

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การแพร่กระจายและการสะสมของปริมาณโลหะหนักบางชนิด
บริเวณชุมชนชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก
*Distribution and Accumulation of Selected Heavy Metals
in the Urban Areas of the Eastern Coast of Thailand*

อรุณี เทอดเทพพิทักษ์

26 ส.ค. 2552 BK 0030989
249174

เริ่มบริการ
131 ส.ค. 2552

พศ. 2536

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินปี 2535 ข้าพเจ้าขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ชูลีพร พุฒนวด อาจารย์วรรณภา บุณวานิช และนิสิตเอกเคมีปี 4 ที่มีส่วนช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง ขอขอบคุณนิสิตที่มีส่วนช่วยในการวิเคราะห์ตัวอย่างดังรายชื่อต่อไปนี้ นายวิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ นายณรงค์ฤทธิ์ จงกลวดี นส. ปวีณา กสิกิจวิวัฒน์ นส. รัตนาภรณ์ คู่สุวรรณกุล นส. อัญชนา งาเจือ นส. รัตนา ศรีตระกูลชัย และนส. ทรายแก้ว สุนทรวิบูลย์

อรุณี เทอดเทพพิทักษ์

พฤศจิกายน 2536

การแพร่กระจายและการสะสมของปริมาณโลหะหนักบางชนิด

บริเวณชุมชนชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

บทคัดย่อ

ผลการศึกษาการแพร่กระจายและการสะสมของปริมาณโลหะหนักบางชนิด บริเวณชุมชนชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลและดินตะกอน ห่างจากชายฝั่งทะเลประมาณ 1 กิโลเมตร ตั้งแต่เมืองชลบุรีถึงพัทยา รวม 8 สถานี ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม พศ. 2535 คุณภาพน้ำทะเลโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (สวล) โดยค่าอุณหภูมิ 25.9 - 29.9 °C พีเอช 7.9 - 8.2 ออกซิเจนละลายน้ำ 4.24 - 6.06 mg/L ความเค็ม 30.3 - 35.4 ppt และความโปร่งใส 2.5 - 3.2 m

ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างน้ำทะเลและดินตะกอนที่เก็บในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม โดยวิธี Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry และหาความเข้มข้นโดยวิธี standard addition ค่าพิสัยของปริมาณโลหะสังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว คอปเปอร์ และปรอท ในตัวอย่างน้ำทะเล เท่ากับ ไม่พบ - 510, ไม่พบ - 7.44 , ไม่พบ - 51.43, ไม่พบ - 22.67 และ .0042 - 5.9524 $\mu\text{g} / \text{L}$ ตามลำดับ โดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสวล ยกเว้นโลหะปรอทที่สถานีหน้าอำเภอเมืองชลบุรี และสังกะสีที่สถานีเกาะลอยศรีราชาและท่าเรือน้ำลึกแหลมฉบัง ค่าพิสัยของปริมาณโลหะสังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว คอปเปอร์ และปรอท ในดินตะกอน เท่ากับ 6.53 - 243.62 , nd - 0.27, 1.82 - 29.45 , 0.72 - 33.41 และ $.07 \times 10^{-3} - 2.11 \times 10^{-3} \mu\text{g} / \text{g dry wt.}$ ตามลำดับ และแนวโน้มโลหะสังกะสีจะเพิ่มขึ้น ความสามารถในการสะสมโลหะหนักในดินตะกอนเทียบกับน้ำทะเล พบว่า ตะกั่วสูงสุด รองลงมาคือ ทองแดง สังกะสี แคดเมียมและปรอทตามลำดับ ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนอยู่ในช่วง 1.17 - 12.08 % ซึ่งจะพบมากในดินตะกอนที่มีลักษณะเป็นดินโคลนบริเวณหน้าอำเภอเมืองชลบุรี อ่างศิลาและบริเวณหาดบางแสน

ปริมาณปรอทในหอยนางรมจากอ่างศิลา แหลมแท่น และศรีราชา เท่ากับ 0.189 - 1.784 $\mu\text{g}/\text{kg wet wt.}$ และในหอยแมลงภู่ .365 - .791 $\mu\text{g}/\text{kg wet wt.}$ แนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อน ๆ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	
	1.1 คำนำ	1
	1.2 เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2	วิธีดำเนินการทดลอง	
	2.1 สถานที่และระยะเวลาเก็บตัวอย่าง	10
	2.2 วิธีเก็บตัวอย่าง	10
	2.2.1 ตัวอย่างน้ำทะเล	12
	2.2.2 ตัวอย่างดินตะกอน	12
	2.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเล	12
	2.4 การวิเคราะห์โลหะหนัก Zn, Cd, Pb และ Cu	13
	2.4.1 การเตรียมตัวอย่าง	13
	2.4.1.1 ตัวอย่างน้ำทะเล	13
	2.4.1.2 ตัวอย่างดินตะกอน	13
	2.4.2 การตรวจวิเคราะห์ Zn, Cd, Pb และ Cu	14
	2.4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์	15
	2.5 การวิเคราะห์ปรอท	16
	2.5.1 การเตรียมตัวอย่าง	16
	2.5.1.1 ตัวอย่างน้ำทะเล	16
	2.5.1.2 ตัวอย่างดินตะกอน	16
	2.5.1.3 ตัวอย่างหอย	16
	2.5.1.2 ตัวอย่างดินตะกอน	17
	2.5.2 วิธีตรวจวิเคราะห์ปรอท	17
	2.6 การวิเคราะห์สารอินทรีย์	18

บทที่		หน้า
3	ผลการทดลอง	
	3.1 คุณภาพน้ำทะเล	19
	3.2 ความเข้มข้นของโลหะในน้ำทะเลและดินตะกอน	24
	3.3 ความเข้มข้นของโลหะในสัตว์ทะเล	24
	3.4 ปริมาณสารอินทรีย์	24
4	สรุปและอภิปรายผล	35
	บรรณานุกรม	42

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	คุณภาพน้ำทะเลด้านกายภาพและเคมี บริเวณชายฝั่งทะเล ตะวันออกของอ่าวไทย	6
1.2	ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล (ppb)บริเวณอ่าวไทยตอนบน และชายฝั่งทะเลตะวันออก	7
1.3	ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน (ppm) บริเวณอ่าวไทยตอน บนและชายฝั่งทะเลตะวันออก	8
3.1-3.4	คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทะเลตะวันออกของแต่ละสถานี บริเวณ เมืองชลบุรีถึงพัทยา	19 - 22
3.5	คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทะเลตะวันออก บริเวณเมืองชลบุรี ถึงพัทยาเฉลี่ยของแต่ละเดือน	22
3.6	ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณเมืองชลบุรีถึง พัทยาระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พศ. 2535	25
3.7	ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างดินตะกอนบริเวณเมืองชลบุรีถึง พัทยาระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พศ. 2535	26
3.8	ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณเมืองชลบุรี ถึงพัทยาระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พศ. 2535(แยก ตามสถานี)	27
3.9	ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในตัวอย่างดินตะกอนบริเวณเมืองชล บุรีถึงพัทยาระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พศ. 2535 (แยกตามสถานี)	27

ตาราง		หน้า
3.10	ปริมาณปรอทในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ที่ได้จากอ่างศิลา แหลมแท่นและศรีราชา	32
3.11	ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างดินตะกอนบริเวณเมืองชลบุรี ถึงพัทยาของแต่ละสถานีระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2535	34
4.1	ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล (ppb)	37
4.2	ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน (ppm)	38
4.3	Concentration Factor ของโลหะหนักในดินตะกอน	39

บัญชีรูป

รูปที่		หน้า
2.1	สถานีเก็บตัวอย่างน้ำทะเลและดินตะกอน บริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา	11
3.1	การเปลี่ยนแปลงค่า อุณหภูมิ pH ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ และความโปร่งใสของน้ำทะเลบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2535	23
3.2	การกระจายของปริมาณโลหะหนัก Zn, Cd, Pb, Cu และ Hg ในน้ำทะเลแยกตามสถานีบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา ระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม 2535	28
3.3	การกระจายของปริมาณโลหะหนัก Zn, Cd, Pb, Cu และ Hg ในดินตะกอนแยกตามสถานีบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา ระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม 2535	29
3.4	ปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนัก Zn, Cd, Pb, Cu และ Hg ในน้ำทะเล บริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา ของเดือนเมษายน มิถุนายน และสิงหาคม 2535	30
3.5	ปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนัก Zn, Cd, Pb, Cu และ Hg ในดินตะกอน บริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยาของ เดือนเมษายน มิถุนายน และสิงหาคม 2535	31
3.6	เปรียบเทียบปริมาณปรอทในหอยแมลงภู่จากอ่างศิลาและศรีราชา ของเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์	33
3.7	เปรียบเทียบปริมาณปรอทในหอยนางรมจากอ่างศิลา แหลมแท่นและศรีราชาของเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์	33
3.8	ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างดินตะกอนบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา ของแต่ละสถานี ระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2535	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

นโยบายการพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก(เอกสารเผยแพร่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2531) ได้เริ่มมาตั้งแต่ ปี พ.ศ 2524 โดยกำหนดแนวทางการพัฒนาพื้นที่แถบนี้ให้เป็นศูนย์กลางความเจริญแห่งใหม่เพื่อสนับสนุนการกระจายกิจกรรมทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมไปสู่ส่วนภูมิภาคอย่างเป็นระบบเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมหลักและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ อย่างสมบูรณ์ มีเป้าหมายที่จะให้ชายฝั่งทะเลตะวันออกเป็นประตูทางออกให้กับภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการส่งสินค้าออกไปจำหน่ายในต่างประเทศ โดยไม่ต้องผ่านกรุงเทพมหานคร เป็นการลดความแออัดของกรุงเทพมหานคร โดยกำหนดการแบ่งเขตพัฒนาออกเป็น 2 เขต (1) พื้นที่บริเวณมาบตาพุดจังหวัดระยอง กำหนดให้เป็นเมืองอุตสาหกรรมทันสมัย และเป็นแหล่งที่ตั้งของอุตสาหกรรมที่สำคัญ คือ โรงแยกก๊าซ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมปุ๋ยเคมี เป็นต้น (2) พื้นที่บริเวณแหลมฉบัง กำหนดให้เป็นแหล่งที่ตั้งท่าเรือพาณิชย์ และอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมที่ไม่มีปัญหาด้านมลพิษ

บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกจึงนับเป็นพื้นที่สำคัญในแถบภาคตะวันออกของประเทศ โดยเฉพาะจังหวัดชลบุรี เป็นแหล่งชุมชน แหล่งท่องเที่ยว แหล่งเพาะเลี้ยง และกลายเป็นแหล่งอุตสาหกรรมเคมี และอุตสาหกรรมอื่น ๆ

เนื่องจากการพัฒนาที่นับวันจะรุดหน้าอย่างรวดเร็ว ได้แก่ การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดต่าง ๆ ท่าเรือพาณิชย์ ชุมชนที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น อันจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับคุณภาพของน้ำทะเล เนื่องจากน้ำเสีย ขยะและของเสียต่าง ๆ เมื่อถูกถ่ายทิ้งลงสู่ทะเล จะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง

โลหะหนักที่สะสมในสิ่งแวดล้อม เมื่อมีปริมาณสูงเกินไป เป็นสารพิษที่จัดอยู่ในประเภทที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งโดยตรงและทางอ้อม ทั้งนี้เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถที่จะสลายตัวได้โดยกระบวนการธรรมชาติ และบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน นอกจากนี้ โลหะหนักในน้ำยังสามารถสะสมในเนื้อเยื่อของสัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ๆ ด้วยการสะสมดังกล่าวจะเพิ่มสูงขึ้นตามห่วงโซ่อาหาร และถ้ามีปริมาณความเข้มข้นสูงมาก ก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ตลอดจนผู้นำสัตว์ทะเลนั้น ๆ มาบริโภคอีกด้วย ตัวอย่างผลกระทบที่ร้ายแรงที่เกิดขึ้นกับมนุษยชาติมาแล้ว เช่น โรคมินามาตะ (Minamata) ในประเทศญี่ปุ่น ที่เป็นผลเนื่องจากสารพิษปรอท ซึ่งจะทำให้สมองและระบบประสาทถูกทำลาย โรคอิไต-อิไต (Itai-itai) อันเนื่องมาจากพิษของโลหะแคดเมียม ความรุนแรงของโรคนี้เนื่องจากการทำงานของไตผิดปกติ และเกิดความเจ็บป่วยที่กระดูกทั่วร่างกาย กระดูกจะแตก หรือหักง่าย

นักวิจัยหลายกลุ่ม (อ้างตาม Krumgalz, B. S & Fainshtein, G. 1991) ชี้ให้เห็นว่าดินตะกอน (sediments) บริเวณชายฝั่งใกล้ย่านอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และแหล่งชุมชน มักจะพบการปนเปื้อนด้วยโลหะหนัก เช่น ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี และคอปเปอร์ โลหะปริมาณน้อยเหล่านี้เคลื่อนตัวโดยการไหลของกระแสน้ำ โดยกระบวนการเคมี-ฟิสิกส์ และชีวภาพต่าง ๆ รวมถึงอนุภาคหรืออินทรีย์สารที่กำลังจะจมก็จะพาเอาโลหะปริมาณน้อยจมลงไปด้วย เพราะฉะนั้นการแพร่กระจายที่สะสมอยู่ในท่อตะกอน (cores) ของดินตะกอนใกล้ฝั่ง จะสะท้อนถึงพัฒนาการของสถานะมลพิษบริเวณนั้น ๆ (local pollution) นอกจากนี้ ข้อมูลดินตะกอน บางครั้งสามารถใช้ตรวจสอบถึงแหล่งกำเนิดมลพิษที่เนื่องจากการกระทำของมนุษย์

