ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอย บริเวณปากแม่น้ำพังราด จังหวัดระยอง ในฤดูแล้งและฤดูน้ำมาก ในปี พ.ศ. 2558

Fluxes of Dissolved Inorganic Nutrients and Total Suspended Solid at the Phangrad River Mouth, Rayong Province During Dry and Wet Seasons in 2015

สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ[1] ศุภชัย ยืนยง[2] กุหลาบทิพย์ โพธิ์ทอง[2] ปวีณา โชติช่วง[2]
อนุกูล บูรณประทีปรัตน์[2*] และ ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ[1]
Suthida Kan-atireklap[1], Suphachai Yuenyong[2], Kularbthip Phothong[2], Paweena Chotchuang[2]
Anukul Buranapratheprat[2*] and Supawat Kan-atireklap[1]
[1] *ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง*
[2] *ภาควารีชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*
[1] *Eastern Marine and Coastal Resources Research Center, Department of Marine and Coastal Resource*
[2] *Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University*

Received : 5 September 2017
Accepted : 31 October 2017
Published online : 6 November 2017

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำพังราด จังหวัดระยอง ในฤดูแล้ง (เมษายน) และฤดูน้ำมาก (กันยายน) ในปี พ.ศ. 2558 โดยใช้เครื่องมือ Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) ในการตรวจวัดให้ครอบคลุมตามวัฏจักรของน้ำขึ้นน้ำลง ผลการวิจัยพบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟตละลายน้ำมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสองฤดูกาล (ในฤดูแล้งมีค่า 0.37×10^6 m^3/day, 317.69 kg N/day, 24.35 kg N/day, 30.70 kg N/day และ 86.05 kg P/day ตามลำดับ และในฤดูน้ำมากมีค่า 0.59×10^6 m^3/day, 74.28 kg N/day, 22.95 kg N/day, 162.21 kg N/day และ 38.43 kg P/day ตามลำดับ) โดยฟลักซ์สุทธิของไนเตรทละลายน้ำมีความสอดคล้องกับฟลักซ์สุทธิของน้ำ ส่วนฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และฟอสเฟตละลายน้ำพบว่าในฤดูแล้งมีค่าสูงเนื่องจากมีความเข้มข้นของสารดังกล่าวสูงกว่าในฤดูน้ำมาก สำหรับฟลักซ์สุทธิของแข็งแขวนลอยมีแหล่งที่มาจากแม่น้ำพังราดในฤดูแล้ง (19.15 ton/day) และมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในฤดูน้ำมาก (59.00 ton/day) เนื่องจากการฟุ้งกระจายของตะกอนบริเวณชายฝั่งและถูกพัดเข้าไปยังบริเวณปากแม่น้ำตามน้ำขึ้น ส่วนฟลักซ์สุทธิของซิลิเกตละลายน้ำพบว่าในฤดูแล้ง (514.89 kg Si/day) มีแหล่งที่มาจากแม่น้ำพังราดและในฤดูน้ำมาก (66.47 kg Si/day) มีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำเช่นเดียวกับฟลักซ์สุทธิของแข็งแขวนลอย สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณฟลักซ์สุทธิกับแม่น้ำอื่นๆ ในภาคตะวันออกพบว่าปากแม่น้ำพังราดมีปริมาณฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนียและฟอสเฟตละลายน้ำค่อนข้างสูงในฤดูแล้ง

คำสำคัญ : ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ฟลักซ์ของแข็งแขวนลอย แม่น้ำพังราด

*Corresponding author. E-mail : anukul@buu.ac.th

Abstract

A study on Fluxes of dissolved inorganic nutrients and total suspended solid at the Phangrad River Mouth during dry (April) and wet (September) seasons in 2015 was conducted. The Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) was used to measure water flux in a tidal cycle. The results showed that the net fluxes of water and dissolved inorganic ammonia, nitrite, nitrate and phosphate were directed seaward in both seasons (0.37×10^6 m^3/day, 317.69 kg N/day, 24.35 kg N/day, 30.70 kg N/day and 85.05 kg P/day, respectively, in dry season and 0.59×10^6 m^3/day, 74.28 kg N/day, 22.95 kg N/day, 162.21 kg N/day and 38.43 kg P/day, respectively, in wet season). The net flux of dissolved inorganic nitrate accords with the net flux of water. The net fluxes of dissolved inorganic ammonia, nitrite and phosphate had higher amount in dry season than those in wet season related to their higher concentrations in the previous season. The net flux of total suspended solid was directed to the estuary because of the flowing of resuspended sediment from the coastal area during spring tide. The net flux of dissolved inorganic silicate moved seaward in dry season but riverward in wet season in the same way as those of total suspended solid. Comparison with other rivers in the eastern region of Thailand showed that the net fluxes of ammonia and phosphate at the Phangrad River Mouth were relatively high in dry season.

