บทที่ 4

บทสรุป

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของกระโจมที่ประดิษฐ์ขึ้น พบว่ากระโจมดังกล่าวสามารถใช้งานได้ใกล้เคียงกับกระโจมในเชิงการพาณิชย์ แต่มีราคาถูกกว่ามาก

จากผลการทดลองใช้กระโจมไนโตรเจนขนาด 80 x 60 x 28 นิ้ว ที่ประดิษฐ์ขึ้นเองนี้ พบว่าความดันของก๊าซไนโตรเจนที่เหมาะสมในการไล่ออกซิเจนในกระโจม คือ 1 บาร์ และควรจะปล่อยก๊าซไนโตรเจนเข้าสู่กระโจมเป็นเวลานานประมาณ 30 นาที จึงทำให้สภาวะภายในกระโจมเหมาะที่จะใช้ในการแยกตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอน

ปากคลองอู่ตะเภา (เก็บตัวอย่างในเดือนมีนาคม 2544) น้ำจะมีความเค็มสูงถึง 13 psu ในขณะที่ลึกเข้าไปในคลองน้ำเป็นน้ำจืด มีความเค็ม 0 psu นอกจากนี้แล้วสถานีปากคลองอู่ตะเภายังมีปริมาณออกซิเจนละลาย และ pH สูงกว่าสถานีที่ลึกเข้าไปในคลอง

จากผลการศึกษาหาความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง ในน้ำเหนือตะกอน น้ำระหว่างตะกอน และตะกอน จากคลองอู่ตะเภา พบว่าเทคนิคการวิเคราะห์ที่ใช้ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของโลหะที่มีอยู่ สรุปได้ดังนี้

1. ใช้เทคนิคเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี ในการวิเคราะห์
   - เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในตะกอน
   - เหล็ก และแมงกานีส ในน้ำระหว่างตะกอน
   - เหล็ก และแมงกานีส ในน้ำเหนือตะกอน
2. ใช้เทคนิคแกรไฟต์เฟอแนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี ในการวิเคราะห์
   - ตะกั่ว ในตะกอน
   - ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง ในน้ำระหว่างตะกอน
   - ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง ในน้ำเหนือตะกอน

ช่วงความเข้มข้นของโลหะต่าง ๆ ที่ตรวจพบในน้ำเหนือตะกอน น้ำระหว่างตะกอน และตะกอน แสดงในตาราง 4 – 1

ตาราง 4-1 ช่วงความเข้มข้นของโลหะต่าง ๆ ที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนจากคลองอู่ตะเภา

โลหะ	น้ำเหนือตะกอน	น้ำระหว่างตะกอน	ตะกอน
เหล็ก	0.34 – 9.05 mg/L	0.06 – 34.52 mg/L	16.72 – 41.97 g/kg
แมงกานีส	0.27 – 2.42 mg/L	0.20 – 23.61 mg/L	0.20 – 0.59 g/kg
ตะกั่ว	0.89 – 175.93 µg/L	0.89 – 150.56 µg/L	11.71 – 44.41 mg/Kg
สังกะสี	0.41 – 190.99 µg/L	1.25 – 235.50 µg/L	48.58 – 130.28 mg/Kg
ทองแดง	1.30 – 32.27 µg/L	1.30 – 60.44 µg/L	8.56 – 28.15 mg/Kg

ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง รูปแบบต่าง ๆ ในแต่ละสถานีมีค่าแตกต่างกันไป เนื่องจากผลของปัจจัยทางฟิสิโคเคมิกัล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเคมีของโลหะ จึงทำให้มีการแพร่กระจายของโลหะเหล่านี้ในรูปแบบที่ต่างกันในแต่ละสถานี

<u>เหล็ก</u>

ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำเหนือตะกอนจะมีความเข้มข้นต่ำกว่าในน้ำระหว่างตะกอนบริเวณชั้นบนสุด เนื่องจาก Fe(II) จะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนละลาย กลายเป็น Fe(III) เกิดเป็นตะกอน ทำให้เหล็กละลายเกิดการแยกตัวออกจากมวลน้ำ

ใน 2 สถานีแรกจากปากคลองอู่ตะเภา พบว่าเหล็กจะมีความเข้มข้นสูงสุดที่ระดับ 2 เซนติเมตรแรกของชั้นตะกอน เนื่องมาจากเกิดออกซิไดซ์สารอินทรีย์อย่างรวดเร็วโดยที่มีแบคทีเรียเป็นตัวการ ทำให้ตะกอนเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กลายเป็นเหล็กรูปเฟอรัสและละลายเข้าสู่น้ำระหว่างตะกอน ซึ่งเป็นลักษณะการแพร่กระจายที่พบค่อนข้างทั่วไปในบริเวณอื่น ในที่ลึกลงไปในตะกอนออกซิเจนถูกใช้ไปหมด และเกิดกระบวนการรีดักชันซัลเฟตให้เป็นซัลไฟด์สู่น้ำระหว่างตะกอน ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโลหะเกิดเป็นโลหะซัลไฟด์แยกตัวออกจากมวลน้ำ จึงทำให้ความเข้มข้นเหล็กในน้ำระหว่างตะกอนลดลงอย่างรวดเร็ว ในสถานี 3 (หน้าวัดคูเต่า) เหล็กในน้ำระหว่างตะกอนมีความเข้มข้นน้อยมาก และไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นตามความลึก แสดงว่าเหล็กถูกตรึงไว้ในอยู่ในรูปแบบที่ไม่ละลาย ซึ่งเกิดเนื่องจากการไดอะเจเนซิสหลังการตกตะกอน ยังไม่ถึงภาวะคงที่ (steady state) ในสถานีที่ 4 (หน้าวัดนารังนก) พบว่าความเข้มข้นสูงสุดของเหล็กอยู่ที่ระดับลึกประมาณ 15 เซนติเมตร สถานีนี้อยู่ต่อจากแนวบรรจบของคลองเตยกับคลองอู่ตะเภา ทำให้เกิด

การปะทะกันของมวลน้ำจากคลองทั้งสอง ซึ่งทำให้มีการสะสมของตะกอนท้องน้ำช้าลง จึงทำให้ระดับออกซิกโซน (oxic zone) ในชั้นตะกอนอยู่ที่ระดับลึกกว่าปกติ จึงเห็นระดับที่มีความเข้มข้นสูงสุดของโลหะละลายในน้ำระหว่างตะกอนอยู่ลึกลงไปตามระดับออกซิกโซน เมื่อเปรียบเทียบกับแม่น้ำบางปะกง พบว่าเหล็กในน้ำระหว่างตะกอนจากคลองอู่ตะเภามีระดับความเข้มข้นมากกว่า แต่ระดับความเข้มข้นที่พบนี้อยู่ในระดับค่าใกล้เคียงกับระดับธรรมชาติที่พบในบริเวณอื่น ๆ

สำหรับความเข้มข้นของเหล็กในตะกอนจากคลองอู่ตะเภาไม่พบความแตกต่างกันตามความลึก และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสถานี ทั้งนี้เพราะเป็นระดับที่มีอยู่ในธรรมชาติ ไม่มีการปนเปื้อนมาจากแหล่งอื่น

<u>แมงกานีส</u>

เช่นเดียวกับเหล็ก ความเข้มข้นของแมงกานีสในน้ำเหนือตะกอนมีความเข้มข้นต่ำกว่าในน้ำระหว่างตะกอนบริเวณชั้นบนสุด เนื่องจาก Mn(II) จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น Mn(IV) เกิดเป็นตะกอน แต่กระบวนการออกซิไดซ์ของแมงกานีสโดยออกซิเจนนั้น เกิดขึ้นช้ากว่าเหล็ก รูปแบบการแพร่กระจายของแมงกานีสในน้ำระหว่างตะกอนตามความลึกมีความคล้ายคลึงกับรูปแบบการแพร่กระจายของเหล็ก เนื่องจากแมงกานีสมีพฤติกรรมการรีดักชันสัมพันธ์กันกับพฤติกรรมการรีดักชันของเหล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับแม่น้ำบางปะกงพบว่าแมงกานีสในน้ำระหว่างตะกอนจากคลองอู่ตะเภามีระดับความเข้มข้นมากกว่า แต่อยู่ในระดับค่าใกล้เคียงกับบริเวณอื่น ๆ

การแพร่กระจายความเข้มข้นของแมงกานีสในตะกอนไม่พบความแตกต่างกันตามความลึก และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสถานี ทั้งนี้เพราะเป็นระดับที่มีอยู่ในธรรมชาติ ไม่มีการปนเปื้อนมาจากแหล่งอื่น

<u>ตะกั่ว</u>

ตะกั่วในน้ำระหว่างตะกอนจาก 3 สถานีที่อยู่ในคลองอู่ตะเภา มีความเข้มข้นอยู่ในระดับเดียว (ค่อนไปทางต่ำกว่าเล็กน้อย) กับน้ำระหว่างตะกอนในแม่น้ำบางปะกง แต่สถานีปากคลองอู่ตะเภาซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเค็มประมาณ 13 psu กลับมีความเข้มข้นของตะกั่วมากกว่าถึง 10 เท่า เนื่องจากในบริเวณที่ซึ่งมีความเค็มมากขึ้น ตะกั่วจะมีแนวโน้มที่จะอยู่ในรูปแบบละลายมากกว่า แม้ว่าไอออนของโลหะจะมีแนวโน้มที่จะตกตะกอนร่วม (co-precipitation) กับเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ (ซึ่งเห็นได้จากรูปแบบการแพร่กระจายของตะกั่วในน้ำระหว่างตะกอนตามความลึกสอดคล้องกับรูปแบบการแพร่กระจายของเหล็กและแมงกานีส) ทำให้ความเข้มข้นของโลหะในรูปแบบละลายลดลง แต่กรณีนี้จะมีอิทธิพลมากเมื่อความเค็มค่อนข้างสูง คือ ประมาณ >20 psu ใน

บริเวณที่มีความเค็มเพียง 13 psu กระบวนการ desorption จึงมีบทบาทเด่นอยู่ ทำให้ความเข้มข้นของตะกั่วในบริเวณปากคลองอู่ตะเภาจึงมีค่าสูงโดยเฉพาะที่ระดับผิวหน้าตะกอน

ความเข้มข้นของตะกั่วในตะกอนเทียบกับบริเวณอื่น ๆ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับตะกอนจากบริเวณที่ไม่มีการปนเปื้อน ดังนั้นความเข้มข้นตะกั่วในคลองอู่ตะเภานี้จึงอยู่ในระดับธรรมชาติ ยังไม่ได้มีการปนเปื้อนมากนัก

สังกะสี

ความเข้มข้นสังกะสีที่พบในน้ำระหว่างตะกอนในปากคลองอู่ตะเภามากกว่าในสถานีลึกเข้าไปในคลองประมาณ 2 – 4 เท่า โดยรูปแบบการแพร่กระจายความเข้มข้นตามความลึกของสถานีปากคลองจะค่อนข้างคงที่ตามความลึก ขณะที่สถานี 2 และ 3 รูปแบบการแพร่กระจายมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ส่วนในสถานี 4 ก็มีแนวโน้มที่ลดลงตามความลึกเช่นกัน แต่ไม่ชัดเจนนัก

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสังกะสีในตะกอนตามความลึกในแต่ละสถานีไม่ชัดเจนนัก อย่างไรก็ดีตะกอนบริเวณผิวหน้าของบางคอร์มีแนวโน้มว่าสูงกว่าตะกอนด้านล่างเล็กน้อย ความเข้มข้นของสังกะสีในตะกอนจากคลองอู่ตะเภา มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับตะกอนจากบริเวณที่ไม่มีการปนเปื้อน ดังนั้นความเข้มข้นของสังกะสีทั้งหมดที่ตรวจพบในตะกอนจากคลองอู่ตะเภานี้อยู่ในระดับธรรมชาติ ยังไม่ได้มีการปนเปื้อนมากนัก

ทองแดง

ทองแดงมีแนวโน้มการแพร่กระจายความเข้มข้นในน้ำระหว่างตะกอนในรูปแบบลดลงตามความลึก ความเข้มข้นของทองแดงในน้ำระหว่างตะกอนบริเวณผิวหน้าสูงกว่าในระดับที่ลึกลงไป เนื่องจากบริเวณผิวหน้าเป็นชั้นที่มีการถ่ายเทออกซิเจนมาจากมวลน้ำ กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้เกิดการปลดปล่อยทองแดงจาก biogenic particles ออกสู่น้ำระหว่างตะกอน ซึ่งทองแดงในน้ำระหว่างตะกอนส่วนนี้จะถ่ายเทไปมากับน้ำเหนือตะกอนได้ การที่น้ำเหนือตะกอนในสถานี 1 (ความเค็ม 13 psu) และน้ำระหว่างตะกอน (โดยเฉพาะบริเวณผิวหน้าตะกอน) มีความเข้มข้นของทองแดงสูงกว่าสถานีอื่นมาก เนื่องจากทองแดงจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับคลอไรด์ซึ่งละลายน้ำได้ดี ความเข้มข้นของทองแดงในน้ำระหว่างตะกอนจากงานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่าที่พบในแม่น้ำบางปะกง แต่อยู่ในช่วงเดียวกับบริเวณอื่น ๆ

ความเข้มข้นของทองแดงในตะกอนจากทั้ง 4 สถานี ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นตามความลึก ยกเว้นสถานี 4 ซึ่งไม่ชัดเจนนัก