หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ป่าชายเลน (mangrove forest) เป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่งที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ มีพรรณไม้ขึ้นอยู่มากมายได้แก่ โกงกาง แสม และพันธุ์ไม้อื่น ๆ นอกจากนี้แหล่งน้ำบริเวณป่าชายเลนก็เป็นที่อยู่อาศัย แหล่งเพาะพันธุ์ และอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด ตลอดชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งยาวประมาณ 2,600 กิโลเมตร พบว่ามีป่าชายเลนขึ้นอยู่ประมาณ 1,227,674 ไร่ (บุญชนะ กลั่นคำสอน และ ธงชัย จารุพัฒน์ ,2530) ป่าชายเลนที่มีความอุดมสมบูรณ์ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 75-80% ของป่าชายเลนทั้งหมดจะอยู่ตามชายฝั่งทะเลอันดามัน ส่วนที่เหลือเป็นป่าชายเลนที่มีความอุดมสมบูรณ์ไม่มากนักและพบทางชายฝั่งตะวันออกและตะวันตกของอ่าวไทย (สนิท อักษรแก้ว, 2525) ในปัจจุบันได้มีการเพิ่มจำนวนประชากรในอัตราค่อนข้างสูงทำให้มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อกิจกรรมต่าง ๆเพิ่มขึ้น เช่น การก่อสร้างที่อยู่อาศัย การทำเหมืองแร่ การก่อสร้างท่าเทียบเรือ การขยายตัวของชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงชายฝั่งมากขึ้น ทำให้มีการทำลายหรือลดพื้นที่ป่าชายเลนลงอย่างมาก ทำให้ระบบนิเวศของป่าชายเลนเปลี่ยนแปลงไป

ป่าชายเลนเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย อนุบาล และผสมพันธุ์ที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ กุ้งหลายชนิดได้ใช้ป่าชายเลนเป็นที่อยู่อาศัยและอนุบาลตัวอ่อน ในบางช่วงของวงจรชีวิตของมัน สนิท อักษรแก้ว (2532) อ้างถึง Macnae (1974) ซึ่งได้ศึกษาสภาพป่าชายเลนในมหาสมุทรอินเดียและได้สรุปว่า กุ้งกุลาขาว กุ้งกุลาดำ และกุ้งแชบ๊วย ได้อาศัยป่าชายเลนเป็นที่เพาะเลี้ยงตัวอ่อน ส่วนกุ้งตะกาดส่วนใหญ่จะอาศัยตามแอ่งน้ำหรือคลองในบริเวณป่าชายเลน นอกจากนี้ป่าชายเลนยังเป็นตัวกลางที่สำคัญในวงจรอาหาร กล่าวคือ ใบไม้ กิ่งไม้ และเศษไม้ที่ร่วงหล่นทับถมลงน้ำจะสลายตัวกลายเป็นธาตุอาหาร จุลินทรีย์ และแพลงตอนพืช สามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะเป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำขนาดเล็ก และสัตว์น้ำขนาดเล็กเหล่านั้นจะกลายเป็นอาหารของพวกสัตว์น้ำขนาดใหญ่ตามลำดับของอาหารในห่วง

โซ่อาหาร จนถึงมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้าย (ยอน ฮิลลิ์แบร์ก, 2524)

ดังนั้นธาตุอาหารในน้ำนับว่ามีความสำคัญมากต่อห่วงโซ่อาหารและคุณภาพน้ำในบริเวณนั้น ๆ ธาตุอาหารในน้ำที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ได้แก่ ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีปริมาณน้อย แต่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต และเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำนั้น ๆได้โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตพวกสร้างอาหารได้ด้วยตัวเอง (autotroph) สารอาหารเหล่านี้จะถูกนำไปสร้างโปรโตพลาสซึมและกลายเป็นอาหารของกลุ่มที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (heterotroph) นอกจากนี้คุณสมบัติทางเคมีของน้ำยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของพันธุ์ไม้และพันธุ์สัตว์ต่าง ๆ ในบริเวณป่าชายเลนด้วย สนิท อักษรแก้ว (2532) อ้างถึง Macnae (1968)ความเค็มของน้ำมีอิทธิพลโดยตรง ต่อการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้และในการที่สัตว์ในป่าชายเลนต้องอาศัยพันธุ์ไม้แต่ละชนิดเป็นที่อยู่อาศัย จึงทำให้สัตว์ที่อยู่ในป่าชายเลนมีการแบ่งเขตที่อยู่เช่นเดียวกับพันธุ์ไม้ ปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอโดยขึ้นอยู่กับพฤติกรรมทางเคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยา ในบริเวณเอสทูรี (ประวีณ วุฒิสถิรภิญโญ, 2519)

เอสทูรีบริเวณป่าชายเลนจะมีการเปลี่ยนแปลงและแลกเปลี่ยนมวลสารระหว่างน้ำจืดและน้ำทะเลอยู่ตลอดเวลาตามวัฏจักรการขึ้นลงของน้ำ การวัดปริมาณการแลกเปลี่ยนมวลสารหรือปริมาณการนำเข้าหรือส่งออกของธาตุอาหาร ปริมาณตะกอนแขวนลอย เกลือและมวลน้ำในแหล่งน้ำบริเวณเอสทูรีจะวัดในลักษณะของฟลักซ์ (Flux) ของปริมาณนั้น ๆ กล่าวคือ เป็นการวัดปริมาณของสารที่ถูกขนถ่ายต่อหน่วยพื้นที่ ต่อหน่วยเวลา

การศึกษาปริมาณฟลักซ์รวมทั้งการกระจายและพฤติกรรมของธาตุอาหารในบริเวณป่าชายเลนเป็นส่วนหนึ่งในการเข้าใจระบบนิเวศของป่าชายเลนและการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ซึ่งการศึกษาด้านนี้ในประเทศไทยยังมีอยู่น้อย ทำให้การจัดการการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าชายเลนเป็นไปได้ไม่สมบูรณ์นัก ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาการกระจายและปริมาณฟลักซ์ของธาตุอาหารของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในรูปแบบของไนไตรท์ (NO_2) ไนเตรท (NO_3) ฟอสเฟต(PO_4)ที่ละลายน้ำ และปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวมในน้ำ โดยศึกษาเปรียบเทียบถึงการเปลี่ยนแปลงและการกระจายของธาตุอาหารดังกล่าวตามฤดูกาล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรน้ำขึ้น-น้ำลง ในป่าชายเลน บริเวณคลองหงาว อำเภอเมือง จังหวัดระนองซึ่งเป็นเอสทูรีที่มีป่าชายเลนประกอบไปด้วยบริเวณป่าสงวน ป่าที่ได้รับสัมปทานให้ใช้ประโยชน์ในการทำไม้ และรวมทั้งการขุดแร่ด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการกระจายของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรูปแบบต่าง ๆระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งในป่าชายเลนบริเวณคลองหงาว อำเภอเมือง จังหวัดระนอง

2. เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในบริเวณคลองหงาว ตามวัฏจักรน้ำขึ้น-น้ำลง

3. เพื่อศึกษาการแลกเปลี่ยนปริมาณฟลักซ์ของธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ระหว่างป่าชายเลนและน้ำทะเลชายฝั่งในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาวิจัย

1. เพื่อทราบถึงพฤติกรรมการกระจายของธาตุอาหารในป่าชายเลนบริเวณคลองหงาวในฤดูกาลที่แตกต่างกัน

2. เพื่อทราบถึงการแลกเปลี่ยนของธาตุอาหารระหว่างบริเวณป่าชายเลนและน้ำทะเลชายฝั่ง

3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาแหล่งกำเนิดของธาตุอาหารของพืชและผลกระทบของปริมาณธาตุอาหารที่มีต่อคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณใกล้เคียง

4. เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของระบบนิเวศป่าชายเลนที่จะนำไปประยุกต์ในการวางแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรและการใช้ประโยชน์ป่าชายเลนให้ได้ประโยชน์สูงสุดอย่างต่อเนื่อง (sustainable yield) และสามารถนำความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาบริเวณใกล้เคียงและอื่น ๆ ได้อีกด้วย

การศึกษาและการสำรวจเอกสาร

ป่าชายเลนหมายถึงสังคมพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำหรืออ่าว ซึ่งเป็นบริเวณที่มีระดับน้ำทะเลท่วมถึงในช่วงที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด (สนิท อักษรแก้ว, 2532 อ้างถึง Schimper,1903) หรือหมายถึงกลุ่มของสังคมพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณปากอ่าวชายฝั่งทะเลบริเวณเขตร้อน (tropical region) ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยพันธุ์ไม้สกุลโกงกาง (Rhizophora) เป็นไม้สำคัญและมีไม้ตระกูลอื่นปะปนอยู่บ้าง (สนิท อักษรแก้ว, 2532 อ้างถึง Lu Du, 1962)ป่าชายเลนจะพบทั่วไปตามพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณปากน้ำ อ่าว ทะเลสาบและเกาะ ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำทะเลท่วมถึงของประเทศในบริเวณเขตร้อน (tropical zone) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของป่าชายเลนจะมีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ในป่าชายเลน ความแตกต่างทางลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลน ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญแก่ป่าชายเลน ได้แก่ ภูมิประเทศชายฝั่ง ภูมิอากาศ น้ำขึ้น-น้ำลง คลื่น กระแสน้ำ และความเค็มของน้ำ โดยปกติป่าชายเลนจะเจริญเติบโตได้ดีมีความเค็มระหว่าง 10-30 ppt ออกซิเจนละลายน้ำ ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 3.8-7.5 mg/l (ประวีณ ลิมปะสายชล และนิภาวรรณ บุศราวิทย์,2531) ดินและธาตุอาหารในป่าชายเลนมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ อนินทรียสาร และอินทรียสาร

ปริมาณของธาตุอาหารในเอสทูรีหรือในป่าชายเลนมีแหล่งกำเนิดมาจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ

1. แหล่งที่มาจากป่าชายเลนเอง (autochtonous sources)
2. แหล่งที่มาจากภายนอกป่าชายเลน (allochtonous sources) ได้แก่ น้ำที่ไหลผ่านแผ่นดิน (run off) น้ำฝน ตะกอนดิน (sediment) และน้ำทะเลที่หนุนขึ้นมา

การกระจายของธาตุอาหาร

การกระจายของธาตุอาหารที่ละลายน้ำในเอสทูรี จะอยู่ภายใต้การควบคุมของการหมุนเวียนของน้ำ การผสมผสานระหว่างน้ำจืดและน้ำทะเล กระบวนการทางชีวภาพ และเมตาบอลิซึมตลอดจนกระบวนการทางเคมีอีกด้วย

Aston (1976) ได้สรุปถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของธาตุอาหารในเอสทูรี ดังนี้

1. การผสมกันของน้ำจืด และน้ำทะเล โดยน้ำขึ้น-น้ำลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ปริมาตรน้ำในเอสทูรีซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบชั่วคราวในการถ่ายเทธาตุอาหารจากแหล่งน้ำหนึ่งสู่อีกแหล่งน้ำหนึ่ง

2. การหมุนเวียนของน้ำ โดยเฉพาะการแบ่งชั้นของน้ำในเอสทูรีบางแห่งทำให้เกิดความแตกต่างของธาตุอาหารที่ละลายน้ำทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง

3. รูปร่างลักษณะของเอสทูรีอาจจำกัดการหมุนเวียนถ่ายเทของน้ำ

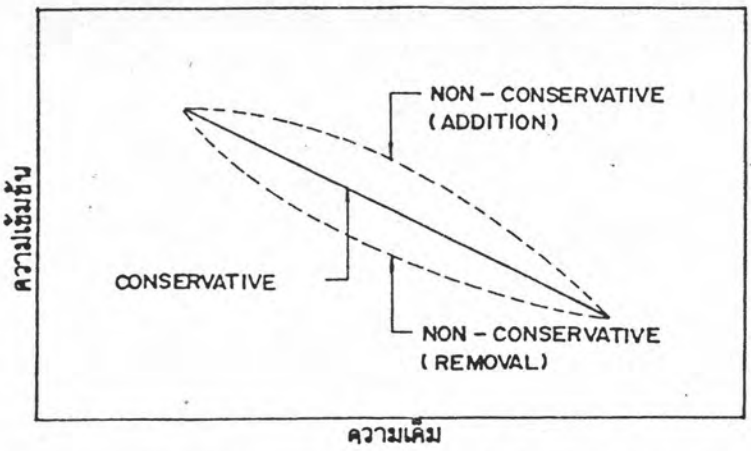
4. ระบบกระแสน้ำชายฝั่งและในบริเวณเอสทูรี ทำให้เกิดการทับถมของตะกอน การตกตะกอน และการกลับลอยขึ้นของตะกอนอาจจะมีผลกระทบต่อปริมาณของธาตุอาหารต่าง ๆ ที่ละลายน้ำ

5. ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้น ในระหว่างการผสมกันของน้ำแม่น้ำและน้ำทะเล อาจจะทำให้เกิดการลดลงและเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารที่ละลายน้ำได้

6. กระบวนการผลิตทางชีววิทยา และเมตาโบลิซึมมีอิทธิพลต่อการเกิดและการกระจายของธาตุอาหาร

วิธีหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาดูว่าเกิดอะไรขึ้นกับองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ละลายในแม่น้ำ เมื่อเข้าสู่ระบบเอสทูรี ได้แก่ การเปรียบเทียบการกระจายที่พบจริงกับการคาดคะเนที่ได้จากการผสมผสานแบบธรรมดา โดยที่รูปแบบของสารไม่เปลี่ยนแปลง Liss (1976) ได้อธิบายทฤษฎีการเจือจางของสารละลายเมื่อมีการผสมของน้ำจืดและน้ำทะเลที่เกิดขึ้นในเอสทูรี ในลักษณะพฤติกรรมแบบอนุรักษ์(conservative)และแบบไม่อนุรักษ์ (non-conservative)

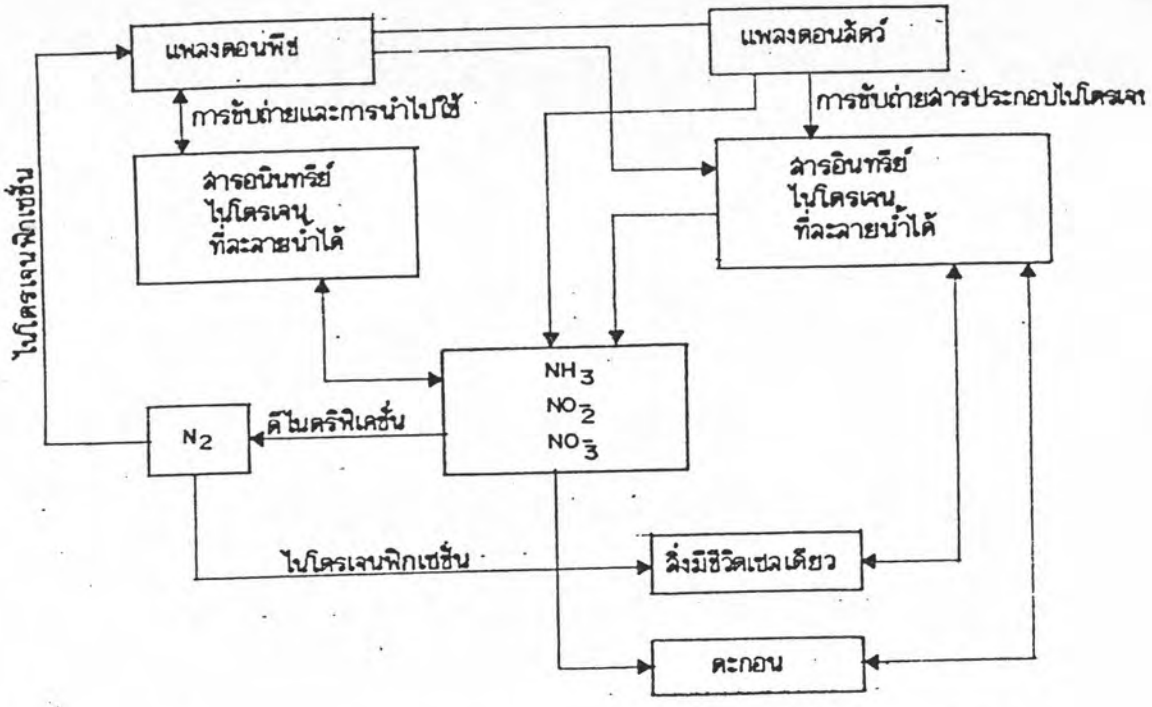
พฤติกรรมแบบอนุรักษ์ หมายถึง เมื่อมีการผสมผสานของน้ำจืดและน้ำทะเลในเอสทูรีแล้ว การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุ หรือสารประกอบที่เกิดขึ้น เนื่องมาจากกระบวนการทางกายภาพแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำจะเป็นเส้นตรงตามเส้นเจือจางทางทฤษฎี (theoretical dilution line) แต่ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารประกอบและความเค็มของน้ำไม่เป็นเส้นตรง โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเส้นเจือจางทางทฤษฎี แสดงว่ามีการเคลื่อนย้าย(removal)หรือการเพิ่มขึ้น(addition)ของสารนั้น เนื่องจากกระบวนการทางเคมีหรือทางชีวภาพที่เกิดขึ้นพร้อมกับกระบวนการทางกายภาพ ซึ่งลักษณะนี้กล่าวได้ว่าสารนั้นมีพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์ ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 พฤติกรรมของสารในระหว่างการผสมผสานของน้ำจืด และน้ำทะเล
(ดัดแปลงจาก Liss, 1976)

1.1 ไนโตรเจน

ธาตุอาหารไนโตรเจนที่เข้าสู่เอสทูรีอาจอยู่ในรูปของกาซไนโตรเจน สารประกอบอนินทรีย์และอินทรีย์ ไนโตรเจนรูปแบบที่สำคัญในน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ ไนเตรทอิออน (NO_3^-) ไนไตรท์อิออน (NO_2^-) แอมโมเนีย (NH_3) และแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) แหล่งกำเนิดของไนโตรเจนที่เข้าสู่บริเวณเอสทูรี ได้แก่ การกัดเซาะของเปลือกโลกจากแหล่งมลภาวะซึ่งทำให้ปริมาณไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำมาก การหมุนเวียนของไนโตรเจนในเอสทูรีค่อนข้างจะซับซ้อนเพราะมีหลายรูปแบบ ซึ่งพอจะสรุปได้ดังรูปที่ 1.2 กระบวนการสำคัญในการหมุนเวียนของไนโตรเจนในน้ำคือกระบวนการตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation)กระบวนการดิไนตริฟิเคชัน (denitrification) และกระบวนการทางชีวภาพเป็นกระบวนการที่สำคัญต่อการกระจายของไนโตรเจนในแหล่งน้ำ จากการศึกษาของ Aston(1980) พบว่ามีการลดลงของไนเตรทเนื่องจากกระบวนการ denitrification ที่น้ำระดับล่าง เมื่อน้ำอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำไนเตรทจะถูกรีดิวซ์เปลี่ยนเป็นไนไตรท์ และกาซไนโตรเจนได้ ส่วนการศึกษาของ Furumai et al.(1988) ศึกษาในแม่น้ำ Rokkaku พบว่ากลไกของกระบวนการตรึงไนโตรเจนในตะกอนแขวนลอยและดินตะกอนในแม่น้ำขึ้นกับอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง



รูปที่ 1.2 วงจรแสดงการไหลเวียนของธาตุไนโตรเจนในบริเวณเอสทูรี

(จาก ยอน อิลลิแบร์ก,2524)

การกระจายของธาตุไนโตรเจน

Smith et al.(1985) ได้ศึกษาการกระจายของไนเตรทและการเปลี่ยนรูปแบบของไนเตรทใน Four Leaque Bay พบว่าไนเตรทมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน และน้อยสุดในฤดูหนาว และความเข้มข้นของไนไตรท์และไนเตรทอยู่ระหว่าง 1.0-1.5 mg N/l และลดลงตาม salinity gradient Coots and Yeats (1979) ได้ศึกษาการแพร่กระจายของธาตุอาหารไนไตรท์ ไนเตรท ในอ่าว St. Lawrence พบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารจะเพิ่มขึ้นตามความลึกและระยะทางที่เข้าไปในอ่าวและมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ส่วนการศึกษาของ Nixon et al.(1984) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในบริเวณเอสทูรีชายฝั่งตะวันตกของมาเลเซีย ดูการกระจายของธาตุอาหารโดยใช้ไดอะแกรมการผสม (mixing diagram) พบว่าอินทรีย์ไนโตรเจนมีลักษณะลดลงเมื่อออกสู่ทะเล Schemel and Hager (1986)ศึกษาใน Sacramento River และใน San Francisco Bay พบว่าการเปลี่ยนแปลงการกระจายของไนเตรทและแอมโมเนีย เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เข้ามาจากแม่น้ำ และการเคลื่อนย้ายเข้ามาของแพลงตอนพืช จะมีผลมากสำหรับแอมโมเนีย แต่มีความสัมพันธ์กันน้อยกับไนเตรท Dame et al. (1986)ศึกษาใน North Inlet South Carolina พบว่าปริมาณของ

ไนโตรเจนในช่วงน้ำเกิดจะมีปริมาณสูงกว่าช่วงน้ำตาย และฤดูกาลมีผลต่อความเข้มข้น และการกระจายของธาตุอาหาร

Siripong (1980) ได้ทำการศึกษาการกระจายของธาตุอาหารในอ่าวพังงา ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารจะสูงสุดเมื่อเวลาน้ำลง และต่ำสุดเมื่อเวลาน้ำขึ้น ส่วนความเค็มจะมีปริมาณสูงสุดเมื่อเวลาน้ำขึ้นและต่ำสุดเมื่อเวลาน้ำลง การกระจายตามแนวดิ่งพบว่ามีลักษณะเหมือนกัน ทั้งเวลาน้ำขึ้นและน้ำลง ยกเว้นบางเวลาที่ผลของภูมิประเทศและอุตุนิยม ทำให้แตกต่างกันระหว่าง 2 ระดับ และได้สรุปไว้ว่าการเปลี่ยนแปลงและการกระจายของธาตุอาหารและเกลือขึ้นกับ น้ำขึ้น น้ำลง ภูมิประเทศ ผลของน้ำจืดที่ไหลเข้ามา กิจกรรมของมนุษย์ และผลทางอุตุนิยมวิทยา Limpsaichol (1980)ได้ทำการศึกษานิเวศวิทยาบางประการที่ป่าชายเลนบริเวณอ่าวน้ำบ่อ จังหวัดภูเก็ต พบว่าความเค็มมีการแบ่งชั้นในน้ำบริเวณป่าชายเลนและในช่วงน้ำเกิดมีค่าสูงกว่าช่วงน้ำตาย ไนเตรทจะถูกปลดปล่อยออกมาจากแร่ธาตุและถูกดูดซับด้วยตะกอนแขวนลอย และพบว่าในช่วงน้ำเกิดความเข้มข้นไนเตรทที่ระดับผิวหน้าน้ำสูงกว่าชั้นน้ำระดับล่าง และการกระจายมีลักษณะลดลงเมื่อออกสู่ทะเล

<u>พฤติกรรมของไนโตรเจนที่ละลายในเอสทูรี</u>

De Sousa (1985) ศึกษาการแพร่กระจายของไนเตรทใน Mondovi Estuary ในช่วงก่อนฤดูมรสุม พบว่าเป็นแบบไม่อนุรักษ์ โดยพบว่ามีการสูญเสียออกจากน้ำ มีการสูญเสียค่อนข้างสูงในบริเวณที่มีความเค็มสูง เนื่องจากกระบวนการทางชีวภาพ และลักษณะเดียวกันกับการศึกษาของ Morris et al.(1985) ศึกษาในเอสทูรีของแม่น้ำ Tamar พบว่าไนเตรทมีลักษณะพฤติกรรมเป็นแบบไม่อนุรักษ์แต่การเพิ่มของไนเตรทอาจจะมีสาเหตุมาจากกระบวนการทางชีวภาพ และแอมโมเนียมีพฤติกรรมเป็นแบบไม่อนุรักษ์และการเพิ่มของแอมโมเนียเนื่องมาจากน้ำขึ้น-น้ำลง ส่วนการศึกษาของ Sharp et al.(1986)ได้ศึกษาพฤติกรรมของไนเตรทใน Delaware Estuary พบว่ามีพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์ เนื่องจากมีการใช้ไนเตรทโดยแพลงตอนพืชที่บริเวณปากเอสทูรี

การศึกษาของ Pennock (1987)ศึกษาในเอสทูรีแม่น้ำ Delaware พบว่าแอมโมเนียมีพฤติกรรมเป็นแบบไม่อนุรักษ์ตลอดกาล ส่วนไนเตรทมีพฤติกรรมเป็นแบบอนุรักษ์ Fox et al. (1987) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีในบริเวณ Mississippi Estuary พบว่าเอสทูรีมีลักษณะการผสมผสานที่ดี ที่บริเวณนอกฝั่งของอ่าว พบว่าไนเตรทและแอมโมเนียมีพฤติกรรมแบบอนุรักษ์

1.2 ฟอสฟอรัส

ธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำส่วนใหญ่อยู่ในรูปของฟอสเฟตแอนอิออน ซึ่งพืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยอินทรีย์ฟอสเฟตนี้เข้าสู่บริเวณเอสทูรีได้จากการชะล้างของเปลือกโลก และน้ำทิ้งจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม

การเกิดบัฟเฟอร์ของฟอสฟอรัส

จากการศึกษาพบว่าปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ในระหว่างการผสมผสานของน้ำพบว่า ในบริเวณเอสทูรีมีกระบวนการอย่างหนึ่งที่ควบคุมปริมาณฟอสเฟตในน้ำให้ค่อนข้างคงที่ นั่นคือ การเกิดบัฟเฟอร์ของฟอสเฟต โดยการดูดซับและการคายออกจากผิวของตะกอน ซึ่งจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำ พื้นที่ที่ดูดซับ และคุณภาพน้ำ (Liss, 1976) Kunushi and Glotfelty (1985) พบว่าฟอสเฟตที่ละลายน้ำขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำและเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีการปลดปล่อยฟอสเฟตจากตะกอนดินมากขึ้น Butler and Tibbite (1972)ศึกษาในบริเวณ Tamar Estuary พบว่าเมื่อปริมาณดินตะกอนแขวนลอยในน้ำสูงขึ้น มันจะควบคุมระดับของฟอสฟอรัสในน้ำโดยการดึงฟอสฟอรัสที่มีมากในน้ำออก และปล่อยฟอสฟอรัสเมื่อในน้ำมีน้อยเป็นผลให้เกิด buffering อยู่ในช่วง 22-46 g P/l จากการศึกษาของ Bale and Morris (1981) ได้ศึกษากระบวนการผสมของน้ำในเอสทูรี โดยใช้ estuarine mixing simulator พบว่ามีการดึงฟอสเฟตออกจากน้ำเป็นกระบวนการที่เกิดจากการจับก้อน(coagulation)บนตะกอน

การกระจายของฟอสฟอรัส

Coots and Yeats (1979) ได้ศึกษาการกระจายของธาตุอาหารฟอสเฟตในอ่าว St. Lawrence พบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารจะเพิ่มขึ้นตามความลึกและตามระยะทางที่เข้าไปในอ่าว และมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเนื่องจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต Simpson et al. (1979) ได้ศึกษาฟอสเฟตใน Hudson Estuary พบว่าฟอสเฟตมีการกระจายทั้งที่หายไปและได้รับเพิ่มเนื่องจากแพลงตอนพืชและน้ำเสีย เขาสรุปว่าฟอสเฟตได้รับเพิ่มขึ้นจากน้ำเสียโดยตรง ตะกอน น้ำจืดจากแม่น้ำ การออกซิเดชันของสารแขวนลอยในน้ำ Aston (1980)พบว่าฟอสเฟตที่เข้าสู่เอสทูรีในรูปแร่ธาตุแขวนลอยและละลายน้ำ เกิดขึ้นเนื่องจากการสึกกร่อนของเปลือกโลก และการไหลของน้ำที่ผิว จากการศึกษาของ Nixon et al.(1984) พบว่าการเปลี่ยนแปลงของฟอสเฟตมีลักษณะลดลงเมื่อออกสู่ทะเล

Taff and Taylor (1970) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสใน Chesapeake Bay พบว่ามีความเข้มข้นสูงสุดในฤดูร้อนและในฤดูใบไม้ผลิ มวลชีวภาพของแพลงตอนพืชจะเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัส เช่นเดียวกับการศึกษาในอ่าว Tokyo พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในฤดูร้อนค่าสูงกว่าในฤดูหนาวเนื่องจากกระบวนการชีวภาพ(Miyata and Hattotri, 1986) และการศึกษาของKunishi and Glotfetty (1985) พบว่าความเข้มข้นของฟอสเฟตที่ละลายน้ำมีค่าสูงในฤดูร้อน และในบริเวณตอนต้นแม่น้ำจะลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น Dame et al. (1986) ศึกษาใน North Inlet South Corolina พบว่าปริมาณของฟอสฟอรัสในช่วงน้ำเกิดมีปริมาณสูงกว่าช่วงน้ำตายและฤดูกาลมีผลต่อความเข้มข้นและการขนย้ายของธาตุอาหาร

ในประเทศไทยการศึกษาของ Limpsaichol (1984)ที่บริเวณป่าชายเลน อ่าวน้ำบ่อ จังหวัดภูเก็ต พบว่าการกระจายของฟอสเฟตมีลักษณะลดลงเมื่อออกสู่ทะเล

<u>พฤติกรรมฟอสฟอรัสในเอสทูรี</u>

Eastman and Church (1984) ศึกษาพฤติกรรมของฟอสเฟตในเอสทูรีของแม่น้ำ Delaware พบว่ามีการเติมฟอสเฟตในช่วงความเค็มต่ำ ๆ ประมาณ 0-10% อาจเนื่องจากการปลดปล่อยของฟอสเฟตจากดินตะกอน โดยขบวนการเกิดเป็นตะกอนแขวนลอยขึ้นมาใหม่ Walker and Dennell (1981) พบว่าความเข้มข้นของฟอสเฟตใน Cleveland Bay ไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มเช่นเดียวกับการศึกษาของ Morris et al.(1981) ศึกษาการกระจายของฟอสเฟตใน Tamar Estuary พบว่าการกระจายของฟอสเฟตไม่ขึ้นกับความเค็ม มีค่าสูงสุดอยู่บริเวณต่ำกว่า 10 กม. ของเอสทูรี เป็นการได้รับเพิ่มในเอสทูรีเอง

Rehm (1985) ศึกษาการกระจายของเอสทูรีของแม่น้ำ Weserพบว่าอนินทรีย์ฟอสเฟตที่ละลายน้ำมีพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว ส่วนการศึกษาใน Hudson Estuary ตอนล่าง พบว่าฟอสเฟตมีพฤติกรรมเป็นแบบไม่อนุรักษ์ช่วงระยะทาง 10 ไมล์จากต้นน้ำถึงปากน้ำ (Simpson et al.1975) Abdullah et al.(1973) ศึกษาในบริเวณ Bristal Channel พบว่าฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์เกือบเป็นเส้นตรงกับความเค็ม เนื่องจากมีปริมาณของแพลงตอนพืชสูงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสต่ำลง

Steffansson and Richard (1963)ศึกษาการกระจายของธาตุอาหารในเอสทูรีของแม่น้ำโคลัมเบีย พบว่าปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำในบริเวณความเค็มต่าง ๆไม่แตกต่างกัน เขา อธิบายว่าอาจเป็นเพราะสองสาเหตุใหญ่ คือปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในแม่น้ำโคลัมเบียมีค่า

