รายงานผลการดำเนินงาน
ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินปี 2557

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

เรื่อง

ฟลักซ์ กระบวนการขนส่ง และวัฏจักรของสารอาหารพืชบริเวณแนวปะการัง หมู่เกาะแสมสาร –3: ศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารพืชบริเวณรอยต่อระหว่างตะกอนกับมวลน้ำบริเวณแนวปะการังและแหล่งหญ้าทะเล

Fluxes, transport processes and cycling of nutrients at reefs of Mo Ko Samae San – 3: Nutrient fluxes at the sediment-water interface in reefs and seagrass beds

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ขัยกุล

อาจารย์ ดร. ปัทมา สิงหรักษ์

รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฟลักซ์ กระบวนการขนส่ง และวัฏจักรของสารอาหารพืชบริเวณแนวปะการัง หมู่เกาะแสมสาร – 3: ศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารพืชบริเวณรอยต่อระหว่างตะกอนกับมวลน้ำบริเวณแนวปะการังและแหล่งหญ้าทะเล

Fluxes, transport processes and cycling of nutrients at reefs of Mo Ko Samae San – 3: Nutrient fluxes at the sediment-water interface in reefs and seagrass beds

เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล, ปัทมา สิงหรักษ์ และวรณพ วิยกาญจน์
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารพืชบริเวณรอยต่อระหว่างตะกอนกับมวลน้ำบริเวณแนวปะการังและแหล่งหญ้าทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ผลการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้ ได้จัดสร้างเบนทิกแชมเบอร์แบบสว่าง (โปร่งใส) และแบบมืด (ทึบแสง) โดยให้มีปริมาตรน้ำในแชมเบอร์หลังการติดตั้งเครื่องมือในภาคสนามประมาณ 40 ลิตร ประกอบขึ้นเองโดยใช้ท่ออะคริลิก (acrylic tube) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร มีฝาปิดด้านบนที่ติดตั้งมอเตอร์ DC รอบต่ำ (10 rpm) โดยมีเพลายาว 10 เซนติเมตรติดใบพัดพลาสติกยาว 9 นิ้ว เพื่อเป็นตัวกวนน้ำภายในแชมเบอร์อย่างช้าๆ ให้มีการหมุนเวียนคล้ายคลึงกันน้ำภายนอกและให้สารละลายภายในแชมเบอร์ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ที่ฝาด้านบนติดบอลวาล์ว 2 ตัว เพื่อใช้เป็นช่องเก็บตัวอย่างและเติมน้ำเพื่อให้ปริมาตรน้ำภายในเท่าเดิม เบนทิกแชมเบอร์ที่ทำขึ้นมี 2 แบบ คือ แบบโปร่งใส (light chamber) และ แบบทึบแสง (dark chamber) และได้ทดสอบการรั่วซึมเรียบร้อยแล้ว

1) บทนำ

ทะเลชายฝั่งเป็นแหล่งทรัพยากรและมีการใช้ประโยชน์สูง ในปัจจุบันนอกจากจะมีการใช้ประโยชน์เกินศักยภาพแล้ว ทะเลชายฝั่งยังเป็นแหล่งรองรับมลพิษจากแผ่นดิน ทำให้ความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายทางชีวภาพที่มีอยู่สูงในอดีตลดต่ำลงอย่างมากมาย มลพิษหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาในพื้นที่ชายฝั่ง คือ สารอาหารพืช (nutrients) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศน์ชายฝั่ง อย่างไรก็ดี หากสารอาหารพืชความเข้มข้นในมวลน้ำน้อยเกินไปก็ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนผลผลิตในทะเล (marine productivity) ซึ่งนำไปสู่ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำ แต่หากมีความเข้มข้นมากเกินไปหรือเกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) จะก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อ การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