ดังนั้น การศึกษาการแพร่กระจายและการสะสมของปริมาณโลหะหนักบางชนิด ในน้ำ ดินตะกอนและสัตว์บริเวณชุมชนชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก เป็นโครงการหนึ่งที่จะทำการตรวจสอบโลหะหนักบริเวณดังกล่าวเทียบกับปีที่ผ่านมา ซึ่งจะสามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการบ่งบอกคุณภาพน้ำในบริเวณนี้ และเป็นข้อ

มูลประกอบการศึกษาในครั้งต่อไปในการใช้เป็นมาตรการในการควบคุม หรือวางแผนในการป้องกันสภาวะแวดล้อมบริเวณดังกล่าวต่อไป ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งได้แก่ การประมง การท่องเที่ยว และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น อันจะส่งผลให้เศรษฐกิจของประเทศเจริญก้าวหน้าในที่สุด

วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และสัตว์น้ำ บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก
2. ศึกษาลักษณะการแพร่กระจายของโลหะหนัก บริเวณชุมชนชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก
3. เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานของคุณภาพน้ำทะเล ดินตะกอน และการสะสมของโลหะหนักในสัตว์ทะเล เพื่อใช้เปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทะเล ดินตะกอน และสัตว์ทะเล ในปีต่อ ๆ ไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงชนิดและปริมาณการแพร่กระจาย และการสะสมของโลหะหนักบริเวณชุมชนชายฝั่งทะเลตะวันออก
2. ทำให้ทราบถึงสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน ณ บริเวณดังกล่าว
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานของคุณภาพน้ำทะเล ดินตะกอน และสัตว์ทะเล เพื่อใช้เปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทะเล ดินตะกอน และสัตว์ทะเล ในปีต่อ ๆ ไป และเพื่อใช้เป็นมาตรการในการควบคุมสภาวะแวดล้อมบริเวณดังกล่าว

ขอบเขตการวิจัย

1. กำหนดสถานที่ที่จะเก็บตัวอย่างบริเวณแหล่งชุมชน จังหวัดชลบุรีและบริเวณ

ใกล้เคียง รวม 8 สถานีได้แก่ บริเวณตึกหน้าท่าเรือเมืองชลบุรี สะพานปลาอ่างศิลา หาดบางแสน บริเวณชุมชนตำบลบางพระ อ่าวอุดมศรีราชา ท่าเรือน้ำลึก แหลมฉบัง ชุมชนบางละมุง และพิทยากลาง โดยเก็บห่างจากฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2535 ถึง สิงหาคม 2535

2. เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน 2 เดือนต่อครั้ง จากสถานีที่กำหนด
3. วัดข้อมูลคุณภาพน้ำในสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช การละลายของออกซิเจน ความโปร่งใสของน้ำ และความเค็ม
4. วิเคราะห์โลหะหนักในน้ำและดินตะกอน ได้แก่ ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี
5. วิเคราะห์โลหะปรอทในตัวอย่างหอยนางรม และหอยแมลงภู่ ที่เลี้ยงบริเวณจังหวัดชลบุรี และใกล้เคียง
6. วิเคราะห์สารอินทรีย์ในดินตะกอน
7. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ

1.2 เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเข้มข้นของสารมลพิษที่สำคัญ (Fowler, S. W., 1990) เช่น ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว PCBs และ DDT ในแหล่งน้ำทะเล ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตของทะเลโลก โดยปกติความเข้มข้นสูงสุด มักพบบริเวณแหล่งประมงหนาแน่น และบริเวณอุตสาหกรรมที่อยู่ใกล้ปากแม่น้ำสำคัญ ๆ การปรับปรุงการเก็บตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์ในช่วง 10 - 15 ปีที่ผ่านมา ระดับปริมาณโลหะหนัก เช่น Hg, Cd, Pb และอื่น ๆ ที่วัดได้มีค่าไม่ถูกต้องหรือเป็นค่าที่น่าสงสัย และการวิเคราะห์โลหะหนักแนวโน้มไปเน้นที่สิ่งมีชีวิต เนื่องจากว่าเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทะเลมีความสามารถสะสมสิ่งปนเปื้อน และถ่ายทอดการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์มากกว่าดินตะกอนหรือน้ำทะเล ข้อมูลจึงน่าจะมีความเชื่อถือได้มากกว่า โดยทั่วไปแล้ว ความแปรปรวนของ

ความเข้มข้นของโลหะปริมาณน้อยในน้ำทะเลชายฝั่ง ไม่ปรากฏความแตกต่างนัยสำคัญในส่วนภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก

คุณภาพน้ำทะเลด้านกายภาพและเคมีบริเวณชายฝั่งตะวันออก ได้มีการสำรวจในตำแหน่งต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตาราง 1.1 (ซัลฟิวาและสุวรรณีย์, 2525; สุทธิชัย, 2527; ซัลฟิวาและเอนก, 2526; สมภพ, 2528; ศักสิทธิ์, 2530; แววดาและคณะ, 2530, 2531)

ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล ดินตะกอน และสัตว์ทะเลได้มีการสำรวจอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี 2516 จนถึงปัจจุบัน ในน้ำทะเลดังสรุปผลในตาราง 1.2 (อ่ำไพ, 2524; รัชนิกรและคณะ, 2527, 2530; วรรณภา, 2530; อรพินทร์, 2527; พัชรา, 2531; โลหะหนักในดินตะกอน ดังสรุปในตาราง 1.3 (อ่ำไพ, 2524; รัชนิกร, 2527; รัชนิกรและคณะ, 2527, 2530; อรพินทร์, 2527; พัชรา, 2531)

สำหรับปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในสัตว์น้ำ การวิจัยโดยมากเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณปรอท ในปลา ปลาหมึก กุ้ง กุ้ง หอย ฯลฯ ที่จับได้ในบริเวณอ่าวไทยตอนบน ตอนล่าง และทะเลอันดามัน ผลการสำรวจปริมาณปรอทในสัตว์น้ำ ในระยะเวลา 14 ปีที่ผ่านมาระหว่างปี พ.ศ 2516 - 2529 (ลัดดาวัลย์ โจรนพวรรณทิพย์ และคณะ, 2530) โดยเฉลี่ย ปริมาณปรอทในสัตว์ทะเลจากอ่าวไทยตอนบน และตอนล่างไม่มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนทะเลอันดามันมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งในปี 2519 พบปริมาณปรอทสูงสุดในตัวอย่างปลาฉลามจากบริเวณอ่าวไทยตอนบน สูงถึง 0.180 มก./กก. นอกนั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.001 - 0.578 มก./กก. และได้สรุปว่าเขตที่พบการปนเปื้อนสารปรอทสูงสุด คือ บริเวณพัทธยา สัตหีบ รongลงมา คือ บริเวณจังหวัดชลบุรี อ่างศิลา และโดยเฉลี่ยการปนเปื้อนสารปรอททางชายฝั่งทะเลตะวันออกอ่าวไทยตอนบนจะสูงกว่าชายฝั่งทะเลตะวันตก ในช่วงปีพ.ศ. 2525 - 2529 มีการสำรวจปริมาณปรอทในหอยชนิดต่าง ๆ (ทวีศักดิ์ บุญยโชติมงคล และคณะ, 2530)

ตาราง 1.1 คุณภาพน้ำทะเลด้านกายภาพและเคมี บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย

ปี / บริเวณที่ศึกษา	อุณหภูมิ (°C)	ความเป็น กรด-ด่าง	ความเค็ม (ppt)	ออกซิ เจนละลาย (กิโลลิตร)	ความโปร่ง ใส (m)	อ้างอิง
2523 - 2524 แหลมฉบัง	26.9-29.8	7.96 - 8.19	32.18 - 32.70	4.2 - 4.6	-	ชลัญญาและ สุวรรณี(2525)
2525 ชายฝั่งตะวันออกของ อ่าวไทยตอนใน	28.57-33.0	7.68	28.01	5.0	0.1 - 1.40	สุทธิชัย (2527)
2525 แหลมฉบัง-คลองบ้านแหลม	28.86	8.35	32.37	4.67		ชลัญญาและ เฮนก(2526)
2528 เกาะสีชัง	27.0-30.0		28.3-33.0			สมภาพ (2528)
2529 - 2530 ชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าว ชดบุรี บางละมุง พัทยา มาบตาพุด ปากแม่น้ำระยอง บ้านแพ	27.0 - 32.0	7.6 - 8.7	21.1-35.0	2.0 - 8.5	0.5 - 5.5	ศักดิ์สิทธิ์และ คณะ(2530)
29-30 แหลมฉบัง	29.1 ±1.6	8.67±0.53	32.8 ±2.1	6.14 ±0.91	0.5 - 5.5	แววตาและ คณะ (2530)
2531 แหลมฉบัง มาบตาพุด	26.6 ±2.0 26.8 ±2.0	8.27 ±0.16 8.29 ±0.18	32.5 ±2.1 32.8 ±2.6	7.22 ±0.69 7.56 ±0.77	-	แววตาและ คณะ (2531)

ตาราง 1.2 ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล (ppb) บริเวณอ่าวไทยตอนบนและ
ชายฝั่งทะเลตะวันออก

สถานี/ ปี	Hg	Zn	Cd	Pb	Cu	อ้างอิง
อ่าวไทยตอนบน						
2521	0.29	ND	0.85 - 3.4	6.9 - 28	ND	จำเริญ (2524)
2522	0.27 - 342	22 - 885	0.4 - 1.6	4 - 1,433	313	
2533	0.4 - 1.0	26 - 102	0.1 - 0.7	5.7 - 80	ND	
2524	0.25 - 4.25	5 - 49	0.2 - 1.2	2 - 28	1.4 - 5.7	
2524	nil - 1.58	5.0 - 400	0.2 - .70	3 - 56	1.2 - 18	รัชนีกรและคณะ (2527)
2525	nil - 0.40	33 - 66	ND	ND	1.5 - 4.6	
2526	nil - 13.7	1.7 - 120	ND	nil - 10.0	nil - 18.3	วรรณภา (2530)
2527	nil - 23.5	1.7 - 360	ND	nil - 50.0	nil - 14.0	
2528	0.2 - 19.9	12.9 - 133.0	ND	nil - 7.5	1.0 - 100	
2529	nil - 41.3	7.1 - 23,210	nil	nil - 10.0	7.0 - 131.0	
2526	nil - 2.0	22.5 - 2410	nil	nil	1.0 - 6.3	รัชนีกร และ คณะ (2530)
2529	.4 - 847	4.3 - 10.0	ND	nil - 10	1 - 2	
2529(S/M/B)	nil - 257	4.3 - 23 210	ND	ND	1 - 153	
บางปะกง - บางพระ						
2525	nil - 386	2.10 - 4830	nil	nil - 32	nil - 25.7	รัชนีกรและคณะ (2527)
2526	nil - 85	nil - 320	nil	nil - 50	nil - 29.4	
ปากแม่น้ำเจ้า พระยา - ศรีราชา						
2526	ND	1.16 - 64.95	.01 - 10.13	nil - 13.44	nil - 19.6	อรพินท์ (2527)
ชายฝั่งทะเล ะ ยง จันทบุรี ตราด						
2530	ND	2.70 - 49.32	ND	0.20 - 1.82	0.72 - 3.99	พัชรา (2531)

ND = not determined

ตาราง 1.3 ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน (ppm)บริเวณอ่าวไทยตอนบนและ
ชายฝั่งทะเลตะวันออก

สถานี/ ปี	Hg	Zn	Cd	Pb	Cu	อ้างอิง
อ่าวไทยตอนบน						
2521	ND	ND	0.34 - .35	40 - 1 015	ND	อำเภอ(2524)
2522	ND	ND	ND	20 - 25	ND	
2523	.31 - 1.2	ND	ND	23 - 42	ND	
2524	ND	ND	ND	20.3 - 35	ND	
2524	nil - 0.28	5 - 96	0.04 - 0.17	10 - 32	3.6 - 19	ราชันกร(2527)
2525	nil - 0.26	10.7 - 85.6	.09 - .82	14.4 - 25.9	3.6 - 2.78	
อ่าวไทยตอนบนและชายฝั่งทะเล ตะวันออก						
2526	0.01 - 0.11	.39 - 51.3	nil - .47	nil - 18.1	.56 - 13.5	ราชันกร และ คณะ (2530)
2527	.004 - 0.14	3.40 - 80.1	nil - .83	5.48 - 25.3	1.47 - 3.8	
2528	nil - .114	8.68 - 94.3	.08 - .36	5.18 - 23.8	1.36 - 19.9	
2529	.04 - 0.26	5.26 - 74.3	.06 - .29	7.23 - 22.7	3.29 - 18.9	
บางปะกง - บางพระ						
2525	nil-0.80	2.39-73.3	.05-1.04	2.84-28.8	1.02-20.6	ราชันกร และ คณะ(2527)
ปากแม่น้ำบางปะกง - บางพระ						
2526	0.01-14	7.14-85.5	.08-54	1.93-22.8	2.74-24	ราชันกร และ คณะ(2527)
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา						
2525 - 2526	ND	12.19-89.91	ND	3.01-37.0	3.73-17.41	อึ้งพันธ์ (2527)
ชายฝั่งทะเล ระยอง จันทบุรี ตราด						
2530	ND	2.63-28.31	ND	1.56-10.47	1.97-5.33	พัชรา (2531)

ND = not determined

จากเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ปากแม่น้ำบางปะกง อ่างศิลาและบ้านบางโปรงในหอย
แครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม โดยเฉลี่ย พบปริมาณปรอทเท่ากับ .019, .018
และ .015 มก./กก. ตามลำดับ และบริเวณที่พบสูงสุด คือ สถานีอ่างศิลา ในหอย
แครงปริมาณปรอทสูงสุดเท่ากับ 0.193 มก./กก.

การศึกษากการสะสมโลหะหนักในสัตว์น้ำที่ไม่ใช่ปรอท(กัลยา วัฒนยากร และ
คณะ, 2521) ได้ทำการศึกษากปริมาณการสะสมของ แคดเมียม คอปเปอร์ ตะกั่ว
สังกะสี ในสัตว์ทะเลในอ่าวไทยตอนบน ปี พ.ศ. 2519 และสรุปว่า ในสัตว์ทะเล จำ
พวกปลา ปลาหมึก หอยเชลล์ กุ้ง ตั๊กแตนและปู พวกปลามีความสามารถในการสะสม
โลหะน้อยที่สุด ความสามารถในการสะสมโลหะแคดเมียม คอปเปอร์ ตะกั่ว และ
สังกะสีในปลาเท่ากับ 5×10^3 , 1.7×10^3 , 6.3×10^2 และ 2.8×10^3 ตามลำดับ ความ
สามารถในการสะสมของโลหะตะกั่วสังกะสีและทองแดง พบว่า(พัชรา ,2531) ใน
ปลาสามารถที่จะสะสมโลหะตะกั่วในกล้ามเนื้อได้สูงกว่าโลหะสังกะสีและทองแดง
ตามลำดับ ในหมึกจะมีความสามารถสะสมโลหะทองแดงได้สูงกว่าโลหะสังกะสีและ
ตะกั่ว ตามลำดับ

ปริมาณโลหะ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และปรอท (แฉะตา ทองระอา
และคณะ ,2531) ในหอยนางรมจากฟาร์มเลี้ยงหอยตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ช่วง
เดือนตุลาคม 2530 ถึงเดือนกันยายน 2531 พบปริมาณการสะสมของโลหะ ตะกั่ว
แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และปรอท ในหอยนางรมเฉลี่ยตลอดปี เท่ากับ 5.296,
0.894, 160.221, 47.831 และ 0.017 ug/g wet weight ตามลำดับ

บทที่ 2

วิธีดำเนินการทดลอง

2.1 สถานที่และระยะเวลาเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำทะเลและตัวอย่างดินตะกอน เก็บจากชายฝั่งทะเลบริเวณจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่อำเภอเมืองชลบุรีถึงเมืองพัทยา โดยล่องเรือประมงขนาดกลางออกไปเก็บตัวอย่างห่างฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร แบ่งสถานีเก็บออกเป็น 8 สถานี ดังแสดงในตารางและรูปที่ 1 และดำเนินการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 4 ครั้ง คือในวันที่ 25 มกราคม วันที่ 4 เมษายน วันที่ 14 มิถุนายน และวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ 2535

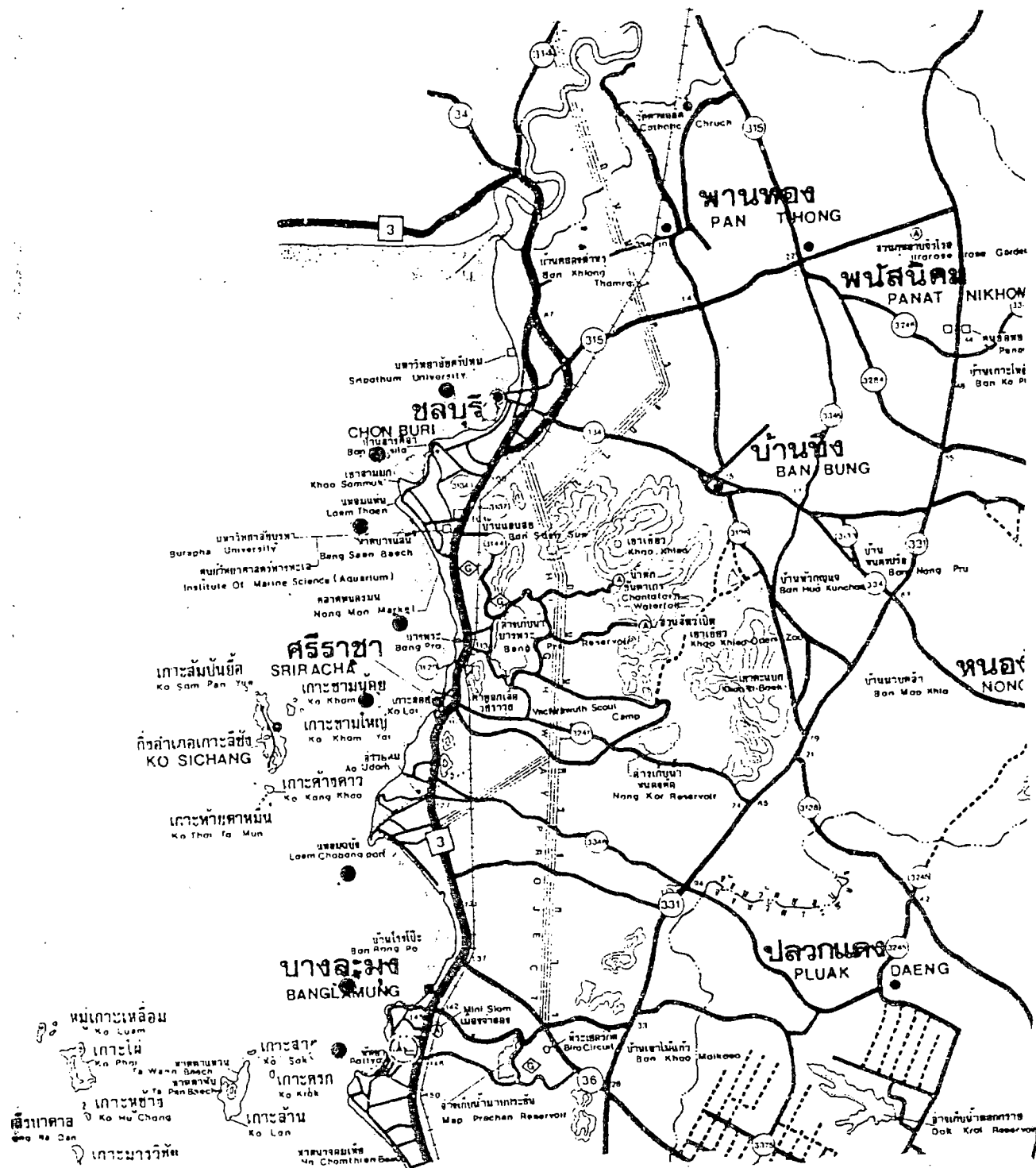
ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน

สถานี	ตำแหน่งที่เก็บ
1	สวนตำหนักน้ำ อำเภอเมืองชลบุรี
2	สะพานปลาล่างศิลา
3	หาดบางแสน
4	ชุมชนตำบลบางพระ
5	เกาะลอย อำเภอศรีราชา
6	ท่าเรือน้ำลึกแหลมฉบัง
7	ชุมชนบางละมุง
8	หาดพัทยากลาง

ตัวอย่างสัตว์ทะเล ดำเนินการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ตัวอย่างที่ใช้ คือ หอยนางรม และหอยแมลงภู่ โดยเก็บที่อ่างศิลา แหลมแท่น และศรีราชา ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ 2536

2.2 วิธีเก็บตัวอย่าง

ขวดเก็บตัวอย่างและเครื่องมือทุกชิ้นที่ใช้ในการทดลองล้างทำความสะอาด



รูปที่ 2.1 • สถานีเก็บตัวอย่างน้ำทะเลและดินตะกอน บริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา

ด้วยน้ำยาที่โพล์ ล้างน้ำ และชะภายในเครื่องแก้วด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้งให้ทั่ว แช่ใน กรดไนตริก 1:1 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชะด้วยน้ำกลั่น

น้ำที่ใช้เตรียมสารละลายและใช้ตลอดการทดลองเป็นน้ำกลั่น 2 ครั้ง (double distilled water) ทั้งสิ้น

2.2.1 ตัวอย่างน้ำทะเล

เก็บที่ความลึกใต้ผิวน้ำ 3 เมตร (ยกเว้นสถานีที่ 1) โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง น้ำแบบ Vandorn ชะล้างขวดด้วยตัวอย่างน้ำทะเลก่อนบรรจุเก็บใส่ขวดโพลีเอทิลีนสี ขาวขนาดจุ 1 ลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น ARISTAR grade (BDH, Ltd) 3 mL ต่อน้ำหนึ่ง ลิตร แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C

2.2.2 ตัวอย่างดินตะกอน

เก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างดินตะกอนชนิด Grab sampler แบบ Ekman grab เก็บที่ระดับความลึก 2 - 14 เมตร ตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บได้นำใส่ถุง พลาสติกโพลีเอทิลีน ผูกให้แน่น แล้วแช่ที่อุณหภูมิ -18 °C

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเล

คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ในภาคสนาม ได้แก่

1. อุณหภูมิ วัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์
2. ความเค็ม วัดโดยใช้เครื่องมือวัดความเค็ม (refractosalinometer)
3. ความเป็นกรด-ด่าง วัดโดยพีเอชมิเตอร์
4. ความโปร่งใส วัดโดยใช้แผ่น Secchi disc
5. ความลึก วัดโดยใช้ลูกดิ่งหยั่งความลึก
6. ออกซิเจนละลายน้ำเก็บใส่ขวด BOD ขนาด 300 mL และเติม 2 mL-MnSO₄

และ 2 mL alkali-iodide azide ทันทีก และทำการวิเคราะห์ทันทีเมื่อกลับมายัง

ห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Winkler (Standard methods for the Examination of Water and Wastewater , 1989, 17th ed .)

2.4 การวิเคราะห์โลหะหนัก Zn, Cd, Pb และ Cu

2.4.1 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1.1 ตัวอย่างน้ำทะเล

ย่อยสลายตัวอย่างน้ำทะเลด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 3 mL ต่อตัวอย่างน้ำทะเล 100 mL ที่อุณหภูมิ 100 -110°C ปรับ pH ของสารละลายอยู่ในช่วง 3.5 - 4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้งในขวดปริมาตรขนาด 100 mL

เตรียม blank โดยใช้ น้ำกลั่น 2 ครั้ง แทนตัวอย่าง

ตัวอย่างที่เตรียมได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่องโพรโทกราฟต่อไป

2.4.1.2 ตัวอย่างดินตะกอน

1. นำตัวอย่างดินตะกอนของแต่ละสถานีไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 °C เล็กเศษหอยทิ้งไป บดตัวอย่างดินตะกอนที่อบแห้งแล้วด้วยครกบดยา และร่อนตัวอย่างดินตะกอนที่บดแล้วด้วยตะแกรงร่อนพลาสติก (Nalgene) ขนาด 60 mesh แบ่งตัวอย่างเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งสำหรับวิเคราะห์โลหะ Zn, Cd, Pb และ Cu ส่วนที่สองวิเคราะห์ปรอท และส่วนที่สามสำหรับวิเคราะห์สารอินทรีย์

2. นำตัวอย่างดินตะกอนส่วนที่จะวิเคราะห์ โลหะสังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง ไปอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3. ทำการย่อยสลายตัวอย่างดินตะกอน โดย sampling ตัวอย่างดินตะกอน ประมาณ 2 g ต่อกรดไนตริกเข้มข้น (aristar grade BDH) 10.00 mL ตั้งบน Hot plate อุณหภูมิประมาณ 110-120 °C ประมาณ 3 - 3 1/2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่น 2 ครั้ง ปรับ pH อยู่ในช่วง 3.5 - 4 และกรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman No 40 ลงในขวดปริมาตรขนาด 25 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง

4. เตรียม blank ใช้ น้ำกลั่น 2 ครั้ง แทนตัวอย่างดินตะกอน
5. ตัวอย่างที่เตรียมได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่องโพลาโรกราฟต่อไป

2.4.2 การตรวจวิเคราะห์ Zn, Cd, Pb, และ Cu

เครื่องวิเคราะห์ Polarecord รุ่น E 506 และ Stand รุ่น 663 VA, 621 VA Timer (Metrohm Ltd. CH-9100 Herisau, Switzerland) ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าดังนี้

ขั้วไฟฟ้าทำงาน (working electrode) คือ ขั้วปรอทหยดแบบแขวน (Hanging Mercury Drop Electrode, HMDE) ขนาดหยด (ขนาดกลาง) พื้นที่โดยประมาณ $0.40 \pm 10\%$ mm² ปรอทที่ใช้บรรจุมีความบริสุทธิ์ 99.9995 % (Hg) ของ บริษัท Degussa

ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode) คือ Ag/AgCl/KCl (3M)

ขั้วไฟฟ้าช่วย (auxiliary electrode) คือ แท่ง glassy carbon (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 mm)

สารละลายที่ใช้เป็นตัวจับแก๊สออกซิเจนออกจากแก๊สไนโตรเจน เตรียมจาก แอมโมเนียมเมตาวานาเดต NH₄VO₃ (LAB GRADE) ของ BDH ประมาณ 2 g ละลายด้วย conc HCl 25 mL แล้วเจือจาง ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 250 mL จะได้สารละลายสีเขียวใส เตรียมอะมัลกัมของสังกะสี โดยนำปรอทปริมาณเล็กน้อยผสมกับผงสังกะสีเดิม HCl 6 M ลงไปเล็กน้อยจากนั้นเทสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตสีเขียวใสที่เตรียมได้ลงในอะมัลกัมที่เตรียมไว้ ผสมลงไป คนจนกระทั่งได้ สารละลายสีม่วง

สารละลาย supporting electrolyte ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ สารละลายบัฟเฟอร์แอมโมเนียมอะซิเตต pH 4.6 เตรียมโดยผสม conc CH₃COOH (AR GRADE) ของ MERCK 114 mL และสารละลาย conc NH₃ (AR GRADE) ของ BDH 55 mL แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

สารละลายสต็อก ของสังกะสี คอปเปอร์ ตะกั่ว และแคดเมียม เข้มข้นอย่างละ 1000 ppm เตรียมในกรด HNO₃ 6 M (aristar) เตรียมจากกรีนเฮนดรีต ZnSO₄·7H₂O,

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (AR GRADE) ของ บริษัท RIEDEL-DE HAEN, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ และ $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (AR GRADE) ของบริษัท BDH

การเตรียมสารละลายมาตรฐานผสมสำหรับทำ standard addition สารละลายนี้ต้องเตรียมใหม่ทุกวันจากสารละลายสต็อก โดยใช้สัดส่วน ของ ลังกะสี 150 ppm แคดเมียม 10ppm, ตะกั่ว 50 ppm และทองแดง 50 ppm

2.4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่างน้ำทะเล 20.00 mL ที่จะทำการวิเคราะห์ลงใน เซลล์(cell) และปิเปตสารละลายแอมโมเนียมอะซีเตตบัฟเฟอร์ 10.00 mL pH ของสารละลายในถ้วยวิเคราะห์ควรอยู่ในช่วง 3.5 - 4

2 ผ่านแก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์ 99.99 % เป็นเวลา 10 นาที เพื่อไล่ออกซิเจน

3 Cathodic deposition ที่ $E_d = -1.2 \text{ V Vs Ag/AgCl/KCl}(3\text{M})$ เป็นเวลา 5 นาที โดยคนสารละลายด้วยความเร็ว 2000 รอบต่อนาที ให้สารละลายหยุดนิ่ง 10 วินาที ทำการบันทึกโพลารแกรมโดยวิธี differential pulse ตั้งสภาวะ โดย scan - 1.2 V ถึง +0.3 V ด้วย scan rate 6 mV/s และ pulse amplitude 50 mV

4. หาปริมาณด้วยวิธี standard addition โดยเติม สารละลายมาตรฐาน ปริมาตรแน่นอนลงในเซลล์เดิม แล้วทำการวิเคราะห์ ข้อ 2 - 3

เมื่อสิ้นสุดการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่าง ปิดล้างขั้วไฟฟ้าด้วยน้ำกลั่น และ แขนในกรดไนตริก 1:1 และน้ำกลั่น ก่อนใช้ใหม่ทุกครั้ง

สำหรับตัวอย่างดินตะกอน วิเคราะห์เช่นเดียวกัน แต่ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 10.00 mL

2.5 การวิเคราะห์ปรอท

2.5.1 การเตรียมตัวอย่าง

2.5.1.1 ตัวอย่างน้ำทะเล

ย่อยสลายด้วยกรด conc HNO_3 5 mL และกรด H_2SO_4 1 mL ต่อตัวอย่าง 50 mL จนกระทั่งควันของ SO_3 หหมดแล้ว เติม conc HNO_3 อีก 5 mL ย่อยสลายต่อจนเกือบแห้ง ปล่อยให้เย็น เติมสารละลาย Na_2EDTA 0.2M, 1 mL ปรับ pH ด้วยสารละลายไฮเดรอกไซด์ให้ pH อยู่ในช่วง 5.5 - 6.5 กรองด้วยกระดาษกรอง WHATMAN No.42 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตรขนาด 50 mL

2.5.1.2 ตัวอย่างดิน

ตัวอย่างดินที่อบแห้ง และร่อนแล้ว ซึ่งให้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ด้วยกรด conc HNO_3 5 mL และ conc H_2SO_4 1 mL ที่อุณหภูมิประมาณ 120°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปิดด้วยกระจกนาฬิกา แล้วเติมกรด conc HNO_3 อีก 5 mL ย่อยสลายต่อจนเกือบแห้ง ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ตั้งทิ้งให้เย็น ปรับพีเอชด้วยสารละลายไฮเดรอกไซด์ จนได้ pH อยู่ในช่วง 5.5 - 6.5 จึงกรองด้วยกระดาษกรอง WHATMAN No. 40 ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL เติม Na_2EDTA 0.2M, 1.0 mL ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง ตัวอย่างที่เตรียมได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่องโพลาโรกราฟต่อไป

2.5.1.3 ตัวอย่างหอย

ตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่ได้มาจะนำมาแช่ในน้ำทะเลและเป่าอากาศ เพื่อให้หอยทำความสะอาดตัวเอง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะแกะเปลือก สำหรับตัวอย่างหอยนางรม จะทำการแกะเปลือกทันที

ใช้ปากคีบเขี่ยเอาสิ่งสกปรกออกจากหอย นำไปล้างน้ำกลั่น แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำประมาณครึ่งชั่วโมง หั่นหอยเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วบดด้วยครกแก้ว

ภาชนะและอุปกรณ์ที่ใช้หลีกเลี่ยงสิ่งที่ทำด้วยโลหะ

Sampling หยอยจากส่วนที่บดรวมกัน นำมาซึ่งรู้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 20 กรัม นำไปย่อยสลายด้วย conc HNO₃ 20 mL conc H₂SO₄ 2 mL ที่อุณหภูมิต่ำ จนควัน NO_x ออกหมด ตั้งทิ้งให้เย็น เติม conc HNO₃ 4 mL เพิ่มอุณหภูมิ จนสารละลายเหลือ 2-5 mL ตั้งทิ้งให้เย็น เติมสารละลาย conc HNO₃ 20 mL และ conc H₂SO₄ 2 mL อีกครั้ง ย่อยสลายต่อจนควัน NO_x และ SO_x ออกหมด จนสารละลายเหลือประมาณ 2-3 mL เจือจาง กรองด้วยกระดาษกรอง WHATMAN No.40 ปริมาณด้วยน้ำกลั่นในขวดปริมาตรขนาด 50 mL ตัวอย่างที่เตรียมได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่องไพโรกราฟต่อไป

2.5.2 วิธีตรวจวิเคราะห์ปรอท

สารละลาย supporting electrolyte ที่ใช้ คือ NaCl 0.351 g และ Na₂EDTA 0.372 g ละลายในน้ำกลั่น และเติมกรด HClO₄ 70 % ปริมาตร 20 mL ทำให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง

สารละลายสต็อกเตรียมจาก HgO (AR grade) ของบริษัท E.Merck, Dramstadt, Germany ในกรดไนตริก โดยชั่ง 1.0798 g HgO ใน conc HNO₃ 10 mL เจือจางด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้งในขวดปริมาตร 1 ลิตร สารละลายจะเข้มข้น 1 g Hg/L สารละลายมาตรฐานสำหรับทำ standard addition เตรียมจากสารละลายสต็อกเตรียมใหม่ทุกวันที่ทำการวิเคราะห์

ขั้วไฟฟ้าทำงาน คือ ทองคำ (gold disk) เส้นผ่าศูนย์กลาง 3+0, -0.05 mm

ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง คือ Ag/AgCl/LiCl/KCl โดย LiCl (AR Grade ของ May & Baker) เป็น intermediate electrolyte เข้มข้น 3 mol/L

ขั้วไฟฟ้าช่วย คือ แท่ง glassy carbon

การทำความสะอาดขั้วทอง ขัดด้วย alumina α -Al₂O₃ (0.3 μ m)

1. เปิดสารละลาย supporting electrolyte 10.0 mL ลงในเซลล์

2. ผ่านแก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์ 99.99 % เป็นเวลา 10 นาที เพื่อไล่ออกซิเจน

3 Cathodic Deposition ที่ $E_d = +0.4 \text{ V vs Ag/AgCl/LiCl/KCl}$ เป็นเวลา 5 นาที โดยคนสารละลายด้วยความเร็ว 2000 รอบต่อนาที ให้สารละลายหยุดนิ่ง 0.4 นาที ทำการบันทึกโพลาโรแกรมโดย differential pulse ตั้งสภาวะ โดย scan 0.2 V ถึง +1.0 V ด้วย scan rate 5 mV/s , pulse amplitude 50 mV

4. ปิเปต สารละลายตัวอย่างดินตะกอนที่จะทำการวิเคราะห์ 10.00 mL ลงใน เซลล์โบริเตน แล้วทำขั้น 2 - 3

5. หาปริมาณด้วยวิธี standard addition โดยเติมสารละลายมาตรฐานลงใน เซลล์โบริเตน แล้ววิเคราะห์ขั้น 2 - 3

สำหรับตัวอย่างหอย วิเคราะห์แบบเดียวกับตัวอย่างน้ำและดินตะกอน แต่ใช้ pulse amplitude 25 mV

2.6 การวิเคราะห์สารอินทรีย์ (Organic matter)

การตรวจวิเคราะห์ Organic matter ใช้วิธีของ Dean(1974)

อบตัวอย่างดินตะกอนที่ได้แบ่งไว้ที่อุณหภูมิ 110 °C อีกครั้ง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งสารตัวอย่างประมาณ 2 กรัมในครุชีเบิ้ล เผาในเตาเผา 550 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งอีกครั้ง คำนวณปริมาณจากสมการ

$$\% \text{ Total organic content} = \frac{(\text{น.น สารตัวอย่างที่ลดลง}) \times 100}{\text{น.น สารตัวอย่างที่อบแห้ง}}$$

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 คุณภาพน้ำทะเล

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งจากเมืองชลบุรีถึงเมืองพัทยา จำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนสิงหาคม 2535 โดยเก็บห่างจากฝั่ง ประมาณ 1 กิโลเมตร แสดงไว้ในตาราง 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 และสรุปผลของแต่ละเดือน ในตาราง 3.5 แสดงการแปรปรวนของพารามิเตอร์ของน้ำทะเลในรูป 3.1

ตาราง 3.1 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทะเลตะวันออกของแต่ละสถานี บริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา

วันที่ 25 มกราคม 2535					
สถานี	อุณหภูมิ °C	pH	ความเค็ม (ppt)	ออกซิเจน ละลายน้ำ (DO mg/L)	ความโปร่งใส (Secchi depth m)
1	24.6	7.4	36	3.84	1.0
2	25.7	7.6	39	4.53	2.5
3	26.0	7.9	34	4.13	3.0
4	26.1	8.0	36	3.94	3.5
5	26.3	8.0	33	3.94	3.5
6	26.4	8.2	37	4.62	3.5
7	26.2	9.0	33	4.55	3.0
8	26.0	8.2	35	4.40	3.0
MEAN	25.9	7.9	35	4.24	2.9
SD	.5	0.3	2	0.3	0.8

SD = standard deviation

ตาราง 3.2 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทะเลตะวันออกของแต่ละสถานี
บริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา

วันที่ 4 เมษายน 2535					
สถานี	อุณหภูมิ °C	pH	ความเค็ม (ppt)	ออกซิเจน ละลายน้ำ (DO mg/l.)	ความโปร่งใส (Secchi depth m)
1	30.0	7.8	30	5.85	0.75
2	29.4	8.0	33	5.02	1.5
3	29.7	8.0	30	6.15	4.0
4	29.5	8.2	28	6.15	4.5
5	29.4	8.2	29	6.50	5.0
6	29.2	8.2	30	6.37	5.0
7	30.1	8.2	35	6.45	2.0
8	30.3	8.4	34	6.00	2.5
MEAN	29.7	8.1	31	6.06	3.2
SD	0.4	0.2	2	0.45	1.6

SD = standard deviation

ตาราง 3.3 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทะเลตะวันออกของแต่ละสถานี
บริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา

วันที่ 14 มิถุนายน 2535					
สถานี	อุณหภูมิ °C	pH	ความเค็ม (ppt)	ออกซิเจน ละลายน้ำ (DO mg/L)	ความโปร่งใส (Secchi depth m)
1	29.2	7.6	35	4.67	1.0
2	29.5	8.1	33	4.64	1.5
3	29.8	8.0	33	6.15	2.3
4	29.8	8.7	28	6.37	4.0
5	30.1	8.2	31	6.49	4.0
6	30.5	8.4	30	5.59	3.0
7	30.2	8.3	31	5.98	2.5
8	30.3	8.3	37	5.86	2.0
MEAN	29.9	8.2	32.3	5.72	2.5
SD	0.4	0.3	2.7	0.67	1.1

SD = standard deviation

ตาราง 3.4 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทะเลตะวันออกของแต่ละสถานี
บริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา

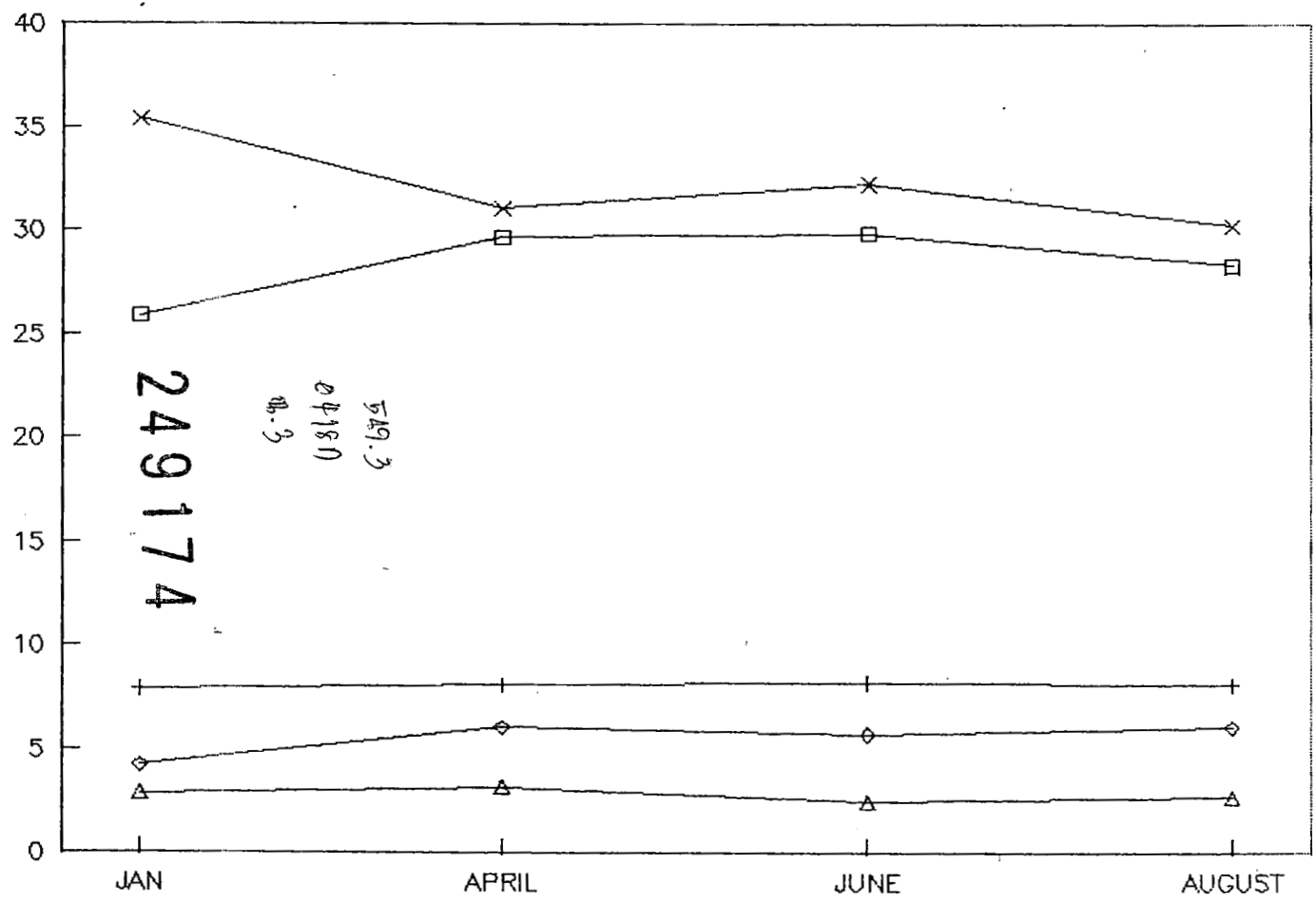
วันที่ 15 สิงหาคม 2535					
สถานี	อุณหภูมิ °C	pH	ความเค็ม (ppt)	ออกซิเจน ละลายน้ำ (DO mg/L)	ความโปร่งใส (Secchi depth m)
1	28.7	7.9	20	6.15	0.5
2	29.1	8.0	28	4.59	1.5
3	28.5	8.2	32	5.95	2.5
4	27.0	8.0	34	6.10	3.0
5	28.0	8.2	30	5.98	4.0
6	28.0	8.1	30	7.62	3.5
7	29.0	8.4	31	5.95	3.0
8	29.1	8.0	37	6.15	3.5
MEAN	28.4	8.1	30.3	6.05	2.7
SD	0.7	0.2	4.7	0.74	1.1

SD = standard deviation

ตาราง 3.5 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทะเลตะวันออก บริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา
เฉลี่ยของแต่ละเดือน

วัน เดือน 2535	อุณหภูมิ °C	pH	ความเค็ม (ppt)	ออกซิเจน ละลายน้ำ (DO mg/L)	ความโปร่งใส (Secchi depth m)
25 มกราคม	25.9±0.5	7.9±0.3	35.4±2.0	4.24±0.3	2.9 ±0.8
4 เมษายน	29.7±0.4	8.1±0.2	31.1±2	6.06±0.45	3.2 ±1.6
14 มิถุนายน	29.9±0.4	8.2±0.3	32.3±2.7	5.72±0.67	2.5 ±1.1
15 สิงหาคม	28.4±0.7	8.1±0.2	30.3±4.7	6.05±0.74	2.7 ±1.1

SD = standard deviation



□ Temp(°C) + pH ◇ DO(mg/L) △ Secchi depth (m) × Salinity (ppt)

รูปที่ 3.1 การเปลี่ยนแปลงค่า อุณหภูมิ pH ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ
 และความโปร่งใสของน้ำทะเลบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา ระหว่าง
 เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2535

3.2 ความเข้มข้นของโลหะในน้ำทะเลและดินตะกอน

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของโลหะสังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดงและปรอท ในตัวอย่างน้ำทะเลและดินตะกอนที่เก็บจาก 8 สถานี ระหว่างเมืองชลบุรีถึงเมืองพัทยา โดยเก็บห่างจากชายฝั่งทะเลประมาณ 1 กิโลเมตร ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2535 ทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ในวันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2535 วันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2535 และวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2535 แสดงไว้ในตาราง 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ

การกระจายของปริมาณโลหะในน้ำทะเลและดินตะกอนแยกตามสถานีระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม ดังแสดงในตาราง 3.8 และ 3.9 และรูปที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ

ปริมาณโลหะบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยาน้ำทะเลและดินตะกอนโดยเฉลี่ยของเดือนเมษายน มิถุนายน และสิงหาคม ดังแสดงในรูป 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ

3.3 ความเข้มข้นของโลหะในสัตว์ทะเล

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของโลหะปรอท ในตัวอย่างหอยแมลงภู่และหอยนางรม ที่เก็บจาก อ่างศิลา แหลมแท่น และศรีราชา ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 ทั้งหมด 2 ครั้ง แสดงในตาราง 3.10 และเปรียบเทียบปริมาณปรอทในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ที่พบของแต่ละสถานีดังรูป 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ

3.4 ปริมาณสารอินทรีย์

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่เก็บจาก 8 สถานี ระหว่าง เมือง ชลบุรี ถึง เมืองพัทยา โดยเก็บห่างจากชายฝั่งทะเลประมาณ 1 กิโลเมตร ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2535 ทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ในวันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2535 วันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2535 และวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2535 แสดงในตาราง 3.11 และรูป 3.8

ตาราง 3.6 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณเมืองชลบุรีถึงพิทยาของแต่ละสถานีระหว่างเดือนเมษายน-สิงหาคม พ.ศ. 2535

สถานี	ความเข้มข้น (µg/L)														
	สังกะสี			แคดเมียม			ตะกั่ว			ทองแดง			ปรอท		
	เมษา	มิ.ย	ส.ค	เมษา	มิ.ย	ส.ค	เมษา	มิ.ย	ส.ค	เมษา	มิ.ย	ส.ค	เมษา	มิ.ย	ส.ค
1	108.36	28.30	148.64	3.25	nd	7.44	2.29	16.09	nd	22.67	nd	17.55	5.9524	0.0515	0.0127
2	nd	39.58	40.65	0.41	nd	nd	6.74	21.96	nd	11.24	3.13	3.15	1.4646	0.0206	0.0081
3	nd	208.59	60.30	nd	nd	nd	nd	0.76	nd	14.46	4.46	3.98	0.2771	0.0415	0.0156
4	22.91	96.31	1.91	0.21	nd	4.54	3.85	nd	nd	20.52	4.32	9.34	0.3423	0.1333	0.0210
5	30.55	510.20	145.14	0.24	0.54	0.63	3.31	10.93	nd	16.53	20.88	0.70	0.3423	0.0047	0.0042
6	10.41	469.09	10.15	nd	1.89	nd	9.15	11.18	nd	1.31	4.07	9.73	0.0896	0.0516	0.0130
7	nd	238.67	nd	0.64	0.90	nd	1.65	51.43	nd	0.65	0.75	17.74	0.1419	0.0637	0.0119
8	nd	64.46	41.13	2.71	nd	4.93	nd	3.95	14.02	0.80	2.05	19.29	0.3174	0.0089	0.0982
เฉลี่ยเดือน	21.53	206.9	56.0	0.93	0.42	2.19	3.37	16.61	1.75	11.02	4.96	10.18	1.12	.047	.0231
เฉลี่ย	94.81			1.18			7.24			8.72			.3967		
พิสัย	nd - 510.20			nd - 7.44			nd - 51.43			nd - 22.67			.0042 - 5.9524		
Analysis of Variance(F)	13.49			6.26			8.59			16.625			3.58		

nd = nondetectable

ตาราง 3.7 ปริมาณโลหะหนักในตัวอยางดินตะกอนบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัททยาของแต่ละสถานีระหว่างเดือนเมษายน-สิงหาคม พ.ศ. 2535

สถานี	ความเข้มข้น (µg/g dry wt)														
	สังกะสี			แคดเมียม			ตะกั่ว			ทองแดง			ปรอท x 10 ⁻³		
	เมษา	มิ.ย	ส.ค	เมษา	มิ.ย	ส.ค	เมษา	มิ.ย	ส.ค	เมษา	มิ.ย	ส.ค	เมษา	มิ.ย	ส.ค
1	6.53	55.99	9.22	0.01	0.13	0.01	1.82	16.41	3.71	0.72	23.30	2.36	0.55	0.30	2.11
2	50.37	54.89	67.41	nd	0.14	0.10	7.54	16.15	19.29	28.67	18.62	22.75	0.77	0.12	0.35
3	222.51	49.73	24.90	nd	0.03	0.01	29.45	14.73	7.67	33.41	19.33	13.71	0.89	0.09	0.56
4	18.25	37.35	94.58	nd	0.03	0.04	6.67	11.86	14.59	5.34	15.59	16.29	1.54	0.48	1.95
5	29.53	27.87	32.17	nd	0.04	0.04	11.74	10.67	11.96	11.02	13.28	11.18	0.80	0.23	1.28
6	243.62	33.44	44.93	nd	0.27	0.03	12.22	14.44	14.72	15.46	12.13	12.16	0.85	0.11	0.07
7	13.74	41.09	11.57	nd	0.06	0.01	7.90	19.28	7.23	4.46	13.96	4.62	0.63	0.18	0.50
8	13.39	17.54	17.60	nd	0.03	0.02	7.14	9.32	10.88	3.98	6.23	7.12	1.32	0.14	0.12
เฉลี่ยเดือน	74.74	39.74	37.80	.001	.091	.03	10.56	14.11	11.26	12.88	15.31	11.27	0.92	0.21	0.87
เฉลี่ย	50.76			.044			11.98			13.15			0.67		
พิสัย	6.53 - 243.62			nd - 0.27			1.82 - 29.45			0.72 - 33.41			.07 - 2.11		
Analysis of Variance(F)	9.51			6.14			50.06			28.86			23.74		

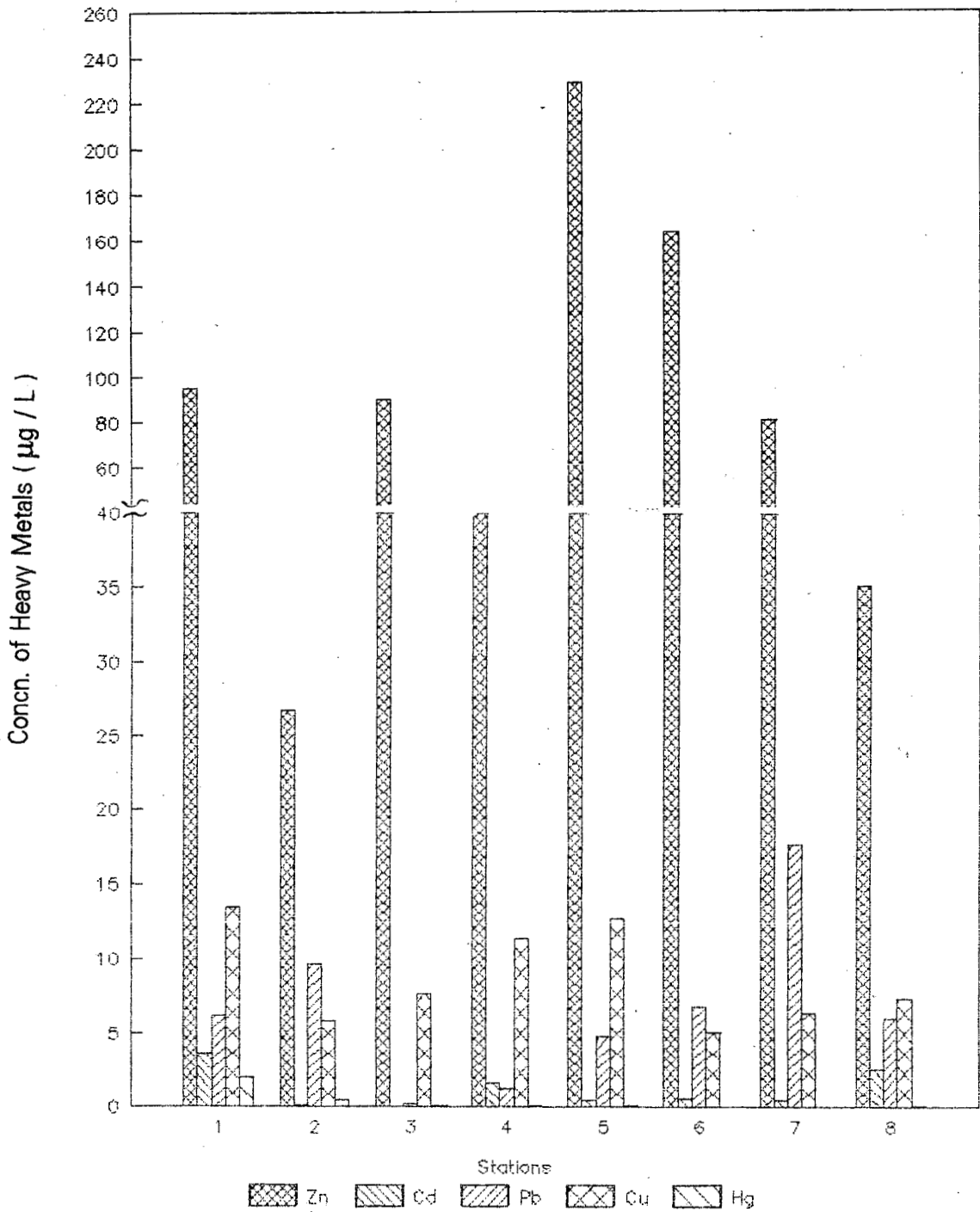
nd = nondetectable

ตาราง 3.8 ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา
ระหว่างเดือนเมษายน-สิงหาคม พ.ศ. 2535

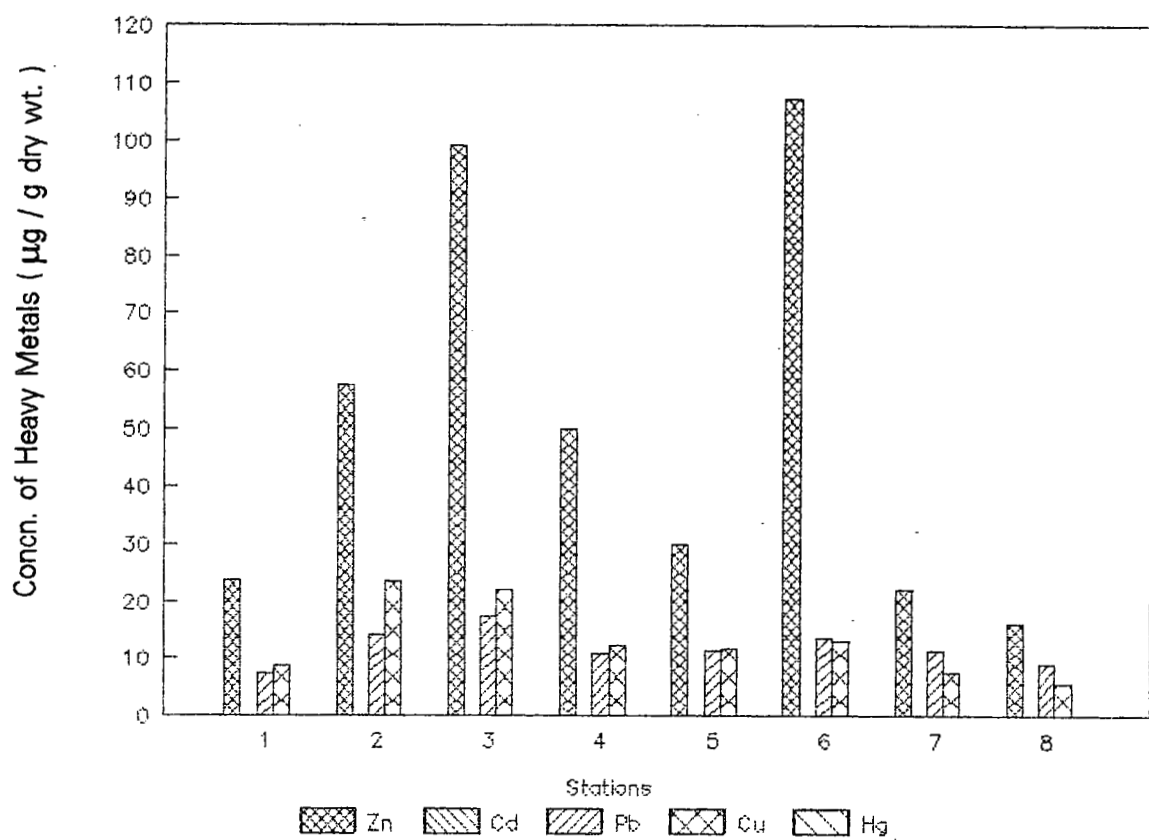
สถานี	ความเข้มข้น (ug/L)				
	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
1	95.1	3.56	6.13	13.41	2.006
2	26.75	0.14	9.57	5.84	0.498
3	89.63	nd	0.25	7.63	0.1114
4	40.38	1.58	1.28	11.39	0.1655
5	228.63	0.47	4.75	12.70	0.117
6	163.22	0.63	6.78	5.04	.0514
7	79.56	0.51	17.69	6.38	.0725
8	35.20	2.55	5.99	7.38	.1415

ตาราง 3.9 ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในตัวอย่างดินตะกอนบริเวณเมืองชลบุรีถึง
พัทยาระหว่างเดือนเมษายน-สิงหาคม พ.ศ. 2535

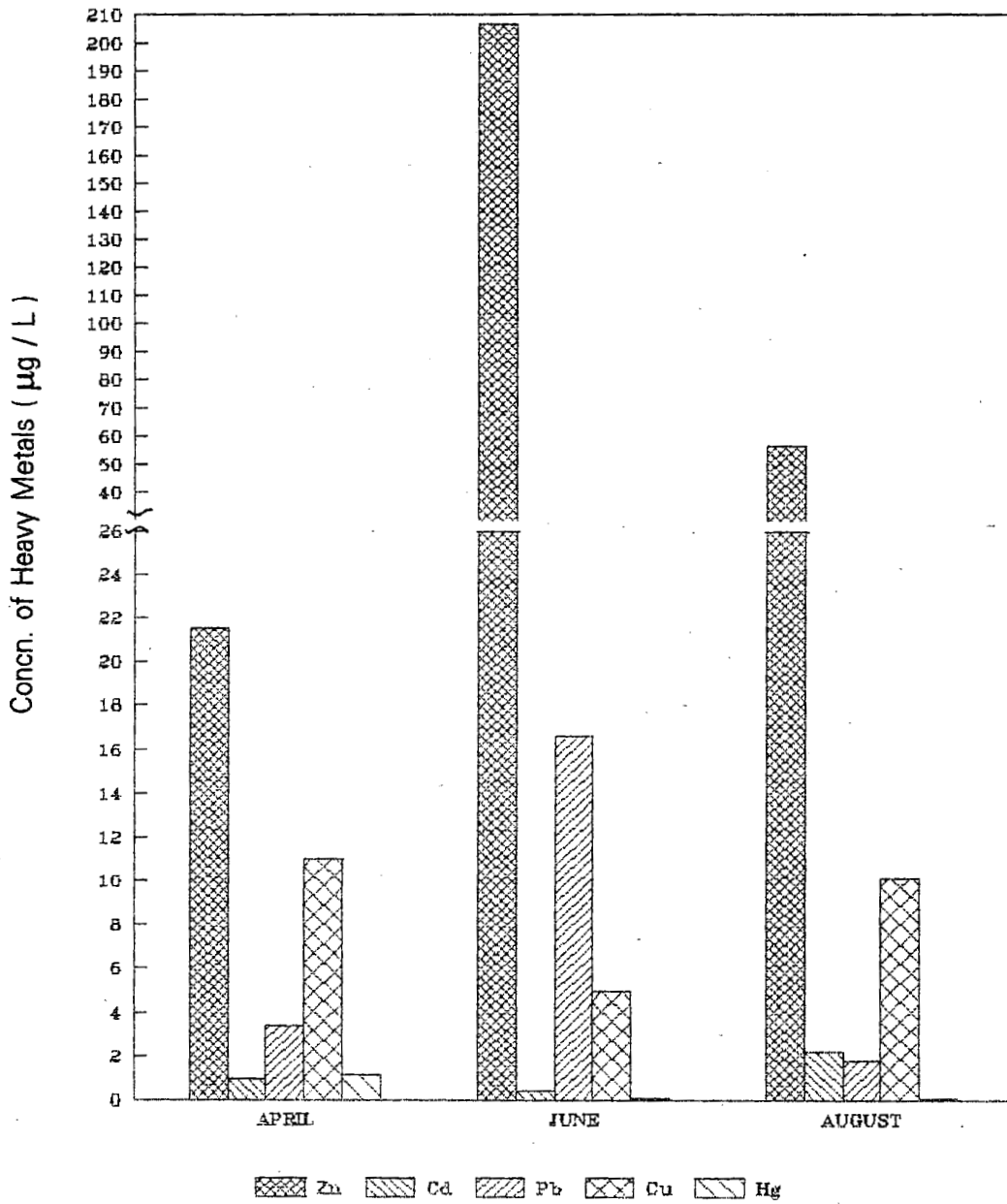
สถานี	ความเข้มข้น (ug/ g dry wt.)				
	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg $\times 10^{-3}$
1	23.88	.05	7.31	8.79	0.987
2	57.56	.007	14.33	23.35	0.41
3	99.05	.013	17.28	22.15	0.51
4	50.05	.002	11.04	12.41	1.32
5	29.86	.027	11.46	11.83	0.77
6	107.33	0.1	13.79	13.25	0.34
7	22.13	.023	11.47	7.68	0.44
8	16.18	.017	9.11	5.78	0.53



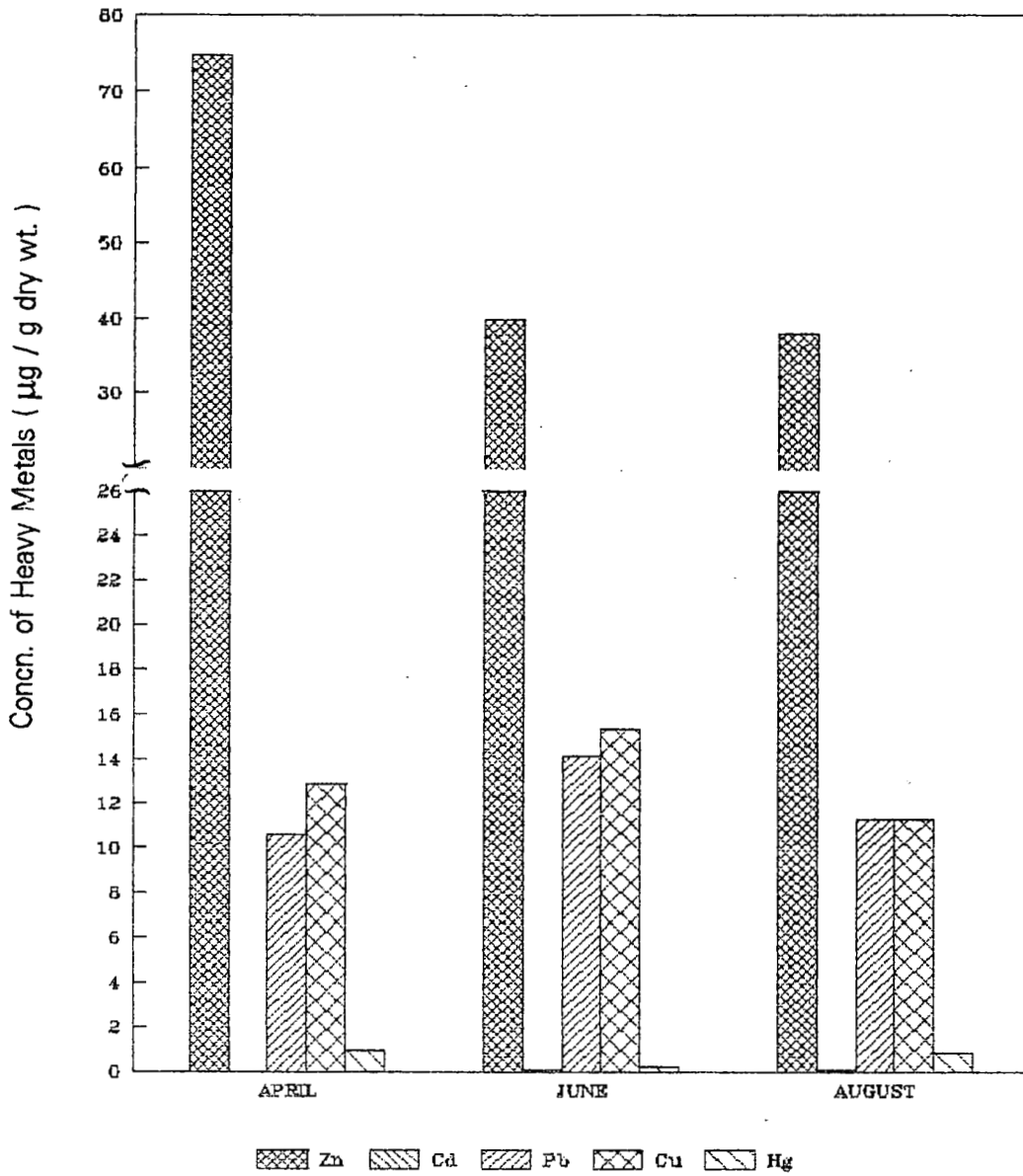
รูปที่ 3.2 การกระจายของปริมาณโลหะหนัก Zn, Cd, Pb, Cu และ Hg ในน้ำทะเล
แยกตามสถานีบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา ระหว่างเดือนเมษายน
ถึงสิงหาคม 2535



รูปที่ 3.3 การกระจายของปริมาณโลหะหนัก Zn, Cd, Pb, Cu และ Hg ในดินตะกอน
แยกตามสถานีบริเวณเมืองชลบุรีถึงพัทยา ระหว่างเดือนเมษายน
ถึงสิงหาคม 2535



รูปที่ 3.4 ปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนัก Zn, Cd, Pb, Cu และ Hg ในน้ำทะเลบริเวณ
เมืองชลบุรีถึงพัทยา ของเดือนเมษายน มิถุนายน และสิงหาคม 2535

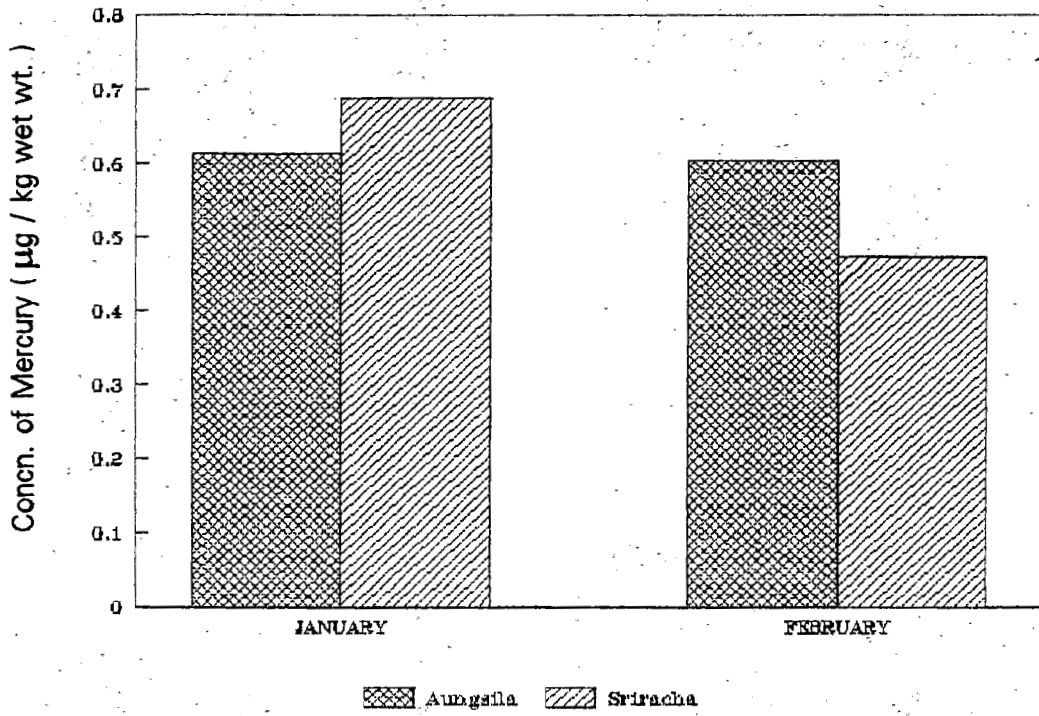


รูปที่ 3.5 ปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนัก Zn, Cd, Pb, Cu และ Hg ในดินตะกอนบริเวณ
เมืองชลบุรีถึงพิทยาของ เดือนเมษายน มิถุนายน และสิงหาคม 2535

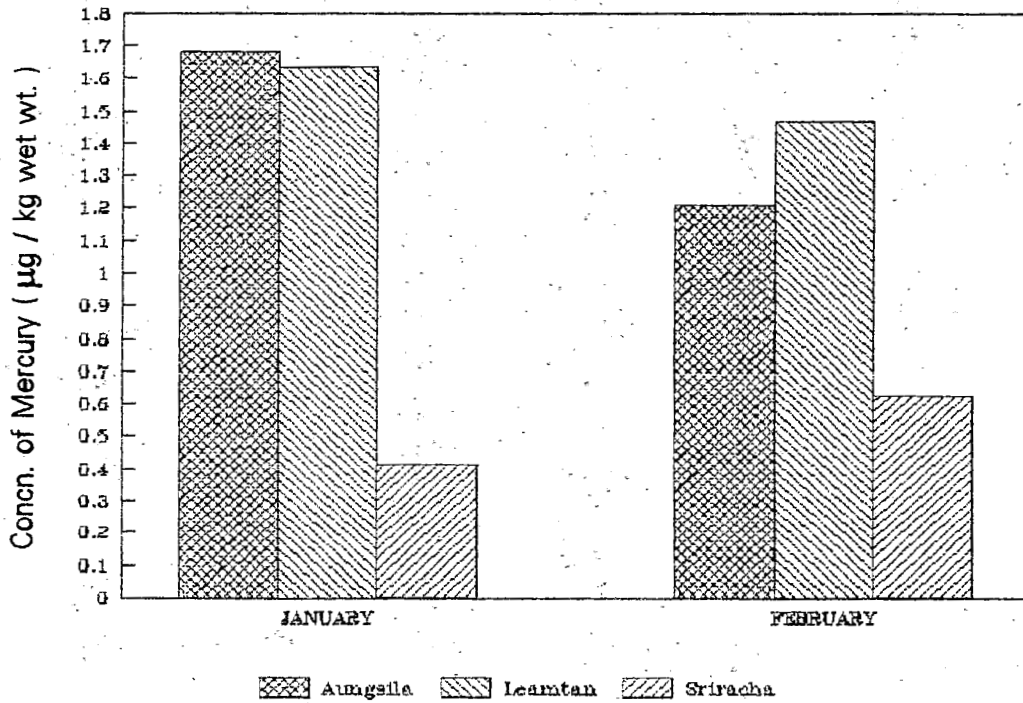
ตาราง 3.10 ปริมาณปรอทในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ที่ได้จาก อ่างศิลา แหลมแท่น และศรีราชา

ความเข้มข้น ($\mu\text{g} / \text{kg}$ wet weight)										
หอยนางรม							หอยแมลงภู่			
สถานี	อ่างศิลา		แหลมแท่น		ศรีราชา		อ่างศิลา		ศรีราชา	
	ม.ค	ก.พ	ม.ค	ก.พ	ม.ค	ก.พ	ม.ค	ก.พ	ม.ค	ก.พ
	1.784	1.081	1.666	1.444	0.526	0.664	0.504	0.662	0.791	0.613
	1.557	1.368	0.902	1.497	0.354	0.189	0.625	0.465	0.768	0.365
	1.704	1.174	1.605	1.465	0.359	0.591	0.711	0.682	0.502	0.443
Mean	1.682	1.208	1.636	1.469	0.413	0.628	0.613	0.603	0.687	0.474
SD	0.115	0.146	0.030	0.027	0.098	0.052	0.104	0.914	0.016	0.127

SD=standard deviation



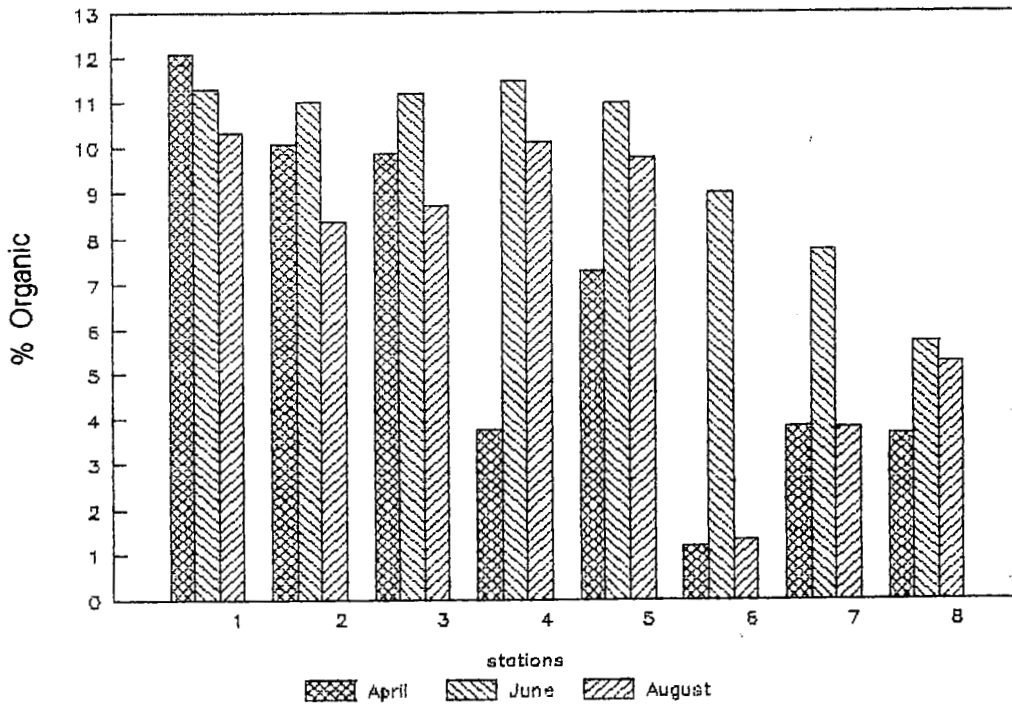
รูปที่ 3.6 เปรียบเทียบปริมาณปรอทในหอยแมลงภู่งจากอ่างศิลาและศรีราชา
ของเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์



รูป 3.7 เปรียบเทียบปริมาณปรอทในหอยนางรมจากอ่างศิลา แหลมแท่น
และศรีราชา ของเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์

ตาราง 3.11 ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างดินตะกอนบริเวณเมืองลพบุรีถึงเมือง
พัทลุงของแต่ละสถานีระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2535

สถานี	ปริมาณสารอินทรีย์ (%)		
	เมษายน	มิถุนายน	สิงหาคม
1	12.08	11.28	10.34
2	10.09	11.00	8.36
3	9.85	11.20	8.73
4	3.77	11.47	10.10
5	7.27	10.96	9.78
6	1.17	8.98	1.30
7	3.82	7.73	3.81
8	3.67	5.71	5.26
Mean	6.47	9.79	7.21
S.D	3.66	1.98	3.14



รูปที่ 3.8 ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างดินตะกอนบริเวณเมืองชลบุรีถึงพญา
แยกตามสถานี ระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม พศ. 2535

บทที่ 4 สรุปและอภิปรายผล

4.1 คุณภาพน้ำทะเล

ผลการสำรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก เก็บจาก 8 สถานี ระหว่างเมืองชลบุรีถึงพัทยาในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2535 แสดงในตาราง 3.5 และรูป 3.1 ค่าอุณหภูมิ 25.9 - 29.9 °C ค่าพีเอช 7.9 - 8.2 ความเค็ม 30.3 - 35.4 ppt ค่าออกซิเจนละลายน้ำ 4.24 - 6.06 mg/L และความโปร่งใส 2.5 - 3.2 เมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงที่วัดได้เมื่อปี 2529 - 2531 (ศักดิ์สิทธิ์และคณะ, 2530 ; แววดาและคณะ, 2530, 2532) และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน(มาตรฐาน สวล 2534)

4.2 โลหะหนักในน้ำทะเล

4.2.1 ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณเมืองชลบุรีถึงเมืองพัทยาระหว่างเดือนเมษายนถึงสิงหาคม (ตาราง 3.6) พบปรอท แคดเมียมและคอปเปอร์ สูงสุดที่สถานีหน้าอำเภอเมืองชลบุรี เท่ากับ 5.9524 , 7.44 และ 22.67 $\mu\text{g} / \text{L}$ ตามลำดับ และพบสังกะสีสูงสุด 510.20 $\mu\text{g} / \text{L}$ ที่สถานีเกาะลอย ศรีราชา และตะกั่วมีค่าสูงสุด 51.43 $\mu\text{g} / \text{L}$ ที่บริเวณชุมชนบางละมุง

4.2.2 การกระจายชนิดของโลหะในแต่ละสถานี โดยการหาค่าเฉลี่ยในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมดังแสดงในตาราง 3.8 และรูปที่ 3.2 พบว่าแนวโน้มของปริมาณโลหะหนักที่พบสูงสุดเป็นสถานีเดียวกันกับข้อ 4.2.1

4.2.3 ค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำทะเลแต่ละเดือนพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ(ตาราง 3.6) ในเดือนมิถุนายนความเข้มข้นโลหะตะกั่วและสังกะสีสูงสุด ความเข้มข้นโลหะปรอทและคอปเปอร์สูงสุดในเดือนเมษายน และความเข้มข้นของโลหะแคดเมียมสูงสุดในเดือนสิงหาคม ดังแสดงในรูปที่ 3.4

4.2.4 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ในปีก่อน ๆ ในบริเวณที่ใกล้เคียงกันดัง

แสดงในตาราง 4.1 โดยรวมแล้ว แนวโน้มการกระจายความเข้มข้นโลหะแต่ละชนิดคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ $Zn > Cu \sim Pb > Cd > Hg$ และค่ายังคงอยู่ในระดับสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเล ระยอง จันทบุรี ตราด เมื่อพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (สวล 2534) ความเข้มข้นโลหะปรอท ที่สถานีหน้าอำเภอเมืองชลบุรี และโลหะสังกะสีที่สถานีเกาะลอย ศรีราชา และทำเรือน้ำลึกแหลมฉบัง สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โลหะตัวอื่น ๆ แคดเมียม ตะกั่ว คอปเปอร์ โดยเฉลี่ยยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสวล

ตาราง 4.1 ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล (ppb)

สถานี/ปี	Hg	Zn	Cd	Pb	Cu	อ้างอิง
บางปะกง- บางพระ						
2525	nil - 386	2.10 -4830	nil	nil - 32	nil - 25.7	รพีพรและคณะ
2526	nil - 85	nil - 320	nil	nil - 50	nil - 29.4	(2527)
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา - ศรีราชา						
2526	ND	1.16- 64.95	.01 -10.13	nil - 13.44	nil - 19.6	อรพินท์ (2527)
ชายฝั่งทะเล ระยอง จันทบุรี ตราด						
2530	ND	2.70 -49.32	ND	0.20 - 1.82	0.72 -3.99	พัชรา (2531)
เมืองชลบุรี-เมือง พัททยา	.0042 - 5.9542	nd -510.2	nd-7.44	nd-51.43	nd-22.67	this study (2535)
เพื่อการเพาะเลี้ยง	$\neq 1$	$\neq 100$	$\neq 5$	$\neq 50$	$\neq 50$	สวล (2534)

ND = Not determined nd = nondetectable

4.3 โลหะหนักในดินตะกอน

4.3.1 ปริมาณโลหะสังกะสีและแคดเมียมพบสูงสุดที่สถานีท่าเรือน้ำลึกแหลมฉบัง เท่ากับ 243.62 และ 0.27 $\mu\text{g/g dry wt.}$ ตามลำดับ ตะกั่วและคอปเปอร์ ค่าสูงสุด ที่บริเวณชุมชนบางละมุงเท่ากับ 28.8 และ 33.41 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ปรอทพบสูงสุดสถานีหน้าอำเภอเมืองชลบุรี เท่ากับ .0021 $\mu\text{g/g dry wt.}$ (ตาราง 3.7)

4.3.2 การกระจายชนิดของโลหะในแต่ละสถานี โดยการหาค่าเฉลี่ยในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมดังแสดงในตาราง 3.9 และรูปที่ 3.3 พบว่าแนวโน้มของปริมาณโลหะหนักที่พบสูงสุดเป็นสถานีเดียวกันกับข้อ 4.3.1

4.3.3 ค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในดินตะกอนแต่ละเดือนพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติดังแสดงในตาราง 3.8 ในเดือนมิถุนายน ความเข้มข้นของแคดเมียม ตะกั่ว คอปเปอร์ สูงสุด ความเข้มข้นโลหะปรอท สังกะสี ในเดือนเมษายนมีค่าสูงสุด

4.3.4 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ในปีก่อน ๆ ในบริเวณที่ใกล้เคียงกันดังแสดงในตาราง 4.2 แนวโน้มการกระจายความเข้มข้นโลหะแต่ละชนิดคล้ายคลึงกัน

ตาราง 4.2 ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน (ppm)

สถานี/ ปี	Hg	Zn	Cd	Pb	Cu	อ้างอิง
อ่าวไทยตอนบนและชายฝั่งทะเลตะวันออก						
2526	0.01 - 0.11	.39 - 51.3	nil - .47	nil - 18.1	.56 - 13.5	รัชนีกร และ คณะ (2530)
2527	.004 - 0.14	3.40 - 80.1	nil - .83	5.48 - 25.3	1.47 - 3.8	
2528	nil - .114	8.68 - 94.3	.08 - .36	5.18 - 23.8	1.36 - 19.9	
2529	.04 - 0.26	5.26 - 74.3	.06 - .29	7.23 - 22.7	3.29 - 18.9	
บางปะกง - บางพระ						
2525	nil-0.80	2.39-73.3	.05-1.04	2.84-28.8	1.02-20.6	รัชนีกร และ คณะ(2527)
ปากแม่น้ำบางปะกง - บางพระ						
2526	0.01-.14	7.14-85.5	.08-.54	1.93-22.8	2.74-24	รัชนีกร และ คณะ(2527)
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา						
2525-2526	ND	12.19-89.91	ND	3.01-37.0	3.73-17.41	อรพินท์ (2527)
ชายฝั่งทะเล ระยอง จันทบุรี ตราด						
2530	ND	2.63-28.31	ND	1.56-10.47	1.97-5.33	พัชรา (2531)
เมืองชลบุรี-เมือง พัทยา	.07x10 ⁻³ - 2.11x10 ⁻³	6.53 - 243.62	nd - 0.27	1.82 - 29.45	0.72-33.41	this study (2535)

กล่าวคือ $Zn > Cu \sim Pb > Cd > Hg$ และค่ายังคงอยู่ในระดับสูงกว่าชายฝั่งทะเล
ระยอง จันทบุรี ตราด (พัชรา ,2531) และจากการศึกษาครั้งนี้แนวโน้มของสังกะสีใน
ตะกอนสูงขึ้น

4.4 ปริมาณปรอทในหอย

ปริมาณปรอทที่พบในหอยนางรมและหอยแมลงภู่โดยเฉลี่ยพบสูงสุดที่สถานี
อ่างศิลาและแหลมแท่นเมื่อเทียบกับสถานีศรีราชา (ตาราง 3.8) ซึ่งสอดคล้องกับ
ปริมาณปรอทที่พบในน้ำทะเลบริเวณดังกล่าวมีค่าสูง ความเข้มข้นของโลหะปรอทที่
ตรวจพบในหอยนางรม 0.189 - 1.784 $\mu\text{g}/\text{kg}$ wet wt. และหอยแมลงภู่ 0.365 - 0.791
 $\mu\text{g} / \text{kg}$ wet wt. ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับการศึกษาในบริเวณชายฝั่งทะเลบาง
ปะกง - อ่างศิลา (ทวีศักดิ์และคณะ,2530 ; แวตตา, 2532)

4.5 ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน

ปริมาณสารอินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้มีช่วงกว้างมาก 1.17-12.08 % ซึ่งเป็นตัวชี้
บอกลักษณะตะกอนมีลักษณะที่เป็นดินโคลนและดินโคลนปนทราย พบว่าบริเวณ
สถานีหน้าอำเภอเมืองชลบุรี อ่างศิลา หาดบางแสนปริมาณสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง
กว่าบริเวณอื่นที่ทำการศึกษา

4.6 ปริมาณการสะสมโลหะหนัก

ความสามารถในการสะสมโลหะหนักในดินตะกอน โดยพิจารณาจาก
concentration factor (CF) ดังแสดงในตาราง 4.3

ผลจากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่แพร่
กระจายในน้ำทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกจากเมืองชลบุรีถึงพัทยา พบว่า
สถานีหน้าอำเภอเมืองชลบุรี ความเข้มข้นโลหะปรอท แคดเมียม คอปเปอร์ สูงสุด
โลหะสังกะสีและตะกั่วพบสูงสุดที่สถานีเกาะลอย ศรีราชา และบางละมุง ตามลำดับ

ตาราง 4.3 Concentration Factor ของโลหะหนัก ในดินตะกอน

โลหะ	น้ำทะเล (ug/L)	ดินตะกอน (ug/g dry wt)	Concentration factor
Zn	94.81	50.76	535
Cd	1.18	.044	37
Pb	7.24	11.98	1655
Cu	8.72	13.15	1508
Hg	0.3967	.00067	2

CF(concentration Factor) = $\frac{\text{ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินตะกอนหรือสัตว์}}{\text{ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล}}$

เมื่อพิจารณาเพื่อการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง โลหะปรอทและสังกะสียังอยู่ในระดับสูงเกินมาตรฐานสากล

โดยเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักในดินตะกอนสูงกว่าน้ำทะเล ความเข้มข้นโลหะปรอทในดินพบสูงสุดที่สถานีเดียวกันกับที่พบในน้ำทะเลคือหน้าอำเภอเมืองชลบุรี พบสังกะสีและแคดเมียมสูงสุดที่สถานีท่าเรือน้ำลึกแหลมขบ้ง ตะกั่วและคอปเปอร์พบสูงสุดที่สถานีบางละมุง ความสามารถในการสะสมโลหะในดินตะกอนเรียงลำดับดังนี้ $Pb > Cu > Zn > Cd > Hg$ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพัชรา(2531) บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด ซึ่งสรุปว่าความสามารถการสะสมของโลหะตะกั่วในดินตะกอนสูงกว่าโลหะตัวอื่น ๆ

ความเข้มข้นของโลหะปรอทที่ตรวจพบในหอยนางรม และหอยแมลงภู่ที่สถานีอ่างศิลา แหลมแท่น ศรีราชา แนวโน้มลดลงเทียบกับปีที่ผ่านมา (ทวีศักดิ์และ

คณะ, 2530)

เนื่องจากบริเวณที่ศึกษาประชาชนมีอาชีพการประมง มีการเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่ง และมีกิจการท่องเที่ยวอยู่ใกล้พัทยา และในปัจจุบันมีท่าเรือน้ำลึก โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชนที่ใหญ่ขึ้น แม้ว่าในนิคมอุตสาหกรรมจะมีมาตรการการควบคุมก็ตาม แต่ในกิจการเกี่ยวการขนส่งถ่ายสินค้า เป็นการปนเปื้อนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ชุมชนก็จะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ต้องจะควบคุมได้เป็นเพียงบางส่วน ดังนั้นย่อมส่งผลกระทบต่อเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเลได้ในอนาคต และเพื่อเป็นการป้องกันการทำลายบริเวณใกล้ชายฝั่ง จึงน่าจะมีการศึกษาแหล่งที่เป็นสาเหตุของการปนเปื้อน เพื่อสามารถหามาตรการการควบคุมต่อไป

บรรณานุกรม

- กัลยา วัฒนยากร มนุวัตดี หังสพฤกษ์ อรพิน จันทรฝ่องแสง (2531) สรุปผลสัมฤทธิ์ของการสำรวจและวิจัยสภาพระน้ำเสียในน่านน้ำไทย หน้า 141 - 149
- คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2531) การพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก, เอกสารเผยแพร่, เมษายน , 30 หน้า
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534), การกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล งานคุณภาพน้ำชายฝั่ง ฝ่ายคุณภาพน้ำ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ
- ชลัญญา ธารบุปผา และเอนก จุติพิพงษ์กุล (2526) คุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก รายงานวิชาการที่ สจ/26/6 สถานีวิจัยประมงทะเล, 10 หน้า
- ชลัญญา ธารบุปผา และสุวรรณี เงินบำรุง (2525) คุณภาพน้ำทะเลบริเวณแหลมฉบัง รายงานวิชาการที่ สจ/24/9 สถานีวิจัยประมงทะเล, 9 หน้า
- ทวีศักดิ์ บุญยโชติมงคล และคณะ(2530) ปริมาณปรอทในหอยบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนใน ในการสัมมนาครั้งที่ 4 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 245 - 251
- พัชรา เพ็ชรพิรุณ (2531) การแพร่กระจายของโลหะ ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง ในสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่ง จังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 2 ศูนย์พัฒนาประมงชายฝั่งทะเลตะวันออก กรมประมง 22 หน้า
- รัชนิกร บำรุงราชหิรัณย์, วรรณภา จำราช, ชันธ์พงษ์ จริงจิตร (2527) โลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอน ในการสัมมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติหน้า 222-228.
- รัชนิกร บำรุงราชหิรัณย์ วรรณภา จำราช และชันธ์พงษ์ จริงจิตร. (2530) โลหะหนักในน้ำทะเลและดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยตอนบนและชายฝั่งทะเลตะวันออก

อดก 2526-2529, ในการสัมมนาครั้งที่ 4 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพ
ทรัพยากรมีชีวิตรในน่านน้ำไทย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
หน้า 114-129., 130-136

ลัดดาวัลย์ โรจนพรพนทิพย์ ประกาย บริบูรณ์ ทวีศักดิ์ บุญยโชติมงคล ทศนา ศรี
สระหลวง ศิริ ศิวรักษ์ ปริมาณปรอทในสัตว์ทะเล ในการสัมมนาครั้งที่ 4
การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตรในน่านน้ำไทย สำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 233 - 241

วรรณา จ่าราช (2530) ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในการ
สัมมนาครั้งที่ 4 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตรในน่านน้ำ
ไทย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 122 - 129

แววตา ทองระอา, สุพจน์ ฐิติธรรมโม, ระวีวรรณ สังขศิลา และวิไลวรรณ ต้นจ้อย (
2530) การสำรวจคุณภาพของน้ำทะเลบริเวณแหลมฉบัง ในการสัมมนาครั้งที่
4 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตร ในน่านน้ำไทย สำนัก
งานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 122 - 129

แววตา ทองระอา พรทิพย์ ต้นตะวะศาสตร์ ระวีวรรณ สังขศิลาและสุพจน์ ฐิติธรรมโม
(2531) ปริมาณการสะสมของโลหะหนักบางชนิดในหอยนางรมจากฟาร์มเลี้ยง
หอยบริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี, เอกสารงานวิจัยสถาบันวิทยาศาสตร์
ทางทะเล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน

แววตา ทองระอา และคณะ(2531) การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลตาม
โครงการพัฒนาชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก เอกสารงานวิจัยเลขที่ 29/2531
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน , 20
หน้า

ศักดิ์สิทธิ์ ตรีเดช มานิดา อังกุลสวพร และวิจารณ์ สิมายา (2530) คุณภาพน้ำ
ชายฝั่ง ทะเลและการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลในประเทศไทย
ในการสัมมนาครั้งที่ 4 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชี
วิตรในน่านน้ำไทย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 394-404

- สุทธิชัย เตมีย์วัฒน์ และวิจิตร ไรจนภาค (2527) คุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมี และการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน การสัมมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 183-198
- สมภพ รุ่งสุภา (2528) คุณภาพน้ำบริเวณเกาะสีชัง สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์และศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 15 หน้า
- อรพิน จันทรผ่องแสง (2527) การแพร่กระจายของโลหะแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีจากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงศรีราชา ในการสัมมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 352-367
- อำไพ อธิเกษม และคณะ (2524) ผลการวิเคราะห์โลหะปริมาณน้อยในน้ำทะเลและดินตะกอน ในการสัมมนาครั้งที่ 2 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 165 - 179
- APHA, AWWA and WPCF (1989) The Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 17th ed.
- Dean. W. E. Jr (1974) Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *J. Sedim. Petrol.*, **44**, 242-8
- Fowler, S. W. (1990). Critical Review of Selected Heavy Metal and Chlorinated Hydrocarbon Concentrations in the Marine Environment. *Marine Environmental Research.*, **29**, 1- 64.
- Krumgalz, B. S and Fainshtein, G (1991) . Trace Metals and Organic Matter in Nearshore Sediment Cores from the Eastern Mediterranean (Haifa Bay of Israel) *Marine Environmental Research* ., **31** , 1 - 5.