Keywords: Fluxes of dissolved inorganic nutrients, Fluxes of total suspended solid, Phangrad River

บทนำ

แม่น้ำพังราดเป็นแม่น้ำสายสั้นๆ ที่กั้นพรมแดนระหว่างจังหวัดระยองและจันทบุรี มีความยาวประมาณ 30-50 กิโลเมตร กว้างประมาณ 200 เมตร มีต้นกำเนิดจากเขาทะลายไหลลงสู่คลองน้ำที่มีการทำเกษตรกรรมนาข้าวและสวนผลไม้ โดยคลองสายต่างๆ ได้แก่ คลองเขาวงศ์ คลองนายายอาม คลองห้วงหิน และคลองห้วยเตย ก่อนจะไหลลงคลองนายายอาม และออกสู่ทะเลที่ตำบลพังราด อำเภอแกลง จังหวัดระยอง บริเวณปากแม่น้ำพังราดทั้งสองฝั่งมีแหล่งชุมชนที่ประกอบอาชีพประมงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ การทำนากุ้ง การเพาะเลี้ยงหอยนางรมแบบแขวน ปลากะพง ปลาเก๋า เป็นต้น (Chantaburi Land Development Station, 2009)

ปัจจุบันประชากรในชุมชนที่อยู่อาศัยในบริเวณชายฝั่งแม่น้ำต่างๆ มีความหนาแน่นมากขึ้น ของเสียที่ถูกปลดปล่อยโดยกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์รวมถึงกระบวนการทางธรรมชาติทั้งทางตรงและทางอ้อมจากแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำเกิดการย่อยสลายโดยแบคทีเรียจนได้สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved inorganic nutrients) ซึ่งมีความสำคัญเช่นเดียวกับการเติมปุ๋ยให้แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) ใช้ในการเจริญเติบโต หากแต่ถ้าสารดังกล่าวมีปริมาณสูงเกินไปบวกกับมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชก็จะทำให้เกิดการสะพรั่ง (Bloom) อย่างรวดเร็ว เรียกสภาวะดังกล่าวว่า ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ผลกระทบของปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่สิ่งมีชีวิตใช้ในการหายใจ กล่าวคือเมื่อเกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชจะมีปริมาณ DO สูงเนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่เมื่อแพลงก์ตอนเหล่านี้ตายลงจะเกิดการย่อยสลายของแบคทีเรียจนทำให้เกิดสภาวะพร่องออกซิเจน (Hypoxia) ซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งสัตว์น้ำในแหล่งธรรมชาติรวมถึง

สัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงด้วย สำหรับของแข็งแขวนลอยเมื่อมีปริมาณมากนอกจากทำให้เกิดความขุ่นในน้ำและเกิดการอุดตันเหงือกของสิ่งมีชีวิตแล้ว เมื่อสภาวะแวดล้อมมีลักษณะทางเคมีที่เหมาะสมยังสามารถทำให้ของแข็งแขวนลอยปลดปล่อยสารอาหารอินทรีย์และอนินทรีย์ละลายน้ำออกมาและทำให้เกิดสภาวะดังกล่าวได้อีกด้วย (Buranaprathepratt & Intacharoen, 2011)

ด้วยเหตุนี้จึงนำไปสู่งานวิจัยฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอย บริเวณปากแม่น้ำพังราด จังหวัดระยอง ในฤดูแล้งและฤดูน้ำมาก ปี พ.ศ. 2558 เพื่อทราบปริมาณสารดังกล่าวที่ไหลออกจากปากแม่น้ำพังราดลงสู่ทะเลอ่าวไทยและเปรียบเทียบปริมาณฟลักซ์สุทธิกับปากแม่น้ำอื่นๆ ของภาคตะวันออกในแต่ละฤดูกาล ซึ่งข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้สามารถนำไปใช้เพื่อการจัดการคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำพังราดได้ต่อไป

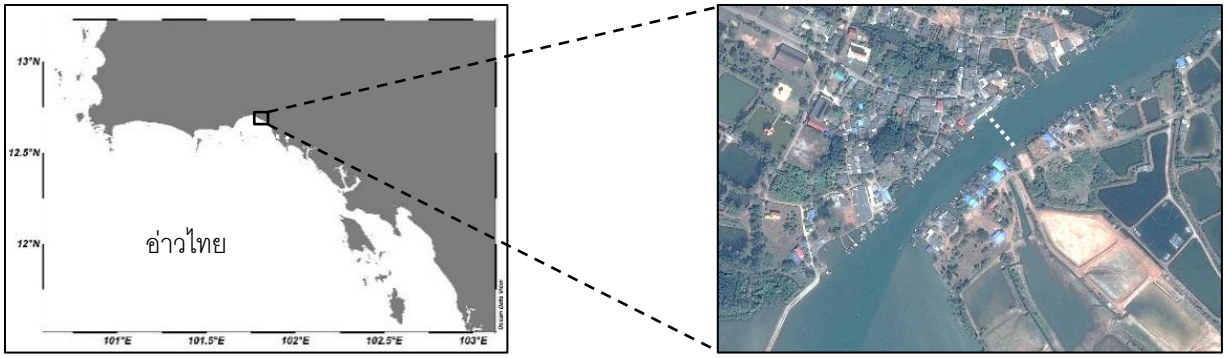
วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ในการศึกษาอยู่บริเวณปากแม่น้ำพังราด จ.ระยอง ตำแหน่งระบบพิกัดที่ละติจูด 12° 41' 46.78'' เหนือ และลองจิจูด 101° 47' 11.55'' ตะวันออก (ภาพที่ 1) ในการศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2558 จำนวน 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง ในระหว่างวันที่ 23 - 24 เมษายน ซึ่งตรงกับช่วงขึ้น 6 – 7 ค่ำ และฤดูน้ำมาก ในระหว่างวันที่ 8 - 9 กันยายน ซึ่งตรงกับช่วงแรม 10 – 11 ค่ำ ในแต่ละฤดูกาลจะทำการเก็บข้อมูลทุก 2 ชั่วโมง จนครอบคลุมวัฏจักรของน้ำขึ้นน้ำลง ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณฟลักซ์ของสารใดๆ ในแต่ละฤดูกาลเกิดจากการคำนวณระหว่างปริมาณน้ำท่า (Discharge; Q) และความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอย (Concentration; C) โดยข้อมูล Q ได้จากการใช้เครื่องมือ Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP รุ่น WHS600-I-UG167) ผูกติดกับเรือแล้วลากจากฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่ง จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้โปรแกรม WinRiver II River Discharge Software (Teledyne Technologies Company) ในการควบคุมการทำงาน ค่า Q ที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือ ADCP เกิดจากการคำนวณระหว่างพื้นที่ (Area; A) และความเร็วของกระแสน้ำ (Velocity; V)

สำหรับการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำจะทำการเก็บบริเวณกึ่งกลางลำน้ำที่ระดับผิวน้ำ (ใต้ผิวน้ำ 1 เมตร) และพื้นท้องน้ำ (เหนือพื้นท้องน้ำ 1 เมตร) ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความเค็ม (Salinity) ได้จากเครื่องมือ Conductivity Temperature Depth (CTD ยี่ห้อ Rinko) และใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหลายตัวแปรในการตรวจวัดความเป็นกรดด่างของน้ำ (pH) จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 ระดับ ด้วยกระบอกเก็บน้ำปริมาตร 1 ลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอย และสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกตที่ห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีการ ดังตารางที่ 1 เนื่องจากปากแม่น้ำพังราดมีขนาดเล็ก ความลึกทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าเพียง 3.5 เมตร ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้จึงถูกนำมาเฉลี่ยเพื่อคำนวณ ฟลักซ์ของสารใดๆ ได้ดังสมการที่ 1 (Dyer, 1973)

$$F = \frac{1}{T}\int_{t=0}^{T} QCdt \qquad (1)$$

เมื่อ F คือค่าฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอยสุทธิที่ไหลผ่านเข้าออกบริเวณพื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำพังราดในรอบน้ำขึ้นน้ำลง (g/sec) Q คืออัตราการไหลของน้ำ (m^3/sec) C คือความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอย (g/m^3) และ T คือรอบเวลาทั้งหมดของการตรวจวัดข้อมูล ค่าฟลักซ์ที่คำนวณได้ในแต่ละช่วงเวลาจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อคำนวณฟลักซ์สุทธิในรอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงของสารแต่ละชนิดต่อไป



ภาพที่ 1 บริเวณปากแม่น้ำพังราด เส้นประตัดขวางแม่น้ำแสดงแนวตรวจวัดฟลักซ์ (ที่มาของภาพ: www.google.co.th/maps)

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอยที่ทำการศึกษา

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
ของแข็งแขวนลอย (mg/l)	GF/C Filter (APHA, 1992)
แอมโมเนีย (μM)	Phenol-hypochloride (Grasshoff et al., 1999)
ไนไตรท์ (μM)	Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
ไนเตรท (μM)	Cadmium reduction + Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
ฟอสเฟต (μM)	Ascorbic acid (Strickland & Parsons, 1972)
ซิลิเกต (μM)	Silicomolypdate (Strickland & Parsons, 1972)
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l)	Azide modification (Strickland & Parsons, 1972)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำพังราดในฤดูแล้งและฤดูน้ำมากแสดงในรูปแบบของ Box and Whisker Plots (ภาพที่ 2) พบว่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยทั้งสองฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 31.47±1.05 ˚C ในฤดูแล้งและ 31.61±0.48 ˚C ในฤดูน้ำมาก สำหรับความเค็มเฉลี่ยพบว่าในฤดูแล้ง (30.44±2.96 psu) มีค่าสูงกว่าในฤดูน้ำมาก (21.35±6.23 psu) เนื่องจากอิทธิพลของฤดูฝนทำให้มีน้ำจืดไหลลงมาเจือจางน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำพังราดซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ความเป็นกรดด่างของน้ำเฉลี่ยพบว่าในฤดูแล้ง (8.04±0.23) มีความเป็นด่างมากกว่าในฤดูน้ำมาก (7.66±0.42) สอดคล้องกับความเค็มเฉลี่ยในฤดูแล้งเนื่องจากน้ำทะเลมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ (Kan-atireklarp et al., 2016) และจากการวิเคราะห์ความเป็นกรดด่างของน้ำทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยพบว่าทั้งสองฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.42±1.09 mg/l และ 5.10±1.19 mg/l ในฤดูน้ำมาก ซึ่งทั้งสองฤดูกาลมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะแก่การอยู่อาศัยของสัตว์น้ำ สำหรับปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยพบว่าในฤดูน้ำมาก (44.75±17.26 mg/l) มีค่าสูงกว่าในฤดูแล้ง (35.03±7.82 mg/l) เนื่องจากอิทธิพลของฤดูฝนที่ชะล้างตะกอนดินต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำและพัดพาออกจากปากแม่น้ำพังราด ค่าพิสัยในฤดูน้ำมากที่สูง

แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งแขวนลอยในรอบวันที่สูงกว่าในฤดูแล้ง และในการทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยทั้งสองฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สำหรับปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกต พบว่าแอมโมเนียและไนไตรท์ทั้งสองฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งเท่ากับ 77.13±68.73 µg N/l และ 10.26±14.05 µg N/l ตามลำดับ ในฤดูน้ำมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.82±33.49 µg N/l และ 10.60±12.33 µg N/l ตามลำดับ ส่วนไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกตพบว่าทั้งสองฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งเท่ากับ 7.39±10.45 µg N/l 15.95±18.76 µg P/l และ 234.42±196.33 µg Si/l ตามลำดับ ส่วนในฤดูน้ำมากพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.45±72.39 µg N/l 12.83±10.20 µg P/l และ 933.11±350.07 µg Si/l ตามลำดับ สำหรับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่งโดยกรมควบคุมมลพิษ ปี พ.ศ. 2549 กำหนดปากแม่น้ำพังราดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทะเล กำหนดให้แอมโมเนียมีค่าไม่เกิน 100 µg N/l ซึ่งปากแม่น้ำพังราดมีค่าเกินมาตรฐานในฤดูแล้งสูงสุดเท่ากับ 194.10 µg N/l สำหรับไนเตรทกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 60 µg N/l ซึ่งในฤดูน้ำมากมีค่าเกินมาตรฐานสูงสุดเท่ากับ 206.08 µg N/l ส่วนสารชนิดอื่นพบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

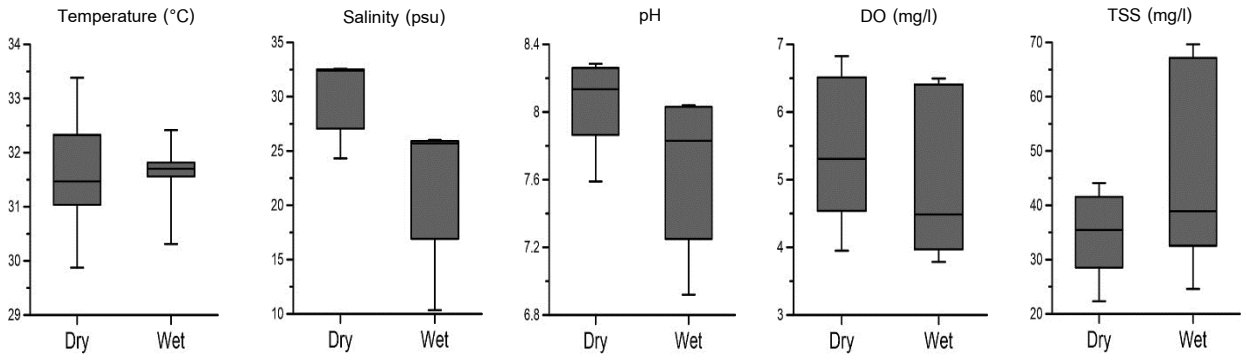
จากการพล็อตกราฟเส้นของการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงพบว่าฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำเฉลี่ยทุกชนิดมีแหล่งที่มาจากแม่น้ำพังราดทั้งสองฤดูกาลโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามฟลักซ์ของน้ำเฉลี่ยที่ไหลออกสู่ทะเลและลดลงเมื่อฟลักซ์ของน้ำเฉลี่ยมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำเนื่องจากการเจือจางโดยน้ำทะเล (ในที่นี้ใช้ฟลักซ์ของน้ำเฉลี่ยกับความเข้มข้นของฟอสเฟตเป็นตัวแทนของกราฟสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำชนิดอื่น ดังภาพที่ 4 บน) ส่วนฟลักซ์ของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยทั้งสองฤดูกาล (ในที่นี้ใช้ฟลักซ์ของน้ำเฉลี่ยกับปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยในฤดูแล้งเป็นตัวแทนทั้งสองฤดูกาล ดังภาพที่ 4 ล่าง) พบว่ามีค่าสูงขึ้นตามความแรงของฟลักซ์ของน้ำเฉลี่ยทั้งในทิศทางไหลเข้าปากแม่น้ำและไหลออกสู่ทะเลเนื่องจากมีแหล่งที่มาของสารจากแม่น้ำพังราดในช่วงน้ำลงและจากบริเวณชายฝั่งทะเลที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Meteorological Department, 2015) สวนทางกับฟลักซ์ของน้ำ ส่งผลให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนบริเวณชายฝั่งและพัดพาสารดังกล่าวเข้ามาบริเวณปากแม่น้ำในช่วงน้ำขึ้น จากการคำนวณฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอย ดังตารางที่ 2 และ 3 พบว่าฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟตมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสองฤดูกาล โดยในฤดูแล้งฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และฟอสเฟต (317.69 kg N/l 24.35 kg N/l และ 86.05 kg P/l ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่าในฤดูน้ำมาก (74.28 kg N/l 22.95 kg N/l และ 38.43 kg P/l ตามลำดับ) ยกเว้นฟลักซ์สุทธิของไนเตรทที่มีค่าสูงในฤดูน้ำมาก (162.21 kg N/l) และต่ำในฤดูแล้ง (30.70 kg N/l) ซึ่งสอดคล้องกับฟลักซ์สุทธิของน้ำที่มีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสองฤดูกาลเช่นกัน (0.59×10^6 m^3/day และ 0.37×10^6 m^3/day ตามลำดับ) ส่วนฟลักซ์สุทธิของซิลิเกตและของแข็งแขวนลอยพบว่ามีทิศทางไหลออกสู่ทะเลในฤดูแล้ง (514.89 kg Si/l และ 19.15 ton/day ตามลำดับ) และไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในฤดูน้ำมาก (66.47 kg Si/l และ 59.00 ton/day ตามลำดับ) เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

จากการเปรียบเทียบฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำพังราดกับปากแม่น้ำอื่นๆ ในภาคตะวันออก ดังตารางที่ 3 พบว่าในฤดูแล้งฟลักซ์สุทธิของสารทุกชนิดมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล ยกเว้นฟลักซ์สุทธิของไนไตรท์รวมกับไนเตรทบริเวณปากแม่น้ำระยองและฟลักซ์สุทธิของน้ำ ของแข็งแขวนลอย ฟอสเฟต และซิลิเกตบริเวณปากแม่น้ำตราดที่มีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ส่วนในฤดูน้ำมากพบว่าบริเวณปากแม่น้ำทั้งหมด

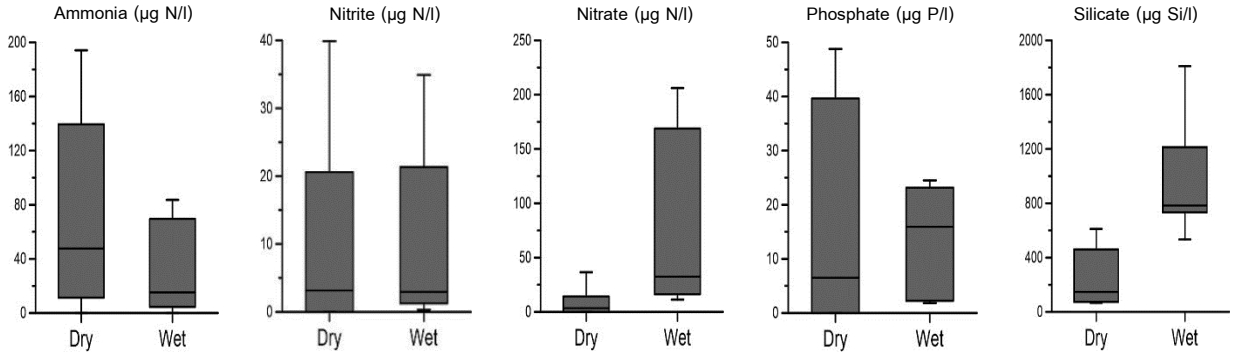
มีค่าฟลักซ์สุทธิของสารไหลออกสู่ทะเลทุกชนิดยกเว้นฟลักซ์สุทธิของซิลิเกต และของแข็งแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำพังราดที่มีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ในการเปรียบเทียบปากแม่น้ำพังราดกับแม่น้ำอื่นๆ ในเชิงปริมาณพบว่าในฤดูน้ำมากฟลักซ์สุทธิของสารทุกชนิดบริเวณปากแม่น้ำอื่นๆ มีค่ามากกว่าปากแม่น้ำพังราด ยกเว้นฟลักซ์สุทธิของน้ำบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ที่มีค่าต่ำกว่า ส่วนในฤดูแล้งฟลักซ์สุทธิของน้ำบริเวณปากแม่น้ำพังราดมีค่าสูงกว่าปากแม่น้ำระยองเพียงแม่น้ำเดียว ฟลักซ์สุทธิของแข็งแขวนลอยพบว่าบริเวณปากแม่น้ำพังราดมีค่าต่ำกว่าปากแม่น้ำอื่นๆ สำหรับฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนียพบว่าที่ปากแม่น้ำจันทบุรีเพียงแห่งเดียวที่มีค่าสูงกว่าปากแม่น้ำพังราด มีความเป็นไปได้ว่าบริเวณลุ่มแม่น้ำพังราดมีกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ แหล่งชุมชนและฟาร์มกุ้ง การปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมดังกล่าวส่งผลให้แอมโมเนียในแม่น้ำมีค่าสูงในฤดูแล้งและมีค่าต่ำในฤดูน้ำมากซึ่งเป็นผลมาจากการเจือจางน้ำจืดที่มีมากขึ้น ปริมาณฟลักซ์สุทธิของไนไตรท์รวมกับไนเตรทมีค่าสูงกว่าปากแม่น้ำระยองและตราด ส่วนฟลักซ์สุทธิของฟอสเฟตบริเวณปากแม่น้ำประแสร์มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือปากแม่น้ำพังราดที่มีค่าใกล้เคียงกับปากแม่น้ำจันทบุรีที่อาจเป็นผลมาจากกิจกรรมทางการเกษตร ส่วนฟลักซ์สุทธิของซิลิเกตพบว่าบริเวณปากแม่น้ำพังราดมีค่ามากกว่าปากแม่น้ำตราดเพียงแม่น้ำเดียว จากการเปรียบเทียบดังกล่าวจะเห็นได้ว่าแม่น้ำจันทบุรีเป็นแม่น้ำที่มีขนาดใหญ่ที่สุดจึงส่งผลให้มีฟลักซ์สุทธิของน้ำไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยมากที่สุดในภาคตะวันออก แต่ฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบางชนิด เช่น ไนไตรท์รวมกับไนเตรทและฟอสเฟตในฤดูแล้งก็มีค่าต่ำกว่าปากแม่น้ำอื่นๆ (ยกเว้นปากแม่น้ำระยอง) ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างทางธรรมชาติของแม่น้ำแต่ละสายและกิจกรรมการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ที่เป็นตัวปล่อยสารต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำ กลไกการเปลี่ยนรูปของสารอาหาร หรือกระบวนการใช้สารอาหารดังกล่าวในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ป่าชายเลน รวมถึงพืชน้ำชนิดอื่นๆ (Pollution Control Department, 2005)

จากความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์สุทธิของน้ำกับสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และของแข็งแขวนลอยทั้งสองฤดูกาลพบว่าปากแม่น้ำจันทบุรี ระยอง และตราดมีความสัมพันธ์กับฟลักซ์สุทธิของน้ำทุกชนิด โดยมีค่าต่ำในฤดูแล้งและสูงในฤดูน้ำมาก ยกเว้นฟลักซ์สุทธิของแข็งแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำจันทบุรีที่ไม่มีความสัมพันธ์กับฟลักซ์สุทธิของน้ำ สำหรับปากแม่น้ำประแสร์พบว่ามีเพียงฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนียและของแข็งแขวนลอยเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับฟลักซ์สุทธิของน้ำโดยมีค่าสูงในฤดูแล้งและต่ำในฤดูน้ำมาก ส่วนปากแม่น้ำพังราดพบว่าฟลักซ์สุทธิของไนไตรท์รวมกับไนเตรทและของแข็งแขวนลอยเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับฟลักซ์สุทธิของน้ำโดยมีค่าต่ำในฤดูแล้งและสูงในฤดูน้ำมาก

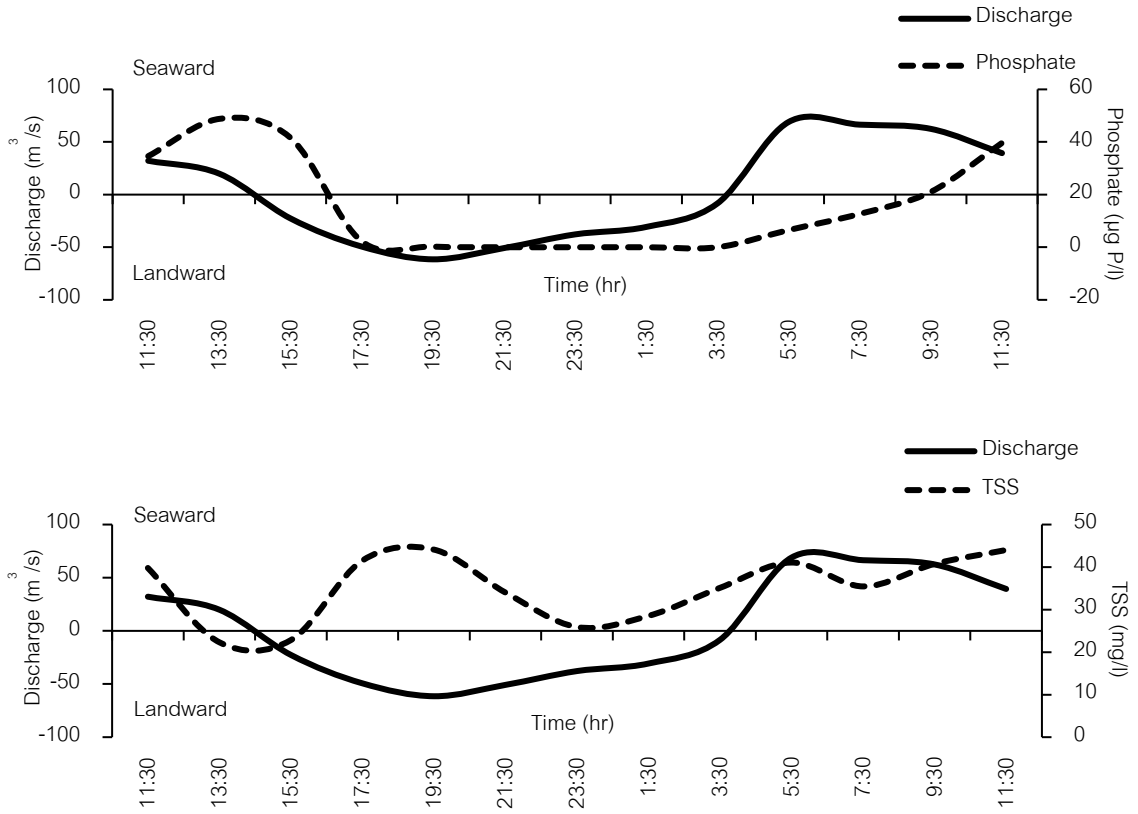
ในการเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นๆ อาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของพื้นที่ตรวจวัดฟลักซ์ ขนาดของแม่น้ำ อิทธิพลของคลื่น ลม น้ำขึ้นน้ำลงของปีที่ทำการศึกษา ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้ข้อมูลพื้นฐานอื่นๆ มีความแตกต่างกัน และอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการสรุปผลการเปรียบเทียบได้



ภาพที่ 2 Box and Whisker Plots ของข้อมูลอุณหภูมิ ความเค็ม ค่ากรดด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ และของแข็งแขวนลอย บริเวณปากแม่น้ำพังราดในฤดูแล้ง (23-24 เมษายน 2558) และฤดูน้ำมาก (8-9 กันยายน 2558)



ภาพที่ 3 Box and Whisker Plots ของข้อมูลความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกตบริเวณปากแม่น้ำพังราดในฤดูแล้ง (23-24 เมษายน 2558) และฤดูน้ำมาก (8-9 กันยายน 2558)



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงตามเวลาตามวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงของฟลักซ์ของน้ำเฉลี่ยกับความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ฟอสเฟตละลายน้ำเฉลี่ยในฤดูแล้ง (บน) และกับปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยในฤดูแล้ง (ล่าง)

ตารางที่ 2 ฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำพังราดในแต่ละฤดูกาล

ฟลักซ์สุทธิ	เมษายน	กันยายน
ฟลักซ์ของน้ำ [$\times 10^6$ m^3/day]	+0.37	+0.59
ของแข็งแขวนลอย [ton/day]	+19.15	-59.00
แอมโมเนีย [kg N/day]	+317.69	+74.28
ไนไตรท์ [kg N/day]	+24.35	+22.95
ไนเตรท [kg N/day]	+30.70	+162.21
ฟอสเฟต [kg P/day]	+86.05	+38.43
ซิลิเกต [kg Si/day]	+514.89	-66.47

หมายเหตุ: + หมายถึง มีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล, - หมายถึง มีทิศทางการไหลเข้าสู่แม่น้ำ

ตารางที่ 3 ฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ ระยอง จันทบุรี ตราด และพังราดในแต่ละฤดูกาล

แม่น้ำ	ฤดูกาล	ฟลักซ์					
		น้ำ [$\times 10^6$ m^3/day]	ของแข็งแขวนลอย [ton/day]	แอมโมเนีย [kg N/day]	ไนไตรท์ + ไนเตรท [kg N/day]	ฟอสเฟต [kg P/day]	ซิลิเกต [kg Si/day]
ประแสร์[1,2]	แล้ง	+ 2.6	+ 103.66	+ 258.11	+ 218.92	+ 94.71	+ 2,209.12
	น้ำมาก	+ 0.43	+ 63.21	+ 201.98	+ 437.28	+ 101.31	+ 8,195.15
ระยอง[3]	แล้ง	+0.15	+27.73	+137.32	-39.03	+70.29	+1,719.11
	น้ำมาก	+1.57	+60.68	+321.12	+969.02	+107.91	+17,362.61
จันทบุรี[4]	แล้ง	+14.26	+687.51	+1,044.05	+ 192.31	+85.92	+6,194.80
	น้ำมาก	+31.97	+623.86	+1,341.01	+ 7,903.48	+357.71	+170,008.69
ตราด[5]	แล้ง	-2.56	-52.19	+1.70	+16.82	-0.06	-49.80
	น้ำมาก	+30.56	+1,524.88	+597.09	+5,000.15	+164.71	+76,008.31
พังราด	แล้ง	+0.37	+19.15	+317.69	+55.05	+86.05	+514.89
	น้ำมาก	+0.59	-59.00	+74.28	+185.16	+38.43	-66.47

หมายเหตุ: + หมายถึง มีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล, - หมายถึง มีทิศทางการไหลเข้าสู่แม่น้ำ

ที่มา [1,2] Buranapratheprat et al. (2013), [3,4] Kan-atireklarp et al. (2015, 2016)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาฟลักซ์สุทธิของน้ำ สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และของแข็งแขวนลอย ที่บริเวณปากแม่น้ำพังราดในฤดูแล้งและฤดูน้ำมาก ในปี พ.ศ. 2558 พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟตมีทิศทางออกสู่ทะเลทั้งสองฤดูกาล โดยฟลักซ์สุทธิของไนเตรทมีความสอดคล้องกับฟลักซ์สุทธิของน้ำที่มีค่าต่ำในฤดูแล้งและสูงในฤดูน้ำมาก ส่วนฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และฟอสเฟต มีค่าสูงในฤดูแล้งเนื่องจากมีความเข้มข้นของสารดังกล่าวสูงกว่าในฤดูน้ำมาก สำหรับฟลักซ์สุทธิของแข็งแขวนลอยมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในฤดูน้ำมากเป็นผลมาจากการฟุ้งกระจายของตะกอนบริเวณชายฝั่งและอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในทิศสวนทางกับฟลักซ์ของน้ำ ฟลักซ์สุทธิของซิลิเกตมีทิศทางออกสู่ทะเลในฤดูแล้งและเข้าสู่ปากแม่น้ำในฤดูน้ำมากซึ่งอาจเป็นผลมาจากการปลดปล่อยจากตะกอนที่ฟุ้งกระจายเช่นเดียวกับกรณีของแข็งแขวนลอย สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณฟลักซ์สุทธิกับแม่น้ำอื่นๆ ในภาคตะวันออกพบว่าปากแม่น้ำพังราดมีปริมาณฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนียและฟอสเฟตค่อนข้างสูงในฤดูแล้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณศิราพร ทองอุดม และนิสิตภาควิชาวาริชศาสตร์ทุกคนที่ช่วยในการเก็บตัวอย่างน้ำ ขอขอบคุณ คุณอลงกรณ์ พุดหอม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่พักสำหรับเก็บตัวอย่าง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตะวันออกที่ช่วยในการเก็บตัวอย่างข้อมูลและอำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

เอกสารอ้างอิง

American Public Health Association-APHA. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater including Sediments and Sludges (18th ed.)*. American Public Health Association: American Water Works Association and the Water Environment Federation, Washington DC., USA.

Buranapratheprat, A., Choetchoojun, Y., Kongmaung, N., Intacharoen, P., Kan-atireklarp, S. & Kunboa, V. (2013) Dissolved Inorganic Nutrient Fluxes at the Prasae River Mouth, Rayong Province in Wet and Dry Seasons in 2010. *Burapha Science Journal,* 18(2), 222-231. (in Thai)

Buranapratheprat, A. & Intacharoen, P. (2011). Water Qualities in Chonburi Bay in 2008. *Burapha Science Journal*, 16(1), 94–106. (in Thai)

Buranapratheprat, A., Khunathorn, P., Intacharoen, P., Kan-atireklarp, S. & Kunboa, V. (2013). Suspended Sediment Flux at the Prasae River Mouth in 2010. *Burapha Science Journal,* 18(2), 232-245. (in Thai)

Chantaburi Land Development Station. (2009). *Water resources of the Phangrad River*. Retrieved 1, 2016, from http://r02.ldd.go.th/cti/soil_manage.html. (in Thai)

Dyer, K.R. (1973). *Estuaries: A Physical Introduction*. London: John Wiley & Sons.

Grasshoff, K., Kremling, K. & Ehrhardt, M. (1999). *Methods of Seawater Analysis 3rd Eds*. Weinheim: Wiley-VCH.

Kan-atireklarp, S., Buranapratheprat, A., Yuenyong, S. & Komsai, T. (2015). Fluxes of dissolved inorganic nutrients and suspended sediment at the Chanthaburi River mouth, Chanthaburi Province in dry and wet seasons in 2013. *The 7th National Science Research Conference*, PY-P-001 1-7. (in Thai)

Kan-atireklarp, S., Yuenyong, S., Meesub, B., Buranapratheprat, A., Meesup, A. & Kan-atireklarp, S. (2016). Fluxes of dissolved inorganic nutrients and suspended sediment at the Trat River Mouth, Trat Province in dry and wet seasons in 2014. *The 5th Marine Science Conference*, O-F-028. (in Thai)

Meteorological Department. (2015). *Climate of Thailand*. Retrieved 30, 2016, from https://www.tmd.go.th/info/climate_of_thailand-2524-2553.pdf. (in Thai)

Pollution Control Department. (2005). *Marine pollution and solutions in Thailand.* Retrieved August 30, 2016, from http://infofile.pcd.go.th/water/Pollu_sea.pdf?CFID=1327501&CFTOKEN=30767631. (in Thai)

Pollution Control Department. (2015). *Marine pollution.* Retrieved July 15, 2016, from http://www.pcd.go.th/info_serv/water_marine.html. (in Thai)

Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Ottawa: Fishery Research Board of Canada.