บทที่ 5
อภิปรายผลการทดลอง

ระดับการปนเปื้อนของปรอทที่ได้จากการศึกษา

1. ระดับการปนเปื้อนของปรอทในน้ำทะเล

ระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเลชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ ตำบลนาเกลือ ถึง ตำบลอ่างศิลา ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณผิวน้ำ จากสถานีเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจำนวน 14 สถานี พบทุกสถานีมีค่าอยู่ในช่วง 4.25 - 59.48 นาโนกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.67 $\pm$ 16.32 นาโนกรัมต่อลิตร ซึ่งระดับการปนเปื้อนที่ได้จากการศึกษานี้ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเล ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) พบว่าอยู่ในอยู่ในช่วงมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยสถานีที่ 13 (หาดวอนนภา) มีระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเลสูงที่สุดเมื่อเทียบกับทุกสถานีที่ทำการศึกษา โดยมีค่าเท่ากับ 59.48 นาโนกรัมต่อลิตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าระดับการปนเปื้อนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ กับปริมาณการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเลที่ได้ทำการศึกษาในต่างประเทศ (ตารางที่ 3) พบว่ามีระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ การศึกษาของ Julia (2004) ที่ทำการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเลบริเวณ ชายฝั่งทะเล New Jersey โดยมีระดับการเปื้อนอยู่ในช่วง 10 – 380 นาโนกรัมต่อกรัม

ระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ กรมควบคุมมลพิษ (2543) ที่ศึกษาระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเลหน้านิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง ในช่วงระหว่างปี 2538 - 2539 มีระดับการปนเปื้อนอยู่ในช่วงที่ตรวจไม่พบจนถึง 0.16 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.064 $\pm$0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนของปรอทในน้ำทะเลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ (25.67 $\pm$ 16.32 นาโนกรัมต่อลิตร) โดยมีค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนอยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับการปนเปื้อนในช่วงเดือน มกราคม และช่วงเดือน กรกฎาคม ปี 2539 พบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 $\pm$ 0.04 และ 0.04 $\pm$ 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และพบปริมาณปรอทในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมก่อนปล่อยลงสู่ทะเล ในช่วงเดือน กรกฎาคม ปี 2539 อยู่ในระดับใกล้เคียงกับ สถานีที่ 6 (ปากท่อน้ำทิ้งชุมชนแหลมฉบัง) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงที่ใช้ในการเปรียบเทียบ มีค่าเท่ากับ 0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร แสดงถึงกิจกรรมจากอุตสาหกรรมในพื้นที่ อาจมีความสัมพันธ์กับระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ศุภวัฒน์ กาญจน์อติเรกลาภ (2547) ทำการศึกษาปริมาณปรอทในน้ำทะเลบริเวณแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลห่างจากฝั่ง 2500 เมตร ที่ระดับความลึก 1 เมตร พบว่าที่สถานีหน้านิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง ในเดือนตุลาคม และเดือนเมษายน ปี 2547 มีปริมาณปรอทในน้ำทะเล อยู่ในช่วง 3.4 – 13.20 และ 9.3 – 24.7 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าปริมาณปรอทที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณ สถานีที่ 5 (สะพานปลาบ้านแหลมฉบัง) และสถานีที่ 6 (ปากท่อน้ำทิ้งชุมชนแหลมฉบัง) ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้เคียง มีปริมาณปรอทในน้ำทะเลอยู่ในช่วง 41.47 - 44.19 และ 19.55 - 26.61 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ความแตกต่างของปริมาณปรอทในน้ำทะเลการศึกษาจากทั้งสองนี้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างในเรื่องระดับความลึกในการเก็บตัวอย่าง โดยปรอทในน้ำทะเลจะพบมากที่สุดบริเวณผิวน้ำ (surface layer) แต่เมื่อระดับความลึกต่ำลง จะพบปริมาณปรอทในอัตราที่ลดลง (Susuki & Sugimura, 1985) และระยะห่างจากชายฝั่ง ที่ส่งผลต่อปริมาณปรอทในน้ำทะเล สอดคล้องกับการผลการศึกษาของ (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) ซึ่งพบว่าปริมาณปรอท ในน้ำทะเล บริเวณเขตชายฝั่งทะเลในระยะห่างจากฝั่ง 100 เมตร มีปริมาณสูง เมื่อเปรียบเทียบกับ ปริมาณปรอทในน้ำทะเลเขตชายฝั่งทะเล ระยะห่างจากฝั่ง 2500 เมตร โดยมีปริมาณปรอทในน้ำทะเล อยู่ในช่วง <0.01 – 0.3 และ <0.01 - 0.09 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2. ระดับการปนเปื้อนของปรอทในดินตะกอน

ระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอน ชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ ตำบลนาเกลือ ถึง ตำบลอ่างศิลา ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณผิวหน้าดินตะกอน จากสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 14 สถานี พบระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอน ในทุกสถานีมีค่าอยู่ในช่วง 9.29 - 144.24 นาโนต่อกรัม น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.37 $\pm$47.48 นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง โดยสถานีที่มีระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอนสูงที่สุดคือ สถานีที่ 4 (ปากคลองบางละมุง) มีระดับการปนเปื้อนเท่ากับ 144.24 $\pm$22.83 นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และระดับการปนเปื้อนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ อยู่ในระดับที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนในประเทศต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 23

เมื่อเปรียบเทียบค่าระดับการปนเปื้อนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ กับปริมาณการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอนที่ได้ทำการศึกษาในต่างประเทศ (ตารางที่ 5) พบว่ามีระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับทุกการศึกษาที่อ้างถึง โดยการศึกษาของ Ram et al. (2004) ที่ทำการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอนบริเวณ ปากแม่น้ำ Ulhas มีระดับการเปื้อนปรอทในดินตะกอนอยู่ในช่วง 10 – 380 นาโนกรัมต่อกรัม ซึ่งสูงกว่าทุกการศึกษาที่อ้างถึง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอนที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาของ กรมควบคุมมลพิษ (2543) ปริมาณการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลหน้านิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง และนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุต ในช่วงปี 2538 – 2541 ซึ่งเป็นบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทำการศึกษา พบระดับการปนเปื้อนในการศึกษาครั้งนี้มีระดับสูงกว่าระดับการปนเปื้อนเปื้อนปรอทในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลหน้านิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง มีค่าอยู่ในช่วง <0.005 - 0.03 ไมโครกรัมต่อกรัม แต่อยู่ในระดับใกล้เคียงเมื่อเปรียบเทียบระดับการปนเปื้อนเปื้อนปรอทในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลหน้านิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุต โดยมีค่าอยู่ในช่วง <0.005 – 0.13 ไมโครกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 23 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนในประเทศต่าง ๆ (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

มาตรฐานคุณภาพดินตะกอน	ค่ามาตรฐาน (µg/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 ค่าความเข้มข้นที่อาจเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

3 ค่าความเข้มข้นที่สามารถขุดลอกดินตะกอนได้

4 ค่าความเข้มข้นที่สามารถขุดลอกดินตะกอนได้ โดยไม่ต้องผ่านการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

แววตา ทองระอา (2547) ทำการศึกษาปริมาณปรอทในดินตะกอนบริเวณหน้านิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุต ใน เดือน มีนาคม และตุลาคม ปี 2543 พบว่าปริมาณปรอทในดินตะกอนในช่วงเดือน มีนาคม มีระดับใกล้เคียงกับระดับปรอทในดินตะกอน ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.006 – 0.13 ไมโครกรัมต่อกรัม

ปิยะรัตน์ อุตสาห์พานิช (2548) ทำการศึกษาปริมาณปรอทในดินตะกอนบริเวณพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ระยะห่างจากฝั่ง 2, 3 และ 4 กิโลเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหรรม ลงสู่ชายฝั่งทะเล พบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนอยู่ในระดับใกล้เคียงกับผลการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอนอยู่ในช่วง 0.019 - 0.149 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ทัศวรรณ ขาวสีจาน (2548) ได้ทำการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอนบริเวณอำเภออ่างศิลาจังหวัดชลบุรี โดยทำการเก็บแบบแขวน และแบบหลัก ช่วงเดือน มกราคม พฤษภาคม และตุลาคม ปี 2547 ปริมาณปรอทที่ได้จากการศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีปริมาณปรอทในหอยนางรม แบบแขวน และแบบหลัก เท่ากับ 0.019 – 0.38 และ 0.02 – 0.34 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

3 ระดับการปนเปื้อนของปรอทในสิ่งมีชีวิต

ระดับการปนเปื้อนปรอทในสิ่งมีชีวิต (หอยแมลงภู่ และแม่เพรียง) บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ ตำบลนาเกลือ ถึง ตำบลอ่างศิลา พบระดับการปนเปื้อนปรอทในหอยแมลงภู่และแม่เพรียง ในทุกสถานีมีค่าอยู่ในช่วง 2.85 - 4.82 และ 17.12 - 54.18 นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ ระดับการปนเปื้อนของปรอทในสิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดจากการศึกษาครั้งนี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งกำหนดความเข้มข้นของปริมาณปรอทในอาหารให้มีค่าไม่เกิน 0.5 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก หรือประมาณ 1.25 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง โดยคำนวณจากเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของสัตว์น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

ระดับการปนเปื้อนปรอทในหอยแมลงภู่ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ มีปริมาณการปนเปื้อนปรอทที่แตกต่าง กับการศึกษาระดับการปนเปื้อนของหอยแมลงภู่ในบริเวณใกล้เคียง ของกรมควบคุมมลพิษ (2547) ที่ทำการศึกษาในบริเวณพื้นที่ อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุต และชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการ พบระดับการปนเปื้อนของปรอทเท่ากับ 0.017, 0.007 - 0.009 และ 0.005 - 0.008 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

ทัศวรรณ ขาวสีจาน (2548) ได้ทำการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนปรอทในหอยนางรม บริเวณ อำเภออ่างศิลาจังหวัดชลบุรี โดยทำการเก็บแบบแขวน และแบบหลัก ช่วงเดือน มกราคม พฤษภาคม และตุลาคม ปี 2547 พบปริมาณปรอทที่ได้จากการศึกษาอยู่ในระดับใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีปริมาณปรอทในหอยนางรม แบบแขวน และแบบหลัก เท่ากับ 0.003 – 0.004 และ 0.004- 0.005 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ

ดาราวดี ใจคุ้มเก่า (2545) ทำการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนปรอทในหอยแมลงภู่ โดยทำการเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ จากบริเวณอ่าวไทย และอันดามัน ผลที่ได้จากการศึกษาพบปริมาณปรอทที่ตรวจพบ มีค่าสูงกว่าปริมาณปรอทที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.238 – 0.066 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การจัดระดับการปนเปื้อนตามกลุ่มกิจกรรม

การศึกษาการปนเปื้อนปรอทในสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลตั้งแต่ ตำบลนาเกลือ ถึง ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี จำนวน 14 สถานี โดยได้มีการจัดสถานีออกเป็นกลุ่มกิจกรรม ตามลักษณะกิจกรรมที่มีอยู่ในบริเวณแต่ละพื้นที่ออกเป็น 4 กลุ่มกิจกรรม เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการปนเปื้อนปรอทในสิ่งแวดล้อม กับกิจกรรมในแต่ละพื้นที่

ผลจากการทดสอบความแปรปรวน ของระดับการปนเปื้อนปรอทในแต่ละกลุ่มกิจกรรม ระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล พบค่าเฉลี่ยระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเลของกลุ่มกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่แตกต่างจากกลุ่มกิจกรรมที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญ และเนื่องจากกลุ่มกิจกรรมที่ 4 มีจำนวนสถานีภายในกลุ่มเพียงสถานีเดียว และมีระดับการปนเปื้อนสูง ส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล ซึ่งเป็นเหตุผลให้กลุ่มกิจกรรมที่ 4 มีความแตกต่างจากกลุ่มกิจกรรม ที่ 1 - 3

ระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอน เมื่อทำการศึกษาทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างของระดับการปนเปื้อนปรอทในแต่ละกลุ่มกิจกรรม ชัดเจนกว่าการปนเปื้อนของปรอทในน้ำทะเล ดังแสดงใน ตารางที่ 18 พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอน ในแต่ละกลุ่มกิจกรรม มีระยะห่างของช่วงข้อมูลมากกว่าค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล แต่เมื่อศึกษาความแปรปรวนของระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล และดินตะกอน พบว่าระหว่างสถานีภายในกลุ่มกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ ($p<0.01$) แม้ว่าระหว่างสถานีภายในแต่ละกลุ่มกิจกรรม มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงก็ตาม

และเมื่อทำการวิเคราะห์ระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล และดินตะกอน แบบไม่แบ่งกลุ่มกิจกรรม โดยใช้วิธี Duncan New Multiple Test (DMRT) พบว่า ระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล สามารถจัดกลุ่มของระดับการปนเปื้อนปรอทในแต่ละสถานีออกเป็น 5 กลุ่มข้อมูล ซึ่งแต่ละสถานีมีความแตกต่างของกลุ่มกิจกรรม ระดับการปนเปื้อนปรอทในแต่ละกลุ่มข้อมูล พบว่ามีระดับปรอทปนเปื้อนในน้ำทะเลสูงที่สุด ในกลุ่มข้อมูลที่ 5 ซึ่งกลุ่มข้อมูลดังกล่าวมีสถานีที่มีระดับปรอทปนเปื้อนในน้ำทะเล สูงสุด สองสถานีคือ สถานี 9 (ปากท่อน้ำทิ้งชุมชนศรีราชา) และสถานี 13 (หาดวอนนภา) ซึ่งมีระดับการปนเปื้อนเท่ากับ 56.24 และ 59.48 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนผลการศึกษาระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอน สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลได้ออกเป็น 9 กลุ่มข้อมูล พบสถานีภายในแต่ละกลุ่มข้อมูลมีความแตกต่างของกลุ่มกิจกรรม กลุ่มข้อมูลที่มีระดับการปนเปื้อนปรอทในดินตะกอนสูงที่สุด คือกลุ่มข้อมูล ที่ 9 ซึ่งกลุ่มข้อมูลดังกล่าวมีสถานีที่มีระดับปรอทปนเปื้อนดินตะกอนสูงสุด สองสถานีคือ สถานี 4 (ปากคลอง

บางละมุง) เป็นสถานีที่มีการปนเปื้อนสูงสุดเมื่อเทียบกับทุกสถานี และสถานี 9 (ปากท่อน้ำทิ้งชุมชนศรีราชา) มีระดับการปนเปื้อนเท่ากับ 144.24 และ 139.66 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

จากผลการศึกษาระดับการปนเปื้อนปรอทใน น้ำทะเล และดินตะกอนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้แบ่งเป็นกลุ่มข้อมูล พบว่ากิจกรรมของแต่ละสถานีมีความแตกต่างกัน ซึ่งนำมาอธิบายว่ากลุ่มกิจกรรมอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเลและดินตะกอน

ความสัมพันธ์ของระดับการปนเปื้อนของปรอทในน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐาน (Principle Component Analysis - PCA) โดยใช้องค์ประกอบข้อมูลของการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล ดินตะกอน หอยแมลงภู่ แม่เพรียง ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน (Ignition Loss) และขนาดอนุภาคดินตะกอน (Median Grain Size) เพื่อหาตัวแทนขององค์ประกอบที่เป็นปัจจัยสูงสุดในการปนเปื้อนของปรอท พบว่าความแปรปรวนของ ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนเป็นปัจจัยสูงสุดในการปนเปื้อนของปรอท คือ 73.291% ของความแปรปรวนทั้งหมด โดยเป็นที่ยอมรับว่าถ้าองค์ประกอบที่ใช้อธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับ 70 - 75% ถือเป็นตัวแทนที่ดีในการอธิบายปัจจัยหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ (Clarke & Wareick, 1994 อ้างถึงใน วิภูษิต มัณฑะจิตร, 2548)

โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล ยังถูกควบคุมโดยกระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การดูดซับ (Adsorption) และการปลดปล่อย (Desorption) ซึ่งทั้งสองกระบวนการดังกล่าวมีบทบาทที่สำคัญมากต่อการแพร่กระจาย และการเคลื่อนย้ายกลับไปกลับมา (Remobilization) ของปรอทในน้ำ และดินตะกอน ซึ่งทั้งสองกระบวนการยังมีอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ มาเกี่ยวข้องด้วย เช่น การเปลี่ยนแปลงความเค็ม ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การมีออกซิเจน หรือไร้ออกซิเจน (Redox Potential; Eh) ปริมาณสารอินทรีย์ และ Chelating Agents บางชนิด เป็นต้น (แววตา ทองระอา, 2547)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต

ปริมาณปรอทในน้ำทะเลจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณปรอทในดินตะกอนในแต่ละสถานี ดังแสดงใน ภาพที่ 33 ในสถานีที่มีปริมาณปรอทในน้ำสูง พบว่าลักษณะน้ำทะเลมีสารแขวนลอยอยู่อย่างหนาแน่น (ภาคผนวก ค) และดินตะกอนมีปริมาณ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

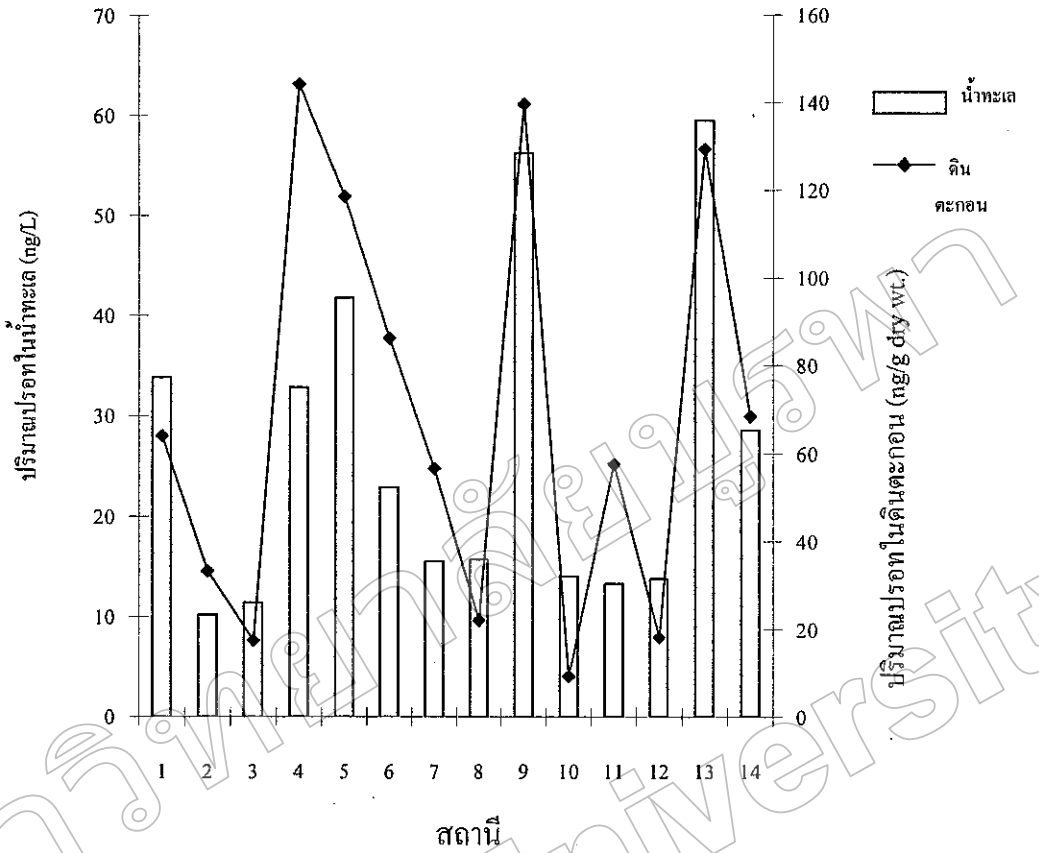
สารอินทรีย์ในระดับสูงกว่า > 4 % เช่น สถานี 13 (หาดวอนนภา) ที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงที่สุด เมื่อเทียบกับทุกสถานี และรองลงมาคือ สถานี 9 (ปากท่อน้ำทิ้งชุมชนศรีราชา)

ความสัมพันธ์ ระหว่าง สารแขวนลอยในน้ำ และสารอินทรีย์ในดินตะกอนมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากโลหะหนักสามารถจับตัวกับสารอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved Organic Matter) กลายเป็นสาร โมเลกุลเชิงซ้อน (Complex Molecule) ถูกดูดซับได้โดยพื้นผิวของสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของอนุภาค (Particulate Organic Material) และอนุภาคตะกอนดิน (Clay Particle) เมื่อโลหะถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำในสภาวะที่เหมาะสม มักจะเปลี่ยนรูปจากสารละลายเป็นสารแขวนลอย และตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ และฝังตัวในดินตะกอน ดังนั้นในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์อยู่สูงก็มักจะพบโลหะหนักสะสมอยู่ด้วย (Salomons & Frstner, 1984 อ้างถึงใน สุวรรณา ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่, 2542)

Laurence (2000) ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนปรอทในแหล่งน้ำบริเวณปากแม่น้ำ Maderia พบระดับของปรอทที่จับอยู่กับสารแขวนลอยที่เป็นอินทรียวัตถุในน้ำ ที่ระดับ 5 - 43 นาโนกรัมต่อลิตร มีค่าสูงกว่าปริมาณปรอทที่ละลายอยู่ในน้ำที่ระดับ 1.8 - 3.8 นาโนกรัมต่อลิตร

แววตา ทองระอา (2547) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำในรูปของ Fluorescence Intensity Unit พบสารอินทรีย์ในรูปของ Humic Acid ในน้ำทิ้งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุต มีความสัมพันธ์เป็นไปในเชิงบวก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ ($p<0.01$) แสดงให้เห็นว่าน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์ในรูปของ Humic Acid สูงก็จะพบปริมาณปรอทในน้ำสูงตามไปด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 33 เปรียบเทียบระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเลและดินตะกอนในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณปรอทในดินตะกอนมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับขนาดอนุภาคดินตะกอน อิทธิพลของขนาดอนุภาคดินตะกอน (Grain Size Effect) กับปริมาณโลหะในดินตะกอนที่มีขนาดเล็ก (ตะกอนขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร เช่นดินเหนียว สารอินทรีย์ ควอร์ซขนาดเล็ก) จะมีคุณสมบัติเป็นประจุไฟฟ้า คุณสมบัตินี้มีความสำคัญในการรวมตัวระหว่างอนุภาคดินตะกอนกับโลหะหนักด้วยแรงโคฮีชั่น (Cohesion) ในธรรมชาติ การยึดเกาะของโลหะกับตะกอนขนาดเล็ก โลหะมักปรากฏในลักษณะของไอออนบวก (Cation) และจะถูกดูดซับโดยไอออนลบ (Anion) ที่อยู่บนพื้นผิวของตะกอนขนาดเล็ก เช่น ดินเหนียว ในขณะที่ตะกอนขนาดเล็กมีความสามารถในการสะสมโลหะสูง แต่ตะกอนขนาดใหญ่ (ตะกอนที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 50 ไมโครเมตร ประกอบไปด้วย ควอร์ซ และเฟลสปาร์ เป็นส่วนใหญ่) จะสะสมโลหะได้น้อย ทำให้ค่าอัตราส่วนโลหะต่อน้ำหนักตะกอนลดลง (วรรณา โกศัลวิตร, 2541)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Ram et al. (2003) ทำการศึกษาการสะสมปรอทในดินตะกอน บริเวณปากแม่น้ำ Ulhas พบว่าการสะสมปรอทในดินตะกอน มีความสัมพันธ์กับปริมาณอลูมิเนียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอนุภาคดินเหนียวทุกประเภท แสดงว่าในดินตะกอนที่มีปริมาณดินเหนียวมากจะพบปริมาณปรอทในดินตะกอนสูงตามไปด้วย

วรรณา โกศัลวิตร (2541) พบปริมาณดินโคลน และดินเหนียว บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบ ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน มีความสัมพันธ์กับ ขนาดอนุภาคดินตะกอนที่มีขนาดลดลง แสดงถึงการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ อาจเป็นปัจจัยที่เปลี่ยนลักษณะสภาพดินตะกอนในบริเวณชายฝั่งทะเล

บุศราวัลย์ จงใจ (2546) ได้ทำการศึกษาสภาพดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี พบว่า หาดบางแสน - วอนนภา บางพระ - ศรีราชา แหลมฉบัง และพัทยา สภาพชายหาดมีสภาพเสื่อมโทรม โดยสภาพจากหาดทรายเปลี่ยนเป็นหาดโคลน ปริมาณสารอินทรีย์ที่ตรวจพบมีค่าอยู่ในช่วง 5 - 14 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะหาดบางแสน - วอนนภา พบปริมาณสารอินทรีย์สูงที่สุด สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพบริเวณชายหาด มาจากการทับถมของสารอินทรีย์ที่ถูกปลดปล่อยจาก การขยายตัวของชุมชน แหล่งท่องเที่ยวบริเวณชายฝั่ง การก่อสร้างท่าเทียบเรือบริเวณแหลมฉบัง และถนนเชื่อมต่อเกาะลอยกับแผ่นดินใน อำเภอศรีราชา ซึ่งไปขัดขวางมวลน้ำ ทำให้การแลกเปลี่ยนมวลน้ำกับทะเลภายนอกมีจำกัด

ในสถานีที่ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์สูง จะพบลักษณะดินมีสีดำ และกลิ่นเหม็น การเกิด ซัลเฟอร์ (S) เป็นปัจจัยหนึ่งในการเพิ่มปริมาณปรอทในน้ำทะเล และดินตะกอน ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์มากเมื่อถูกฝังลงบนพื้นดินตะกอนจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลาย ในสภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอโดยแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เมื่อออกซิเจนหมดไป แบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์แทนที่ แบคทีเรียที่มีความสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์คือแบคทีเรียที่ใช้ซัลเฟอร์เป็นตัวรับอิเล็คตรอน (Sulfate Reducing Bacteria) ซัลเฟอร์จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นซัลไฟด์ (Jorgensen, 1982 อ้างถึงใน สุวรรณา ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่, 2543) และซัลไฟด์มีความสามารถจับกับโลหะได้เกือบทุกชนิดเป็นโลหะซัลไฟด์ ดังนั้นในดินตะกอนที่มีซัลไฟด์มาก จึงมีสัมพันธ์กับปริมาณปรอทในน้ำทะเล และดินตะกอน

ปิยะรัตน์ อุตสาห์พานิช (2548) พบว่าตัวอย่างดินตะกอนเก็บจากบริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปู ทั้ง 5 สถานี เป็นดินตะกอนที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงที่ผิวดินตะกอนและลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น ในสถานีที่ 3 - 5 ดินตะกอนจะอยู่ในสภาวะรีดิวซ์ มากกว่าในสถานีที่ 1 และ 2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ซึ่งอยู่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจน ในสภาวะดังกล่าวแบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เป็นซัลเฟอร์ออกมา ซึ่งสามารถจับกับสารปรอทในมวลน้ำเกิดเป็น HgS ที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ และตกตะกอนสะสมอยู่ในดินตะกอน

Jacek (2003) พบว่า ซัลไฟด์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณปรอทในดินตะกอนบริเวณก้นทะเล Baltic ซึ่งซัลไฟด์มีความสามารถจับกับปรอทบริเวณผิวหน้าดินตะกอนได้ถึง 47 เปอร์เซ็นต์ ผู้ทำการศึกษาอธิบายว่าบริเวณพื้นผิวดินตะกอนที่มีซัลไฟด์อยู่ จะเพิ่มความสามารถในการดูดซับปรอทในดินตะกอน

ระดับการปนเปื้อนปรอทในสิ่งมีชีวิต สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนปรอทในสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลได้อย่างชัดเจน (Devineau & Amiard - Triquet, 1985; Rainbow, 1985; Riisgard & Famme, 1986; Hanson & Hoss, 1986 อ้างถึงใน ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ, 2542) ผู้ทำการศึกษาได้อธิบายว่า สัตว์ทะเลสามารถควบคุมโลหะหนักบางชนิดที่จำเป็นในร่างกาย (Essential Element)ให้อยู่ในระดับหนึ่งได้ คือ ทองแดง และสังกะสี ถึงแม้ความเข้มข้นของทองแดงและสังกะสี จะมีค่าสูงเนื่องจากเป็นโลหะหนักที่ร่างกายใช้ในการเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมี แต่ปรอทเป็นโลหะหนักที่ไม่มีความจำเป็นต่อร่างกาย (Non Essential Element) ร่างกายจึงไม่สามารถควบคุมปริมาณได้เหมือนทองแดง และสังกะสี ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของปรอทในน้ำทะเล และดินตะกอน ในช่วงเวลาที่สัตว์ทะเลนั้นอาศัยอยู่

จากลักษณะการดำรงชีวิตของ หอยแมลงภู่ ที่มีการดำรงชีวิตแบบเกาะอาศัยอยู่กับที่ไม่เคลื่อนย้าย และมีการกินอาหารแบบกรอง (Filter Feeder) โดยกรองเอาสิ่งต่าง ๆ ที่แขวนลอยจากน้ำบริเวณรอบตัวเข้าสู่ร่างกาย จึงได้รับโลหะปรอทจากสิ่งแวดล้อมเข้าไปสะสมในร่างกาย สอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในหอยแมลงภู่ ดินตะกอน และน้ำทะเล พบว่ามีความสัมพันธ์ไปในเชิงบวก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ แสดงถึง การเพิ่มระดับการปนเปื้อนปรอทในหอยแมลงภู่บริเวณชายฝั่งทะเลที่ทำการศึกษา แปรผันตามปริมาณปรอทในดินตะกอน และน้ำทะเล

แม่เพรียงที่เป็นสัตว์หน้าดินอาศัยอยู่ในพื้นดินบริเวณชายฝั่งทะเล (Infauna) จัดอยู่ในไฟลัม Annelida (Polychaeta, ไส้เดือนทะเล) เป็นสัตว์หน้าดินที่กินอินทรีย์สารเป็นอาหาร (Deposit Feeder) รวมทั้งแบคทีเรียที่อยู่ในดินตะกอนด้วย โดยเมื่อกินกรวดทรายเข้าไปในตัวจะดูดซึมอินทรีย์สารไว้ และขับถ่ายกรวดทรายออกมาในรูปของอุจจาระ (กุลธาร ศรีจันทพงศ์, 2545) จากลักษณะการกินอาหารของแม่เพรียง ที่ได้รับการสะสมปรอทเข้าสู่ร่างกายได้โดยตรงจากการกินสารอินทรีย์ที่จับกับปรอทในดินตะกอน ทำให้ปริมาณปรอทที่ตรวจพบมีระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณปรอทในหอยแมลงภู่ และสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ (Indicator) แนวโน้มของระดับ

การปนเปื้อนปรอทในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณปรอทในแม่เพรียงที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณปรอทในดินตะกอน และปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน ไปในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ และ $p < 0.05$ ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์กับขนาดอนุภาคดินตะกอนไปในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ แสดงถึงการเพิ่มปริมาณการปนเปื้อนปรอทในแม่เพรียงบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา ขึ้นอยู่กับปริมาณปรอทในดินตะกอน ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน และขนาดอนุภาคดินตะกอนที่มีขนาดลดลง

สรุปผลการทดลอง

1. ระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต ที่ได้จากการศึกษาไม่เกินค่าระดับมาตรฐานการปนเปื้อนปรอท ที่ได้กำหนดไว้ในประเทศไทย

2. กลุ่มกิจกรรมไม่มีอิทธิพลต่อระดับการปนเปื้อนปรอท ในน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต ในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา

3. ระดับการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

4. ปริมาณสารอินทรีย์เป็นปัจจัยหลักในการปนเปื้อนของปรอทในน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาคุณภาพน้ำ ในบริเวณพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ ความเป็น กรด - ด่าง ความเค็ม ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ ตะกอนแขวนลอย เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ มาใช้ประกอบในการอธิบายผลการทดลองเพิ่มเติม

2. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบการปนเปื้อนปรอทในน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต ในฤดูร้อน และฤดูฝน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University