ใกล้เคียงกัน หรือเกิดกระบวนการบัฟเฟอร์ของฟอสเฟต

สำหรับในประเทศไทย การศึกษาการกระจายของธาตุอาหารยังมีไม่มากนัก กัลยา อำนวย (2519) ได้ทำการศึกษาปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำและที่เป็นตะกอนแขวนลอยในแม่น้ำและบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม พบว่าฟอสเฟตมีพฤติกรรมแบบอนุรักษ์ สำหรับการศึกษาของลัดดา แก้วศรีประกาย (2528) ได้ศึกษาพฤติกรรมของซิลิเคตและฟอสเฟตในเอสทูรีของแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าซิลิเคตที่ละลายน้ำมีพฤติกรรมเป็นแบบอนุรักษ์ สำหรับพฤติกรรมของฟอสเฟตค่อนข้างจะเป็นแบบอนุรักษ์ และทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่าชนิดและปริมาณของดินตะกอนแขวนลอย ความเป็นกรดด่าง และความเค็มของน้ำ มีผลต่อการดูดซับและการคายออกของธาตุอาหารดังกล่าวจากผิวตะกอน กัลยา วัฒยากร (2530) ได้ศึกษาพฤติกรรมของซิลิเคตในเอสทูรีของแม่น้ำบางปะกง พบว่าซิลิเคตมีพฤติกรรมแบบอนุรักษ์ ทั้งในฤดูน้ำมากและน้ำน้อย

ฟลักซ์ของธาตุอาหาร (Nutrient Flux)

การคำนวณฟลักซ์

ฟลักซ์เป็นวิธีการวัดปริมาณวิธีหนึ่งในการศึกษาอัตราการถ่ายเทของสสาร จากแหล่งสะสม (reservoir) หนึ่ง ๆ ไปยังอีกแหล่งหนึ่ง หรือจากสถานะ (state) ทางฟิสิกส์หรือเคมีหนึ่ง ๆ ไปยังอีกสถานะหนึ่ง

ฟลักซ์ = proportionality factor x แรงขับ (driving force)

ฟลักซ์มีหน่วยเป็น $(ML^{-2}T^{-1})$

M = ค่าปริมาณของสาร ที่ถูกพาไปด้วยฟลักซ์ (ไม่จำเป็นต้องเป็นมวล)

L = มิติเชิงเส้น

T = เวลา

หน่วยของฟลักซ์ จะขึ้นกับประเภทของฟลักซ์นั้น ๆ เช่น ฟลักซ์มวล ฟลักซ์พลังงาน ฟลักซ์ปริมาณหรืออนุภาค หน่วยของแรงขับและ proportionality factor ต้องสอดคล้องกับหน่วยของฟลักซ์เสมอ แรงขับเป็นกลไกที่สำคัญสำหรับการถ่ายเทของฟลักซ์ กลไกนั้นได้แก่ แอ็ดแวคชั่น (advection) เป็นการโยกย้ายภายใต้อิทธิพลของแรงต่าง ๆ เทียบกับผู้สังเกต เช่นการไหลของน้ำและลม ขนาดของการไหล ไม่ขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของแหล่งสะสมที่สารถูกถ่ายเทจากแหล่งนั้นไปสู่แหล่งอื่น (อัปสรสุดา ศิริพงษ์, 2524)

การศึกษาฟลักซ์ของสารใด ๆ ที่ผ่านพื้นที่ภาคตัดขวาง เช่นฟลักซ์ของสารที่ผ่านเข้าออกบริเวณปากคลองในช่วงวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงนั้น สามารถคำนวนได้จากสมการ

$$F = QC \qquad \text{_____} \quad (1.1)$$

F = ฟลักซ์ของสารที่ผ่านเข้าออกบริเวณปากคลอง ($g.s^{-1}$)

Q = ปริมาณการไหลของน้ำ ($m^3.s^{-1}$)

C = ความเข้มข้นของสาร ($g.m^{-3}$)

ปริมาณการไหลของน้ำจากแม่น้ำ ต่อหน่วยพื้นที่ภาคตัดขวาง อาจคำนวนได้ตามวิธีของ Kjerfve et al.(1981) โดยการแบ่งสถานีตามความกว้างของปากคลอง เป็น N สถานี ดังรูปที่ 1.3

$$Q\ (t) = \sum_{j=1}^{N} h_j/N\ (0.5\ V_{oj} + \sum_{i=1}^{n} V_{ij}\ W_{ij}) \qquad \text{_____} \quad (1.2)$$

โดย Q (t) = ปริมาณการไหลของน้ำ ($m^3.s^{-1}$)

N = จำนวนสถานีในภาคตัดขวาง

n = จำนวนชั้นตามความลึก

j = ลำดับสถานีในภาคตัดขวาง

i = ลำดับความลึก

h_j = ความลึก ณ. สถานี j

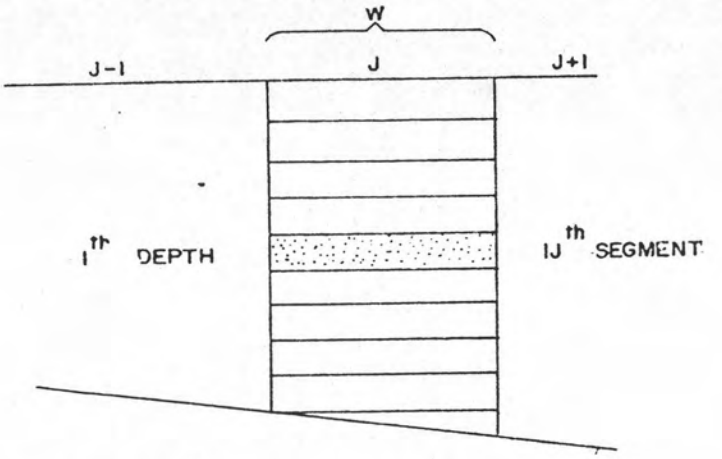
W_{ij} = ความกว้าง ณ.สถานี j ความลึกระดับ i (m)

V_{oj} = ความเร็วของกระแสน้ำที่ระดับผิว ณ.สถานี j ($m.s^{-1}$)

V_{ij} = ความเร็วของกระแสน้ำที่ระดับความลึก i (m) ณ.สถานี j ($m.s^{-1}$)

j = 0,1,2,3,.....,N

i = 0,1,2,3,.....,n



รูปที่ 1.3 การแบ่งสถานีตามแนวกว้างของปากคลอง

การคำนวณหาปริมาณฟลักซ์ของสารใด ๆ ณ. เวลาหนึ่ง ก็สามารถคำนวณได้ทำนองเดียวกัน กล่าวคือ

$$F_{(t)} = \sum_{j=1}^{N} h_j/N \quad (0.5 \quad V_{oj} \quad W_{oj} \quad C_{oj} + \sum_{i=1}^{n} n \; V_{ij} \; W_{ij} \; C_{ij}) \quad \text{___(1.3)}$$

โดย $F_{(t)}$ = ปริมาณฟลักซ์ของสารใด ๆ ที่ผ่านพื้นที่ภาคตัดขวาง ณ. เวลาหนึ่ง $(g.s^{-1})$

C_{oj} = ความเข้มข้นของมวลสารที่ระดับผิวน้ำ ณ. สถานี j

C_{ij} = ความเข้มข้นของมวลสาร ณ.ความลึก i สถานี j

W_{oj} = ความกว้างของสถานี j ที่ระดับผิวน้ำ

อัตราการไหลของน้ำสุทธิ ต่อวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง

$$(Q) = 1/T \int_{0}^{T} Q\,(t)\,dt \quad \text{_____(1.4)}$$

และฟลักซ์ของการไหลของน้ำสุทธิ

$$(F) = 1/T \int_{0}^{T} F(t)\,dt \quad \text{_____(1.5)}$$

T = จำนวนคาบเวลาที่เก็บตัวอย่าง ต่อหนึ่งวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง

หรือ $$(F) = 1/T \{1/2\,(F(to) + F(t_T)) + \sum_{t=1}^{T-1} F'(t_t)\} \quad \text{_____(1.6)}$$

การหาปริมาณฟลักซ์ของมวลสารนั้น ๆ สามารถบอกทิศทางของการถ่ายเทมวลสารนั้นได้ ว่ามีทิศทางการลำเลียงจากคลองออกสู่ทะเล หรือ จากทะเลพัดพาเข้าสู่คลอง

Kjerfve et al. (1981)ได้ทำการศึกษาอัตราการไหลของน้ำ ฟลักซ์ของสาร Adenosine triphosphate (ATP), NH_4^+- N ใน North inlet, Sounth Carolina ซึ่งมีความกว้าง 320 เมตรตามภาคตัดขวางโดยแบ่งเป็น 10 สถานี แล้วศึกษาฟลักซ์ทุกสถานี พบว่าฟลักซ์ของ ATP มีค่าเท่ากับ -39 $mg.s^{-1}$ ฟลักซ์ของ NH_4-N มีค่าเท่ากับ 1.7 $mg.s^{-1}$ และพบว่าความผิดพลาดของการคำนวน จาก 10 สถานีจะน้อยกว่าเมื่อคำนวนจาก 3 สถานี

Farfan and Alvarze - Borrego (1983) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ของไนโตรเจนและอินทรีย์คาร์บอนที่บริเวณปากแม่น้ำ Coagtal กรุงลอนดอน โดยการหาค่าจากอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านปากแม่น้ำโดยใช้ one-dimensional numerical model จากพื้นฐานของความต่อเนื่องของปริมาตร $Q(t) = \Delta V (\Delta t)^{-1}$

Wattayakorn et al.,1990 ใช้วิธีการคำนวณฟลักซ์จาก

$$\text{ฟลักซ์} = E\ As\ dc/dx \quad .....(1.7)$$

โดย
- E = สัมประสิทธิการแพร่กระจาย
- As = พื้นที่ภาคตัดขวาง
- dc/dx = การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหาร (dc) ต่อระยะทางที่เปลี่ยนแปลงไป (dx)

การคำนวณโดยวิธีนี้ มีข้อจำกัดว่า ธาตุอาหารนั้นมีการกระจายแบบอนุรักษ์และไม่มีน้ำจืดจากแผ่นดินไหลลงสู่ป่าชายเลนบริเวณนั้น ซึ่งจะสะดวกในการคำนวณหา ฟลักซ์ของธาตุอาหารหรือ เกลือได้ในช่วงฤดูแล้ง

Kjerfve and Prochl (1979) ได้ศึกษาการแปรเปลี่ยนของความเร็วของกระแสน้ำในภาคตัดขวางที่มีการผสมผสานกันนี้ใน North Inlet South Carolina พบว่ามีความเร็วสูงปรากฏถึง 2 ครั้ง ในภาคตัดขวางเดียวกันในแต่ละวัฏจักร น้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่งแบ่งภาคตัดขวางออกเป็น 10 สถานี มีความแตกต่างของความแปรเปลี่ยน แต่ละสถานีอย่างชัดเจนและ Kjerfve (1986)ได้ศึกษาการหมุนเวียนและฟลักซ์ของเกลือใน North Inlet เช่นกัน พบว่าทั่ว ๆ ไปของกระแสน้ำสุทธิจะมีทิศทางตรงข้ามในแต่ละฝั่งของภาคตัดขวางของเอสทูรี และการเคลื่อนย้ายของเกลือสุทธิตามแนวยาวจะสมดุลระหว่าง ฟลักซ์เกลือที่มีทิศทางเข้าและออกตามวัฏจักรน้ำขึ้น-น้ำลง โดยทั่วๆ ไปฟลักซ์เกลือจะไม่คงที่ จากวัฏจักรน้ำขึ้น-น้ำลงหนึ่งไปยังอีก

วัฏจักรหนึ่งมีการหมุนเวียนและการแพร่กระจายของ Advective salt flux ตรงข้ามกันอย่างชัดเจน

ฟลักซ์ของธาตุอาหาร ไนโตรเจน

Coots and Yeats (1979)ได้ศึกษาฟลักซ์ของธาตุอาหารไนไตรท์ ไนเตรท พบว่าฟลักซ์ของธาตุอาหารทั้งสองจะอยู่ในสภาวะสมดุลในฤดูหนาว แต่ในฤดูร้อนพบว่าฟลักซ์ของไนเตรทเข้าสู่อ่าวที่ Cobat Straite มากกว่าฟลักซ์ที่ออกสู่ทะเล ส่วนการศึกษาของ Smith et al. (1986)ได้ศึกษาปริมาณไนเตรท ที่เข้าสู่เอสทูรีใน Atehafalaya River ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของแม่น้ำ Mississippi พบว่ามีการสะสมของไนโตรเจนช่วง 6.0-23 $gN.y^{-1}$ ใน marsh และ 6.1-11.2 $gN.m^{-2}.y^{-1}$ในอ่าวขบวนการ Denitrification จะควบคุมการเปลี่ยนแปรของไนเตรทและพบว่า $1.95x10^5$ Kg. ของไนโตรเจนจะกลับสู่บรรยากาศ โดยขบวนการ denitrification ซึ่งประมาณ 50% ของไนเตรท จากแม่น้ำที่เข้าสู่เอสทูรี Fox et al. (1987) ทำการสำรวจ ใน Mississippi eatuary ในช่วงอัตราการไหลของแม่น้ำต่ำ พบว่าฟลักซ์ของไนเตรท ไนไตรท์และอินทรีย์ฟอสเฟตไหลลงสู่อ่าว Mexico ประมาณ $3.4 +0.2x10^3$ $gN.s^{-1}$ Jame and Head (1972) ศึกษาในแม่น้ำ Tyne ใน River Tyne Eatuary พบว่าฟลักซ์ของไนเตรทมีลักษณะสมดุล ผลของอัตราการไหลของน้ำจากแม่น้ำ Tyne จะเป็นการเพิ่มปริมาณของแพลงตอนบริเวณน้ำชายฝั่งใกล้บริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งจะมีผลทำให้น้ำขุ่นและมีความเป็นพิษเกิดขึ้นส่วนการศึกษาของ Forfan and Alvarez-Borreago (1983)ได้ทำการศึกษาที่ปากอ่าว San Quin tin Bay,Baja ใน Maxico พบว่าขณะที่ไม่เกิด up-welling แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ของ Oxidizinginorganic nutrient อยู่ในลักษณะสมดุลแต่แอมโมเนียมีลักษณะการไหลออกอย่างมีนัยสำคัญและพบว่ามีการแปรเปลี่ยนของไนโตรเจน 95%ใน Bay Creekเนื่องจากอัตราการไหลของน้ำนอกจากนั้นที่เหลือเป็นผลเนื่องจากBiogeoehemieal ใน marsh -estuary

Kjerfve and Mckellar (1980) ศึกษาฟลักซ์ของสารใน marsh - estuary system ใน South Carolina สหรัฐอเมริกาพบว่า ฟลักซ์ของไนโตรเจนมีทิศทางออกสู่ทะเล ฤดูกาลมีผลต่อฟลักซ์ของไนโตรเจน

ฟลักซ์ของธาตุอาหารฟอสฟอรัส

Loder and Gibert (1980) ได้ทำการศึกษาใน Greay Bay Estuary

016685

New Hamshire พบว่าฟลักซ์ของฟอสเฟตที่ละลายน้ำเข้าสู่เอสทูรีประมาณ 70.7 x 10^5 mole.y^{-1}ซึ่ง 78% มาจากของเสียในชุมชน 13% มากจาแม่น้ำ 7% มาจากตะกอน 2% มาจากน้ำฝน พบว่า 12% ออกสู่ทะเล ส่วนที่เหลือตกค้างอยู่ในเอสทูรี Thomas et al.(1983) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสใน High marsh และ low marsh ใน Rhode River มีแนวโน้มจะสะสมอยู่ในอนุภาคสารแขวนลอย และปลดปล่อยสารออกไปในรูปลักษณะสารละลายในบริเวณ marsh จะมีการปล่อยฟอสฟอรัสประมาณ 10% ของฟอสฟอรัสที่เก็บสะสม ส่วนการศึกษาของ Jordan et al.(1983)ใน marsh estuary system ใน Rhode Riverเช่นเดียวกันพบว่า marsh มีแนวโน้มรับสารตะกอนแขวนลอยจะมีการไหลออกของสารละลาย และ 1% ของฟอสฟอรัสจะคงอยู่และ mudflatจะเป็น sinkของธาตุอาหารโดยทั่วไปจะพบว่า marsh จะมีการเคลื่อนย้ายของธาตุอาหารที่ ละลายและแขวนลอย ออกไปมากกว่า ที่จะคงอยู่หรือปลดปล่อยของธาตุอาหาร Kjerfve and Mckellar (1980) พบว่าฟลักซ์ของฟอสฟอรัสรวมมีทิศทางออกสู่ทะเล

Stevenson et al.(1980) ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของ total microbial biomass ในเทอมของ ATP ใน North Inlet พบว่ามีปริมาณสูงสุด ช่วงน้ำกำลังขึ้น และมีการไหลออกจากคลองประมาณ 40 mg.s^{-1}วินาที

Correll (1981) ได้ศึกษาสมดุลย์ของธาตุอาหาร (สารอินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) ในแม่น้ำ Rhode บริเวณต้นน้ำ บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น น้ำลง และในเอสทูรี พบว่าปริมาณธาตุอาหารที่มาจากบริเวณต้นน้ำ สู่บริเวณน้ำขึ้น น้ำลง มีมากกว่าจากบริเวณน้ำขึ้นน้ำลงสู่เอสทูรี นั้นแสดงว่ามีการสะสมธาตุอาหาร จากน้ำซึ่งไหลจากแผ่นดิน ในบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง ถ้าปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งไหลจากแผ่นดินมีน้อย บริเวณน้ำขึ้นน้ำลงจะมีการสะสมหรือรับธาตุอาหาร จากน้ำขึ้นน้ำลง

Dame et al.(1986) ศึกษาใน North Inlet, South Carolina พบว่าฟลักซ์ของธาตุอาหารมีทิศทางออกสู่ทะเล ฤดูกาลจะมีผลต่อปริมาณฟลักซ์ของธาตุอาหาร

การศึกษาฟลักซ์ธาตุอาหารและเกลือในไทยยังมีผู้ทำการศึกษาน้อย

อัปสรสุดา และคณะ (2527) ได้ทำการศึกษาฟลักซ์ของเกลือต่อวัฏจักร น้ำขึ้น น้ำลงที่ปากแม่น้ำบางปะกง 2 สถานี ใน 3 ช่วงเวลา ช่วงเปลี่ยนมรสุม ช่วงมรสุมเหนือ และช่วงมรสุมตะวันตก พบว่าฟลักซ์เกลือสุทธิต่อความกว้างของแม่น้ำมีทิศทางกลับทิศกัน เมื่อมรสุมเปลี่ยน

ไป รวมทั้งมีการแปรผัน ตามแนวขวางของแม่น้ำ

จะเห็นว่ายังมีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการกระจายของธาตุอาหารและฟลักซ์ของธาตุอาหารและเกลือในบริเวณป่าชายเลนของประเทศไทยน้อย ดังนั้นผลการศึกษาเรื่องนี้จะสามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาฟลักซ์ในบริเวณใกล้เคียงหรือบริเวณอื่นไปวางแผนจัดการและพัฒนาการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าชายเลนและพื้นที่ชายฝั่งได้อย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไปได้