นสถานีที่พบ % ignition loss น้อยกว่าสถานีที่ 3 ถึง 5 ทั้งนี้ดินที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงมักจะพบโลหะหนักสะสมอยู่สูงด้วย (Salomons & Forstner, 1984 อ้างถึงใน สุวรรณ ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่, 2543) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ดินตะกอนในสถานีที่ 1 และ 2 มีปริมาณปรอทน้อย และจากการศึกษาครั้งนี้ได้ตรวจวัดปริมาณอะลูมิเนียมในดินตะกอน พบว่ามีค่าน้อยในสถานีที่ 1 และ 2 โดยมีค่าเฉลี่ย 47.29 และ 61.36 mg/g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งเป็นบริเวณที่พบปริมาณอะลูมิเนียมต่ำ เนื่องจากอะลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบหลักของอนุภาคดินเหนียวทุกประเภท ซึ่งมีพื้นที่ผิวที่สามารถจับกับโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ได้ดี (Ram, Rokade, Borole & Zingda, 2003) จากปริมาณอะลูมิเนียมที่พบ แสดงว่าดินในบริเวณนี้มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวต่ำ จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พบว่าในบริเวณนี้พบการปนเปื้อนของสารปรอทน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ

การศึกษาของ Ram et al. (2003) ใน Ulhas estuary ที่พบว่าการสะสมของสารปรอทลดลงในดิน ที่มีปริมาณอะลูมิเนียมต่ำ

พบแนวโน้มการปนเปื้อนของสารปรอทตามระดับความลึก มีค่าสูงสุดที่ผิวหน้าของดิน ตะกอน (ความลึก 0 – 2 เซนติเมตร) ในสถานที่ 1 และ 2 และลดลงตามระดับความลึก ส่วนสถานที่อื่น ๆ ไม่พบแนวโน้มดังกล่าว การที่ปริมาณของปรอทที่ผิวหน้าดินตะกอนมีค่าสูงน่าจะแสดงว่าในปัจจุบันมีการปลดปล่อยสารปรอทอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์สูงกว่าในอดีต และอาจจะเป็นผลมาจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ที่มีมากในบริเวณนี้ และจากอาคารบ้านเรือน และพื้นที่เกษตรกรรมที่ไหลออกมาจากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งน่าจะเป็นแหล่งที่สำคัญของการปนเปื้อนในบริเวณนี้ Greenpeace ได้เคยสำรวจพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ในเดือนมิถุนายน 2544 และ พฤษภาคม 2546 พบว่าในบริเวณนี้มีการปลดปล่อยน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสารปรอทสูงลงสู่ทะเล โดยพบความเข้มข้นของสารปรอทในท่อน้ำทิ้งริมถนน สุขุมวิทก่อนไหลลงสู่คลองหว่าลำพูมีค่า $< 1 \mu\text{g/L}$ และ $< 2 \mu\text{g/L}$ ในปี 2544 และ 2546 ตามลำดับ (Brigden, Labunska & Stringer, 2003)

Konrad (1975 อ้างถึงใน มาลี เลาสูทแสน, 2528) รายงานไว้ว่า พบปรอทในกากตะกอน ในโรงงานกำจัดน้ำโสโครกในสวีเดน และในน้ำทิ้งขั้นสุดท้ายอย่างมีนัยสำคัญ ฉะนั้น แม้ว่าโรงงานต่าง ๆ ริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ถ้าน้ำเสียมีปรอทปะปนอยู่ ก็ยังคงมีปรอทถูกทิ้งปะปนมากับน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าระบบบำบัดมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ จากการศึกษาของ Siriratanachai (2001) พบว่าสารปรอทในดินตะกอน บริเวณเอสทุริของแม่น้ำเจ้าพระยา มีค่า $0.2 - 0.51 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง ในดินตะกอนขนาด $< 250 \mu\text{m}$ ซึ่งสูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของสารปรอทสูง ดังนั้นการศึกษารั้งนี้จึงเป็นไปได้ที่พบปริมาณสารปรอทที่ผิวหน้าสูงตามไปด้วย

ในสถานที่ 3 - 5 บริเวณที่ทำการศึกษายู่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของคลองด่าน ระหว่างหน้าโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สวนกุหลาบวิทยาลัย จ.สมุทรปราการ และสถานีระบายน้ำบ้านลาดหวาย ในบริเวณนี้มีบ้านเรือนประชาชน และมีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่น้อยกว่าบริเวณสถานที่ 1 และ 2 แต่ปริมาณสารปรอทที่พบมีค่ามากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากน้ำที่ระบายออกจากประตูระบายน้ำ เป็นน้ำที่ไหลมาจากพื้นที่การเกษตร แหล่งอุตสาหกรรม บ้านเรือนประชาชน จากหลาย ๆ พื้นที่ ฉะนั้นน้ำที่ระบายออกมาจึงอาจมีสารปรอทปนเปื้อนอยู่มาก แหล่งที่มาของการปนเปื้อนอีกแหล่งหนึ่งที่สำคัญคือ คลองด่าน ซึ่งเป็นแหล่งชุมชนที่มีบ้านเรือนประชาชน และมีน้ำจากคลองด่านไหลลงสู่บริเวณนั้น โดยมีน้ำจากคลองอื่น ๆ อีกหลายสาขา ไหลมารวมกับคลอง

ด้านก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเล แหล่งที่มาของสารปรอทที่พบในบริเวณนี้น่าจะมาจากน้ำเสียจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาล และแหล่งอุตสาหกรรมที่ปล่อยต่าง ๆ ไหลผ่าน และไหลรวมลงสู่ทะเลที่คลองด่าน คลองด่านจึงอาจจะเป็นแหล่งที่สำคัญของการปนเปื้อนของสารปรอทในดินตะกอนบริเวณนี้ จากการสังเกตลักษณะของดินตะกอน พบว่าดินตะกอนมีลักษณะเป็นโคลนละเอียด ซึ่งดินตะกอนที่มีลักษณะละเอียดนั้นจะมีพื้นที่ผิวในการจับกับสารอินทรีย์มาก ทำให้ดินมีสารอินทรีย์สูง โดยในดินที่มีสารอินทรีย์อยู่ สารปรอทจะจับสารอินทรีย์ในดิน โดยจับกับ S - Containing Groups ในสารอินทรีย์ (Hintelman et al., 1995; Wallchlagel et al., 1998 อ้างถึงใน Beldowski & Pempkowiak, 2003) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทในดินตะกอนกับ %Ignition loss และปริมาณอะลูมิเนียม พบว่าปริมาณสารปรอทในดินตะกอนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับ %Ignition loss และปริมาณอะลูมิเนียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ฉะนั้นในดินที่พบปริมาณสารอินทรีย์มาก แนวโน้มที่จะพบสารปรอทก็จะมากตามขึ้นไป ด้วยสารปรอทที่พบจึงมีค่าสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ที่ทำการศึกษา ในสถานีที่ 4 และ 5 นี้พบปริมาณสารอินทรีย์สูงถึง 5.26 และ 5.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบปริมาณอะลูมิเนียมในดินตะกอนเฉลี่ย 86.75 และ 94.58 mg/g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากปริมาณอะลูมิเนียมที่พบ แสดงว่าดินในสถานีนี้มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมาก จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนของสารปรอทมากที่สุด

สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่พบปริมาณสารปรอทในดินตะกอนสูงในสถานีที่ 4 และ 5 อาจเป็นผลเนื่องมาจากกระแสน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล คือ ในฤดูหนาว ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดพาเอามวลน้ำจากปากแม่น้ำบางปะกง ไหลวนทวนเข็มนาฬิกาตามชายฝั่งบริเวณคลองด่าน ในขณะที่ฤดูฝน ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพาเอามวลน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาไหลตามเข็มนาฬิกาตามแนวชายฝั่งมาทางคลองด่านเช่นกัน จากการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในรอบปีทำให้สารปรอทและสารอินทรีย์ที่มากับน้ำจากปากแม่น้ำทั้งสองมาตกสะสมอยู่ในบริเวณนี้

สาเหตุที่ทำให้ในสถานีที่ 3 ถึง 5 ไม่พบแนวโน้มของสารปรอทในดินตะกอนตามระดับความลึกที่ชัดเจน อาจเป็นผลมาจากบริเวณนี้เป็นเส้นทางผ่านเข้า – ออกของเรือประมง และมีการทำประมงชายฝั่งมาก นอกจากนี้อิทธิพลของกระแสน้ำทำให้ดินตะกอนเหล่านี้เกิดการฟุ้งกระจายและผสมกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Beldowski et al. (2003) ที่ศึกษาปริมาณสารปรอทในดินตะกอนในอ่าว Gdansk ทางใต้ของทะเลบอลติก พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ความลึก 13 เมตร ไม่พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณสารปรอทตามความลึกอย่างชัดเจน เนื่องจากดินตะกอนในบริเวณนั้นเป็นดินที่ผสมผสานกันอย่างดี

2. การแพร่กระจายของสารปรอทตามระยะห่างจากฝั่ง (horizontal distribution)

การแพร่กระจายของปรอทในบริเวณผิวน้ำ พบว่าในสถานีที่ 3 มีปริมาณสารปรอทสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ บงกช ทองสดาฯ (2546) ที่ศึกษาการสะสมของโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ พบว่าปริมาณของเหล็ก ทองแดง และสังกะสี พบสูงสุดในสถานีที่ 3 เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากในสถานีที่ 3 มีปริมาณสารอินทรีย์สูงถึง 5.80% และในสถานีที่ 3 อยู่ใกล้แหล่งอุตสาหกรรมที่เริ่มขยายตัวขึ้นมากกว่า ฉะนั้นจึงเป็นไปได้ที่สถานีที่ 3 จะมีโอกาสพบปริมาณสารปรอทที่ผิวน้ำมาก

การศึกษาปริมาณสารปรอทตามระยะห่างจากฝั่ง เป็นไปตามสมมติฐานการทดลอง ซึ่งคาดการณ์ว่าปริมาณสารปรอทที่สะสมอยู่ในดินตะกอนที่ระยะห่างจากฝั่งแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งผลที่ได้จะพบใน 3 รูปแบบคือ

ในสถานีที่ 1 และสถานีที่ 3 จะพบปริมาณสารปรอทมากที่สุดที่ระยะห่างจากฝั่ง 3 กม. การกระจายตัวของสารปรอทในทั้ง 2 สถานีมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับการแพร่กระจายของอูมิเนียมในดินตะกอน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่ารูปแบบการแพร่กระจายของปรอทเป็นผลมาจากปริมาณอูมิเนียมในดินตะกอน ตามที่ Ram et al. (2002) ได้กล่าวไว้ว่า ปริมาณอูมิเนียมแสดงถึงปริมาณของ Clay particle ในดินตะกอน ซึ่งเป็นเสมือนตัวดักจับที่ดีสำหรับโลหะหนักให้ดูดซับเข้าสู่ดินตะกอน ดังนั้นในจุดที่มี Clay particle มากทำให้ปรอทที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งต่าง ๆ มีโอกาสที่จะสะสมในดินตะกอนเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

ในสถานีที่ 2 การแพร่กระจายของปรอทตามระยะห่างจากฝั่งมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะห่างจากฝั่งมากขึ้น อาจเกิดขึ้นเนื่องจากเมื่อสารปรอทถูกปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมบริเวณนี้ ไม่ได้ตกตะกอนทันที มีลักษณะเป็นดินทรายที่มีความสามารถในการดูดซับสารปรอทได้ช้า ฉะนั้นการดูดซับจึงไม่เกิดขึ้นทันทีที่ถูกปลดปล่อยออกมา และจะถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำ ก่อนที่จะจมลงสู่ดินตะกอน (Ram et al., 2002) ฉะนั้นจึงพบสารปรอทในสถานีที่อยู่ใกล้ฝั่งน้อยกว่าสถานีที่อยู่ไกลจากฝั่งออกไป นอกจากนี้ ในช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นฤดูฝน น้ำที่ไหลออกมาจากแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีทิศทางการไหลของกระแสน้ำแบบตามเข็มนาฬิกา และมีอัตราการไหลเร็ว ในสถานีนี้จะไม่ไกลจากปากแม่น้ำเท่าใดนัก จึงได้นำจะรับอิทธิพลจากกระแสน้ำ ที่จะพาปรอทไปตกสะสมอยู่ในบริเวณที่ห่างจากชายฝั่ง

