



บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญ

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายหลักที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชนทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา นครนายกและปราจีนบุรี ประชาชนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ได้ใช้ประโยชน์จากแม่น้ำในกิจกรรมต่างๆ ได้แก่เพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร ฟาร์มปศุสัตว์ การประมง เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อุตสาหกรรมและการคมนาคมขนส่ง ในขณะที่เดียวกับการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำก็ไม่ได้รับการควบคุมอย่างดีพอ ถึงแม้ว่ารัฐบาลจะได้กำหนดมาตรการในการวางแผนการจัดการแล้วก็ตาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แหล่งน้ำรองรับน้ำเสียและของเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ดังกล่าว จึงเป็นเหตุให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเสื่อมโทรมลง นอกจากนี้แล้วพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทราซึ่งเป็นจังหวัดที่แม่น้ำบางปะกงไหลผ่านยังได้ถูกกำหนดให้มีการพัฒนาทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ในโครงการพัฒนาชายฝั่งทะเลตะวันออก (Eastern Seaboard Development Project) ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 พ.ศ. 2530-2534 ซึ่งจากแนวโน้มของการพัฒนาดังกล่าวคาดว่าจะมีผลให้จำนวนประชากรและกิจกรรมประเภทต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งเพิ่มขึ้น ดังนั้นความต้องการในการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำรวมทั้งการระบายของเสียลงสู่แหล่งน้ำก็จะมีมากขึ้นด้วยตามลำดับ

สารประกอบพวกธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะถูกปล่อยทิ้งออกมา กับน้ำและของเสียจากชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำ เช่น จากการชำระล้างสิ่งสกปรกต่างๆ การทิ้งเศษอาหาร ขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูล ซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ การขับถ่ายของเสีย ซึ่งเป็นแหล่งปล่อยทิ้งสารประกอบไนโตรเจนพวกยูเรีย แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท การใช้สารชักฟอกที่มีสารประกอบพวกฟอสเฟตผสมอยู่ เป็นต้น นอกจากนี้แล้วจะเชิงเทรายังเป็นจังหวัดที่มีการทำฟาร์มสุกรและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากขึ้นด้วย มีการระบายน้ำทิ้งและของเสียลงแหล่งน้ำเช่นกัน พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงใน 3 จังหวัด ได้แก่ ฉะเชิงเทรา นครนายก และปราจีนบุรี ยังถูกใช้เป็นพื้นที่การเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำนา สวนผลไม้ ดังนั้นน้ำทิ้งที่ถูกระบายจากพื้นที่ดังกล่าวจึงประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ สารอาหารส่วนเกินจากการใช้ปุ๋ย เพื่อเพิ่มผลผลิต รวมทั้งเศษฟาง หญ้าเน่า และวัชพืช โดยผลกระทบจากการเกษตรดังกล่าว



จะมีมากในช่วงที่มีการระบายน้ำทั้งลงสู่แม่น้ำหรือคลองที่มีระบบเชื่อมโยงกับแม่น้ำ ซึ่งอยู่ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายนของทุกปี ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์และสารละลายมีลักษณะไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณการผลิตและอื่นๆ

จากการที่น้ำทิ้งและของเสียจากกิจกรรมดังกล่าว ถูกแบคทีเรียย่อยสลายลงก็จะปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ออกมา โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทำให้พีชน้ำขนาดเล็กเช่นแพลงค์ตอนพืช และพีชน้ำขนาดใหญ่เช่นผักตบชวา นำไปใช้ในการเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ขยายพันธุ์เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้โดยประเมินจากการเกิดวัชพืชตามแม่น้ำคูคลองที่เชื่อมต่อ หากไม่มีการควบคุมและจำกัดปริมาณธาตุอาหารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมแล้วอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำและการใช้ประโยชน์จากน้ำ ตลอดจนปัญหาการเจริญเติบโตของพีชน้ำที่มากเกินไป (over growth) จนเป็นอุปสรรคแก่การสัญจรทางน้ำ ดังนั้นการศึกษาการแพร่กระจายของธาตุอาหารในแม่น้ำบางปะกง โดยการตรวจสอบปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เพื่อศึกษารูปแบบและการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารดังกล่าวตามระยะทางในแม่น้ำบางปะกงจึงสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบกับแม่น้ำอื่นซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับคุณสมบัติทางเคมีบางประการของน้ำจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินสภาวะคุณภาพน้ำ ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นจากแม่น้ำบางปะกงและถูกพัดพาออกสู่ทะเล จะสามารถใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารที่อ่าวไทยจะได้รับ ตลอดจนสามารถเข้าใจถึงสภาวะการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมและทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในทะเลต่อไป

การศึกษาเรื่องธาตุอาหารนี้ ในต่างประเทศมีการศึกษากันมากทั้งในแหล่งน้ำนิ่งเช่นทะเลสาบ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ หรือลำน้ำที่ไหลช้าๆ และบริเวณเอสทูรี สำหรับในประเทศไทย มีหน่วยงานที่ศึกษาการแพร่กระจายของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ ได้แก่ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กรมประมง และกรมอนามัย เป็นต้น

ในการศึกษานี้ จะถือว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแม่น้ำบางปะกงส่วนใหญ่มาจากน้ำและของเสียจากชุมชน การเกษตร ปศุสัตว์ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และโรงงานอุตสาหกรรม นั่นคือแหล่งกำเนิดภาวะมลพิษทางน้ำที่เป็นปัญหาต่อการลดต่ำของคุณภาพน้ำในแม่น้ำ สำหรับกระบวนการทางธรรมชาติก็มีอิทธิพลต่อปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำด้วยเช่นกัน ได้แก่สภาพภูมิอากาศ พืชพรรณต่างๆ ชนิดของดิน เป็นต้น

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาการแพร่กระจายของธาตุอาหารในแม่น้ำบางปะกง เพื่อ

1. ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณและรูปแบบของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของแม่น้ำบางปะกง ในระหว่างฤดูน้ำมากและฤดูน้ำน้อย
2. ศึกษาพฤติกรรมของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในบริเวณเอสทูรี
3. ศึกษาและประเมินปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ถูกพัดพาจากแม่น้ำบางปะกงออกสู่อ่าวไทยตอนบน

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบรูปแบบและการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามระยะทางในแม่น้ำบางปะกง เพื่อให้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับแม่น้ำอื่น
2. ทราบลักษณะพฤติกรรมของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส กับความเค็ม เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการประเมินสภาวะคุณภาพน้ำ
3. ทราบปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ถูกพัดพาจากแม่น้ำออกสู่ทะเล เพื่อใช้ประเมินความสมบูรณ์ของธาตุอาหารทั้งสองชนิดที่อ่าวไทยตอนบนได้รับ
4. เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนการจัดการคุณภาพน้ำและการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## การศึกษาและการสำรวจเอกสาร

ลุ่มน้ำบางปะกงตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13° 01' 40" และ 14° 31' 80" เหนือ และเส้นแวงที่ 100° 51' 30" และ 102° 34' 10" ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครนายก ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา และชลบุรี โดยมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 19,161.25 ตารางกิโลเมตร (รูปที่ 1.1)

ตอนเหนือของลุ่มน้ำเป็นภูเขาประมาณ 20% มีความสูงสุด 1,300 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณนี้ได้แก่ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ตอนล่างเป็นที่ราบและที่ราบลุ่มใช้ในการเพาะปลูกข้าวและผลิตผลเกษตรกรรมอื่น ๆ ดินส่วนใหญ่เป็นสีเหลืองแดง และสีเทา รองลงไปเป็นลุ่มน้ำตอนล่างมี alluvial soil และดินสีเทาที่มีฮิวมัสต่ำ ดินส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรดและมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง แต่บริเวณที่สูงชันจะเกิดการผุกร่อนสูงและเป็นดินทรายปนดินเหนียวเล็กน้อย (เกษม จันทรแก้ว, สิทธิชัย ตันชนะสฤกษ์ และวิชา นิยม, 2530)

จากสถิติภูมิอากาศในรอบ 10 ปี (2522-2531) ของจังหวัดฉะเชิงเทรา บันทึกโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ปรากฏว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,237 มิลลิเมตรต่อปี

แม่น้ำบางปะกงเกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำ 2 สาย คือ แม่น้ำนครนายก และแม่น้ำปราจีนบุรี ไหลมารวมกันที่เส้นแบ่งเขต 3 จังหวัด คือที่อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรีและอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา แม่น้ำบางปะกงไหลผ่านอำเภอต่างๆ ในจังหวัดฉะเชิงเทรา 5 อำเภอ คืออำเภอบางน้ำเปรี้ยว อำเภอบางคล้า อำเภอเมือง อำเภอบ้านโพธิ์ และไหลออกสู่อ่าวไทยตอนบนที่อำเภอบางปะกง โดยมีความยาว 122 กิโลเมตร

แม่น้ำบางปะกงมีคลองต่างๆ บน 2 ฝั่ง จำนวน 74 คลอง เป็นคลองทางฝั่งขวา 34 คลอง และฝั่งซ้าย 40 คลอง (รูปที่ 1.2) ทางฝั่งขวาของแม่น้ำบางปะกงมีบางคลองที่เชื่อมโยงกับแม่น้ำเจ้าพระยา คือ

