บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสารอาหารปริมาณน้อย 4 ชนิด ในน้ำระหว่างตะกอน คือ ไนไตรต์ ไนเตรต แอมโมเนีย และฟอสเฟต โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ยี่ห้อ ChemLab Instrument Ltd. รุ่น CPP15SB ซึ่งใช้เทคนิคการไหลอย่างต่อเนื่อง แล้ววัดการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์สารอาหารแต่ละตัวใช้ระบบการไหลต่างกัน โดยการวิเคราะห์ไนไตรต์และไนเตรตใช้ TON (Total oxidizable nitrogen) Analysis Cartridge รุ่น CW2-066-24 ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 การวิเคราะห์แอมโมเนียใช้ Ammonia Analysis Cartridge รุ่น CW2-008-11 และการวิเคราะห์ฟอสเฟตใช้ Phosphate Analysis Cartridge รุ่น CW2-075-01 ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์สำหรับสารอาหารแต่ละชนิดเป็นดังนี้

- สำหรับออกซิไดซ์ไนโตรเจนรวม เวลาที่เหมาะสมสำหรับดูดสารตัวอย่าง คือ 60 วินาที แล้วทำการล้างสารตัวอย่างออกจากระบบ โดยการสลับน้ำดีไอออไนซ์สลับกับสารตัวอย่างบนถาดตัวอย่าง สำหรับความเข้มข้นของรีดิวซิงค์เอเจนต์ (คอปเปอร์ไฮดราซีน) ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ไนเตรต คือ 1.2 g/L
- สำหรับแอมโมเนีย เวลาที่เหมาะสมสำหรับดูดสารตัวอย่าง คือ 30 วินาที และทำการล้างระบบด้วยวิธีเดียวกับการิเคราะห์ TON
- สำหรับฟอสเฟต เวลาที่เหมาะสมสำหรับดูดสารตัวอย่าง คือ 40 วินาที ทำการล้างระบบด้วยวิธีเดียวกับการิเคราะห์ TON และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ฟอสเฟต คือ 85 องศาเซลเซียส

ขีดจำกัดการตรวจวัดของไนไตรต์ ไนเตรต แอมโมเนีย และฟอสเฟต คือ 1.43, 5.71, 10.00 และ 0.62 μmol/L ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของไนไตรต์ ไนเตรต แอมโมเนีย และฟอสเฟต ที่ให้ช่วงความเป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์ อยู่ระหว่าง 1.8 - 1428.6, 7.1 - 1428.6, 17.8 - 3571.4 และ 0.8-968.7 μmol/L ตามลำดับ

ผลการศึกษาความแตกต่างระหว่างการเตรียมตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอนในกระโจมและนอกกระโจมไนโตรเจน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการศึกษาแอมโมเนียที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ฟอสเฟตจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ส่วนไนไตรต์และไนเตรตไม่สามารถทราบได้เพราะว่าปริมาณที่มีอยู่ในตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าขีดความสามารถในการตรวจวัด

จากการศึกษาสารอาหารปริมาณน้อยทั้ง 4 ชนิดในน้ำเหนือตะกอนและน้ำระหว่างตะกอนบริเวณปากคลองอู่ตะเภาในทะเลสาบสงขลาลึกเข้ามาในคลองอู่ตะเภาประมาณ 10 กิโลเมตร โดยแบ่งสถานีเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 สถานี คือ สถานี U1 บริเวณปากคลองอู่ตะเภาในทะเลสาบสงขลา สถานี U2 บริเวณวัดท่าเมรุ สถานี U3 บริเวณวัดคูเต่า และสถานี U4 บริเวณวัดนารังนก โดยเก็บตัวอย่างด้วยคอร์แบบกดสถานีละ 2 คอร์ โดยเตรียมตัวอย่างในกระโจมภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน สรุปผลได้ว่า

ไนไตรต์และไนเตรตในน้ำเหนือตะกอน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง <1.43–12.14 และ 11.43-94.29 ไมโครโมลต่อลิตร โดยปริมาณไนเตรตในน้ำเหนือตะกอน ที่สถานี U3 (วัดคูเต่า) และ U4 (วัดนารังนก) มีค่าใกล้เคียงกัน และมากกว่าที่สถานี U2 บริเวณสถานี U1 พบไนเตรตในปริมาณน้อยกว่าบริเวณอื่น น่าจะเกิดจากใช้ไปของสาหร่ายขนาดใหญ่ แล้วรีดิวซ์ไนเตรตไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของค่าแอมโมเนียในน้ำเหนือตะกอนของสถานีเดียวกัน ส่วนไนเตรตในน้ำระหว่างตะกอนมีค่าน้อยมาก พบเพียงคอร์เดียวในสถานี U2 ที่ระดับผิวหน้าตะกอน และก็มีปริมาณน้อยกว่าในน้ำเหนือตะกอน การลดลงของไนเตรตในน้ำระหว่างตะกอนอาจเกิดจากขบวนการดีไนตริฟิเคชัน

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเหนือตะกอนในคลองอู่ตะเภาอยู่ในช่วง 31-140 ไมโครโมลต่อลิตร โดยบริเวณ U3 และ U4 พบแอมโมเนียน้อยกว่าบริเวณ U1 และ U2 ซึ่งในบริเวณนี้มีการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายมาก (เป็นช่วงเวลาประมาณเที่ยงวัน) ทำให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มสูงขึ้นเกินกว่าค่าอิ่มตัวการละลาย โดยสาหร่ายนำไนเตรตไปใช้ แล้วรีดิวซ์ไปเป็นแอมโมเนีย แต่การที่มีออกซิเจนละลายเพิ่มมากขึ้นก็จะออกซิไดซ์แอมโมเนียกลับไปเป็นไนเตรต ดังนั้นแอมโมเนียในน้ำบริเวณนี้จึงขึ้นกับสมดุลของปฏิกิริยาทั้งสอง ส่วนการกระจายของแอมโมเนียในน้ำระหว่างตะกอนตามความลึกที่ U1 พบว่ามีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งอาจจะเกิดจากกระบวนการออกซิเดชันของสารอินทรีย์โดยซัลเฟตไอออน (ซึ่งมีมากขึ้นเมื่อน้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้น) ทำให้เกิดแอมโมเนีย จนมีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 6 เซนติเมตร จากนั้นจะมีความเข้มข้นลดลง ส่วนลักษณะการกระจายความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำระหว่างตะกอนตามความลึกในตะกอนของสถานี U2 พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำระหว่างตะกอนที่ระดับผิวตะกอนมีค่าน้อยกว่าในที่ลึกลงไป โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งอาจเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ในสภาวะขาดแคลนออกซิเจนโดยอาศัยแบคทีเรีย ทำให้เกิดแอมโมเนีย สำหรับความ

เข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำระหว่างตะกอนของสถานี U3 และ U4 มีค่าต่ำกว่าใน U1 และ U2 โดยสถานี U3 ความเข้มข้นของแอมโมเนียมีค่าไม่ต่างกันในแต่ละระดับความลึก ขณะที่ U4 มีอยู่หนึ่งคอร์ที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามความลึกและมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมีความลึกตั้งแต่12 เซนติเมตรลงไป

ปริมาณฟอสเฟตในน้ำเหนือตะกอนในคลองอู่ตะเภาอยู่ในช่วงความเข้มข้น <0.62 - 4.38 ไมโครโมลต่อลิตร โดยมีความเข้มข้นใกล้เคียงกันในทั้ง 4 สถานี ฟอสเฟตในน้ำระหว่างตะกอนอยู่ในช่วง <0.62 - 57.19 ไมโครโมลต่อลิตร การกระจายความเข้มข้นตามความลึกของฟอสเฟตในน้ำระหว่างตะกอน พบว่าเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยสถานี U1, U2 และ U3 ฟอสเฟตมีค่าค่อนข้างคงที่ ถึงระดับความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อยิ่งลึกลงไป การที่ฟอสเฟตในน้ำระหว่างตะกอนบริเวณชั้นบนมีความเข้มข้นต่ำกว่าข้างล่าง เพราะว่าฟอสเฟตจับกับเหล็กออกไซด์ ซึ่งตกตะกอนออกมาเมื่อออกซิเจนและความเค็มแทรกซึมลงไป ในขณะที่ความลึกมากขึ้น ขาดแคลนออกซิเจนมาก ๆ เหล็กออกไซด์จะถูกรีดิวซ์ และปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาสู่น้ำระหว่างตะกอน ความเข้มข้นจึงสูงขึ้น ส่วนสถานี U4 นั้นความเข้มข้นของฟอสเฟตที่บริเวณผิวหน้าตะกอนจะมีค่าสูงขึ้นที่ระดับลึก 1-2 ซม และจะลดลงไปจนถึงที่ระดับลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร แล้วจึงจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอีก อย่างไรก็ดีความเข้มข้นของฟอสเฟตและรูปแบบการแพร่กระจายในน้ำระหว่างตะกอนจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

ระดับความเข้มข้นสารอินทรีย์ในตะกอนตามระดับความลึกของทุกสถานีมีค่าไม่ค่อยต่างกัน ยกเว้นเพียงคอร์เดียวของสถานี U4 อาจเนื่องมาจากอัตราการตกตะกอนในบริเวณนี้ค่อนข้างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการแปรปรวนของกระแสน้ำ เนื่องจากเป็นบริเวณที่คลองอู่ตะเภามาบรรจบกับคลองเตย ส่วนที่ U3 ปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนมีค่าคงที่ตามความลึก แต่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ซึ่งอาจจะเกิดเนื่องจากอัตราการตกตะกอนที่ไม่เท่ากันของจุดเก็บคอร์ทั้งสอง หรืออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ต่างกัน

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารอาหารในน้ำระหว่างตะกอนตามระดับความลึก พบว่าในบริเวณออกซิกโซน (oxic zone) ซึ่งหมายถึงบริเวณที่ปริมาณออกซิเจนละลายพอมีอยู่ แต่สภาวะรีดิวซ์ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เหล็กออกไซด์จึงละลายออกสู่น้ำระหว่างตะกอน ดังนั้นเมื่อความลึกเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณของเหล็กเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันฟอสเฟตก็จะเพิ่มขึ้นเพราะว่าถูกปลดปล่อยออกมา แอมโมเนียก็เพิ่มขึ้นด้วยเนื่องมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ จนกระทั่งถึงบริเวณที่เป็นทรานซิชันโซน (transition zone) ปริมาณของสารทั้งสามก็จะค่อยลดลงตามความลึก เนื่องจากเหล็กจับตัวแอนไอออนที่มีในน้ำระหว่างตะกอน เกิดการตก

ตะกอนของเหล็กออกจากน้ำระหว่างตะกอน อย่างไรก็ดีรูปแบบการแพร่กระจายของสารทั้งสามที่แตกต่างออกไป อาจจะเกิดเนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น บริเวณออกซิกโซน อาจจะเกิดการแพร่เข้าหรือออกของสารอาหารและสารอื่น ระหว่างน้ำระหว่างตะกอนกับน้ำเหนือตะกอน ส่วนในที่ลึกลงไปซึ่งมีสภาวะรีดิวซ์มากปฏิกิริยารีดักชันของโลหะกับแอนไอออนที่มีอยู่ในน้ำระหว่างตะกอนยังไม่สามารถอธิบายได้ในรายละเอียด ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไปอีก

ในการศึกษาว่าไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัด เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนมวลของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในน้ำเหนือตะกอนที่ได้ในคลองอู่ตะเภาเอสทูรี เพื่อพิจารณาปัจจัยการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต พบว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดในทุกสถานี

การศึกษาในครั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการอธิบายผลทางสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติของสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำระหว่างตะกอน ซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารปริมาณน้อยสำหรับสิ่งมีชีวิตผู้ผลิตขั้นต้น (primary producer) ที่สำคัญแหล่งหนึ่ง โดยส่วนหนึ่งเป็นพวกพืชที่รากสามารถดูดสารอาหารในน้ำระหว่างตะกอนไปใช้ได้โดยตรง อีกส่วนหนึ่ง คือ การแพร่จากน้ำระหว่างตะกอนไปยังมวลน้ำ ซึ่งสิ่งมีชีวิตผู้ผลิตขั้นต้นสามารถนำไปใช้ได้ การอธิบายแนวโน้มการกระจายตัวของสารอาหารแต่ละชนิดที่สมบูรณ์ ควรมีการศึกษาต่อเนื่องเพิ่มเติมต่อไป และศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อปริมาณสารอาหารในน้ำระหว่างตะกอน เช่น ซัลเฟต ซัลไฟด์ คาร์บอเนต ศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ เป็นต้น