ในสถานีที่ 4 และ 5 การแพร่กระจายของปรอทตามระยะห่างจากฝั่งมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากชายบริเวณนี้เป็นป่าชายเลน และอยู่ห่างจากปากแม่น้ำมาก อัตราการไหลของกระแสน้ำจึงน้อยกว่าในสถานีที่ 1 และ 2 ทำให้สารปรอทที่ถูกปลดปล่อยออกมาถูกพัดพาไปไม่ไกล นอกจากนี้ดินตะกอนที่พบมีลักษณะเป็นโคลนละเอียด จากข้อมูลของปริมาณอูมิเนียมที่พบมา

ในทั้ง 2 สถานี แสดงให้เห็นว่าดินในบริเวณนี้มี Clay particle มาก ประกอบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่มีมากในบริเวณนี้ ทำให้สารปรอทถูกดูดซับเข้าสู่ดินตะกอนทันที ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Beldowski and Pempkowiak (2003) ที่ศึกษาการแพร่กระจายของปรอทในดินตะกอนในทะเลสาบ Gdansk บริเวณ Vistula mouth พบว่าปริมาณการสะสมของสารปรอทลดลงเมื่อระยะห่างจากฝั่งเพิ่มขึ้น เนื่องจากการดูดซับปรอทในส่วนตะกอนละเอียดของดินตะกอนบริเวณใกล้ฝั่ง ส่วนในบริเวณที่ห่างจากฝั่งการลดลงของปริมาณสารปรอทอาจเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินตะกอน ทำให้ปรอทถูกปลดปล่อยกับเข้าสู่มวลน้ำ และอาจเกิดจากการเจือจางลงโดยการผสมกับดินตะกอนที่มีปริมาณปรอทสะสมอยู่น้อยกว่า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของเอนก โสภณ และสมภพ รุ่งสุภา (2547) ที่พบว่าปริมาณสารปรอทในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยตอนบน มีปริมาณลดลงเมื่อห่างจากฝั่ง แต่ก็ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

ระดับการปนเปื้อน

ระดับปรกติ (normal range) ของดินตะกอนในแหล่งน้ำ ทั้งแม่น้ำ ทะเล และมหาสมุทร มีปรอทต่ำกว่า $0.07 - 0.1 \mu\text{g/g}$ (มาลี เลาสูทแสน, 2528) และปริมาณปรอทในดินตะกอนที่ไม่ได้รับการปนเปื้อนมีค่า $0.08 \mu\text{g/g}$ (ICPS/WHO, 1989 อ้างถึงใน Chongpasith & Wilairatanadilok, 1999) เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณปรอทในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปูจากการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของสารปรอทในดินตะกอนระหว่าง $0.019 - 0.149 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง จะเห็นได้ว่ามีค่าตั้งแต่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจนถึงสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทในดินตะกอนที่ไม่ได้รับการปนเปื้อน ในบางสถานีที่มีค่าสูงกว่าระดับปรกติน่าจะเกิดจากการปนเปื้อนของปรอทเพิ่มขึ้นจากที่ควรมีในธรรมชาติ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ายังมีการปลดปล่อยสารปรอทจากการกระทำของมนุษย์อยู่ และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 26 พบว่าปริมาณสารปรอทจากการศึกษาครั้งนี้ยังมีค่าต่ำกว่าทุกมาตรฐาน หรืออาจกล่าวได้ว่าบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปูมีปริมาณการปนเปื้อนของสารปรอทไม่มากกว่าดินตะกอนปรกติทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วิไลวรรณ อุทุมพุกฤษ์พร (2545) ที่พบว่าความเข้มข้นของสารปรอทที่พบในดินตะกอนชายฝั่งทะเล จ.สมุทรปราการส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ และสถานีที่พบความเข้มข้นของสารปรอทสูงก็ไม่เกินเกณฑ์ขั้นสูงของ US-EPA ที่กำหนดเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปรอทในดิน 2 ค่าคือ 0.15 และ $0.71 \mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง โดยมีโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ร้อยละ 8.3 และ 42.3 ตามลำดับ

ในสถานที่ 4 และ 5 ที่พบปริมาณสารปรอทมากกว่าค่าเฉลี่ยดินตะกอนที่ไม่ได้รับการปนเปื้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า บริเวณดังกล่าวถูกปนเปื้อนด้วยสารปรอท ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณนี้มีแหล่งชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรมหนาแน่น การปนเปื้อนที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากจำนวนประชากรและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่โดยรวมที่มีการเพิ่มอยู่เรื่อย ๆ ถึงแม้จากข้อมูลปริมาณสารปรอทจากการทดลองที่ได้ ยังไม่ถึงระดับเป็นอันตรายอย่างร้ายแรง แต่ถ้าหากในอนาคตไม่มีการระวังและควบคุมอย่างเข้มงวดในการบำบัดน้ำเสียก่อนทิ้งลงสู่ทะเล ก็อาจทำให้เกิดปริมาณสารปรอทเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบตามมาภายหลังได้

ตารางที่ 31 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศต่าง ๆ (Chongpasith & Wilairatanadilok, 1999)

มาตรฐานคุณภาพตะกอนดิน	ค่ามาตรฐาน ($\mu\text{g/g}$ น้ำหนักแห้ง)	ที่มา
ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์	$0.15^1 - 1^2$	ANZECC, 1998
ฟลอริดา, สหรัฐอเมริกา	$0.13^1 - 0.7^2$	MacDonald, 1994
ฮ่องกง	$0.5^3 - 1^4$	HKGS, 1998

- หมายเหตุ 1 ค่าความเข้มข้นที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต
 2 ค่าความเข้มข้นที่อาจมีพิษต่อสิ่งมีชีวิต
 3 ค่าความเข้มข้นที่สามารถทำการขุดลอกตะกอนดินได้
 4 ค่าความเข้มข้นที่สามารถขุดลอกตะกอนดินได้ โดยไม่ต้องผ่านการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

เมื่อเปรียบเทียบกับ Siriratanachai (2001) และ Thongra-ar (2001) ที่ศึกษาปริมาณสารปรอทในเอสทูรีของแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางปะกง พบว่ามีค่า $0.30 - 0.59 \mu\text{g/g dry wt.}$ และ $0.028 - 0.96 \mu\text{g/g dry wt.}$ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้ทั้ง 2 บริเวณ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบังและนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) พบว่าบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปูมีค่าเฉลี่ยของสารปรอทในดินตะกอนมากกว่านิคมอุตสาหกรรมทั้ง 2 แห่งดังกล่าว การที่พบปริมาณการปนเปื้อนของสารปรอทในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปูมากกว่า นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบังและนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เนื่องจากบริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมบางปูได้รับอิทธิพลของแม่น้ำสายหลักทั้ง 2 สาย

คือแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นแหล่งที่สำคัญของการปนเปื้อนในบริเวณนี้ นอกจากนี้ พวงกมล นวลสุทธิ์ (2542) ได้ศึกษาประวัติการปนเปื้อนของสารปรอทบริเวณชายฝั่ง จ.ชลบุรี และจ.ระยอง พบว่าลักษณะของดินตะกอนของทั้งนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบังและนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีลักษณะเป็นดินทราย ในขณะที่บริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปูเป็นดินโคลน ทำให้ทั้ง 2 นิคมอุตสาหกรรมดังกล่าวมีการสะสมของสารปรอทในดินตะกอนน้อยกว่า

จากการเปรียบเทียบข้อมูลที่เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณปรอทในดินตะกอนกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ (ตารางที่ 6) พบว่าปริมาณปรอทในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ระยะเวลาใกล้เคียงกัน พบว่ามีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าเวลาปัจจุบันนี้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งคงเป็นผลจากการที่ยังคงมีการทิ้งปรอทลงสู่แหล่งน้ำอยู่ เพราะจากการที่ธรรมชาติมีการชะเซยให้สิ่งแวดล้อมกลับสู่สภาพเดิม จะทำให้ปริมาณปรอทลดต่ำลงไปตามลำดับ แม้ว่าจะเป็นไปค่อนข้างช้าก็ตาม

ผลที่ได้จากการศึกษาที่ผ่านมา เปรียบเทียบกับการวิจัยในครั้งนี้ พบปริมาณสารปรอทในดินตะกอนในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะมาจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น เวลาที่แตกต่างกัน วิธีการและเทคนิคของการวิเคราะห์ที่ต่างกัน หรือชนิดของเครื่องมือแตกต่างกัน และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ก็มีประสิทธิภาพแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์สารปรอทในครั้งนี้อาจเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาวะแวดล้อมในธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากการกระทำของธรรมชาติ ที่มีการปลดปล่อยสารปรอทจากกระบวนการทางธรรมชาติ หรือจากการที่ของเสียต่าง ๆ ที่มีสารปรอทประกอบอยู่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำและตกตะกอนทับถมกัน ซึ่งมีทั้งสารปรอทอินทรีย์และสารปรอทอนินทรีย์ที่จะแตกสลายออกได้หลายชนิด นับว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจในการค้นคว้าถึงชนิดของสารปรอทในแหล่งน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารปรอทกับคุณสมบัติของดินตะกอน

จากการสังเกตลักษณะของดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ ในสถานีที่ 1 และ 2 ลักษณะของดินตะกอนจะเป็นดินทราย ซึ่งอาจเป็นเพราะบริเวณปากแม่น้ำมีการตกตะกอนของอนุภาคต่าง ๆ มาก ลักษณะของดินตะกอนที่พบสอดคล้องกับการศึกษาของ เอนก ไสภณ และสมภพ รุ่งนภา (2547) ที่พบว่าดินตะกอนในอ่าวไทยตอนบนเป็นดินตะกอนปนทราย โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำจะมีโคลนปนทรายและเปลือกหอยค่อนข้างมาก ในขณะที่ดินตะกอนในสถานีที่ 3 และ 5 โดยสภาพของดินตะกอนจะเป็นโคลน (clay) ซึ่งสภาพของดินตะกอนดังกล่าวจะสามารถดูดซับ (adsorb) ปรอทได้เป็นอย่างดี

โดยที่ พวงกมล นวลสุทธิ์ (2542) กล่าวว่า ดินตะกอนที่เป็นเนื้อหยาบจะพบสารอินทรีย์ที่ไม่วัดเคาะติดกัน ซึ่งมีความสามารถดูดซับได้น้อย ส่วนอนุภาคเนื้อละเอียดจะมีพื้นที่ผิวขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับสัดส่วนของการมีประจุไฟฟ้าที่พื้นผิวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและทางชีววิทยา และเกิดการดูดซับได้ง่ายกว่าอนุภาคเนื้อหยาบ อันเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนเข้าสู่ดินตะกอน ปัญหาการปนเปื้อนในอนุภาคเนื้อละเอียดจึงมากกว่าอนุภาคเนื้อหยาบ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า ในสถานีที่ 1 – 2 ซึ่งมีลักษณะดินตะกอนเป็นโคลนปนทรายจึงพบปริมาณสารปรอทน้อยกว่าสถานีที่ 3 – 5 ที่มีลักษณะดินตะกอนเป็นดินโคลน

Bordovskiy (1965 อ้างถึงใน มาลี เลาสุทแสน, 2528) พบว่าดินตะกอนที่มีขนาดเล็กจะดูดซับสารอินทรีย์ได้มาก เช่น ตะกอนละเอียด (silt) มีปริมาณสารอินทรีย์มากกว่าตะกอนหยาบที่เป็นทราย (sand) ประมาณ 2 เท่า ส่วนโคลน (clay) มีปริมาณสารอินทรีย์มากกว่าตะกอนหยาบที่เป็นที่เป็นทราย 4 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าในสถานีที่ 3 และ 5 มีปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่าในสถานีที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ตะกอนมีความละเอียดมาก (ซึ่งมีพื้นที่ผิวมากที่จะให้สารอินทรีย์มาสะสมอยู่ในตะกอนมาก) จะพบว่าความเข้มข้นของปรอทในตะกอนจะมากตามไปด้วย เพราะว่าปรอทชอบที่จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารอินทรีย์ (ในรูปของ Methyl และ Ethyl Mercury) <http://www.marinepcd.org/coastalwater/swqdata42.html>

ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์อยู่มากเมื่อถูกฝังลงบนพื้นผิวดินตะกอนก็จะค่อย ๆ ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลาย ในดินตะกอนที่มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอ แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) ในการย่อยสลายก็จะทำหน้าที่ เมื่อออกซิเจนหมดไป แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ก็จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์แทน แบคทีเรียที่มีความสำคัญมากในกลุ่มนี้คือแบคทีเรียที่ใช้ซัลเฟตเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (sulfate reducing bacteria) ซัลเฟตจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นซัลไฟด์ (Jorgensen, 1982 อ้างถึงใน สุวรรณ ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่, 2543) ซัลไฟด์มีความสามารถในการจับกับโลหะหนักเกือบทุกชนิดเป็นโลหะซัลไฟด์ ดังนั้นในดินตะกอนที่มีปริมาณของซัลไฟด์อยู่มากจึงน่าจะสามารถในการจับโลหะหนักไว้ในดินตะกอนได้มากด้วย

ผลจากการศึกษาพบว่า ดินตะกอนที่เก็บได้ทั้ง 5 สถานีเป็นดินตะกอนที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงที่ผิวดินตะกอนและลดลงตามลำดับเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น ในสถานีที่ 3 – 5 ดินตะกอนจะอยู่ในสภาพรีดิวซ์หรือในสภาพขาดออกซิเจนมากกว่าในสถานีที่ 1 และ 2 ในสภาพที่ขาดออกซิเจนแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ซัลเฟต (S) ออกมา ซึ่งจะไปจับกับสารปรอทในมวลน้ำเกิดเป็น HgS ซึ่งไม่ละลายน้ำ และตกตะกอนสะสมอยู่ในดินตะกอน

โดย Kaplan et al. (2002) พบว่า HgS จะเกิดขึ้นเมื่อค่าศักย์ไฟฟ้าลดลงจาก 0 เป็น -100 mV แต่ในดินตะกอนที่มีออกซิเจนอยู่ (oxic sediment) პროთจะจับตัวกับออกซิเจน เกิดเป็น HgO ซึ่งมีความสามารถในการละลาย โอกาสที่จะพบสารปรอทในดินตะกอนจึงน้อย ฉะนั้นในดินตะกอนที่มีสภาพรีดิวซ์มาก จึงมีโอกาสดังกล่าวพบสารปรอทมากกว่าดินตะกอนที่อยู่ในสภาพออกซิไดส์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า ในสถานีที่ 3 – 5 ที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า จะพบสารปรอทมากกว่าสถานีที่ 1 และ 2 ที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า จากที่กล่าวมาพบว่าทั้งปริมาณสารอินทรีย์และค่าศักย์ไฟฟ้า ล้วนมีความสำคัญกับการสะสมของการปรอทในดินตะกอน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารอินทรีย์ยังมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าศักย์ไฟฟ้า เนื่องจากการลดลงของออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดย aerobic bacteria ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนลดลง ทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าลดลง (Olsen et al., 1982 อ้างถึงใน มาลี เลาสูทแสน, 2528)

โลหะหนักมีคุณสมบัติที่จะจับตัวกับสารอินทรีย์ในรูปของสารอินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved organic matter) โดยการสร้างโมเลกุลเชิงซ้อน (complex molecule) และมักถูกดูดซับบนพื้นผิวของสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของอนุภาค (particulate organic material) และอนุภาคตะกอนดิน (clay particle) เมื่อโลหะถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำในสภาวะที่เหมาะสม มักจะเปลี่ยนรูปจากสารละลายเป็นสารแขวนลอย และตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ และฝังตัวในดินตะกอน ดังนั้นในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์และอนุภาคดินตะกอนอยู่สูงมักจะพบโลหะหนักสะสมตัวอยู่สูงด้วย (Salomons & Fostner, 1984 อ้างถึงใน ใน สุวรรณ ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่, 2542) นอกจากนี้ Cleam and Gamble (1974) Wallschloger et al. (1998 b อ้างถึงใน Kaplan, 2002) พบว่า สารอินทรีย์ในดินตะกอนเป็นทั้งตัวดูดซับและเป็นที่ยึดของ Ligands ที่สามารถสร้างสารประกอบเชิงซ้อนกับปรอท ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า % Ignition Loss มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณสารปรอทในดินตะกอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลที่ได้สอดคล้องกับ Tremblay (1995) ที่ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารปรอทในดินตะกอนในทะเลสาบเคนาดา และพบว่าระดับสารปรอทในดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.73$)

ปริมาณของเหล็กออกไซด์ที่พบในดินตะกอนมีปริมาณมากกว่าแมงกานีสออกไซด์ในทุกสถานี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Thongra-ar (2001) ที่ศึกษาในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ดินตะกอนที่มีปริมาณเหล็กออกไซด์มาก ก็จะมีปริมาณแมงกานีสออกไซด์มากเช่นกัน ทั้งเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์พบมากในสถานีที่ 3 และ 5 สอดคล้องกับการศึกษาของ สุวรรณ ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่ (2542) ที่พบว่าปริมาณของเหล็กและแมงกานีสในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงซึ่งอยู่ในกับสถานีที่ 5 มีค่าสูง สถานีที่ 5 จึงพบเหล็กออกไซด์

และแมงกานีสออกไซด์มีค่าสูงตามไปด้วย ซึ่งอาจเกิดจากการผสมผสานของดินตะกอนในบริเวณที่ทำการศึกษากับดินตะกอนจากปากแม่น้ำบางปะกง และสอดคล้องกับ เอนก โสภณ และ สมภพ รุ่งสุภา (2547) ที่พบว่าอ่าวไทยตอนบนจะมีการสะสมของออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสค่อนข้างสูง ในสถานีที่ 3 แมงกานีสออกไซด์ที่พบมากอาจเกิดเนื่องมาจาก ในสถานีที่ 3 อยู่ใกล้กับโรงงานแปดเตาขนาดใหญ่ ทั้งเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์มีผลต่อพฤติกรรมของโลหะหนักในดินตะกอนมาก เพราะมีพื้นที่ผิวที่จะจับกับโลหะหนักต่าง ๆ และพบอยู่ทั่วไปในดินตะกอนเสมอ โดยจะเคลือบอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวหรือสารอินทรีย์ ซึ่งมีหน้าที่ดักจับโลหะหนักให้ตกตะกอนร่วมและสะสมอยู่ในดินตะกอน (<http://www.marinepcd.org/coastalwater/swqdata42.html>)

คุณสมบัติทางเคมีของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ขึ้นอยู่กับค่า Redox Potential เหล็กและแมงกานีสออกไซด์ จะพบมากในดินตะกอนที่อยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่ และเหล็กและแมงกานีสออกไซด์จะจับกับออกซิเจน เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำและสะสมอยู่ในดินตะกอน แต่ในสภาวะรีดิวซ์จะเกิดเป็น (Fe^{2+}) และ (Mn^{2+}) ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ โอกาสที่จะพบอยู่ในดินตะกอนจึงน้อย (Olsen et al, 1982)

แต่อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ที่พบจะมีมากในดินตะกอนที่มีสภาพรีดิวซ์มาก เพราะอาจเกิดจากความผิดพลาดในขณะเตรียมตัวอย่าง เนื่องจากในขณะที่ทำให้ดินตะกอนแห้งโดยใช้เครื่อง Freeze Dryer เหล็กกับแมงกานีสจะจับกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้ปริมาณของเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ที่พบเกินกว่าค่าที่มีในธรรมชาติได้

การดูดซับและการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอน

1. จุดสมดุลของการดูดซับ จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาจุดสมดุลของการดูดซับพบว่าปรอทจะถูกดูดซับ อย่างรวดเร็วภายในเวลา 1 ชั่วโมงแรก และอัตราการดูดซับจะลดลงจนเริ่มคงที่ ตั้งแต่ช่วงโม่งที่ 4 เป็นต้นไป แต่ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เวลา 24 ชั่วโมงเป็นจุดสมดุลของการดูดซับเนื่องจาก เพื่อให้เกิดการดูดซับที่สมบูรณ์ และสะดวกในการเก็บตัวอย่างในรอบวัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yin et al. (1996) ที่ใช้เวลา 24 ชั่วโมงเป็นจุดสมดุลของการดูดซับเช่นกัน

2. การศึกษาเพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษา จากการศึกษการดูดซับสารปรอทโดยดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ ในการทดลองเบื้องต้นเกี่ยวกับเปอร์เซ็นต์การดูดซับของปรอทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า ที่ความเข้มข้น

ของสารปรอทในสารละลาย 0.002 – 0.1 mg/L เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารปรอทเพิ่มขึ้น อาจเกิดเนื่องมาจากการดูดซับโลหะหนักของดินตะกอนจะเกิดร่วมกับ cations ที่มีอยู่ตามปกติในดินตะกอน เช่น Ca^{2+} Mg^{2+} K^+ ซึ่ง cations เหล่านี้มีความสามารถที่จะจับกับ Bonding Sites ของดินตะกอนได้สูงกว่าของพวกโลหะหนัก (Banks et al., 1995 อ้างถึงใน Thongra-ar, 2001) ในการศึกษาครั้งนี้ในสารละลายมี Ca^{2+} ซึ่งมาจาก Background Electrolyte ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่ง Ca^{2+} จะไปแย่งจับกับ bonding sites ของดินตะกอนได้ดีกว่าปรอท ฉะนั้นเมื่อค่าความเข้มข้นของสารปรอทต่ำ การไปแย่งจับกับ Cations ต่าง ๆ ในสารละลายก็จะเกิดขึ้นได้น้อย แต่เมื่อความเข้มข้นของสารปรอทเพิ่มขึ้น ปริมาณไอออนของสารปรอทมากพอที่จะไปแย่งกันกับ Cations ต่าง ๆ ในสารละลาย ในการจับกับ Binding Site ของดินตะกอน เปอร์เซ็นต์การดูดซับจึงเพิ่มขึ้น แต่ที่ความเข้มข้นของสารปรอทตั้งแต่ 10 – 100 mg/L ผลที่ได้เป็นไปในทางตรงกันข้ามคือ เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารปรอทเพิ่มขึ้น อาจเกิดเนื่องมาจากขีดความสามารถในการดูดซับสารปรอทของดินตะกอน เพราะอนุภาคดินตะกอนมีพื้นที่ผิวจำกัด เมื่อถึงจุดสมดุลแล้วการดูดซับจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้อีก ฉะนั้นจึงมีสารปรอทเหลืออยู่ในสารละลายมาก เปอร์เซ็นต์การดูดซับจึงลดลง

3. การดูดซับสารปรอทของดินตะกอน

3.1 การดูดซับสารปรอทของดินตะกอนเปรียบเทียบระหว่างสถานี 2A และ 2C จากการศึกษาการดูดซับสารปรอทของดินตะกอนโดยใช้ดินตะกอนจากสถานี 2A และ 2C เมื่อพิจารณาถึงคุณลักษณะของดินตะกอนจากทั้ง 2 สถานี พบว่าที่สถานี 2C มี % Ignition loss เหล็ก และแมงกานีสออกไซด์ และปริมาณอะลูมิเนียม มากกว่าสถานี 2A

จากการศึกษาการดูดซับปรอทของดินตะกอนในทั้งสถานี 2A และ 2C พบว่าในทั้ง 2 สถานี ที่ทำการศึกษาดินตะกอนมีความสามารถในการดูดซับสารปรอทไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าสถานี 2C มีค่า Adsorption Capacity (K_{ads}) สูงกว่าสถานี 2A ซึ่งผลที่ได้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติของดินตะกอนที่พบว่าในสถานี 2C มีปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่าสถานี 2A ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jernelov (1975 อ้างถึงใน Farrah & Pickering, 1977) ที่พบว่าทั้งปรอทอินทรีย์และปรอทอนินทรีย์ จะดูดซับกับอนุภาคสารอินทรีย์และสะสมอยู่ในดินตะกอน ฉะนั้นดินตะกอนที่มีอนุภาคสารอินทรีย์มาก จะมีความสามารถในการดูดซับสารปรอทในดินตะกอนได้มาก

Inorganic Absorbents ที่มีอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติคือ ออกไซด์ของโลหะ และอนุภาคดินเหนียว (James & Leokie, 1974 อ้างถึงใน Sarker, Essington & Misra, 1999) เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้ดินตะกอนในสถานี 2C มีการดูดซับสารปรอทได้ดีกว่าดินตะกอน

จากสถานี 2A เนื่องจากในสถานี 2C มีปริมาณอะลูมิเนียมซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอนุภาคดินเหนียวทุกชนิดมากกว่าดินตะกอนในสถานี 2A เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวมีขนาดเล็กซึ่งมีพื้นที่ผิวสูง ทำให้สามารถทำปฏิกิริยาบนพื้นผิวโดยเฉพาะการดูดซับของไอออนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุวรรณ ภาณุตระกูล, 2547) ฉะนั้นในดินที่มีอนุภาคดินเหนียวมากจึงมีความสามารถในการดูดซับไอออนของปรอทได้มากกว่าดินที่มีอนุภาคดินเหนือน้อย นอกจากนี้ออกไซด์ของโลหะที่มีมากในสถานี 2C ยังมีความสามารถในการจับยึดไอออนในน้ำโดยประจุที่อยู่บนพื้นผิวของออกไซด์ของโลหะด้วย

3.2 ความสามารถในการดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้นของสารละลาย

0.01mg/L – 100 mg/L

ความสามารถในการดูดซับสารปรอทที่ความเข้มข้นของสารละลาย 0.01, 0.1, 1 และ 10 mg/g ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Reimer, Krenkel, Eagle and Tragitt (1975) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารปรอทเริ่มต้นที่เติมลงไปดินตะกอนเปลี่ยนแปลง ไม่มีผลต่อค่า partition coefficient ของการดูดซับปรอทโดยดินตะกอน Octadecylamine and Sand Mixture และ Steraric Acid and Sand Mixture แต่ที่ความเข้มข้นของสารปรอทที่เติมลงไป 100 mg/L เปอร์เซ็นต์การดูดซับสารปรอทของดินตะกอนจะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเบื้องต้น ที่พบว่าการดูดซับจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารปรอทอินทรีย์ที่เติมลงไปเพิ่มขึ้นมากกว่า 10 mg/L เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องมาจาก ความจุในการดูดซับสารปรอทของดินตะกอน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องของการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ใช้การศึกษา

3.3 ความสามารถในการดูดซับสารปรอทที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จากการศึกษาไม่พบผลของความเค็มต่อการดูดซับอย่างชัดเจน ซึ่งตามทฤษฎีแล้ว ที่ความเค็มสูง ๆ ชนิดของปรอทส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของประจุลบ (HgCl_3^- และ HgCl_4^{2-}) ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ ประกอบกับดินตะกอนเองก็มีคุณสมบัติเป็นประจุลบอยู่แล้ว จึงน่าจะทำให้การดูดซับสารปรอทโดยดินตะกอนลดลงเมื่อความเค็มสูงขึ้น ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Thongra-ar, (2001) ที่ได้ศึกษาการดูดซับและการปลดปล่อยของปรอทโดยใช้ดินตะกอน จากเอสตูร์ของแม่น้ำบางปะกง พบว่าจากการเติมปรอท 2 – 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงในน้ำที่มีดินตะกอนอยู่ด้วย ปรอทจะถูกดูดซับโดยดินตะกอนร้อยละ 87.9 – 99.9 และจากการศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อการดูดซับและการปลดปล่อยปรอทของดินตะกอน พบว่าความเค็มไม่มีผลต่อการดูดซับปรอทของดินตะกอน อาจเกิดมาจากอิทธิพลของสารอินทรีย์มาบดบังอิทธิพลของ Cl^- ที่มีผลต่อการดูดซับของปรอท เพราะในบริเวณนี้มีปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนอยู่มาก จึงมีอิทธิพลเหนือกว่าการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างปรอทกับคลอไรด์ในน้ำทะเล ทั้งนี้เนื่องจากดินที่มีสารอินทรีย์สูง

สารปรอทจะจับตัวกับ N- และ S- containing group ในสารอินทรีย์มากกว่าคลอไรด์ (Spark, 1995 อ้างถึงใน Thongra-ar, 2001) นอกจากนี้ เนื่องจากดินตะกอนในบริเวณนี้มีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำ หรือดินอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจน ปรอทจะไปจับกับซัลไฟด์ในดินตะกอนเกิดเป็นสารปรอทซัลไฟด์ที่ไม่ละลายน้ำและสะสมอยู่ในดินตะกอน สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ อนุภาคดินเหนียวที่มีมากในดินตะกอน ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับสารปรอทไว้บนพื้นผิวของดินตะกอนได้ดี ดังนั้นการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารปรอทกับสารอินทรีย์ ซัลไฟด์ในดินตะกอน และอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอน จึงน่าจะเป็นเหตุผลสำคัญที่จะไปบดบังอิทธิพลของคลอไรด์

4. การปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอน การศึกษาการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนพบว่าสารปรอทถูกปลดปล่อยออกมาน้อยมาก คือน้อยกว่า 3% ของปรอทที่ถูกดูดซับเข้าไป แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาสามารถตรวจวัดสารปรอทที่ถูกปลดปล่อยออกมาที่ทุกระดับความเค็ม และทุก ๆ Desorption Cycle ซึ่งสามารถสรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ดังนี้

4.1 การปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนเปรียบเทียบระหว่างสถานี การศึกษาการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนเปรียบเทียบระหว่างสถานี พบว่า ดินตะกอนจากทั้ง 2 สถานีมีความสามารถในการปลดปล่อยสารปรอทแตกต่างกัน โดยในสถานี 2A มีความสามารถในการปลดปล่อยมากกว่าสถานี 2C อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของดินตะกอนในสถานี 2C ที่มีปริมาณสารอินทรีย์ อนุภาคดินเหนียว และออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสมากกว่า 2A จึงสามารถดูดซับปรอทไว้บนพื้นผิวของอนุภาคดินตะกอนได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang et al. (1991) ที่พบว่าสารปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนที่ทะเลสาบ Buffalo Pound และแม่น้ำ Qu'Appelle เกิดขึ้นมากกว่าที่ทะเลสาบ Kataepwa และทะเลสาบ Pesque เนื่องจากทั้งทะเลสาบ Kataepwa และทะเลสาบ Pesque มีปริมาณออกไซด์ของ Al, Fe และ Mn และปริมาณสารอินทรีย์มากกว่า ซึ่งจะไปขัดขวางการปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอน

4.2 การปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้น การปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอนที่ความเข้มข้น 1 mg/L และ 100 mg/L มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ที่ความเข้มข้น 100 mg/L มีเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยมากกว่าที่ความเข้มข้น 1 mg/L อาจเกิดเนื่องจากที่ความเข้มข้น 100 mg/L มีการสะสมของไอออนของปรอทที่ผิวหน้าของดินตะกอนมากกว่า ฉะนั้น Cl^- ในสารละลายอาจมีอิทธิพลไปดึงเอาปรอทที่ดูดซับอยู่บนพื้นผิวของดินตะกอนออกมามากกว่า

4.3 ศึกษาผลของค่าความเค็มที่มีต่อการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอน ปรอทในดินตะกอนสามารถถูกปลดปล่อยออกมาจากดินตะกอนโดยมีอัตราการปลดปล่อยอย่างช้า ๆ (Jacobs & Keeney, 1974 อ้างถึงใน Wang et al., 1991) และการปลดปล่อยขึ้นอยู่กับสภาวะ

แวดล้อมต่าง ๆ รวมไปถึง Cl^- เนื่องจาก Cl^- มีผลต่อพฤติกรรมของปรอท กล่าวคือ Cl^- มีความสามารถในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของปรอท (Hahne & Koontje, 1973, Sillen & Martel, 1964 อ้างถึงใน Wang et al., 1991) สารปรอทจะถูกปลดปล่อยมากขึ้นเมื่อมี Cl^- ในสารละลายมากขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นจากความสามารถของ Cl^- ที่จะจับกับสารปรอทที่ดูดซับอยู่บนพื้นผิวของดินตะกอน และละลายกลับสู่ Solution Phase นอกจากนี้กระบวนการ Dissolution ของ Fe และ Mn ในดินตะกอน โดยการสร้างสารเชิงซ้อนระหว่าง Fe และ Mn กับ Cl^- เป็นกระบวนการหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอนด้วย

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของความเค็มที่มีต่อการปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอนจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความเค็มมีผลต่อการปลดปล่อยสารปรอทออกจากดินตะกอนคือ การปลดปล่อยสารปรอทจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang, Huang, Liaw & Hammer (1991) ได้ศึกษาผลของ Cl^- ที่มีต่อการดูดซับปรอทของดินตะกอนใน Canadian Prairies โดยเติม Cl^- ที่ความเข้มข้น $0, 10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 2 \times 10^{-2}, 4 \times 10^{-2}, 6 \times 10^{-2}, 8 \times 10^{-2}$ และ 10^{-1} โมลาร์ พบว่าถ้าความเข้มข้นของ Cl^- เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้มีการปลดปล่อยปรอทออกจากดินตะกอนเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการละลายกลับของปรอทที่จับอยู่ในดินตะกอน เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ Cl^- โดย Cl^- จะไปแย่งจับสารปรอทที่จับอยู่กับเหล็กและแมงกานีส

การที่สารปรอทถูกปลดปล่อยออกมาน้อยมาก คือ น้อยกว่า 3% ของปรอทที่ถูกดูดซับเข้าไป จึงเป็นเครื่องยืนยันว่าสารปรอทที่ถูกจับยึดกับดินตะกอนด้วยแรงที่แน่นหนามาก ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากแรงยึดกับพวกสารอินทรีย์ โดยปริมาณสารอินทรีย์ยังมีมาก ก็จะไปด้านการปลดปล่อยสารปรอทออกมามาก การยึดจับกับสารอินทรีย์ดังกล่าวมีผลทำให้ปริมาณสารปรอทที่เข้าสู่สิ่งแวดล้อม และการเคลื่อนย้ายสารปรอทในดินตะกอนลดลง ปริมาณส่วนน้อยมากของสารปรอทที่ปล่อยออกมาหลังถูกดูดซับเข้าไป เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่ากระบวนการดูดซับนั้นไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ เรียกว่าการเกิด Irreversible Sorption ทั้งนี้สารอินทรีย์จัดเป็นองค์ประกอบหลักที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว (Yin et al., 1996)

ความเข้มข้นสูงสุดของปรอทที่ถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ที่มีผลต่อเกณฑ์มาตรฐานในน้ำ ประเมินจากประสิทธิภาพในการดูดซับปรอทโดยดินตะกอน การศึกษาครั้งนี้พบว่าปรอทสามารถถูกดูดซับโดยดินตะกอนร้อยละ 87.9 – 99.9 จากการศึกษาพบว่า การปล่อยน้ำทิ้งออกมาต้องมีค่าไม่เกิน $100 \mu\text{g/L}$ จึงจะทำให้ปรอทในน้ำมีค่าไม่เกินมาตรฐาน $0.10 \mu\text{g/L}$

สรุป

1. คุณภาพน้ำในบริเวณที่ทำการศึกษา ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน และคุณภาพน้ำชายฝั่ง ยกเว้นค่าออกซิเจนละลาย ที่พบว่ามีความต่ำกว่ามาตรฐานในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และหน้านิคมอุตสาหกรรมบางปู
2. ลักษณะดินตะกอนมีปริมาณ %Ignition Loss ค่อนข้างสูง อนุภาคดินตะกอนเป็นเนื้อละเอียด ดินตะกอนอยู่ในสภาพรีดิวซ์
3. สถานีที่ 1 เป็นสถานีเดียวที่พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปรอทที่ผิวหน้าของดินตะกอน
4. ปริมาณสารปรอทตามระยะห่างจากฝั่ง พบว่าที่ระยะห่างจากฝั่งแตกต่างกันพบปริมาณการสะสมของสารปรอทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
5. ปริมาณสารปรอทแต่ละสถานี จากการทดสอบทางสถิติพบว่า สถานีที่ 3 – 5 มีปริมาณการสะสมของสารปรอทมากกว่าสถานีที่ 1 และ 2
6. ปริมาณสารปรอทในดินตะกอนมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับค่าศักย์ไฟฟ้าในดินตะกอน และมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับ %Ignition Loss เหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม
7. ปริมาณสารปรอทที่พบในดินตะกอนที่ทำการศึกษา มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศต่าง ๆ แสดงว่าดินตะกอนในบริเวณนี้ยังมีระดับการปนเปื้อนไม่มากกว่าดินตะกอนปกติทั่วไป
8. จากการศึกษาดูดซับและการปลดปล่อยสารปรอทของดินตะกอน พบว่า ปรอทอินทรีย์ (0.01 – 100 mg/L) ถูกดูดซับโดยดินตะกอน 87.9 – 99.9% เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์และอนุภาคดินเหนียวในดินตะกอน
9. ความเค็มไม่มีผลต่อการดูดซับสารปรอทโดยดินตะกอน แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น การดูดซับจะลดลง การที่ไม่พบว่าความเค็มมีผลต่อการดูดซับ เนื่องมาจากอิทธิพลของสารอินทรีย์ไปบดบังอิทธิพลของคลอไรด์ในมวลน้ำ
10. ความเค็มมีผลต่อการปลดปล่อยสารปรอทโดยดินตะกอน แต่พบว่ากระบวนการปลดปล่อยนั้นเกิดขึ้นน้อยมาก คือน้อยกว่า 3% ที่ดูดซับเข้าไป แสดงว่ากระบวนการดูดซับนั้นไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้