แม้ว่าจะมีการศึกษาคุณภาพน้ำและตะกอนในพื้นที่หมู่เกาะแสมสารมาก่อน แต่การศึกษาแบบเดิมนั้นเป็นการศึกษาแยกส่วนระหว่างสมุทรศาสตร์ อุทกวิทยา เคมี และชีวธรณีเคมี ทำให้ข้อมูลที่มีอยู่ไม่ครบถ้วนที่จะนำมาประเมินศักยภาพการรองรับผลผลิตทางชีวภาพของพื้นที่ ว่าจะสามารถใช้ประโยชน์ได้เท่าไรและอย่างไรจึงจะไม่เกิดผลเสียหายตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ ดังนั้นนอกจากจะศึกษาคุณภาพน้ำแล้ว ยังควรที่จะทำการศึกษาอย่างเป็นระบบให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของมวลน้ำ การทับถมของตะกอนและสารอาหารพืชในตะกอน แหล่งกำเนิดของสารอาหารพืช และฟลั๊กของสารอาหารพืชจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เพื่อให้ทราบงบ (budget) และพลวัต (dynamics) ของสารอาหารพืชในพื้นที่ศึกษา

โครงการนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาของสารอาหารพืชในมวลน้ำและตะกอนดิน ศึกษาแหล่งกำเนิด ปริมาณ และกระบวนการขนส่งสารอาหารจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่พื้นที่ศึกษา ศึกษาศักยภาพของตะกอนดินในการเป็นแหล่งสะสมหรือการเป็นแหล่งกำเนิดของสารอาหารในมวลน้ำ ตลอดจนวัฏจักรและพลวัตรของสารอาหารพืชในพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินรูปแบบการใช้ประโยชน์ด้านประมง การเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์น้ำ และการท่องเที่ยวในพื้นที่ศึกษา ตลอดจนเป็นข้อมูลสนับสนุนในการวางนโยบายหรือออกมาตรการเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่หมู่เกาะแสมสาร

ตะกอนเป็นแหล่งสะสมสารต่างๆ ที่เข้าสู่มวลน้ำ การย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น ซากแพลงก์ตอนและอนุภาคสิ่งขับถ่าย โดยสัตว์หน้าดินและจุลชีพที่อาศัยอยู่ในตะกอน จะให้สารอาหารอนินทรีย์ละลายอยู่ในมวลน้ำระหว่างตะกอน (pore water) ซึ่งจะมีความเข้มข้นสูงกว่าที่มีอยู่ในมวลน้ำเหนือผิวตะกอน ดังนั้นสารอาหารอนินทรีย์จึงแพร่ (diffuse) จากตะกอนผ่านพื้นที่ผิวหน้าของตะกอนออกสู่มวลน้ำ เมื่อสภาวะทางกายภาพเคมี (physico-chemical condition) อาทิ ออกซิเจนละลาย ความเค็ม หรือพีเอช ของมวลน้ำเหนือตะกอนเปลี่ยนแปลงไป ก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดการถ่ายเทสารอาหารอนินทรีย์ระหว่างน้ำระหว่างตะกอนกับมวลน้ำเหนือตะกอน การแลกเปลี่ยนสารอาหารอนินทรีย์ระหว่างตะกอนกับมวลน้ำจึงมีอิทธิพลอย่างมากต่อความเข้มข้นและการกระจายของสารอาหารในมวลน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่น้ำไม่ลึกนัก ซึ่งรวมถึงบริเวณแนวปะการังและแหล่งหญ้าทะเลชายฝั่ง

2) วัตถุประสงค์ของโครงการ

2.1 ศึกษาปริมาณและพฤติกรรมการถ่ายเทสารอาหารพืชระหว่างตะกอนกับมวลน้ำในแนวปะการังและแหล่งหญ้าทะเล

2.2 ประเมินฟลักซ์ของสารอาหารพืชในแนวปะการังและแหล่งหญ้าทะเล

2.3 สนองพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อการเรียนรู้และนำไปใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

3) ทบทวนเอกสาร

สารอาหารพืช (nutrients) เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืช แต่หากมีมากเกินไปก็จะส่งผลเสียต่อระบบนิเวศทางทะเล อย่างไรก็ดี ในบางพื้นที่สารอาหารพืชอาจจะจำกัดและหมุนเวียนอยู่ภายในระบบ จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าปะการังที่อยู่ในน้ำที่มีสารอาหารพืชสูงเป็นเวลานาน มีโอกาสเกิดโรคสูงขึ้น และเกิดการฟอกขาวของปะการังบ่อยครั้งขึ้น และเมื่อคุณภาพน้ำกลับมาอยู่ในสภาพดี อัตราการเกิดโรคและการฟอกขาวของปะการังจะลดลง (Vega Thurber et al., 2014) สถานการณ์เช่นนี้พบในแนวปะการังธรรมชาติด้วยเช่นกัน Wagner et al. (2010) พบว่าแนวปะการังในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา ในปีที่อุณหภูมิน้ำทะเลสูงกว่าปกติ แนวปะการังที่อยู่ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและไนโตรเจนละลายสูง มีอัตราการฟอกขาวที่สูงกว่า แนวปะการังที่อยู่ในสภาวะที่มีผลผลิตปฐมภูมิต่ำ ส่วนแนวปะการังแถบเกรทแบริเออรีฟ (Great Barrier Reefs) ประเทศออสเตรเลีย ก็พบว่าในแนวปะการังที่มีปริมาณไนโตรเจนละลายน้ำสูง การฟอกขาวจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิวิกฤตที่ต่ำกว่าบริเวณที่มีไนโตรเจนละลายน้ำต่ำ (Wooldridge, 2009) ดังนั้นการรักษาสมดุลคุณภาพน้ำในแนวปะการังไม่ให้มีสารอาหารพืชสูงจนเกินไป เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้แนวปะการังสามารถอยู่รอดภายใต้สภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Wooldridge and Done, 2009)

แม้ว่าแหล่งกำเนิดหลักของสารอาหารพืชและตะกอนที่เข้าสู่ทะเลชายฝั่ง คือ แม่น้ำ ลำคลอง (Humborg et al., 1997; Lenhart et al., 1997; Sierra et al., 2002; Perez et al., 2003; Vörösmarty et al., 2003; Zhang et al., 2004) แต่ปัจจุบัน ตะกอนดินเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารอาหารพืชในบางพื้นที่และบางช่วงเวลา เนื่องจากตะกอนเป็นแหล่งสะสมสารต่างๆ ที่เข้าสู่มวลน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอินทรีย์ เมื่อเกิดการย่อยสลายโดยพวกจุลชีพ จะกลายเป็นสารอาหารอนินทรีย์ (สารอาหารพืช) ที่ละลายอยู่ในน้ำระหว่างตะกอนภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ สารอาหารพืชนี้จะถูกปลดปล่อยออกจากตะกอนออกสู่น้ำระหว่างตะกอน และแพร่ออกสู่มวลน้ำ การแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างตะกอนกับน้ำเหนือตะกอน จึงมีอิทธิพลต่อการกระจายของสารอาหารในแหล่งน้ำ (Kaspar et al., 1985; Takanayanagi and Yamada, 1999; Mwashote and Jumba, 2002)

สารอาหารพืชที่เกิดจากการย่อยสลายของอนุภาคอินทรีย์ที่ตกตะกอนอยู่ที่พื้นท้องน้ำ และละลายสะสมอยู่ในมวลน้ำระหว่างตะกอน และมีการแลกเปลี่ยน ณ บริเวณผิวสัมผัสระหว่างตะกอนกับน้ำ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางกายภาพเคมี (Kaspar et al., 1985) การไหลของสารผ่านเข้าหรือออก ผ่านหน่วยพื้นที่ผิวที่ทำการศึกษา เรียกว่า ฟลักซ์ (flux) (Di Toro, 2001) เบนทริกฟลั๊กซ์ (benthic flux) จึงหมายถึง การส่งผ่านมวลสารที่ละลายน้ำผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นดินตะกอนกับชั้นน้ำที่อยู่ติดกับรอยต่อ ซึ่งการแลกเปลี่ยนสารบริเวณรอยต่อนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี หรือชีวภาพ (Zago et al., 2000, Topping

et al., 2001) อาจจะมีค่าเป็นบวก (จากดินตะกอนออกมาสู่มวลน้ำ) หรือลบ (จากมวลน้ำลงสู่ดินตะกอน) ก็ได้ นอกจากนี้ ค่าฟลั๊กซ์ยังอาจเปลี่ยนแปลงตามเวลา (temporal) และสถานที่ (special) (Topping et al., 2001)

ฟลักซ์ของสารอาหารพืชจากตะกอนสู่มวลน้ำผิวหน้าโดยการแพร่จะแตกต่างกันไปตามสถานที่ และสภาวะทางกายภาพเคมี ณ เวลาต่างๆ อาจกล่าวได้ว่าเบนทริกฟลั๊กซ์เป็นการหมุนเวียนภายใน (internal recycling) ระบบ

นอกจากนี้ ในบางพื้นที่พบว่าแหล่งกำเนิดของสารอาหารพืชที่เข้าสู่มวลน้ำชายฝั่งอาจจะมาจากน้ำใต้ดินที่ไหลออกสู่ทะเลโดยตรง (submarine groundwater discharge; SGD) (Buddemeier, 1996; Moore, 1996, 1999; Zektser, 2000; Burnett et al., 2003; Slomp and Cappellen, 2004) ความรู้ในเรื่อง SGD ในประเทศไทยมีน้อยมาก ที่ผ่านมามีเพียงงานของ Burnett et al. (2007) และ Burnett et al. (2009) ซึ่งพบว่า SGD เป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของสารอาหารพืชทั้งที่เข้าสู่น้ำคลองหรือน้ำแม่น้ำก่อนออกสู่ทะเล และที่เข้าสู่มวลน้ำทะเลโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชายฝั่งที่มีน้ำท่าไหลน้อย SGD จะเป็นแหล่งกำเนิดของสารอาหารพืชในทะเลที่สำคัญ นอกจากนี้ ผศ.ดร.ธรรมศักดิ์ ยีมิน และ ผศ.ดร. วรณพ วิยกาญจน์ (ติดต่อส่วนตัว) ซึ่งทำวิจัยในพื้นที่แนวปะการังของไทย พบว่ามีปรากฏการณ์คล้ายการไหลออกของน้ำใต้ดินออกสู่น้ำทะเลในบางบริเวณของแนวปะการัง แต่ก็ยังไม่เคยมีการศึกษาอย่างจริงจัง

เบนทิกแชมเบอร์ (benthic chamber) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ที่ท้องน้ำบริเวณที่ต้องการ เพื่อศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนสารระหว่างตะกอนกับน้ำเหนือตะกอนหรือที่เรียกว่าฟลักซ์ ในสภาวะที่เลียนแบบธรรมชาติ เพื่อเข้าใจกระบวนการแลกเปลี่ยนของสารอาหารปริมาณน้อยบริเวณด้านล่างของแหล่งน้ำ (Zago et al., 2000) ในระหว่างทดลองน้ำภายในเบนทิกแชมเบอร์จะต้องมีการหมุนเวียนเบาๆ ตลอดเวลา เพื่อให้สอดคล้องกับน้ำภายนอกแชมเบอร์ ซึ่งมักทำโดยติดตั้งตัวกวนภายในแชมเบอร์ เพื่อช่วยให้น้ำมีการเคลื่อนไหว นอกจากนี้อาจมีการติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจวัดปัจจัยสิ่งแวดล้อมตัวอื่นๆ เช่น ออกซิเจนละลาย pH ความเค็ม เป็นต้น เบนทิกแชมเบอร์อาจประกอบขึ้นมาจากวัสดุหลายชนิด เช่น Polycarbonate, Plexiglass หรือ Stainless steel เป็นต้น

สำหรับในประเทศไทยมีการใช้เบนทิกแชมเบอร์ศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารพืชในทะเลสาบสงขลาและชายฝั่งอ่างศิลา สุกัญดา ไมตรีแก้ว (2550) พบว่า ในทะเลสาบสงขลาตอนนอกฟลั๊กของสารอาหารพืชเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และความเค็มของน้ำ รูปแบบของสารอาหารอนินทรีย์ในน้ำมีสัมพันธ์กับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายในแชมเบอร์ เมื่อออกซิเจนในมวลน้ำเหนือตะกอนถูกใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ตะกอนทะเลสาบสงขลาจะกลายเป็นแหล่งปลดปล่อยไนโตรเจน (ในรูปของแอมโมเนีย) ออกสู่มวลน้ำ ส่วนรีแอกทีฟฟอสฟอรัส (reactive phosphorus) จะมีค่าคงที่หลังจากเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง โดยมีค่าอยู่ที่ 2 ไมโครโมลาร์ที่เกาะยอ และ 0.2 ไมโครโมลาร์ ที่หัวเขาแดง

ธีรพล ลาภเสนา (2553) และกฤดิกานต์ คำสุนทร (2553) ติดตั้งเบนทริกซ์แชมเบอร์ไว้หลังสถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลาเพื่อเปรียบเทียบฟลักซ์ของสารอาหารพืชในสภาวะที่มีการสังเคราะห์แสง (ในแชมเบอร์โปร่งใส หรือ light chamber) และในที่ไม่มีการสังเคราะห์แสง (ในแชมเบอร์ทึบแสง หรือ dark chamber) เนื่องจากดินตะกอนบริเวณที่ศึกษามีสารอินทรีย์สูง (4.33±0.33%) ทำให้ออกซิเจนละลายในแชมเบอร์ทั้งสองลดลงอย่างรวดเร็ว และหมดไปภายใน 24 ชั่วโมง ขณะที่ออกซิเจนละลายภายนอกแชมเบอร์มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามการขึ้นลงของน้ำทะเลมากกว่าที่จะเป็นไปตามวัฏจักรการสังเคราะห์แสง ฟลักซ์ของสารอาหารทุกชนิดในแชมเบอร์โปร่งใสและทึบแสงไม่แตกต่างกัน แต่ต่างจากในสภาวะที่ไม่มีแชมเบอร์ซึ่งมีมวลน้ำทะเลเข้ามาแลกเปลี่ยนในช่วงน้ำขึ้น ในภายใต้สภาวะออกซิเจนต่ำตะกอนดินจะเป็นแหล่งกำเนิดของสารอาหารประเภทแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ฟอสเฟต และซิลิกาละลายสู่มวลน้ำผิวหน้าตะกอน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ฟลั๊กซ์ของสารอาหารพืชจากดินตะกอนสู่มวลน้ำในพื้นที่ชายฝั่งอ่างศิลา

สารอาหาร	ฟลั๊กซ์ของสารอาหารพืชในเบนทริกแชมเบอร์แบบ (ไมโครโมลาร์/ตารางเมตร/ชั่วโมง)			อ้างอิง
	โปร่งใส	ทึบแสง	ภายนอก	
แอมโมเนีย	+ 449	+ 392	– 17	ธีรพล ลาภเสนา (2553)
ไนไตรต์	– 2.5	– 3.1	– 3.1	
ไนเตรต	– 41.0	– 45.3	– 9.8	
ฟอสเฟต	+ 363	+ 283	+ 8.1	กฤดิกานต์ คำสุนทร (2553)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาฟลักซ์ของไนโตรเจนที่มาจากการรั่วซึมของน้ำใต้ดินบริเวณชายฝั่งศรีราชา พบว่าฟลักซ์ของไนโตรเจนอนินทรีย์ที่ละลายน้ำมีค่าเท่ากับ 5.87 x 105 ไมโครโมล/เมตร/วัน (Burnett, 2007)

4) สถานที่ทำการวิจัยและเก็บข้อมูล

แนวปะการัง บริเวณหมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

5) วิธีดำเนินการวิจัย และแผนการปฏิบัติงาน

5.1 สร้างเบนทิกแชมเบอร์แบบสว่าง (โปร่งใส) และแบบมืด (ทึบแสง) โดยให้มีปริมาตรน้ำในแชมเบอร์หลังการติดตั้งเครื่องมือในภาคสนาม ประมาณ 40 ลิตร

5.2 ทดสอบการใช้งานและการรั่วซึมของแชมเบอร์ในภาคสนาม

5.3 ติดตั้งเบนทิกแชมเบอร์ ณ สถานีที่กำหนด ในแนวปะการังและแหล่งหญ้าทะเล

5.4 ทันทีหลังจากติดตั้งเสร็จ เก็บตัวอย่างน้ำจากในทุกแชมเบอร์ และจากภายนอกแชมเบอร์ เพื่อวิเคราะห์ค่าตั้งต้นของสารอาหารพืช (ไนโตรเจนในรูป dissolved inorganic nitrogen (nitrate, nitrite, ammonia), dissolved organic nitrogen และ particulate organic nitrogen, ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป orthophosphate, dissolved organic phosphorus และ particulate organic phosphorus และปริมาณ dissolved silica), alkalinity, chlorophyll a, ออกซิเจนละลาย, pH, ศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์, อุณหภูมิ และความเค็ม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ดังสรุปในตารางที่ 2

5.5 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำหลังจากติดตั้งเบนทิกแชมเบอร์เสร็จ โดยในช่วงกลางวันจะเก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 2 ชั่วโมง ส่วนช่วงเวลากลางคืน จะเก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 3 ชั่วโมง ต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์สารอาหารพืช, ออกซิเจนละลาย, pH, ศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์, อุณหภูมิ และความเค็ม

5.6 หาปริมาตรน้ำที่ในแชมเบอร์ ณ เวลาต่างๆ โดย spike สารละลาย $SrCl_2$ ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนลงในแชมเบอร์ และแบ่งตัวอย่างน้ำจากทุกช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างไปตรวจวัดปริมาณ Sr

ตารางที่ 2 วิธีการที่ใช้วิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพเคมีและทางเคมี

พารามิเตอร์	วิธีการ	อ้างอิง
pH	Electrometric method	
ศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์		
อุณหภูมิ	Electrometric method	
ความเค็ม	Electrometric method	
ความเข้มแสง	Electrometric method	
alkalinity	Titration	Grasshoff et al. (1999)
ออกซิเจนละลาย (D.O.)	Winkler method	Strickland and Parsons (1972)
สารแขวนลอยทั้งหมด	Gravimetric method (EPA Method 160.2)	EPA (1999)
คลอโรฟิลล์เอ	Extraction & Fluorometric method	JGOFS Protocols (1994)
แอมโมเนีย (NH_4^+)	Colorimetric method	Strickland and Parsons (1972)
ไนไตรต์ (NO_2^-)	Colorimetric method	Strickland and Parsons (1972)
ไนเตรต (NO_3^-)	Cadmium reduction & Colorimetric method	Strickland and Parsons (1972)
ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายทั้งหมด	Oxidation, Cadmium reduction & Colorimetric method	Strickland and Parsons (1972)
ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายทั้งหมด	Oxidation, Colorimetric method	Strickland and Parsons (1972)
อินทรีย์ไนโตรเจนในอนุภาคแขวนลอย	Digestion, Cadmium reduction & Colorimetric method	Strickland and Parsons (1972)
อินทรีย์ฟอสฟอรัสในอนุภาคแขวนลอย	Digestion, Colorimetric method	Strickland and Parsons (1972)
Biogenic silica	Digestion, Colorimetric method	Strickland and Parsons (1972)

5.7 หลังจากทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกช่วงเวลาที่กำหนดเสร็จแล้ว ทำการเก็บตัวอย่างตะกอน ภายในแชมเบอร์ทั้งสองชนิด แชมเบอร์ละ 1 คอร์ และด้านนอกแชมเบอร์อีก 2 คอร์ โดยใช้ push corer เก็บรักษาตัวอย่างคอร์ตะกอนที่อุณหภูมิ 4°C

5.8 แยกน้ำเหนือตะกอนและน้ำระหว่างตะกอน ทันทีที่นำคอร์ตะกอนกลับถึงห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์สารอาหารพืช, pH, ศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์, อุณหภูมิ และความเค็ม

5.9 ตะกอนดินที่เหลือทำให้แห้งโดยนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40°C แบ่งตะกอนแห้งส่วนหนึ่งไปหาองค์ประกอบขนาดอนุภาค อีกส่วนหนึ่งนำไปบดให้ละเอียดเพื่อวิเคราะห์หา ปริมาณสารอินทรีย์, ปริมาณไนโตรเจน, ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณ biogenic silica

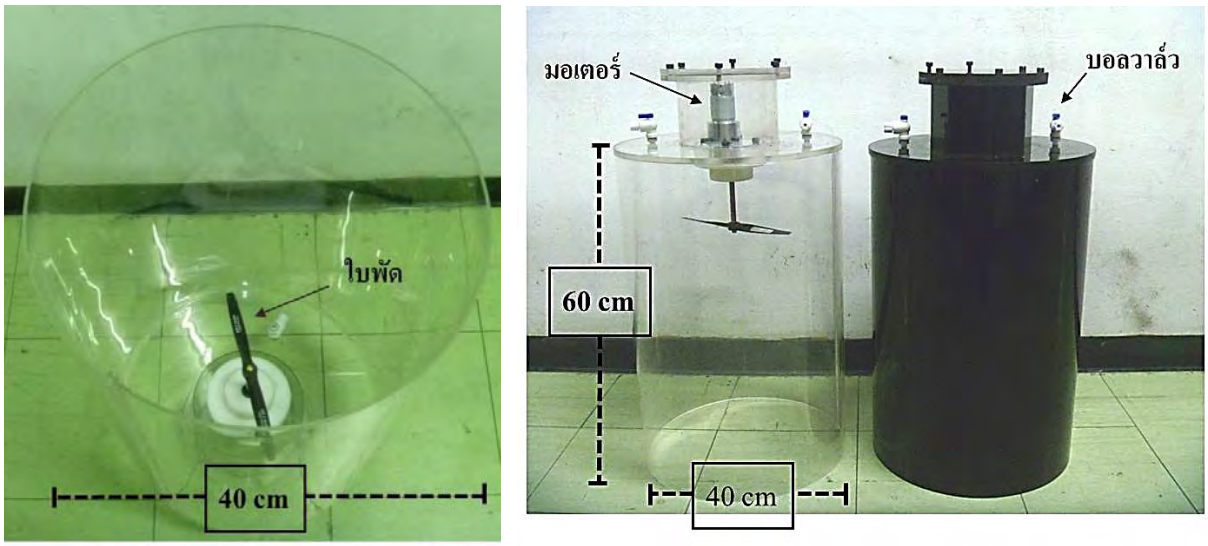
5.10 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) หาค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าเฉลี่ย (average) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่ามัธยฐาน (median) ของข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เปรียบเทียบค่ามัธยฐาน เปอร์เซ็นไทล์ที่ 25 และ75 แสดงผลโดยใช้แผนภูมิกล่อง (box plot)

5.11 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของความเข้มข้นของสารอาหารพืชและปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ

5.12 คำนวณฟลักซ์ของสารอาหารพืชจากตะกอน และหาความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของสารอาหารพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

6) ผลการดำเนินงาน

ได้จัดสร้างเบนทิกแชมเบอร์แบบสว่าง (โปร่งใส) และแบบมืด (ทึบแสง) โดยให้มีปริมาตรน้ำในแชมเบอร์หลังการติดตั้งเครื่องมือในภาคสนาม ประมาณ 40 ลิตร ประกอบขึ้นเองโดยใช้ท่ออะคริลิก (acrylic tube) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร มีฝาปิดด้านบนที่ติดตั้งมอเตอร์ DC รอบต่ำ (10 rpm) โดยมีเพลายาว 10 เซนติเมตรติดใบพัดพลาสติกยาว 9 นิ้ว เพื่อเป็นตัวกวนน้ำภายในแชมเบอร์อย่างช้าๆ ให้มีการหมุนเวียนคล้ายคลึงกันน้ำภายนอกและให้สารละลายภายในแชมเบอร์ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ที่ฝาด้านบนติดบอลวาล์ว 2 ตัว เพื่อใช้เป็นช่องเก็บตัวอย่างและเติมน้ำเพื่อให้ปริมาตรน้ำภายในเท่าเดิม เบนทิกแชมเบอร์ที่ทำขึ้นมี 2 แบบ คือ แบบโปร่งใส (light chamber) และ แบบทึบแสง (dark chamber) (รูปที่ 1) และได้ทดสอบการรั่วซึมเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 1 ส่วนประกอบภายในแชมเบอร์ (ซ้าย) และเบนทิกแชมเบอร์แบบโปร่งใสและทึบแสง (ขวา)

7) เอกสารอ้างอิง

กฤดิกานต์ คำสุนทร. 2553. ฟลักซ์ของฟอสฟอรัสและซิลิกาละลายบริเวณรอยต่อระหว่างตะกอนดินและมวลน้ำชายฝั่งบริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์.คณะวิทยาศาสตร์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรพล ลาภเสนา. 2553. ฟลักซ์ของไนโตรเจนบริเวณรอยต่อระหว่างตะกอนดินและมวลน้ำชายฝั่งบริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. คณะวิทยาศาสตร์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุกัญดา ไมตรีแก้ว. 2550. อิทธิพลของออกซิเจนและความเค็มต่อฟลักซ์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ณ รอยต่อระหว่างตะกอนและน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Buddemeier, R.W. (Ed.), 1996. Groundwater discharge in the coastal zone: Proceedings of an International Symposium. LOICZ/R&S/96–8, ivþ179pp. LOICZ, Texel, The Netherlands.

Burnett, W.C., Bokuniewicz, H., Huettel, M., Moore, W.S., Taniguchi, M., 2003. Groundwater and pore water inputs to the coastal zone. Biogeochemistry 66, 3–33.

Burnett, W.C, Wattayakorn, G., Taniguchi, M., Dulaiova, H., Sojisuporn, P., Rungsupa, S., Ishitobi, T., 2007. Groundwater-derived nutrient inputs to the Upper Gulf of Thailand. Continental Shelf Research 27, 176-190.

Burnett, W.C, Chanyptha, S., Wattayakorn, G., Taniguchi, M., Umezawa, Y., Ishitobi, T., 2009. Underground sources of nutrient contamination to surface waters in Bangkok, Thailand. Science of the Total Environment 407, 3198-3207.

Di Toro, D.M. 2001. "Sediment Flux Modeling". New York : John Wiley & Sons, Inc.

Humborg, C., Ittekkot, V., Cociasu, A., Budengen, B.V., 1997. Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure. Nature 336 (6623), 385-388.

Kaspar, H.F., Asher, R.A., Boyer, I.C. 1985. Microbial nitrogen transformation in sedimentsand inorganic nitrogen fluxes across the sediment/water interface on the South Island westcoast, New Zealand. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 21, 254-255.

Lenhart, H.J., Radach, G., Ruardij, P., 1997. The effects of river input on the ecosystem dynamics in the continental coastal zone of the North Sea using ERSEM. Journal of Sea Research 38 (3e4), 249-274.

Moore, W.S., 1996. Large groundwater inputs to coastal waters revealed by 226Ra enrichments. Nature 380, 612–614.

Perez, B.C., Day Jr., J.W., Justic, D., Twilley, R.R., 2003. Nitrogen and phosphorus transport between Fourleague Bay, LA, and the Gulf of Mexico: the role of winter cold fronts and Atchafalaya River discharge. Estuarine, Coastal and Shelf Science 57 (5e6), 1065-1078.

Sierra, J.P., Sánchez-Arcilla, A., Del Río, J. González, Flos, J., Movellán, E., Mösso, C., Martínez, R., Rodilla, M., Falco, S., Romero, I., 2002. Spatial distribution of nutrients in the Ebro estuary and plume. Continental Shelf Research 22 (2), 361-378.

Slomp, C.P., Cappellen, P.V. 2004. Nutrient inputs to the coastal ocean through submarine groundwater discharge: controls and potential impact. Journal of Hydrology 295, 64-86.

Topping, B.R., Kuwabara, J.S., Parchaso, F., Hagar, S.W., Arnsberg, A.J., and Murphy, F. 2001. Benthic flux of dissolved nickel into the water column of South San Francisco Bay: U.S. Geological Survey Open File Report 01-89, 50 p.

Vega Thurber, R.L., D.E. Burkepile, C. Fuchs, A.A. Shantz, R. McMinds, J. Zaneveld. (2014) Chronic nutrient enrichment increases prevalence and severity of coral disease and bleaching. *Global Change Biology*, 20, 544–554.

Vörösmarty, C.J., Meybeck, M., Fekete, B., Sharma, K., Green, P., Syvitski, J.P.M., 2003. Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. Global and Planetary Change 39 (1-2), 169-190.

Wagner, D.E., P. Krammer, and R. van Woesik (2010) Species composition, habitat, and water quality influence coral bleaching in southern Florida. Marine Ecology Progress Series, 408, 65-78.

Wooldridge, S. A. (2009) Water quality and coral bleaching thresholds: Formalising the linkage for the inshore reefs of the Great Barrier Reef, Australia. Marine Pollution Bulletin, 58, 745–751.

Wooldridge, S.A. and T.J. Done (2009) Improved water quality can ameliorate effects of climate change on corals. Ecological Applications 19:1492–1499.

Zago, Cristina.; Capodaglioa, Gabriele.; Ceradinic, Sergio.; Ciceric, Giovanni.; Abelmoschid, Luisa.; Soggiad, Francesco.; Cescona, Paolo. and Scarponie, Giuseppe. 2000. Benthic fluxes of cadmium, lead, copper and nitrogen species in the northern Adriatic Sea in front of the River Po outflow, Italy. Science of The Total Environment. 246(2–3): 121–137.

Zektser, I.S., 2000. Groundwater and the Environment. Lewis Publishers, Boca Raton, 175p.

Zhang, J., Yu, Z.G., Raabe, T., Liu, S.M., Starke, A., Zou, L., Gao, H.W., Brockmann, U., 2004. Dynamics of inorganic nutrient species in the Bohai seawaters. Journal of Marine Systems 44 (3e4), 189-212.