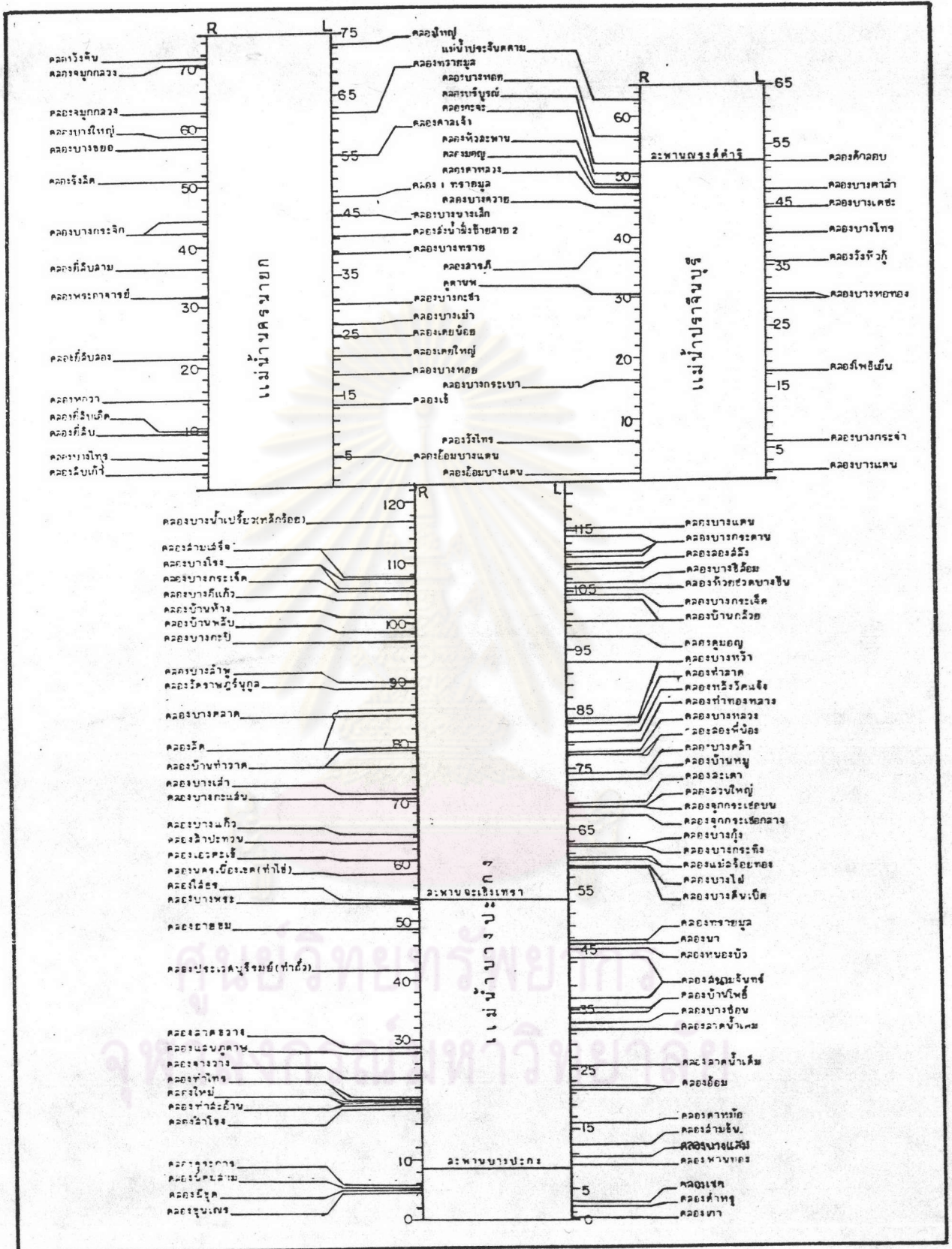
- คลองแสนแสบ แบ่งเป็น 2 คลอง คือคลองบางน้ำเปรี้ยว และคลองนครเนื่องเขต
- คลองประเวศบุรีรมย์ (คลองท่าถั่ว)
- คลองสำโรง

ซึ่งปากคลองเหล่านี้มีประตูสำหรับการระบายน้ำ ควบคุมปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรและป้องกันน้ำเค็ม (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2526)









รูปที่ 1.2 ผังแสดงที่ตั้งคลองที่อยู่สองฝั่งแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรี (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2526)



ลุ่มน้ำบางปะกงเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ รวม 1,137 โรงงาน ส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมการเกษตร ได้แก่ โรงสีข้าว โรงงานผลิตข้าวเหนียว ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง มันเส้น แป้งมัน มันอัดเม็ด โดยในจังหวัดฉะเชิงเทราจะมีจำนวนโรงงานที่มีน้ำทิ้งมากที่สุด รองลงมาได้แก่ปราจีนบุรีและนครนายก(สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2530)

การไหลของแม่น้ำบางปะกงแบ่งได้ 2 ลักษณะ ขึ้นกับฤดูกาล โดยจากสถิติข้อมูลของกรมชลประทานระหว่างปี พ.ศ. 2506-2524 ปริมาณน้ำในแม่น้ำบางปะกงในช่วงฤดูน้ำมาก (เดือนเมษายนถึงเดือนพฤศจิกายน) เป็น 1,132,300 ลูกบาศก์เมตร/ตารางกิโลเมตร ในขณะที่ช่วงฤดูแล้ง (เดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม) มีน้ำเพียง 33,200 ลูกบาศก์เมตร/ตารางกิโลเมตร ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวกรมชลประทานจะกักเก็บน้ำไว้ใช้ในการเกษตรกรรมและการประปาในตลิ่งบน จึงปิดประตูน้ำที่เขื่อนนครนายกทำให้แม่น้ำบางปะกงได้รับน้ำจากแม่น้ำปราจีนบุรีเป็นส่วนใหญ่

เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของน้ำขึ้นและน้ำลงในแม่น้ำบางปะกงจึงมีความจำเป็นต้องประเมินจากรายงานมาตรฐานน้ำในน้ำไทยของกรมอุทกศาสตร์ ซึ่งมีสถานีตรวจวัดอยู่ที่ปากแม่น้ำบางปะกงและข้อมูลของอ่าวไทยบริเวณสันดอนเจ้าพระยา เกาะสีชังและชลบุรี พอสรุปได้ว่าลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยตลิ่งบนเป็นแบบผสม (mixed type) กล่าวคือมีน้ำขึ้นและน้ำลงวันละ 2 ครั้งในช่วงน้ำตาย (neap tide) และวันละ 1 ครั้งในช่วงน้ำเกิด (spring tide) และมีค่าแตกต่างกันระหว่างระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดในแต่ละวัน (tidal range) ประมาณ 1.5 เมตร หรือต่ำกว่าในช่วงน้ำตาย และมากกว่า 3 เมตร ในช่วงน้ำเกิด

จากการตรวจวัดปริมาณน้ำในแม่น้ำบางปะกงที่สถานีตำบลบางแตน อำเภอบ้านสร้างปราจีนบุรี ตั้งแต่ปี 2524-2528 พบว่าปริมาณน้ำมีความผันแปรตามฤดูกาลมาก โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือช่วงฤดูแล้งหรือฤดูแล้ง มีระยะเวลาประมาณ 5 เดือน เริ่มประมาณเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม ในช่วงนี้ความเร็วของกระแสน้ำจะมีน้อยมากจนกระทั่งเป็นศูนย์หรือใกล้ศูนย์ ส่วนในช่วงฤดูน้ำหลากหรือฤดูน้ำมากมีระยะเวลาประมาณ 3 เดือน คือเดือนกรกฎาคมจนถึงกันยายน ในช่วงนี้ความเร็วของกระแสน้ำมีค่าสูงกว่า 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2530)



## ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

ธาตุอาหารในน้ำนับว่ามีความสำคัญมากต่อห่วงโซ่อาหารและคุณภาพน้ำในบริเวณนั้น ๆ ธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต และเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำนั้นๆ ได้ โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตพวกสร้างอาหารได้ด้วยตนเอง (autotroph) จะใช้สารอาหารเหล่านี้ไปสร้างโปรตีนพลาสมา และกลายเป็นอาหารของกลุ่มที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (heterotroph) โดยปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอขึ้นอยู่กับปัจจัยทางเคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยา

Van Bennekom and Solomons (1981) ได้กล่าวถึงว่า ปริมาณสารอาหารที่มากับแม่น้ำขึ้นกับกระบวนการทางธรรมชาติในบริเวณแหล่งน้ำ ได้แก่ ภูมิอากาศ ชนิดของดิน และพืชพรรณต่างๆ จากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การตัดไม้ทำลายป่า การสร้างทะเลสาบ ประชากรที่เพิ่มขึ้น กระบวนการกำจัดน้ำทิ้งจากชุมชนและโรงงาน จากกระบวนการต่างๆ ในแม่น้ำ ได้แก่ การตกตะกอนของสารแขวนลอย และการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืชตามฤดูกาล

Aston (1976) ได้สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายของธาตุอาหารในเอสทูรีดังนี้

1. การผสมผสานของน้ำจืดและน้ำทะเลโดยน้ำขึ้น-น้ำลงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการถ่ายเทปริมาณธาตุอาหารของแหล่งน้ำ
2. การหมุนเวียนของน้ำ โดยเฉพาะการแบ่งชั้นของน้ำในเอสทูรี ทำให้เกิดความแตกต่างของธาตุอาหารทั้งในแนวนอนและในแนวตั้ง
3. ลักษณะของเอสทูรีมีส่วนในการจำกัดการหมุนเวียนถ่ายเทของน้ำ
4. ระบบกระแสน้ำชายฝั่งและในเอสทูรี ทำให้เกิดการกักตุนของตะกอน การตกตะกอนและการกักตุนของตะกอน อาจจะมีผลกระทบต่อปริมาณของธาตุอาหารต่างๆ ที่ละลายน้ำ
5. ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสมของน้ำจืดและน้ำทะเล อาจทำให้เกิดการลดลงและเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารที่ละลายน้ำได้
6. กระบวนการผลิตทางชีววิทยาและเมตาโบลิซึม มีอิทธิพลต่อการเกิดและการกระจายของธาตุอาหาร

ในการศึกษาพฤติกรรมของธาตุอาหารที่ละลายน้ำในบริเวณเอสทูรี โดยทั่วไปจะดูถึงความสัมพันธ์ของธาตุนั้นกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มโดยในบริเวณเอสทูรี โดย Liss (1976) ได้อธิบายทฤษฎีการเจือจางของสารละลายเมื่อมีการผสมของน้ำจืดกับน้ำทะเลที่เกิดขึ้น

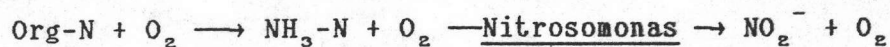


ในเอสทูรี ในลักษณะพฤติกรรมแบบอนุรักษ์ (conservative) และแบบไม่อนุรักษ์ (non-conservative)

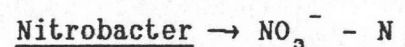
พฤติกรรมแบบอนุรักษ์ หมายถึง เมื่อมีการผสมผสานของน้ำจืดและน้ำทะเลในเอสทูรี แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหาร หรือสารประกอบที่เกิดขึ้น เนื่องจากกระบวนการทางกายภาพแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำ จะเป็นเส้นตรงตามเส้นเจือจางทางทฤษฎี (theoretical dilution line) แต่ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารประกอบ และความเค็มของน้ำไม่เป็นเส้นตรง โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเส้นเจือจางทางทฤษฎี แสดงว่ามีการเคลื่อนย้าย (removal) หรือการเพิ่มขึ้น (addition) ของสารนั้น เนื่องจากกระบวนการทางเคมีหรือชีวภาพที่เกิดขึ้นพร้อมกับกระบวนการทางกายภาพ ลักษณะนี้เรียกว่า สารนั้นมีพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์ (รูปที่ 1.3)

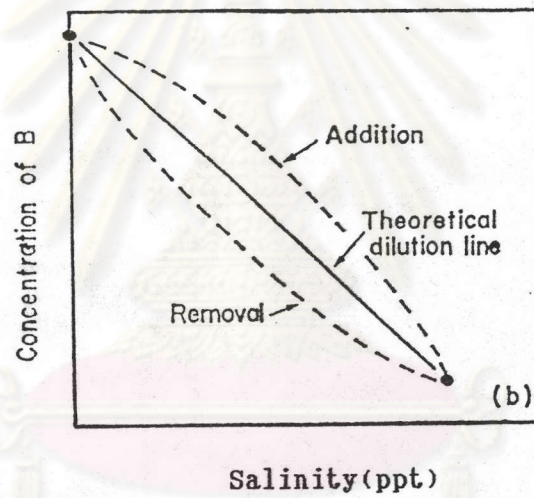
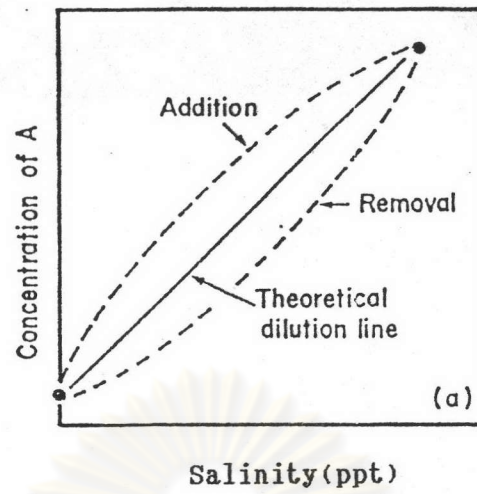
### ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นอาหารเสริมสร้างสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตโดยที่สารประกอบไนโตรเจนที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับน้ำดื่มและน้ำโสโครกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ไนไตรท์ ( $\text{NO}_2^-$ ) และไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) สารพวกนี้อาจอยู่ในรูปของปุ๋ยหรือเกลือในปัสสาวะ ส่วนอีกชนิดคือสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ สารประกอบโปรตีน ยูเรีย กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก สารพวกนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกายพืชและสัตว์ ในอุจจาระ ปุ๋ยคอก เป็นต้น สารประกอบไนโตรเจนเหล่านี้เข้ามามีบทบาทในน้ำทั้งน้ำสะอาดและน้ำโสโครก เพราะสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในรูปต่างๆกันได้ตามกระบวนการในวัฏจักรไนโตรเจน โดยที่อินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแอมโมเนียโดยแบคทีเรียบางชนิด จากนั้นแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรท โดยแบคทีเรียพวก Nitrosomonas และ Nitrobacter ตามลำดับ ดังแผนผังข้างล่างซึ่งเรียกว่า กระบวนการ nitrification (กรรณิการ์ สิริสิงห , 2522)



↓

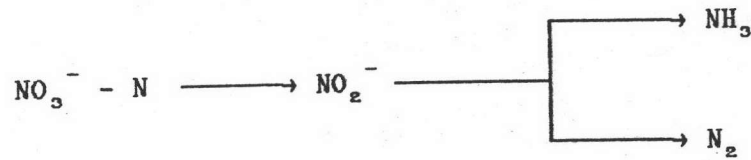




รูปที่ 1.3 แสดงพฤติกรรมของสารในระหว่างการผสมผสานของน้ำจืดและน้ำทะเล  
 (a) ความเข้มข้นขององค์ประกอบสาร A ในน้ำทะเลสูงกว่าแม่น้ำ  
 (b) ความเข้มข้นขององค์ประกอบสาร B ในน้ำแม่น้ำสูงกว่าทะเล  
 (ดัดแปลงจาก Liss, 1976)



และในรูปของ denitrification อาจเกิดขึ้นดังแผนผัง



เนื่องจากไนเตรทเป็นปุ๋ยสำหรับพืชเมื่อมีอยู่ในน้ำปริมาณสูงจะเกิดปัญหา คือไปทำให้สาหร่ายเติบโตเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (algal bloom)

การตรวจวิเคราะห์หาไนโตรเจนในน้ำใช้ และในน้ำโสโครกต่างๆ ในอดีตใช้บอกคุณภาพน้ำอย่างคร่าวๆ ว่ามีการปนเปื้อนด้วยสิ่งปฏิกูลหรืออุจจาระ ปัสสาวะหรือไม่เช่นถ้าตรวจพบอินทรีย์ไนโตรเจนแสดงว่าน้ำเพิ่งได้รับภาวะสิ่งสกปรกใหม่ๆ และถ้าพบสารประกอบไนเตรทเป็นส่วนใหญ่แสดงว่าสิ่งสกปรกถูกย่อยสลายไป หรือหากเป็นแหล่งน้ำไหล เช่น แม่น้ำลำธาร จะแสดงว่าอยู่ห่างจากแหล่งที่ทิ้งสิ่งปฏิกูลมามากแล้ว

แอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำถ้ามีมากเกินไปจะเป็นพิษต่อปลา แอมโมเนียในน้ำฟิวดิน และน้ำใต้ดินเกิดจากการย่อยสลายของแบคทีเรีย แต่ถ้าพบมากเกินไปเกิดเป็นผลมาจากการปนเปื้อนของของเสียจากชุมชนหรือปศุสัตว์ (เพลินจิต ทมกิตชงค์, 2530)

Tebbutt (1977) รายงานว่าปกติแล้วในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและไนเตรทน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ พบว่าถ้ามีปริมาณสูงกว่านี้อาจก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำตามมาได้ แหล่งที่พบไนเตรทและไนไตรท์แบ่งออกเป็น 2 แหล่งใหญ่ ได้แก่แหล่งที่พบในธรรมชาติโดยไนเตรทในดิน น้ำฟิวดิน และน้ำใต้ดิน เกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีนในพืช สัตว์ และของเสียจากสัตว์โดยจุลินทรีย์ แอมโมเนียออกจะถูกออกซิไดส์เป็นไนไตรท์และไนเตรท แต่ไนไตรท์โดยปกติจะพบในปริมาณต่ำมาก ส่วนอีกแหล่งที่เกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากปุ๋ย ปุ๋ยสังเคราะห์เป็นแหล่งใหญ่ของไนเตรทในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สารประกอบไนเตรทของแคลเซียม โพแทสเซียมและโซเดียม รวมทั้งยูเรีย เนื่องจากพืชไม่สามารถใช้ไนโตรเจนในดินได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงมีบางส่วนที่สะสมในดินและไหลลงสู่แม่น้ำ

Sawyer (1947) และ Sylvester (1961) รายงานว่าไนโตรเจนในน้ำที่ไหลมาจากพื้นที่ซึ่งใช้ปุ๋ยมีปริมาณสูงกว่าพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ปุ๋ยในบริเวณเดียวกันถึง 3-10 เท่า อย่างไรก็ตามการศึกษาหาปริมาณไนเตรทในแม่น้ำในอังกฤษโดย Tomlinson (1970) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปริมาณไนเตรทและปริมาณการใช้ปุ๋ยของพื้นที่ใกล้เคียง ส่วน



ของเสียจากสัตว์ พบว่าในการทำฟาร์มเลี้ยงสัตว์ก่อให้เกิดสารประเภทไนโตรเจน ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นไนเตรทได้ ของเสียที่ได้จากวัว 7-8 ตัว สามารถนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพในพื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนถึงกว่า 6 ไร่ และการใช้ในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดการสะสมของปริมาณไนเตรทในชั้นน้ำใต้ดินสูงกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งจากชุมชนและอุตสาหกรรมเป็นแหล่งที่มีสารประเภทไนโตรเจนเข้มข้นมาก โดยจะถูกปล่อยออกมาโดยตรงลงสู่น้ำผิวดิน Committee on Nitrate Accumulation (1972) ได้ประเมินปริมาณไนเตรทจากของเสียของมนุษย์ว่ามีประมาณ 5 กิโลกรัมต่อคนต่อปี การกำจัดน้ำเสียประเภททุติยภูมิ (secondary treatment) จะกำจัดไนเตรทได้น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณดังกล่าว ดังนั้นปัญหามลภาวะทางน้ำจึงเป็นไปได้สูง โดยแอมโมเนียออกซิไดซ์จากน้ำทิ้งของบ่อเกรอะอาจจะมีการเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ nitrate ซึ่งสามารถซึมลงไปในบริเวณใกล้เคียงกับบ่อเกรอะ ภาคตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียและจากบ่อเกรอะจะถูกนำมาถมที่ (sanitary landfills) และการอัดลงพื้นที่ (dump) ก็จะเป็นแหล่งของมลพิษทางน้ำของสารประกอบไนโตรเจนเช่นกัน

Robinson and Robbins (1972) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจนในของเสียอุตสาหกรรมจะแตกต่างกันไปตามชนิดของอุตสาหกรรมโดยอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงปิโตรเลียมและการผลิตอาหารอาจเป็นแหล่งใหญ่ของปัญหามลพิษจากไนโตรเจนออกไซด์ของไนโตรเจนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศจากแหล่งเผาไหม้ที่ใช้ถ่านหินสูง เช่น การเผาไหม้ของถ่านหินและขบวนการอุตสาหกรรม มีประมาณ 50 ล้านตันต่อปี ปริมาณดังกล่าวส่วนใหญ่จะหมุนเวียนกลับไปยังพื้นโลกได้ในรูปของไนเตรท Committee on Nitrate Accumulation (1972) พบว่าในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารจากพืชมีของเสียคิดเป็นอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อปีโอดี เท่ากับ 0.05 ในขณะที่การผลิตอาหารจากสัตว์เป็นอัตราส่วน 0.5

ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรท ไนไตรท์ ในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยา การจัดการเกี่ยวกับของเสียจากมนุษย์ สัตว์ การใช้ปุ๋ย และการปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามปกติน้ำผิวดินมีไนเตรทไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามไนเตรทในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในหลายๆประเทศ มีแนวโน้มสูงขึ้น เช่นรายงานของ Water Research Centre (1974) พบว่า ไนเตรทในแม่น้ำเทมส์ประเทศอังกฤษเพิ่มขึ้นจากปริมาณเฉลี่ย 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ในปี 1968 เป็น 9 มิลลิกรัมต่อลิตร ในปลายปี 1973 Viets and Aldrich (1973) พบว่าความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจนในบางแม่น้ำของสหรัฐอเมริกาเพิ่มขึ้นเนื่องจากการได้รับการระบายน้ำทิ้งจากพื้นที่เกษตรกรรมขนาดใหญ่ทางตอนกลางของประเทศ และแม่น้ำเล็ก ๆ บางสายในสหรัฐอเมริกา พบไนเตรทเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 45 มิลลิกรัมต่อลิตร Goto (1975) พบว่าแม่น้ำ Tamagawa



ไนโตรเจน ประเทศญี่ปุ่น ในปี 1951-1965 มีปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นจาก 7.9 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 9.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบไนไตรท์เพิ่มขึ้นจาก 0.049 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า

Wafar, Corre and Birrien (1989) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของ ธาตุอาหาร  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Si(OH)}_4^-$ , dissolved organic carbon, dissolved organic nitrogen, dissolved organic phosphorus, chlorophyll a, phaeopigments, carbohydrates และ proteins ของแม่น้ำ Morlaix บริเวณชายฝั่ง Brittany ประเทศฝรั่งเศส ในรอบ 1 ปี พบว่า ความเข้มข้นของ  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  และ dissolved organic nitrogen มีค่าสูงกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำจากแหล่งต่างๆ ของโลกที่ไม่เกิดภาวะมลพิษ โดยไนเตรทและแอมโมเนียมที่มีมากเกินไปและทำให้แม่น้ำเกิดภาวะมลพิษนั้น มีสาเหตุมาจากสารประกอบจำพวกแอมโมเนียมที่มาจากการใช้ปุ๋ยปริมาณสูงใน Hinterland และน้ำทิ้งจากชุมชนเมืองใหญ่ โดยพบว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำในแม่น้ำนั้น มีเป็นปริมาณมากกว่า เมื่อเทียบกับส่วนที่แขวนลอย โดยในการขนส่งธาตุอาหารไปยังปากแม่น้ำ จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำ และบริเวณปากแม่น้ำในเขตร้อนจะพบว่ามีปริมาณไนเตรทและแอมโมเนียมที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามพบว่าภาวะมลพิษของน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วย ได้แก่ การย่อยสลายของสารอินทรีย์ปริมาณการไหลของน้ำที่ลดลง ปริมาณน้ำขึ้นสูงสุด ลักษณะของปากแม่น้ำ และสาหร่ายขนาดเล็กจากพื้นที่องน้ำ

Aston (1980) ได้ศึกษาพบว่า การลดลงของไนเตรทเนื่องจากกระบวนการ denitrification ที่น้ำระดับล่าง เมื่อน้ำอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ ไนเตรทจะถูกรีดิวส์เปลี่ยนเป็นไนไตรท์และก๊าซไนโตรเจนได้

Coot and Yeasts (1979) ได้ศึกษาการแพร่กระจายของธาตุอาหารไนโตรเจน ไนเตรทในอ่าว St. Lawrence พบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารจะเพิ่มขึ้นตามความลึกและระยะทางที่เข้าไปในอ่าว และมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

Morris, Howland, Woodward, Bale and Mantouru (1985) ทำการศึกษาไนเอสทรีของแม่น้ำ Tamar พบว่าไนเตรทมีลักษณะพฤติกรรมเป็นแบบไม่อนุรักษ์ แต่การเพิ่มของไนเตรทอาจมีสาเหตุมาจากกระบวนการทางชีวภาพและแอมโมเนียมมีพฤติกรรมเป็นแบบไม่อนุรักษ์ โดยการเพิ่มของแอมโมเนียมเนื่องมาจากน้ำขึ้น-น้ำลง ลักษณะเดียวกันกับการศึกษาของ Pennock (1987) ศึกษาไนเอสทรีของแม่น้ำ Delaware พบว่าไนเตรทมีพฤติกรรมเป็นแบบอนุรักษ์ ส่วนแอมโมเนียมมีพฤติกรรมเป็นแบบไม่อนุรักษ์



Stefansson and Richards (1976) ได้ศึกษาพบว่าพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทตามความเข้มข้นเกือบเป็นเส้นตรง ยกเว้นในบริเวณที่มีความเค็มต่ำ Mackay and Leatherland (1976) ศึกษาใน Clyde Estuary ประเทศสกอตแลนด์ พบว่า พฤติกรรมของไนเตรทส่วนใหญ่จะเป็นแบบไม่อนุรักษ์ โดยเฉพาะในระดับน้ำลึกซึ่งเกิดกระบวนการ denitrification เพราะมีออกซิเจนในน้ำต่ำ

ในอนาคตการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารจากสิ่งปฏิกูล กำลังจะกลายเป็นตัวการสำคัญอันหนึ่งของมลพิษในอ่าวไทยตอนบน ซึ่งมีอิทธิพลต่อน้ำชายฝั่งทะเลมากกว่ากลางอ่าวไทย ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณสิ่งปฏิกูลและของโสโครกจากประชากรที่เพิ่มขึ้น และการทิ้งของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ทำให้เกิดตะกอนเน่าเสียสะสมที่พื้นดินบริเวณที่เน่าเสียมากที่สุดขณะนี้ คือ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาและบริเวณใกล้เคียง อย่างไรก็ตามในช่วงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เมษายน-กันยายน) ที่มีฝนตกหนัก ตลอดจนในฤดูน้ำหลาก (ตุลาคม-ธันวาคม) น้ำจืดสามารถช่วยบรรเทาความเน่าเสียได้บ้าง โดยน้ำจืดจะพัดพาเอาตะกอนเน่าเสียพวกนี้แพร่กระจายไปทั่วอ่าวไทย โดยขณะที่น้ำจืดไหลลงสู่อ่าวไทยจะทำให้การเน่าเสียของน้ำเจือจางลง (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2522)

ในการสำรวจปริมาณมลพิษในแม่น้ำ 20 สาย คลอง 2 สาย ที่ระบายลงอ่าวไทย ในระหว่างปี 2524-2526 โดยเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินขณะน้ำลงต่ำสุด มาตรฐานวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ส่วนประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ โลหะหนัก บีโอดี และธาตุอาหาร สารเคมีปราบศัตรูพืชและแบคทีเรีย พบว่า มลสารที่สำคัญจากแม่น้ำที่ทำให้เกิดภาวะมลพิษในอ่าวไทย ได้แก่ บีโอดี โลหะหนักและแบคทีเรีย ระบายมาจากแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางปะกงเป็นส่วนใหญ่ โดยแม่น้ำเจ้าพระยา ทำเงิน เพชรบุรีและบางปะกงมีความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในแม่น้ำเกือบทุกสายมีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง 0.1-0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับปริมาณน้ำในแม่น้ำบางปะกงระหว่างปี 2524-2526 มีค่า  $99.0 \times 10^6$  ลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยมีปริมาณมลสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ไหลลงสู่อ่าวไทยคิดเป็น  $21.8 \times 10^6$  และ  $3.0 \times 10^6$  กิโลกรัมต่อปี จากข้อมูลปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสบริเวณปากแม่น้ำ 6 สาย ที่ระบายสู่อ่าวไทยพบว่าสามารถก่อให้เกิดพิษน้ำโดยเฉพาะสาหร่ายได้ แต่จากปริมาณความเข้มข้นที่ตรวจพบแสดงว่าปัญหา eutrophication เกิดได้แต่ไม่ถึงร้ายแรง (กรมอนามัย, 2527)

การศึกษาพฤติกรรมในการผสมผสานของน้ำในแม่น้ำบางปะกงกับน้ำทะเล พบว่าความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงที่ระดับ 1 เมตรจากผิวน้ำที่ระดับกึ่งกลางความลึกและที่ระดับ 1 เมตรจากท้องน้ำ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจสรุปได้ในขั้นต้นว่าน้ำจืดและน้ำทะเลในแม่น้ำบางปะกงมีแนวโน้มที่จะผสมผสานกันได้ดี และยังพบว่าในเอสทูรีจะพบไนโตรเจน



ในหลายรูปแบบ ตั้งแต่แก๊สไนโตรเจนและสารประกอบของไนโตรเจน เช่นไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย สารอินทรีย์ไนโตรเจน เป็นต้น แต่รูปแบบธาตุอาหารสำคัญที่สุด คือไนเตรท ซึ่งได้จากการชะล้างดิน และจากแหล่งมลภาวะ เช่น ปุ๋ยไนโตรเจน น้ำที่มีปริมาณของอินทรีย์สารไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนสูง แต่มีปริมาณไนไตรท์และไนเตรทต่ำ แสดงว่าเป็นน้ำที่เพิ่งได้รับการปนเปื้อนจากสารมลพิษ ในทางตรงกันข้ามน้ำที่ไม่มีอินทรีย์สารไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนแต่มีไนเตรทอยู่บ้าง แสดงว่าได้เกิด nitrification แล้ว และเป็นน้ำที่ค่อนข้างปลอดภัย (มนูคี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2528)

การสำรวจแอมโมเนียไนโตรเจนในแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำนครนายก และแม่น้ำปราจีนบุรี ในปีพ.ศ. 2529-2530 พบว่ามีค่าระหว่าง non detectable ถึง 1.47 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในปี 2529 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าในปี 2530 ค่ากำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินของแอมโมเนียไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนไนไตรท์ไนโตรเจนที่ตรวจพบมีค่าน้อยทั้ง 3 แม่น้ำอยู่ระหว่าง non detectable ถึง 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนไนเตรทไนโตรเจนตรวจพบมีค่าระหว่าง non detectable ถึง 1.35 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแนวโน้มค่าไนเตรทไนโตรเจนเดือนกุมภาพันธ์มีค่าสูงกว่าเดือนอื่นๆ แต่ยังไม่เกินมาตรฐานฯ กำหนดไว้ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร(สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2531)

ปริมาณไนโตรเจนในแม่น้ำท่าจีนระหว่างปี 2527-2530 โดยวิเคราะห์ในรูปแอมโมเนีย ไนเตรท และไนไตรท์ พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนส่วนใหญ่มีค่าสูงเกินกว่าระดับมาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนดไว้ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้น ปี 2530 คือมีค่าเฉลี่ยในรอบปีตลอดค่าน้ำอยู่ระหว่าง 0.02-4.9 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะช่วงตอนล่างของแม่น้ำจากการสำรวจพบว่า ค่าเฉลี่ยในรอบปีมีค่าสูงระหว่าง 0.2-4.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ช่วงตอนกลางและตอนบนของแม่น้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.03-2.4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.02-1.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในแม่น้ำท่าจีนช่วงตอนล่างจะพบสูงกว่าช่วงตอนกลางและตอนบน โดยพบมากในบริเวณท้ายชุมชนใหญ่ๆ เช่น จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม และตลอดช่วงตอนล่างของแม่น้ำซึ่งมีผลเนื่องจากน้ำทิ้งจากปศุสัตว์ โดยเฉพาะฟาร์มเลี้ยงสุกรในบริเวณอำเภอสสามพราน จังหวัดนครปฐม ส่วนปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยในรอบปีตลอดค่าน้ำอยู่ระหว่าง 0-0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในช่วงตอนล่างมีปริมาณค่อนข้างสูงกว่าช่วงตอนกลางและตอนบนของแม่น้ำ ค่าไนไตรท์ไนโตรเจนไม่ได้กำหนดไว้ในค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ เพราะส่วนใหญ่สารประกอบไนไตรท์จะเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปไนเตรท ซึ่งคงตัวกว่าได้อย่างรวดเร็วในเวลาไม่นาน สำหรับปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรทมีค่าเฉลี่ยในรอบปีตลอดค่าน้ำอยู่ระหว่าง 0.1-0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินมาตรฐานฯที่กำหนดไว้ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร



ช่วงตอนล่างของแม่น้ำมีค่าไนเตรทไนโตรเจนโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าช่วงตอนกลางและตอนบน โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งการแปรผันแต่ละปีมีค่าใกล้เคียงกัน (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2531)

การตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง พบว่าไนเตรทไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ย 0.30, 0.25 และ 0.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ในปี พ.ศ.2531, 2532 และ 2533 ซึ่งยังน้อยมากเมื่อเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตรสำหรับแม่น้ำเจ้าพระยา โดยในปี พ.ศ.2533 มีไนเตรทไนโตรเจนระบายนลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา  $12 \times 10^6$  กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534)

การสำรวจปริมาณไนเตรทในแม่น้ำแม่กลองในปี พ.ศ.2532 พบว่าอยู่ในช่วง 0.10-0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่ามาตรฐานกำหนดไว้ไม่เกินกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณของไนเตรทมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2531 ส่วนแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.01-0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าที่ตรวจพบไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานแหล่งน้ำที่กำหนดไว้ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบค่าสูงสุดบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534)

### ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในน้ำธรรมชาติอาจมาจากการสลายตัวของหินฟอสเฟตหรือจากการเน่าเปื่อยผุพังของซากพืชสัตว์ ซึ่งกรณีหลังเป็นฟอสเฟตอินทรีย์อาจจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ หรือยังเป็นซากพืชสัตว์ ฟอสเฟตเข้าปนเปื้อนในน้ำธรรมชาติได้หลายทาง เช่น น้ำทิ้งจากครัวเรือนมีฟอสเฟตจากผงซักฟอกซึ่งเป็นโพลีฟอสเฟตเป็นส่วนใหญ่ จากน้ำทิ้งการเกษตรซึ่งมีปุ๋ยที่ถูกชะพาลงสู่แหล่งน้ำในรูปของออร์โธฟอสเฟต ตามปกติฟอสฟอรัสที่อยู่ในน้ำละลายน้ำได้น้อยมาก พบอยู่ในน้ำ 3 รูป คือ

1. ออร์โธฟอสเฟต  $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$
2. โพลีฟอสเฟต เช่น  $Na_5(PO_3)_6$  ซึ่งใช้ในผงซักฟอก
3. ฟอสฟอรัสอินทรีย์

โพลีฟอสเฟตเมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะถูกไฮโดรไลซ์ที่ละน้อย ในที่สุดจะเปลี่ยนไปเป็นออร์โธฟอสเฟตทั้งหมด เช่นเดียวกับฟอสฟอรัสอินทรีย์เมื่อเน่าเปื่อยผุพังในแหล่งน้ำก็จะถูกย่อยสลายกลายเป็นออร์โธฟอสเฟตด้วย

ความสำคัญของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำคือ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์เป็นองค์ประกอบของสารเคมีที่เกี่ยวกับการแปรรูปของพลังงาน และเป็น



องค์ประกอบพื้นฐานของ DNA และ RNA ของสิ่งมีชีวิต แต่ถ้ามีมากเกินไปจะไปเร่งการเจริญของพวกสาหร่ายและพืชที่ไม่ต้องการ ซึ่งก่อปัญหาอื่น ๆ ตามมา

ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนน้อย และมักน้อยกว่าในเตรท โดยมีค่าพิสัย 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำผิวดิน ขึ้นอยู่กับปัจจัย 4 ประการคือ

1. รูปร่างของแหล่งน้ำ เช่น ต้นเขิน มีอัตราการระเหยสูงจะมีปริมาณฟอสฟอรัสเข้มข้นมาก
2. โครงสร้างของชั้นหินบริเวณแหล่งน้ำ ถ้าบริเวณนั้นมีหินฟอสเฟตแหล่งน้ำใกล้เคียงจะมีปริมาณฟอสฟอรัสละลายอยู่มากกว่าที่อื่น
3. ที่ตั้งของแหล่งน้ำ ถ้าอยู่ใกล้เมืองหรือชุมชน มีโอกาสได้รับน้ำทิ้งที่ชะพาความสกปรกลงสู่แหล่งน้ำ ก็จะมีสารประกอบฟอสเฟตอยู่มากกว่าแหล่งน้ำธรรมชาติอื่น
4. ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ถ้ามีสิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์ พืชอยู่มากจะมีการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสไปตามกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต (organic metabolism) ซึ่งเมื่อมีมากจะสังเกตได้จากน้ำจะขุ่นเพราะมีตะกอนของฟอสเฟตอินทรีย์มาก ส่วนฟอสฟอรัสในรูปสารละลายจะมีอยู่น้อยกว่า (เพลินจิต ทมกิตชงค์, 2530)

Turekian (1969) รายงานว่า ปริมาณฟอสฟอรัสละลายในแม่น้ำต่างๆไปในรูปออร์โธฟอสเฟต โดย Jackson (1979) พบว่า พงชักฟอกเป็นแหล่งที่มาของฟอสเฟตและไปเพิ่มปริมาณฟอสเฟตในน้ำ ทำให้แหล่งน้ำเกิด phytoplankton bloom ได้

Carritt and Goodgal (1954) และ Mac, Sinclair and Hayes (1958) ศึกษาพบว่าส่วนใหญ่ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปตะกอนแขวนลอย ซึ่งปริมาณในแต่ละแม่น้ำจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ฟอสฟอรัสที่อยู่เป็นตะกอนแขวนลอยนี้ เกิดจากการดูดซับ (adsorption) ไปกับตะกอนแขวนลอยที่ pH ของน้ำระหว่าง 4-6

De Sousa (1983) พบกลไกการเกิด phosphate-buffering ของดินตะกอนในเอสตูรี ที่ความเค็มต่ำ ๆ ดังนั้นการแลกเปลี่ยนของฟอสเฟตระหว่างดินตะกอนกับน้ำในดินจึงมีความสำคัญในการเป็น buffering ให้กับความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำ

Liss (1976) ได้ศึกษาพฤติกรรมขององค์ประกอบที่ละลาย (dissolved constituents) ส่วนที่ผ่านแผ่นกรอง 0.4  $\mu\text{m}$  ของน้ำ ในบริเวณเอสตูรีซึ่งเกิดจากการผสมผสานของน้ำในแม่น้ำและน้ำทะเล ถ้าปริมาณขององค์ประกอบที่ละลายมีความสัมพันธ์กับความเค็มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการเจือจางเพียงอย่างเดียวแล้วจะเป็น conservative behavior ถ้าองค์ประกอบที่ละลายมีมากขึ้นหรือลดลงในช่วงการผสม แสดงว่ามีการเพิ่มหรือการดึงออกจากน้ำทะเลแล้วจะเป็น non-conservative behavior



Simpson , Hammond , Deck and Williams (1975) ได้ศึกษาฟอสเฟตใน Hudson estuary ตอนล่าง พบว่าฟอสเฟตและความเค็มมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในช่วงระยะทางเพียง 10 ไมล์ จากต้นน้ำถึงปากน้ำ ส่วน Simpson , Williams , Olsen and Hammond (1977) พบว่าฟอสเฟตมีการแพร่กระจายทั้งทางไป และได้รับเพิ่มเนื่องจากแหล่งค่อนพีชและน้ำเสีย เขาสรุปว่าฟอสเฟตได้รับเพิ่มจากน้ำเสียโดยตรงการแพร่กระจายมาจากดินตะกอน น้ำจืดจากแม่น้ำ และการออกซิเดชันของสารแขวนลอยในน้ำ

Reynolds (1978) ศึกษาพบว่าฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากธาตุหนึ่ง และถูกจัดเป็นปัจจัยที่ควบคุมผลผลิตทางชีววิทยาในแหล่งน้ำที่เรียกว่า limiting factor ฟอสฟอรัสเป็นธาตุ 1 ใน 20 ธาตุ ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งสาหร่าย และเป็นธาตุที่มีปริมาณน้อยที่สุดในแหล่งน้ำ เมื่อเทียบกับคาร์บอน ไนโตรเจนและออกซิเจน โดยพบว่าสาหร่ายที่เป็นไฟโตแพลงค์ตอนในทะเล จะมีอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อคาร์บอนต่อฟอสฟอรัส เท่ากับ 7 : 42 : 1 Wetzel (1975) พบว่าอินทรีย์ฟอสเฟตในรูปของออร์โธฟอสเฟต ซึ่งเป็นรูปที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ได้ (reactive) จะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเทียบกับฟอสฟอรัสรูปอื่นๆ

Lee (1973) ศึกษาพบว่าฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบหลักในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และสิ่งมีชีวิตต้องการฟอสฟอรัสเพื่อใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่มักมีอยู่ในแหล่งน้ำ จะพบในสิ่งมีชีวิตพวกที่แขวนลอยอยู่และพวกสาหร่ายหรือพืชเล็ก อัตรากำลังผลิตทางชีววิทยาของทะเลสาบจะสัมพันธ์กับการนำเข้ามาของฟอสฟอรัสจากแหล่งภายนอกมาสู่วงจรของฟอสฟอรัสในทะเลสาบ ฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสจึงมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมาก ส่วนใหญ่แล้วปัญหาของแหล่งน้ำที่เกิดจากฟอสฟอรัส มักเกิดจากการที่แหล่งน้ำได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณสูงเกินไปเป็นส่วนใหญ่ ถ้าฟอสฟอรัสเข้าสู่แหล่งน้ำมากเกินไปแหล่งน้ำนั้นจะเกิดการเสื่อมโทรมได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสปริมาณมากนี้จะไปเร่งการเจริญเติบโตของพืชน้ำให้ขยายตัวเพิ่มปริมาณมากขึ้นอย่างรวดเร็ว อันอาจก่อให้เกิดการตื้นเขินได้ หรือเมื่อพืชน้ำเหล่านั้นตายลงอาจเกิดการขาดออกซิเจนก่อให้เกิดภาวะน้ำเสียได้เป็นต้น การที่ฟอสฟอรัสมีปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับธาตุอาหารตัวอื่นๆ เนื่องมาจากสิ่งมีชีวิตมีความต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณต่ำแต่ไม่สามารถขาดได้ถ้าแหล่งน้ำขาดฟอสฟอรัส ผลผลิตทางชีววิทยาของแหล่งน้ำก็จะต่ำหรือลดลง โดยเฉพาะถ้าแหล่งน้ำนั้นเป็นแหล่งของผลผลิตทางประมง ซึ่งควรจะมีผลผลิตสัตว์น้ำสูงแต่เมื่อมีฟอสฟอรัสในปริมาณต่ำกว่าปริมาณที่เหมาะสม ผลผลิตของสัตว์น้ำในแหล่งน้ำนั้นอาจลดลงได้

Wentz and Lee (1969) พบว่าฟอสฟอรัสมักมีทั้งที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งบางส่วนสิ่งมีชีวิตก็ไม่สามารถนำไปใช้ได้ ฟอสฟอรัสส่วนที่สิ่งมีชีวิตใช้ได้นี้มีทั้งในรูปของสารละลาย (reactive dissolved phosphorus) ฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับอยู่กับสารแขวนลอย



(reactive particulate phosphorus) และฟอสฟอรัสที่ยึดอยู่กับตะกอนของแหล่งน้ำ (available phosphorus in sediment) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จัดเป็นปัจจัยควบคุมผลผลิตทางชีววิทยาในแหล่งน้ำ ซึ่งมีทั้งส่วนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ จึงไม่สามารถบอกได้ว่า ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เข้ามาในแหล่งน้ำจะเป็นรูปที่สามารถนำไปใช้ได้ทางชีววิทยาที่เกี่ยวข้อง ฉะนั้นส่วนหนึ่งของฟอสฟอรัสในตะกอนที่สามารถถูกสกัดได้โดยวิธีต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับส่วนที่มีผลในทางบวกต่อจำนวนประชากร ในแหล่งน้ำถูกกำหนดให้เป็นดัชนีที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของฟอสฟอรัสที่ทับถมอยู่กับผลผลิตทางชีววิทยา วิธีสกัดฟอสฟอรัสส่วนนี้วิธีหนึ่งคือวิธีของ Olsen and Dean (1965) ซึ่งเป็นวิธีสกัดฟอสฟอรัสในดินที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้ และมีผลต่อการเจริญเติบโตของประชากรในแหล่งน้ำ Aston (1980) กล่าวว่าการศึกษาการสักร้อนของเปลือกโลกและการไหลของน้ำผิวน้ำ จะนำฟอสเฟตลงสู่เอสทูรีในรูปของแร่ธาตุที่แขวนลอย และในรูปของฟอสเฟตที่ละลายในน้ำแม่น้ำ ในเอสทูรีฟอสฟอรัสจะถูกสร้างขึ้นมาทั้งที่บ้านเรือน และจากโรงงานที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำเมื่อเข้ามาสู่ทางชีววิทยา ส่วนหนึ่งของอนินทรีย์ฟอสเฟตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นอินทรีย์ฟอสเฟตทั้งรูปของสารละลายและแขวนลอย ฟอสเฟตที่ไม่ได้มาจากธรรมชาติ เช่น จากผงซักฟอก ปุ๋ยหรือน้ำทิ้งจากบ้านเรือนและโรงงาน เหล่านี้ จะเป็นแหล่งของธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่สำคัญของแหล่งน้ำ

Jitt (1959) พบว่าการดูดซับฟอสเฟตที่ผิวน้ำของของแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและจะสูงสุดที่ pH 3-7 Carritt and Goodgal (1954) ศึกษาพบว่าอิทธิพลของ pH ต่อการดูดซับฟอสเฟตของตะกอนของทะเลสาบจะถูกดูดซับมากที่สุด ในสภาพที่เป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นกรด ความสามารถในการแลกเปลี่ยนฟอสฟอรัสของดินตะกอนจะสูงและอัตราการแลกเปลี่ยนของฟอสเฟตกับน้ำจะดำเนินไปอย่างรวดเร็วถ้ามีฝนตกหนักและมีน้ำไหลลง

Eastman and Church (1984) ศึกษาใน Delaware creek พบว่าในช่วงความเค็ม 0 ถึง 9 ppt. จะมีการเติมฟอสเฟต แล้วหลังจากนั้นจะเกิดการลดลงแบบเป็นเส้นตรงเนื่องจากการเจือจางจากน้ำทะเล Pomeroy, Smith and Grant (1965) ศึกษาพบว่าการคายฟอสเฟตจากตะกอนเมื่อนำตะกอนมาผสมกับน้ำที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟตต่ำกว่า การสำรวจฟอสฟอรัสรวมของแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำนครนายก และแม่น้ำปราจีนบุรี ในปี 2529 พบว่ามีค่าระหว่าง Non Detectable (ND) ถึง 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร และในปี 2530 พบมีค่าระหว่าง ND ถึง 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแนวโน้มพบฟอสฟอรัสรวมปี 2530 สูงกว่าปี 2529 สำหรับค่าฟอสฟอรัสรวมในแหล่งน้ำยังมีได้กำหนดไว้ในมาตรฐานฯ แต่สำนักงานสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดไว้ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลิตรในลำน้ำ เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตทางชีววิทยาอย่างรวดเร็วของพืชน้ำ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2531)



ในการศึกษาฟอสฟอรัสในดินตะกอนอ่าวไทย พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน แสดงถึงการได้รับฟอสฟอรัสจากตะกอนโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอินทรีย์ (กัลยา อำนวย, 2525) และพบว่าฟอสเฟตมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับความเค็ม (conservative) ในเอสทูรีของแม่น้ำเจ้าพระยา (กัลยา อำนวย, 2527)

จากการสำรวจแม่น้ำท่าจีนในปี 2529 และ 2530 พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสตลอดลำน้ำมีค่าเฉลี่ยในรอบปี อยู่ในช่วง 0.02-0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ND ถึง 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ (ND = 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในช่วงตอนล่างของแม่น้ำ(กิโลเมตรที่ 80-0) พบปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงกว่าช่วงตอนบนและตอนกลางในทุกครั้งของการสำรวจ จากผลการสำรวจจากกล่าวได้ว่าฟอสฟอรัสที่ลงสู่แม่น้ำมาจากการชัก ชะล้างจากชุมชน โดยเฉพาะบริเวณกิโลเมตรที่ 82 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการระบายน้ำทิ้งจากบ้านเรือนบริเวณชุมชนริมน้ำ และจากอำเภอเมืองนครปฐม สำหรับฟอสฟอรัสนี้ยังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานฯ ในแหล่งน้ำไว้ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2531)

ค่าฟอสฟอรัสในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ปี พ.ศ.2531-2533 อยู่ในระดับ 0.17, 0.13 และ 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งยังคงมีค่าต่ำอยู่ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ โดยในปี พ.ศ.2533 ฟอสฟอรัสระบายลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ  $3 \times 10^6$  กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534)

ฟอสฟอรัสรวมในรูปของสารประกอบฟอสเฟต คือออร์โธฟอสเฟต ไพรอูฟอสเฟต เมตาฟอสเฟตและสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต ที่ตรวจวิเคราะห์ในแม่น้ำแม่กลอง ปี พ.ศ.2532 อยู่ในช่วง 0.01-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตรตลอดลำน้ำ(สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534)

ในการศึกษาการแพร่กระจายของธาตุอาหารบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง พบว่าปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในช่วงฤดูน้ำน้อยมากกว่าฤดูน้ำหลาก โดยมีค่าพิสัยของแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.02-0.46 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.002-0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.33-1.77 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสเฟตมีค่าระหว่าง 0.08-1.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ธาตุอาหารโดยเฉพาะฟอสเฟตในแม่น้ำท่าจีนตอนล่างจะมีค่าสูงกว่าแม่น้ำสายหลักอื่นๆ ที่ไหลลงสู่อ่าวไทย และจากค่า N:P แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืช มีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด (ปัญญานีย์ พราพงษ์ และกัลยา วิทยากร, 2533)



## การวัดปริมาณน้ำด้วยเครื่องวัดกระแส

การวัดปริมาณน้ำด้วยเครื่องวัดกระแสใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของกระแสน้ำกับพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ (Nemerow, 1974 และสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2526) โดยอาศัยการอนุรักษ์มวลสารซึ่งในสภาพการไหลคงที่จะได้สมการต่อเนื่องในรูปของ

$$Q = AV$$

$Q$  = อัตราการไหลของน้ำ มีหน่วยเป็น  $m^3/sec$

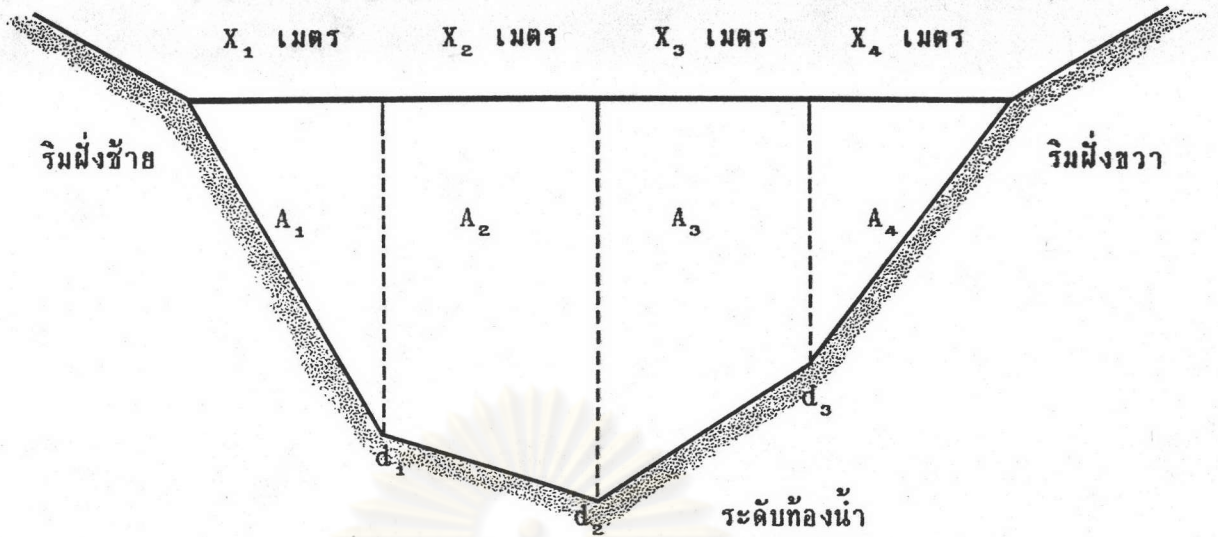
$A$  = พื้นที่หน้าตัดของการไหล มีหน่วยเป็น  $m^2$

$V$  = ความเร็วเฉลี่ยของการไหล มีหน่วยเป็น  $m/sec$

การหาพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำจะต้องรู้ทั้งความกว้างและความลึก ในลำน้ำทั่วไป ลักษณะหน้าตัดไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต โดยมากจะมีลักษณะเป็น Irregular U - shape ทำให้คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดที่ถูกต้องได้ยาก ฉะนั้น วิธีที่กระทำกันเสมอคือการแบ่งพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำออกเป็นพื้นที่หน้าตัดย่อยก่อน โดยต้องวัดความกว้างที่แน่นอนของลำน้ำ แล้วแบ่งความกว้างเป็นส่วนย่อยให้ระยะห่างระหว่างหน้าตัดย่อยไม่ควรมากกว่า  $1/20$  ของความกว้างของลำน้ำ และไม่ควรให้ค่าอัตราการไหลเกินกว่า 10 % ของอัตราการไหลผ่านหน้าตัดของลำน้ำนั้น วัดความลึกของลำน้ำตามระยะที่ได้แบ่งเอาไว้ จากเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้วทำให้ในบริเวณตอนลึกของลำน้ำ ความกว้างของรูปตัดย่อยจะต้องลดลง ยกเว้นในกรณีที่ เป็น Rectangular weir ซึ่งมีความลึกเท่ากันตลอดจะสามารถแบ่งความกว้างของลำน้ำให้เท่า ๆ กันได้

การหาความเร็วของกระแสน้ำใช้เครื่องวัดกระแส วัดความเร็วตามจุดที่แบ่งความกว้างของลำน้ำไว้ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบใบพัด (Propeller type) โดยวิธีนี้กระแสน้ำจะทำให้แกนใบพัดหมุนในแนวนอน (Horizontal axis) จำนวนรอบของการหมุนและเวลาที่ ใช้จะแสดงที่เครื่อง counter set เพื่อใช้ในการคำนวณหาความเร็วของกระแสน้ำ เนื่องจากความเร็วของกระแสน้ำในลำน้ำไม่เท่ากันคือ จะเป็นศูนย์ที่ก้นลำน้ำแล้วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีความเร็วสูงสุดที่ประมาณ 0.75-0.95 ของความลึกและจะลดลงเล็กน้อยจนถึงผิวน้ำ ฉะนั้น การวัดความเร็วของกระแสน้ำจึงต้องพิจารณาความลึกของลำน้ำด้วย โดยใช้เกณฑ์ในการหาความเร็วเฉลี่ย





รูปที่ 1.4 การแบ่งพื้นที่ภาคตัดขวางของแม่น้ำออกเป็น 4 ส่วน

จากรูปดังกล่าว สามารถจะคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดในแต่ละส่วนได้

$$\text{โดย } A_n = [(d_{(n-1)} \times X_n) + (d_n - d_{(n-1)}) \times X_n / 2] \dots \dots (1)$$

$X_1$  = ความกว้างของแม่น้ำในส่วนที่ 1 (เมตร)

$X_2$  = ความกว้างของแม่น้ำในส่วนที่ 2 (เมตร)

⋮  
⋮  
⋮

$X_n$  = ความกว้างของแม่น้ำในส่วนที่ n (เมตร)

สำหรับส่วนริมฝั่ง  $A_1 = (X_1 \cdot d_1) / 2$        $A_4 = (X_4 \cdot d_3) / 2$        $\dots \dots (2)$

d = ความลึก (เมตร)

$A_n$  = พื้นที่ภาคตัดขวางแต่ละส่วนของลำน้ำ (ตารางเมตร)



สำหรับอัตราความเร็วของกระแสใน ส่วนที่ลึกน้อยกว่า 1 เมตร จะวัดที่ระดับ 0.6 ของความลึกจากผิวน้ำ ในส่วนที่ลึกมากกว่า 1 เมตร จะวัดที่ 3 ระดับ คือ 0.2, 0.6, 0.8 ของความลึก และนำมาหาค่าเฉลี่ย (Nemerow, 1974) โดยที่

$$\bar{V}_d = (V_{0.6} + (V_{0.2} + V_{0.8})/2) / 2 \dots\dots\dots(3)$$

$\bar{V}_d$  = อัตราความเร็วเฉลี่ย

$V_{0.2}$  = อัตราความเร็วที่ระดับ 0.2 ของความลึกจากผิวน้ำ

$V_{0.6}$  = อัตราความเร็วที่ระดับ 0.6 ของความลึกจากผิวน้ำ

$V_{0.8}$  = อัตราความเร็วที่ระดับ 0.8 ของความลึกจากผิวน้ำ

จาก (3) และสามารถหาค่า  $V$  เฉลี่ยของแต่ละส่วนได้

$$V_n = (\bar{V}_{d(n-1)} + \bar{V}_{d(n)}) / 2$$

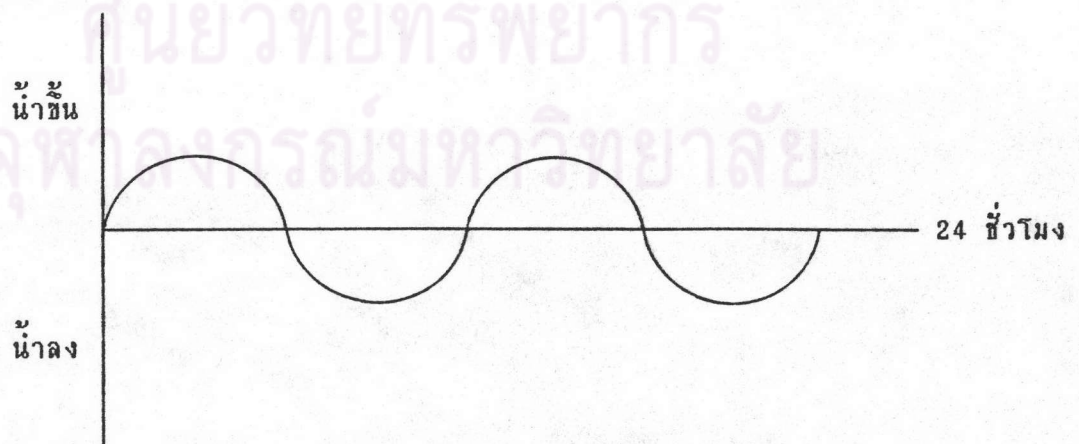
$$V_1 = (2\bar{V}_{d1}) / 3$$

$$V_4 = (2\bar{V}_{d4}) / 3$$

$$Q_n = A_n V_n$$

$Q_n$  =  $Q$  ในแต่ละส่วนของรูปแบ่ง

ก็สามารถหาค่า  $Q_n$  ซึ่งเป็นค่า  $A$  ในแต่ละส่วนของรูปแบ่งได้ แต่เนื่องจากค่า  $Q_n$  ที่หาได้นี้จะเป็นค่าเฉพาะเวลาในขณะใดขณะหนึ่ง และวัดซ้ำจุดเดิมทุกๆ ชั่วโมงครั้งแล้วบันทึกเวลาไว้ทุกครั้งก็สามารถหาค่า  $Q$  ทุกๆ ชั่วโมงครั้งมาพล็อต(plot) ในกระดาษกราฟเป็น curve ของปริมาณน้ำขึ้นและปริมาณน้ำลงในแต่ละส่วนของรูปแบ่งได้



รูปที่ 1.5 แสดง curve ของปริมาณน้ำขึ้นและน้ำลง



จากรูปที่แสดงโดยการใช้เครื่องคำนวณพื้นที่ (Planimeter) ก็สามารถจะวัดพื้นที่ซึ่งเป็นปริมาณน้ำทั้งก้อนที่ขึ้นและลงได้ใน 25 ชั่วโมง จากนั้นก็สามารถหาค่า  $Q_{n, net}$  ได้

$$Q_{n, net} = Q_{n, \text{น้ำลง}} - Q_{n, \text{น้ำขึ้น}}$$

ก็สามารถหาค่า  $Q_{n, net}$  ซึ่งเป็น  $Q$  แต่ละส่วนของรูปแบ่งได้ ในทำนองเดียวกันก็สามารถจะหาค่า  $Q_{n, net}$  ของรูปแบ่งอื่นๆได้ เมื่อเอา  $Q_{n, net}$  ของรูปแบ่งทั้งหมดมารวมกันก็จะได้  $Q$  แม่น้ำ

$$Q \text{ แม่น้ำ} = (Q_{1, net} + Q_{2, net} + Q_{3, net} + Q_{4, net})$$

### ฟลักซ์ของธาตุอาหาร (Nutrient Fluxes)

ฟลักซ์เป็นวิธีการวัดปริมาณวิธีหนึ่งในการศึกษาอัตราการถ่ายเทของสสาร จากแหล่งสะสม (reservoir) หนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง หรือจากสถานะ (state) ทางฟิสิกส์หรือเคมีหนึ่งๆ ไปยังอีกสถานะหนึ่ง

ฟลักซ์ = proportionality factor x แรงขับ (driving force)

ฟลักซ์มีหน่วยเป็น  $ML^{-2}T^{-1}$

$M$  = ค่าปริมาณของสสารที่ถูกพาไปด้วยฟลักซ์ (ไม่จำเป็นต้องเป็นมวล)

$L$  = มิติเชิงเส้น

$T$  = เวลา

หน่วยของฟลักซ์ จะขึ้นกับประเภทของฟลักซ์นั้นๆ เช่น ฟลักซ์มวล ฟลักซ์พลังงาน ฟลักซ์ปริมาณหรืออนุภาค หน่วยของแรงขับและ proportionality factor ต้องสอดคล้องกับหน่วยของฟลักซ์เสมอ แรงขับเป็นกลไกที่สำคัญในการถ่ายเทของฟลักซ์ กลไกนั้นได้แก่ แอ็ดเวคชัน (advection) เป็นการโยกย้ายภายใต้อิทธิพลของแรงต่างๆ เทียบกับผู้สังเกต เช่น การไหลของน้ำและลม ขนาดของการไหล ไม่ขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของแหล่งสะสมที่สารถูกถ่ายเทจากแหล่งนั้นไปสู่แหล่งอื่น (อัปสรสุดา ศิริพงษ์, 2524)

ฟลักซ์ของธาตุอาหารเป็นการศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่ถูกพัดพาออกหรือเข้าในบริเวณเอสทูรี ต่อหน่วยเวลา สามารถบอกทิศทางของการถ่ายเทธาตุอาหารนั้นได้ว่า มีทิศทาง การลำเลียงจากแม่น้ำออกสู่ทะเล หรือจากทะเลพัดพาเข้าสู่แม่น้ำ



Kjerfve and Mckellar (1980) ได้ศึกษาฟลักซ์ของสารจากบริเวณ Salt Marsh เอสทูรี โดยใช้สูตรการคำนวณสำหรับ instantaneous material fluxes,  $F(t)$

$$F(t) = Q(t)C(t)$$

โดย  $Q(t)$  เป็น instantaneous discharge ( $L^3/T$ )

$C(t)$  เป็น instantaneous material concentration ( $M/L^3$ )

