บทที่ 1

บทนำ

การสะสมโลหะในวัฏจักรน้ำ

วัฏจักรของน้ำ (Hydrological cycle) เป็นตัวกลางหนึ่งในการเคลื่อนย้าย (transportation) โลหะมาตั้งแต่วัฏจักรน้ำได้เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกในโลก รูปแบบของโลหะที่มีอยู่ในวัฏจักรน้ำ สามารถจำแนกออกเป็น 2 วัฏภาค คือ วัฏภาคที่ละลายน้ำ (dissolved phase) ประกอบด้วยอิออนของโลหะ หรือสารประกอบโลหะที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งรวมถึงพวกคอลลอยด์(colloid) ที่มีขนาดเล็กกว่า 0.45-0.5 ไมโครเมตร อีกประเภทหนึ่งคือ วัฏภาคของแข็ง (solid phase) ประกอบด้วยสารแขวนลอย (particulate) และตะกอน (sediment) ที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.45-0.5 ไมโครเมตร (Salomon and Forstner, 1984)

เนื่องจากโลหะมีคุณสมบัติในการละลายน้ำ (solubility) ต่ำ (Olsen *et al.*, 1982; Yong *et al.*, 1985 อ้างถึงใน Velinsky *et al.*, 1994) จึงสามารถตกตะกอนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะพีเอช รีดอกซ์ chelating agent และอื่นๆ (Salomon and Forstner, 1984) โลหะยังสามารถเปลี่ยนจากวัฏภาคที่ละลายน้ำไปเป็นวัฏภาคของแข็งด้วยการ adsorption บนพื้นผิวของสารแขวนลอย ซึ่งจะจมตัวทับถมเป็นตะกอนในที่สุด (Bostrom *et al.*, 1974, 1981; Grimanis *et al.*, 1977 อ้างถึงใน Krumgalz and Fainshtein, 1991) ดังนั้น ตะกอนจึงมีบทบาทที่สำคัญยิ่งในการเป็นแหล่งสะสมโลหะที่ชะล้างมาจากพื้นทวีป ในความเข้มข้นสูงกว่าที่มีอยู่ในมวลน้ำเบื้องบนมาก (Chester and Stoner, 1975; Lyon and Fitzerald, 1980; Sabramanian and Mohanachandran, 1990) ปริมาณโลหะในตะกอนสามารถใช้เป็นสิ่งบ่งชี้ (indicator) ถึงประวัติการสะสมที่เกิดขึ้นในอดีต แม้ว่าการปลดปล่อยจะได้หยุดแล้วในปัจจุบัน (Chaw *et al.*, 1973; Bruland *et al.*, 1974; De Groot, 1976 อ้างถึงใน Hilal and Badran, 1990)

การตรวจวิเคราะห์โลหะในตะกอนมีความสำคัญเนื่องจากสามารถบอกถึงภาวะมลพิษที่ไม่สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบได้ในน้ำ ซึ่งมีความเข้มข้นของโลหะในธรรมชาติต่ำอยู่แล้วในหน่วย nanomolar (Windom *et al.*, 1989; Libes, 1992) การวิเคราะห์โลหะในน้ำจึงมีข้อจำกัดที่ต้องใช้เทคนิคและเครื่องมือที่มีความไว (sensitivity) สูง (Libes, 1992)

ความเป็นพิษของโลหะ

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 ภายในคาบที่ 4-7 ของตารางธาตุ คุณสมบัติทางกายภาพของโลหะหนักคือนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีความมัน วาว เหนียว สามารถนำมาตีแผ่เป็นแผ่นบางๆ ได้ และสะท้อนแสงได้ดี ส่วนคุณสมบัติด้านเคมีที่สำคัญของโลหะหนักคือ มีค่าออกซิเดชั่นได้หลายค่า ดังนั้น โลหะหนักจึงสามารถที่จะรวมตัวกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อน(complexing compound) ได้หลายรูปโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ (Lewis, 1993; Sybil, 1994)

โลหะหนักมีศักยภาพสูงในการเกิดพิษ (UNEP, 1982) โดยทั่วไปพบโลหะหนักปรากฏอยู่ในระบบนิเวศน์ (ดิน น้ำ อากาศ และสิ่งมีชีวิต) ในระดับความเข้มข้นต่ำ ซึ่งหากโลหะหนักมีความเข้มข้นเกินกว่าระดับปกติที่มีอยู่ในธรรมชาติแม้แต่เพียงเล็กน้อยแล้ว ก็จะสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในแง่ต่างๆ (Papakostidis *et al.*, 1975) การสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตสามารถจะถ่ายทอดความเป็นพิษเข้าสู่มนุษย์ได้โดยผ่านทางห่วงโซ่อาหาร (food chain)

การพัฒนาด้านอุตสาหกรรมทำให้มีการนำโลหะหนักมาใช้ในกระบวนการผลิตมากขึ้น อาทิ เช่น มีการใช้สารประกอบโลหะหนักบางชนิดในโรงงานอุตสาหกรรมเคมี การใช้โครเมียมในอุตสาหกรรมเคลือบและชุบ อุตสาหกรรมขนาดใหญ่หลายประเภทมีการใช้ทองแดงในกระบวนการทำน้ำหล่อเย็น (cooling water) การใช้ตะกั่วในอุตสาหกรรมพลาสติก สี และหมึกพิมพ์ต่างๆ เป็นต้น (Casarett and Doull, 1975) หากไม่มีการจัดการระบบบำบัดของเสียและมาตรการกำกับควบคุมที่ดีพอแล้ว โลหะหนักเหล่านี้อาจแพร่ออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งในรูปแบบที่เป็นไอหรือควัน รูปแบบที่เป็นสารประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ของโลหะที่เจือปนอยู่ในน้ำทิ้ง หรือกากอุตสาหกรรม และถูกชะล้างพัดพาลงสู่ทะเลในที่สุด

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษา ตรวจสอบ และประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างถูกต้องและชัดเจนว่า การพัฒนาด้านอุตสาหกรรมได้ก่อให้เกิดการปลดปล่อยโลหะหนักเข้าสู่ระบบนิเวศน์ทางทะเลในระดับมากน้อยเท่าใด

พื้นที่ศึกษา

อ่าวระยองมีอาณาเขตตั้งแต่ช่องแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ถึงเขาแหลมหญ้า จังหวัดระยอง ปัจจุบันพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนี้ ได้รับการพัฒนาให้เป็นแหล่งที่ตั้งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และชุมชนขนาดใหญ่ ตามโครงการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ซึ่งรัฐบาลเริ่มวางแผนและปฏิบัติการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 รัฐบาลได้วางแนวทางให้นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเป็นแหล่งที่ตั้งของอุตสาหกรรมสำคัญที่สามารถนำวัตถุดิบจากภายในประเทศ โดยเฉพาะก๊าซธรรมชาติ

ที่มีอยู่แล้วมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด อุตสาหกรรมดังกล่าว ได้แก่ โรงแยกก๊าซ, ปิโตรเคมี, ปุ๋ยเคมี, และอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆเป็นต้น พร้อมนี้ได้จัดสร้างท่าเรือน้ำลึกเพื่อใช้ในการนำเข้าวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมหลักและส่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพื่อการส่งออกด้วย โรงงานแห่งแรกในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเริ่มดำเนินการผลิตเมื่อปี พ.ศ.2532 และท่าเทียบเรือดำเนินการเมื่อปีพ.ศ. 2533 จนถึงปี พ.ศ. 2537 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีโรงงานที่ประกอบกิจการแล้ว 24 โรงงาน และอยู่ในระหว่างการก่อสร้างอีก 9 โรงงาน คาดว่าการประกอบอุตสาหกรรมจะทวีจำนวนขึ้นจนเต็มพื้นที่ 5,030 ไร่ ภายในระยะเวลาอันใกล้ (ภาคผนวก ค.)

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยการศึกษาปริมาณโลหะในตะกอน จำเป็นจะต้องทราบข้อมูลความเข้มข้นเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ซึ่งพบว่ารายละเอียดเกี่ยวกับการวิเคราะห์และแปลผลปริมาณโลหะในตะกอนอย่างเหมาะสมนั้น มีการศึกษากันน้อยมาก ข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในตะกอนของพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ส่วนใหญ่มักจะใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคสกัดล้าง (Acid leaching) (ตารางที่ 1.1) ความแตกต่างในการใช้สารเคมีเพื่อสกัดโลหะ และการอธิบายค่าผลการวิเคราะห์โลหะในตะกอน ทำให้ข้อมูลที่มีอยู่ทั้งในอดีตและปัจจุบันไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้

งานวิจัยครั้งนี้ จึงมีความสนใจศึกษาผลกระทบของการพัฒนาอุตสาหกรรมบริเวณชายฝั่งที่มีต่อการเพิ่มขึ้นของโลหะในทะเล โดยจะทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโลหะที่สะสมอยู่ในตะกอนตามความลึกจากบางบริเวณของอ่าวระยอง ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์อายุตะกอน เพื่อที่จะประเมินว่าความเข้มข้นของโลหะในตะกอนที่มีอายุอยู่ในช่วงเวลาการพัฒนาอุตสาหกรรม มีการเพิ่มขึ้นจากอดีตในระดับเท่าใด

จากปัญหาการปนเปื้อนของโลหะซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนการวิเคราะห์ การศึกษาในครั้งนี้ จึงได้ยืนยันคุณภาพของผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในตะกอน (Quality Assurance) โดยทำการวิเคราะห์สารมาตรฐาน (Standard Reference Material) ควบคู่ไปกับตัวอย่างตะกอนทุกครั้ง ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างมั่นใจ

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการแพร่กระจายของโครเมียม ทองแดง และตะกั่ว ตามความลึกของตะกอนจากบางบริเวณของอ่าวระยอง จำนวน 1 สถานี และจุดเปรียบเทียบจำนวน 1 สถานี พร้อมทั้งศึกษาอัตราการตกตะกอน และหาอายุตะกอนที่ระดับความลึกต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะใน

ตะกอนที่มีอายุอยู่ในช่วงระยะเวลาที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมบริเวณชายฝั่ง กับความเข้มข้นของโลหะที่สะสมอยู่ในตะกอนชั้นล่างว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือไม่

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครเมียม ทองแดง และตะกั่ว ตามลำดับความลึกของตะกอนในบางบริเวณของอ่าวระยอง
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของการพัฒนาอุตสาหกรรมบริเวณชายฝั่ง ที่มีต่อการเพิ่มขึ้นของโครเมียม ทองแดง และตะกั่ว ในทะเล

สมมติฐาน

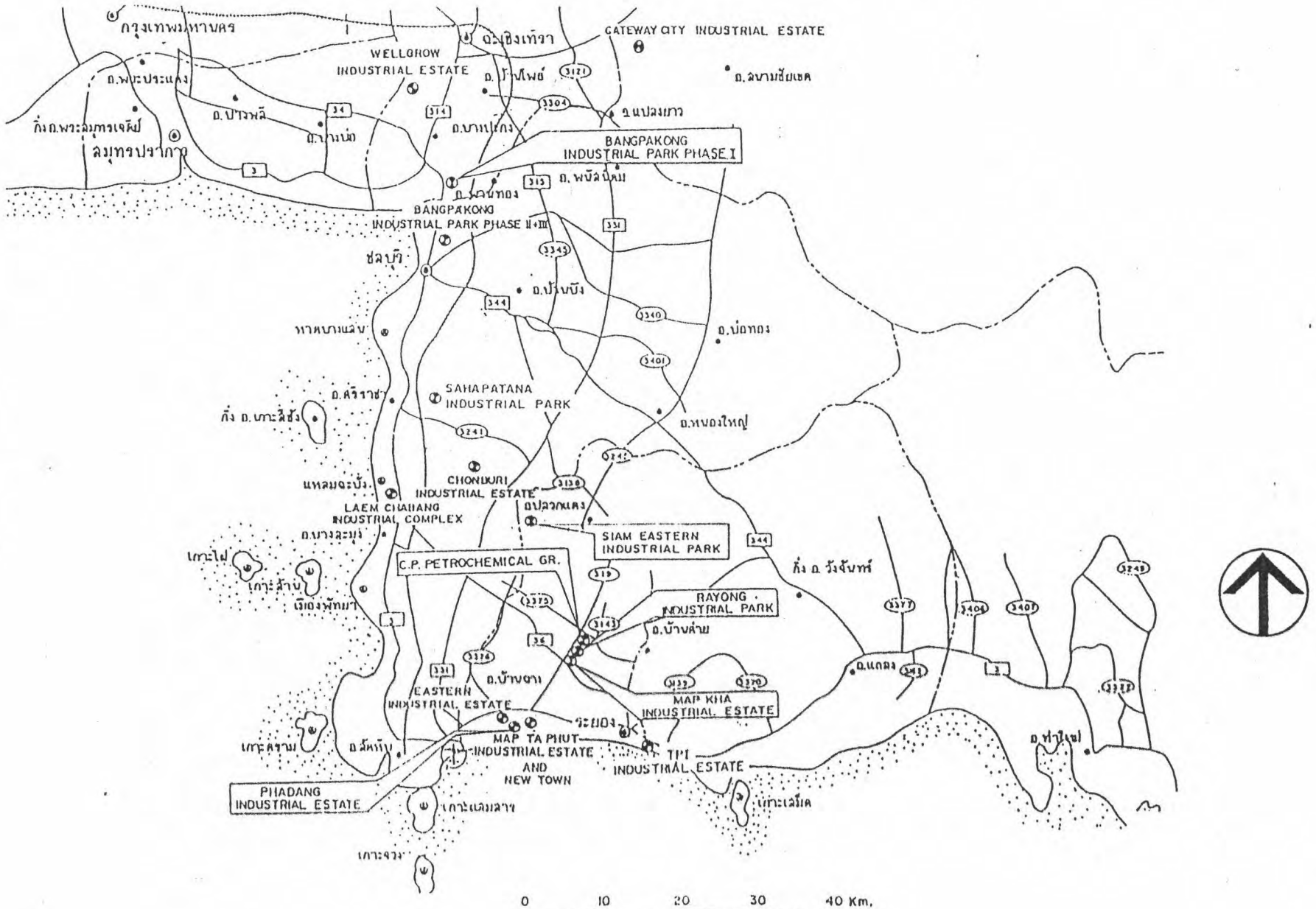
1. การพัฒนาอุตสาหกรรมบริเวณชายฝั่ง อาจจะเป็นสาเหตุการเพิ่มขึ้นของโลหะหนักในทะเล
2. โลหะหนักที่สะสมอยู่ในตะกอนชั้นบน มีปริมาณมากกว่าโลหะหนักที่สะสมอยู่ในตะกอนชั้นล่าง ตามลำดับความลึก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาประวัติการสะสมของโลหะในตะกอนด้วยการวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และแปลผลอย่างเหมาะสม จะทำให้ทราบแนวโน้มภาวะมลพิษของโลหะได้อย่างถูกต้องชัดเจน สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดแนวทางการจัดการสภาพแวดล้อม และเป็นข้อเสนอแนะในการกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากการพัฒนาอุตสาหกรรมบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทยได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ แนวทางการศึกษาครั้งนี้ยังอาจเป็นบรรทัดฐานเพื่อประยุกต์ใช้ในการศึกษาโลหะชนิดอื่นที่สนใจต่อไปได้

ตารางที่ 1.1 ค่าเฉลี่ยและช่วงความเข้มข้นของโลหะในตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ปีที่ศึกษา	บริเวณที่ศึกษา	วิธีการศึกษา	Cr (μg/g)	Cu (μg/g)	Pb (μg/g)	เอกสารอ้างอิง
2520-2524	ชายฝั่ง จ.ระยอง ถึง จ. ตราด	-	-		0.01	เจริญ วัชระรังสี (2524)
2526-2529	อ่าวระยอง	-	-	-	5.18-23.8	คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2530)
2532-2533	อ่าวระยอง	สกัดล้างด้วย 10 ml HNO_3 20 นาที	-	-	6.3-7.2	กรกฎ วิเชษฐพิทยาพงศ์ (2535)
2528-2529	ชายฝั่ง จ. ระยอง จันทบุรี และตราด	สกัดล้างด้วย 10 ml HNO_3 20 นาที (ร่อน 72 ไมครอน)	-	2.42-5.17 (3.72)	1.56-6.99 (4.33)	พัชรา เพ็ชรพิรุณ (2530)
2530	ชายฝั่ง จ. ระยอง จันทบุรี และตราด	สกัดล้างด้วย 10 ml HNO_3 15 นาที	-	1.97-5.33 (3.68)	1.56-10.47 (5.13)	พัชรา เพ็ชรพิรุณ (2531)
2530	อ่าวระยอง	สกัดล้างด้วย 10 ml HNO_3 20 นาที	-	0.26-6.47	0.33-6.82	พัชรา เพ็ชรพิรุณ (2532)



รูปที่ 1.1 แหล่งที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก