# บทที่ 7

## สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ

### 7.1 การกระจายของธาตุอาหารในน้ำ

จากการศึกษาการกระจายของธาตุอาหารประเภทไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซิลิเคต บริเวณเอสทูรีของแม่น้ำท่าจีน ในฤดูน้ำน้อย และ น้ำหลาก พบว่า

ธาตุอาหารประเภทไนโตรเจน มีอินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ในปริมาณที่มากที่สุด ส่วนอนินทรีย์ไนโตรเจนที่มีมากที่สุด คือ ไนเตรต (แต่ยังต่ำกว่าระดับมาตรฐานที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ คือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร) รองลงมา คือ แอมโมเนีย (ต่ำกว่าระดับมาตรฐานที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ คือ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) และ ไนไตรท์ (มีปริมาณสูงกว่าแม่น้ำสายหลักอื่นๆในประเทศไทย)

ธาตุอาหารประเภทฟอสฟอรัส พบว่า อินทรีย์ฟอสฟอรัสมีปริมาณมากกว่าฟอสเฟต (อนินทรีย์ฟอสฟอรัส) และ ฟอสเฟต มีปริมาณสูงมาก (โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูน้ำน้อย) เมื่อเปรียบเทียบกับแม่น้ำสายหลักอื่นๆ ในประเทศไทย

ธาตุอาหารประเภทซิลิเคต ในฤดูน้ำหลากมีปริมาณมากกว่าในฤดูน้ำน้อยเล็กน้อย และบริเวณต้นเอสทูรีมีซิลิเคตมากกว่าบริเวณปลายเอสทูรี

เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง N : P ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 : 1 (ในฤดูน้ำน้อย) และ 8 : 1 (ในฤดูน้ำหลาก) พบว่า ไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด ในบริเวณเอสทูรีแห่งนี้ และเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของน้ำโดยทั่วไปแล้ว พบว่า ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ในการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำมาก (โดยเฉพาะน้ำทิ้งที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ จนทำให้คุณภาพน้ำอยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรมตลอดทั้งสองฤดูกาล

## 7.2 ปริมาณร้อยละของธาตุอาหารประเภทไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสในน้ำ

จากการเปรียบเทียบร้อยละของไนโตรเจนส่วนที่ละลายน้ำ และ ส่วนที่แขวนลอย กับไนโตรเจนรวมทั้งหมดในน้ำ (ไนโตรเจนรวมทั้งหมดที่ละลายน้ำ + ไนโตรเจนรวมทั้งหมดที่แขวนลอย) พบว่า ในฤดูน้ำน้อย และ น้ำหลาก มีอินทรีย์ไนโตรเจนส่วนที่แขวนลอยมากที่สุด (62 และ 73 % ตามลำดับ) อนินทรีย์ไนโตรเจน และ อินทรีย์ไนโตรเจนส่วนที่ละลายน้ำในฤดูน้ำน้อย มีปริมาณใกล้เคียงกัน (18 %) ส่วนในฤดูน้ำหลาก อินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำมีประมาณ 26 % ซึ่งมากกว่าอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (3.5 %)

และจากการเปรียบเทียบร้อยละของฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำ และ ส่วนที่แขวนลอยกับฟอสฟอรัสรวมทั้งหมดในน้ำ (ฟอสฟอรัสรวมทั้งหมดที่ละลายน้ำ + ฟอสฟอรัสรวมทั้งหมดที่แขวนลอย) พบว่า ในฤดูน้ำน้อย อินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่แขวนลอยมีมากที่สุด (84.6 %) รองลงมา คือ อินทรีย์ และ อนินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำ (9.6 % และ 5.6 % ตามลำดับ) ฟอสเฟตส่วนที่แขวนลอยมีน้อยที่สุด (0.1 %)

ส่วนในฤดูน้ำหลาก อินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำมีมากที่สุด ประมาณ 46 % รองลงมา คือ อินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่แขวนลอย 39 % และ ฟอสเฟตสวนที่แขวนลอยมีปริมาณน้อยที่สุด (0.4 %)

## 7.3 พฤติกรรมของธาตุอาหารในน้ำ

### 7.3.1 พฤติกรรมของธาตุอาหารในน้ำในฤดูน้ำน้อย

จากการศึกษาพฤติกรรมของธาตุอาหารประเภท ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ ซิลิเคต บริเวณเอสทูรีของแม่น้ำท่าจีน ในฤดูน้ำน้อย พบว่า

แอมโมเนีย ฟอสเฟต และ ซิลิเคต ส่วนที่ละลายน้ำ มีพฤติกรรมแบบอนุรักษ์ ส่วนไนไตรท์ ไนเตรต อินทรีย์ไนโตรเจน และ อินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำ มีพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์

ธาตุอาหารส่วนที่แขวนลอยทุกตัวมีพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์

7.3.2 พฤติกรรมของธาตุอาหารในฤดูน้ำหลาก

แอมโมเนีย และ ไนเตรต - ไนโตรเจนส่วนที่ละลายน้ำมีพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์ ไนไตรท์ ฟอสเฟต ซิลิเคต อินทรีย์ไนโตรเจน และ อินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำ มีพฤติกรรมแบบอนุรักษ์

ธาตุอาหารส่วนที่แขวนลอยทุกตัวมีพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์

7.4 การกระจายของธาตุอาหารในดินตะกอน

ดินตะกอนบริเวณเอสทูรีของแม่น้ำท่าจีน มีลักษณะเนื้อดินตะกอน แบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ sandy loam, sandy clay loam , clay loam และ clay ซึ่งลักษณะดินตะกอนส่วนใหญ่เป็นแบบ clay

จากการศึกษาเปรียบเทียบการกระจายของธาตุอาหารประเภทไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินตะกอน ในฤดูน้ำน้อย กับ น้ำหลาก และ เปรียบเทียบระหว่างบริเวณต้นเอสทูรีกับ ปลายเอสทูรี พบว่า

ไนไตรท์ ไนเตรต อินทรีย์ไนโตรเจน และ อินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินตะกอน ไม่มีความแตกต่างกันตามฤดูกาล และ สถานที่

แอมโมเนีย - ไนโตรเจนในดินตะกอน ในฤดูน้ำน้อยมีปริมาณมากกว่าฤดูน้ำหลากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แต่ไม่มีความแตกต่างกันตามสถานที่

ฟอสเฟตในดินตะกอน ไม่มีความแตกต่างกันตามฤดูกาล เมื่อเทียบระหว่างบริเวณต้นเอสทูรี กับ ปลายเอสทูรี พบว่า ดินตะกอนบริเวณปลายเอสทูรีมีปริมาณฟอสเฟตมากกว่าบริเวณต้นเอสทูรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0. 1

เปรียบเทียบการสะสมไนโตรเจนรูปแบบต่างๆ ในฤดูน้ำน้อย และ น้ำหลาก พบว่า อินทรีย์ไนโตรเจนมีการสะสมมากที่สุด (ประมาณ 75 % และ 99 % ของปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมด ตามลำดับ) รองลงมา คือ แอมโมเนีย (ประมาณ 25 % และ 3 % ของปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมด ตามลำดับ) ไนเตรต (ประมาณ 0.1 % ของปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมด) และ ไนไตรท์ (ประมาณ 0.01 % ของปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมด)

ส่วนธาตุอาหารประเภทฟอสฟอรัส พบว่า ฟอสเฟต (อนินทรีย์ฟอสฟอรัส) มีการสะสมมากที่สุดประมาณ 55 % และ 64 % ของปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด ตามลำดับ และอินทรีย์ฟอสฟอรัสมีการสะสมประมาณ 45 % และ 36 % ของปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด ตามลำดับ

## 7.5 การกระจายของฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ ในดินตะกอน

จากการศึกษาเปรียบเทียบการกระจายของฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ ในดินตะกอนบริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน ในฤดูน้ำน้อย กับ น้ำหลาก และ เปรียบเทียบระหว่างบริเวณต้นเอสทูรี กับ ปลายเอสทูรี พบว่า

อนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับบนผิวของดินตะกอน อินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ยึดติดกับเหล็กและอลูมิเนียม อนินทรีย์ และ อินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ยึดติดกับแคลเซียมในดินตะกอน และ ฟอสฟอรัสส่วนที่เหลือ ไม่มีความแตกต่างกันตามฤดูกาล และ สถานที่

อนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ยึดติดกับเหล็ก และ อลูมิเนียมในดินตะกอน ไม่มีความแตกต่างกันตามฤดูกาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบริเวณต้นเอสทูรี กับ ปลายเอสทูรี พบว่า อนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ยึดติดกับเหล็ก และ อลูมิเนียมในดินตะกอนในบริเวณต้นเอสทูรีมีมากกว่าบริเวณปลายเอสทูรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

และจากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ ในดินตะกอน ในฤดูน้ำน้อย และน้ำหลาก พบว่า ฟอสฟอรัสที่ถูกสกัดออกมามากที่สุด คือ อนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ยึดติดกับเหล็ก และอลูมิเนียม (ประมาณ 48 % ของปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด) รองลงมา คือ อินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ยึดติดกับเหล็ก และ อลูมิเนียม (ประมาณ 21 % ของปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด) อนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ยึดติดกับแคลเซียม (ประมาณ 16 % ของปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด) ฟอสฟอรัสส่วนที่เหลือในรูปอินทรีย์ (ประมาณ 10 % ของปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด) อินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ยึดติดกับแคลเซียม (ประมาณ 6 % ของปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด) และ อนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับบนผิวของดินตะกอน (ประมาณ 1 % ของปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด)

## 7.6 การปลดปล่อยของฟอสฟอรัสจากดินตะกอนบริเวณเอสทูรีในสภาพไร้อากาศ

ในการศึกษาการปลดปล่อยของฟอสฟอรัสจากดินตะกอนบริเวณเอสทูรีของแม่น้ำท่าจีน ในสภาพไร้อากาศ ทั้งสองครั้ง โดยเฉพาะฟอสเฟต (ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีความสำคัญอย่างมากต่อระบบนิเวศน์ทางน้ำในแง่ของการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืช และ สัตว์) พบว่า การปลดปล่อยของฟอสเฟตเกิดได้ดี ในสภาพที่ไร้อากาศ เนื่องจากการเปลี่ยนรูปแบบของเหล็กในดินตะกอน ทำให้ฟอสเฟตถูกปล่อยออกมาได้ ในกรณีที่เติมสารยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย ($HgCl_2$) ลงในดินตะกอน จะมีฟอสเฟตถูกปลดปล่อยออกมาน้อยกว่าสภาวะปกติ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแบคทีเรียในการ recycling ธาตุอาหารฟอสฟอรัสให้กลับคืนสู่แหล่งน้ำ นอกเหนือจากกระบวนการทางเคมี โดยมีอัตราการ remineralization ภายใต้สภาพการทดลอง อยู่ในช่วง 4.62 - 395.74 $\mu mol/m^2.d$ และ biological recycling อยู่ในช่วง 3.26 - 62.88 $\mu mol/m^2.d$

ข้อเสนอแนะ

(1) ควรศึกษาผลทางด้านชีวภาพ เช่น หาชนิด และ ความหลากหลายของสัตว์หน้าดิน แพลงค์ตอนสัตว์ หรือ แบคทีเรีย ควบคู่กับผลทางเคมี และ กายภาพ เพื่อจะได้อธิบายพฤติกรรมของธาตุอาหารต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

(2) ในการสกัดฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆในดินตะกอน ควรวิเคราะห์หาปริมาณของเหล็ก อลูมิเนียม และ แคลเซียม โดยวิธีของอะตอมมิคแอบซอร์บชันสเปคโตสโคปี ด้วย

(3) ในการศึกษาการปลดปล่อยของฟอสฟอรัสจากดินตะกอนในสภาพไร้อากาศ ควรทำการสกัดฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ ก่อน และ หลังการทดลอง เพื่อจะได้ทราบว่า ฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆ มีการปลดปล่อยออกมาจากดินตะกอนมากน้อยเพียงใดในสภาพไร้อากาศ

(4) ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบการทดลองแบบมีการรบกวนดินตะกอน และ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการปลดปล่อยของฟอสฟอรัสจากดินตะกอนในสภาพที่ไร้อากาศด้วย