ฟลักซ์ของธาตุอาหาร  $F(t)$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ จะเป็นความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำ  $Q(t)$  ซึ่งไหลผ่านพื้นที่หน้าตัด (โดยจะต้องมีทั้งน้ำลงให้ค่าเป็นบวกและน้ำขึ้นให้ค่าเป็นลบ ซึ่งมีหน่วยเป็น  $m^3/sec$  และ  $C(t)$  ซึ่งเป็นความเข้มข้นของธาตุอาหารแต่ละตัว มีหน่วยเป็น  $mg/m^3$ )

Coredor and Morell (1989) ได้ศึกษาฟลักซ์ของแอมโมเนีย ผลบวกของไนโตรเจนและไนเตรท ระหว่างตะกอนดินและน้ำบริเวณที่ต้นของทะเลสาบเขตร้อน โดยใช้วิธีสังเกตองค์ประกอบร่วมกับทฤษฎีและใช้การทดลองบ่มเชื้อ การคำนวณทั้งสองวิธีสามารถใช้ได้กับแอมโมเนีย แต่สำหรับผลของไนโตรเจนและไนเตรท พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในการคำนวณวิธีสังเกตองค์ประกอบร่วมกับทฤษฎี เพื่อทำนายฟลักซ์สุทธิของตะกอนดินและน้ำ จะให้ผลช้ากว่าการคำนวณโดยวิธีการบ่มเชื้อ ซึ่งพบว่าตะกอนดินมีการให้ไนโตรเจนและไนเตรทที่เร็วกว่า ทั้งนี้คาดว่าเป็นผลมาจากตัวกลางทางชีวภาพ

Spurrier and Kjerfve (1988) ได้ทำการสำรวจเพื่อประเมินฟลักซ์สุทธิของธาตุอาหารในวัฏจักรการขึ้นลงของน้ำหนึ่งรอบ และในรอบปี บริเวณ salt marsh และ tidal creek พบว่าฟลักซ์สุทธิของหนึ่งรอบวัฏจักรการขึ้นลงของน้ำสามารถแสดงโดยใช้แบบจำลองของเส้นตรงมาตรฐานเทียบกับเวลา และฟลักซ์สุทธิในรอบหนึ่งปีประมาณค่าได้จากสมการเส้นตรง โดยเฉพาะฟลักซ์ของผลบวกไนโตรเจนและไนเตรท มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ tidal creeks

Whiting and Chiders (1989) ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นเพื่อประเมินการเคลื่อนย้ายของน้ำจาก subtidal creeks sediment ในการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในเอสทูรีโดยการวัดแอดเวกชัน (advection) ในสองอ่าวบริเวณ South Carolina salt marsh เอสทูรี พบว่ามีการเติมธาตุอาหารอนินทรีย์  $NH_4^+$  และ  $PO_4^{3-}$  ลงในแหล่งน้ำโดยการเคลื่อนย้ายของน้ำพัดพาเอาธาตุอาหารไปสู่ tidal creek

Dame et al. (1986) ศึกษาใน North Inlet, South Carolina พบว่าฟลักซ์ของธาตุอาหารมีทิศทางออกสู่ทะเล ฤดูกาลจะมีผลต่อปริมาณฟลักซ์ของธาตุอาหาร ในฤดูร้อนอัตราการไหลของน้ำมีค่าน้อยกว่าในฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิ เนื่องจากปริมาณน้ำจืดจากแผ่นดิน ปริมาณน้ำฝน และอิทธิพลของลม North east ทำให้ระดับน้ำใน North Inlet เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิ Kjerfve and Mckellar (1980) ได้ศึกษาฟลักซ์



ของสารใน mash estuary ใน South Carolina สหรัฐอเมริกาพบว่าฟลักซ์ของไนโตรเจน มีทิศทางออกสู่ทะเล และฤดูกาลมีผลต่อฟลักซ์ของไนโตรเจน

Ishitobi et al. (1988) ได้ศึกษาเก็บตัวอย่างน้ำในครึ่งรอบวันเพื่อประเมิน ปริมาณธาตุอาหารที่ลงสู่แม่น้ำ Hii ในประเทศญี่ปุ่น โดยได้ศึกษาความแปรผันของปริมาณน้ำไป พร้อมกับความเข้มข้นของธาตุอาหารตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2526 ถึงเดือนมิถุนายน 2527 พบว่า ทั้งตะกอนแขวนลอย, ignition loss และฟอสฟอรัสรวม มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในช่วงน้ำหลาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นแอมโมเนียไนโตรเจน เมื่อนำข้อมูลปริมาณน้ำและความเข้มข้น ของธาตุอาหารในรอบครึ่งปีแรกมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในครึ่งปีหลังจากการตรวจวัดและการ ทำนาค่าของไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม พบว่ามีความใกล้เคียงกันมาก ประเมินว่าค่า ไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมที่ไหลสู่แม่น้ำในรอบปีดังกล่าวเท่ากับ 857 และ 95.6 ตัน ตามลำดับ

Loder and Glibert (1980) ได้ศึกษาฟลักซ์ของฟอสเฟตละลายน้ำบริเวณ Great Bay เอสทุรี รัฐนิวแฮมป์เชียร์ ในปี 1976 พบว่าปริมาณรวมของฟอสเฟตละลายน้ำที่ลงสู่บริเวณ เอสทุรี เท่ากับ  $70.7 \times 10^5$  โมล/ปี โดยได้รับจากน้ำทิ้งชุมชน 78 % แม่น้ำ 13 % ฟลักซ์ของดินตะกอน 7 % และจากน้ำฝน 2 % ส่วนฟอสเฟตละลายน้ำที่ได้รับจากน้ำชายฝั่ง ทะเลมีเพียง 12 %

การศึกษาฟลักซ์ของธาตุอาหารและเกลือในประเทศไทย ยังมีผู้ทำการศึกษากันน้อย ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ ฟลักซ์ของเกลือต่อวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำบางปะกง 2 สถานี ใน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเปลี่ยนมรสุม ช่วงมรสุมเหนือและช่วงมรสุมตะวันตก พบว่า ฟลักซ์เกลือสุทธิต่อความกว้างของแม่น้ำมีทิศทางกลับกันเมื่อมรสุมเปลี่ยน รวมทั้งมีการแปรผันตาม แนวขวางของแม่น้ำ (อัปสตรีดา สิริพงษ์, ทวีศักดิ์ ปิยะภาณุจัน และสุทธิชัย เตมียาลิษฐ์, 2527)

ในการศึกษาบริเวณปากคลองหงาว จังหวัดระนอง พบว่าฟลักซ์ของธาตุอาหาร และเกลือจากป่าชายเลนมีการขนส่งออกสู่ทะเล โดยฟลักซ์ของธาตุอาหารไนโตรเจน ไนเตรท ไนโตรเจนรวม มีฟลักซ์สุทธิไหลออกสู่ทะเลในฤดูฝน (เดือนกันยายน-ตุลาคม) เท่ากับ 6.8 , 62.0 และ  $1.3 \times 10^3$  kg/day ตามลำดับ สูงกว่าในฤดูแล้ง (เดือนมกราคม-มีนาคม) ซึ่งมีค่า 1.9 , 4.4 และ  $0.6 \times 10^3$  kg/day ตามลำดับ ส่วนฟอสเฟต ฟอสฟอรัสรวม ระหว่างสองฤดูกาลมีค่าใกล้เคียงกันกล่าวคือในฤดูฝนเท่ากับ 33.4 และ 94.5 kg/day และ ฤดูแล้งเท่ากับ 20.8 และ 98.1 kg/day สำหรับฟลักซ์ของเกลือในฤดูแล้ง เท่ากับ  $6.8 \times 10^7$  kg/day สูงกว่าฤดูฝนซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1.8 \times 10^7$  kg/day และอัตราการไหล ของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ  $34 \text{ m}^3/\text{sec}$  (สุภาพร รักเขียว, 2533)



จากการประเมินฟลักซ์ของสารตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัส และซิลิเกต ที่สถานีปากเกร็ดในแม่น้ำเจ้าพระยา โดย ปิรรัตน์ ปิติวัฒนกุล (2533) พบว่าการแปรผันตามฤดูกาล และเมื่อเทียบกับสถานีบางไทรในรอบวงจรม้ำขึ้น-น้ำลงเดียวกัน พบว่ามีความแตกต่างกันในช่วงฤดูน้ำมากสารส่วนใหญ่จะถูกพาลงสู่แม่น้ำตอนล่าง ขณะที่ในช่วงฤดูน้ำน้อยสารจะถูกพากลับลู่ตอนบนของแม่น้ำ ฟลักซ์ของสารเหล่านี้ในแต่ละวัน จะเปลี่ยนไปทั้งขนาดและทิศทางขึ้นอยู่กับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง และปริมาณความเข้มข้นของสารในแต่ละวัน

การแปรผันในรอบปีของปริมาณสารที่ถูกพามาพร้อมกับน้ำในรูปของอนุภาค (หรือรวมอยู่กับอนุภาค) ของตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัส ที่ละลายน้ำทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับบนสารแขวนลอยจะมีความสอดคล้องกับรูปแบบการไหลของน้ำ สำหรับฟอสฟอรัสและซิลิเกตที่ถูกพามาในรูปของสารละลายจะขึ้นอยู่กับอันตรกิริยา (Interaction) ของสารกับระบบการไหลของแม่น้ำ ในช่วงความเค็ม 0-18 ส่วนในพันส่วน ฟอสฟอรัสที่ถูกพามาสูบน้ำในรูปของสารละลาย อาจถูกทำให้ลดลงโดยกระบวนการดูดซับของดินที่พื้นแม่น้ำ และของตะกอนแขวนลอยที่ถูกพามาพร้อมกับน้ำ ส่วนบริเวณเอสทูรี ในช่วงความเค็มสูงกว่า 18 ส่วนในพันส่วน จะมีพฤติกรรมเป็นแบบอนุรักษ์ และพบว่าซิลิเกตที่ละลายอยู่ในน้ำมีความเป็นอนุรักษ์อยู่มาก

ฟลักซ์ของสารอาหารที่ถูกพาลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (โดยปริมาณน้ำ  $155 \times 10^9$  ลูกบาศก์เมตรต่อปี) ในรอบปีตั้งแต่เดือนธันวาคม 2530 ถึงเดือนธันวาคม 2531 สรุปได้ดังนี้ ปริมาณตะกอนแขวนลอย  $1,566 \times 10^3$  ตัน/ปี ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำทั้งหมด  $3.13 \times 10^3$  ตัน/ปี ปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับกับตะกอนแขวนลอย  $2.49 \times 10^3$  ตัน/ปี ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำที่สิ่งมีชีวิตใช้ได้  $0.63 \times 10^3$  ตัน/ปี และปริมาณซิลิเกตที่ละลายน้ำ  $69.48 \times 10^3$  ตัน/ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย