ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำเวฬุ ในช่วงฤดูแล้งและฤดูน้ำมาก ในปี พ.ศ. 2557

Fluxes of Suspended Sediment and Dissolved Inorganic Nutrients at the Welu River Mouth in Dry and Wet Seasons in 2014

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์[1]* สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ[2] ศุภชัย ยืนยง[1] ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ[2]

Anukul Buranapratheprat[1]* , Suthida Kan-atireklarp[2], Suphachai Yuenyong[1] and Supawat Kan-atireklap[2]

[1]ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

[1]Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

[2]Marine and Coastal Resources Research and Development Center the Eastern Gulf of Thailand

Department of Marine and Coastal Resources

Received : 6 December 2017

Accepted : 22 March 2018

Published online : 27 March 2018

บทคัดย่อ

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาฟลักซ์ของน้ำ ตะกอนแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในรอบน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณปากแม่น้ำเวฬุในปี พ.ศ. 2557 ในระหว่างวันที่ 13 - 14 กุมภาพันธ์ (ฤดูแล้ง) และวันที่ 13 - 14 สิงหาคม (ฤดูน้ำมาก) พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศออกสู่ทะเลในทุกฤดูกาลโดยมีปริมาณเท่ากับ 14.71 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในช่วงฤดูแล้ง และ 17.36 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในช่วงฤดูน้ำมาก ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยมีทิศออกสู่ทะเลในฤดูแล้งในปริมาณ 2,214.45 ตันต่อวัน และมีทิศเข้าสู่แผ่นดินในฤดูน้ำมากในปริมาณ 3,546.73 ตันต่อวัน สวนทางกับฟลักซ์ของน้ำ อาจเป็นผลมาจากการฟุ้งกระจายของตะกอนที่พื้นทะเลหรือการกัดเซาะชายฝั่งทางด้านนอกในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรง ฟลักซ์ของแอมโมเนียมีทิศทางเข้าสู่แผ่นดินค่อนข้างสูงในฤดูแล้ง (771.13 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อวัน) ซึ่งอาจมีแหล่งมาจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งด้านนอกของปากแม่น้ำ และมีทิศทางออกสู่ทะเลในฤดูน้ำมาก (3.31 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อวัน) อิทธิพลจากการชะล้างจากแผ่นดินส่งผลให้ฟลักซ์ของซิลิเกตในทิศทางออกสู่ทะเลมีค่าสูงมากทั้งในฤดูแล้ง (19,946.24 กิโลกรัมซิลิกาต่อวัน) และในฤดูน้ำมาก (17,882.28 กิโลกรัมซิลิกาต่อวัน) ฟลักซ์ของไนเตรทรวมกับไนไตรท์ (130.68 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อวัน) และฟอสเฟต (8.59 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อวัน) ในฤดูแล้งมีทิศเข้าสู่แผ่นดินและในฤดูน้ำมากมีทิศออกสู่ทะเล (1,346.07 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อวัน และ 4.77 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อวัน ตามลำดับ) แสดงถึงแหล่งที่มาทั้งจากแผ่นดินและจากทะเล ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แม่น้ำเวฬุมีการปลดปล่อยสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำที่มีแหล่งที่มาทั้งจากพื้นที่ภายในลุ่มน้ำและจากนอกชายฝั่ง

คำสำคัญ: ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอย ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ แม่น้ำเวฬุ อ่าวไทย

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

Abstract

The researchers studied the fluxes of water, suspended sediment and dissolved inorganic nutrients in a tidal cycle at the Welu River mouth during the periods from 13 to 14 February (dry season) and from 13 to 14 August (wet season). The net fluxes of water were directed to the sea in both seasons in the amount of 14.71 million m^3/day in dry season and 17.36 million m^3/day in wet season. Fluxes of suspended sediment was directed seaward in dry season in the amount of 2,214.45 ton/day, and landward in wet season in the amount of 3,546.73 ton/day, opposed to the flux of water. This may be due to the resuspension of sediment on the sea floor or the coastal erosion of the outer area during the strong southwest monsoon. Fluxes of ammonia were directed seaward in wet season (3.31 kg N/day) and landward in dry season (771.13 kg N/day). There may be sources of ammonia from coastal aquaculture activities outside of the river mouth in dry season. The effect of leaching from the soil resulted in a very high silicate flux in both dry (19,946.24 kg Si/day) and wet seasons (17,882.28 kg Si/day). Fluxes of nitrate with nitrite (130.68 kg N/day) and phosphate (8.59 kg P/day) in dry season were directed landward whereas in wet season were directed seaward (1,346.07 kg N/day and 4.77 kg P/day, respectively) indicating sources from both the land and the sea. The study showed that the Welu River water was affected by dissolved inorganic nutrients from sources within the watershed and offshore.

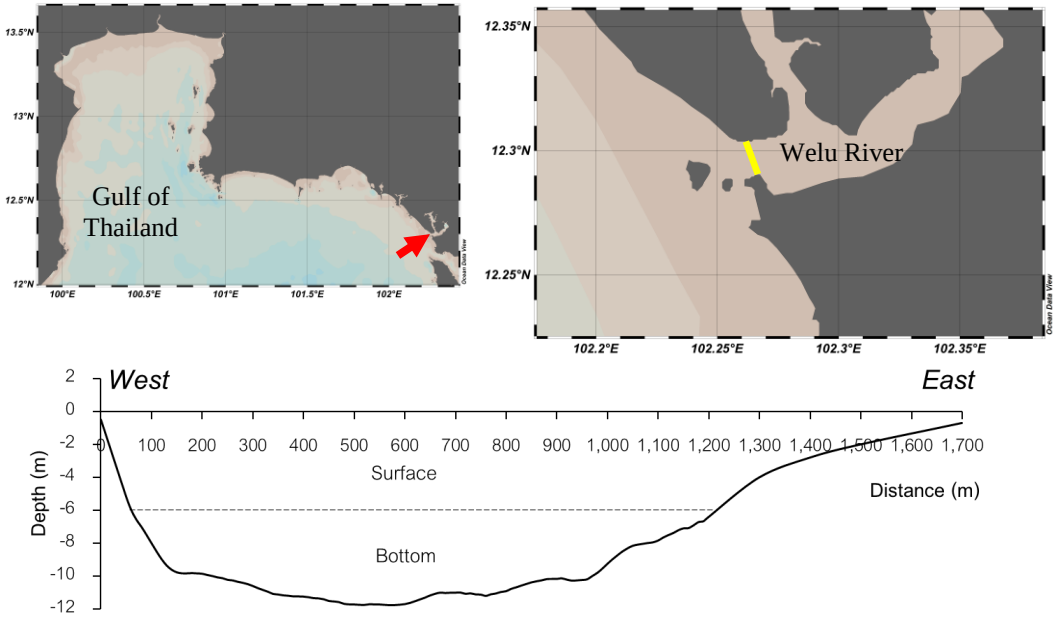
Key words: fluxes of suspended sediment, fluxes of dissolved inorganic nutrients, Welu River, Gulf of Thailand

บทนำ

แม่น้ำเป็นที่รวมของสารต่างๆ ที่มีแหล่งที่มาทั้งจากธรรมชาติ เช่น จากการชะล้าง พังทลายของดินและหิน จากสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต และจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การปลดปล่อยจากแหล่งชุมชน การเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ทั้งในรูปของสารแขวนลอยและสารละลายที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ในท้ายที่สุดก็จะถูกเคลื่อนย้ายออกสู่ทะเลผ่านทางบริเวณปากแม่น้ำ (Kan-atireklarp *et al*., 2015a) ในแง่ของความอุดมสมบูรณ์แล้ว ปากแม่น้ำถือเป็นบริเวณที่มีผลผลิตขั้นต้นสูงเพราะอุดมไปด้วยแร่ธาตุและสารอาหารต่างๆ ที่ถูกชะล้างมาจากแผ่นดิน ทำให้แพลงก์ตอนพืช สาหร่าย หญ้าทะเล และป่าชายเลน เจริญเติบโตได้ดี (Siripong, 1981) เป็นแหล่งอาหาร ที่อยู่อาศัย หลบภัย ผสมพันธุ์วางไข่และอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนของระบบนิเวศบริเวณทะเลชายฝั่งที่มีความสำคัญมาก มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์ในพื้นที่นี้ในการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย ทำการประมง เพาะเลี้ยงชายฝั่ง รวมถึงเป็นแหล่งระบายของเสียจากชุมชนและกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดลำน้ำ ความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมบริเวณปากแม่น้ำจึงเกิดขึ้นได้เมื่อของเสียที่ได้รับมีปริมาณที่เกินขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่

แม่น้ำเวฬุมีลักษณะเป็นแม่น้ำ 2 สาย เป็นแนวธรรมชาติที่กั้นระหว่าง จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราด ต้นน้ำอยู่ในบริเวณเขาสระบาปและเขาชะเอม จังหวัดจันทบุรี สาขาทางฝั่งจังหวัดจันทบุรี มีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตร และทางฝั่งจังหวัดตราด มีความยาวประมาณ 20 กิโลเมตร เชื่อมต่อระหว่าง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี และ อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด สาขาทั้ง 2 สาย มาบรรจบกันที่บริเวณอ่าวกระป่อง อำเภอเขาสมิง และออกสู่ทะเลบริเวณเกาะจิก (Kamolpattana, 1996) พื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเอสทูรี (Estuary) หรือ ชะวากทะเลจึงกลายเป็นที่สะสมของตะกอนจำนวนมาก มีป่าชายเลน

ธรรมชาติและยังเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่สำคัญมาก อย่างไรก็ดี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมทางน้ำในพื้นที่ยังมีอยู่อย่างจำกัด ที่ผ่านมาพบการศึกษาทางด้านคุณภาพน้ำโดย Meksamphan *et al.* (2003) งานวิจัยนี้จะทำการประเมินฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำที่บริเวณปากแม่น้ำเวฬุในฤดูแล้งและในฤดูน้ำมาก เพื่อประเมินสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของแม่น้ำเวฬุที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมทางทะเลชายฝั่งบริเวณข้างเคียง



ภาพที่ 1 ปากแม่น้ำเวฬุ (บนซ้าย) เส้นตัดขวางลำน้ำแสดงแนวตรวจวัดฟลักซ์ (บนขวา) (ดัดแปลงจาก Ocean Data View (Schlitzer, 2007)) และภาพตัดขวางปากแม่น้ำเวฬุ (ล่าง)

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษาอยู่ที่บริเวณปากแม่น้ำเวฬุ อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด ที่ละติจูดที่ 12° 12' 22.6" N ลองติจูดที่ 102° 34' 39.6" E (ภาพที่ 1) มีความกว้างของลำน้ำประมาณ 1,660 เมตร ทำการตรวจวัดข้อมูลภาคสนามและเก็บตัวอย่างน้ำในปี พ.ศ. 2557 ครั้งที่ 1 วันที่ 13 – 14 กุมภาพันธ์ (ขึ้น 14 – 15 ค่ำ) (ฤดูแล้ง) และครั้งที่ 2 วันที่ 13 – 14 สิงหาคม (แรม 2 – 3 ค่ำ) (ฤดูน้ำมาก) การตรวจวัดฟลักซ์ที่ปากแม่น้ำเวฬุทั้งสองช่วงฤดูกาลในครั้งนี้ ตรงกับช่วงน้ำเกิดที่พิสัยของระดับน้ำแตกต่างกันอยู่ประมาณ 1 เมตร ใกล้เคียงกันทั้งสองช่วงเวลา ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง จะทำการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำพื้นฐานและกระแสน้ำ รวมถึงเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณตะกอนแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกต ที่กลางร่องน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตร จากผิวน้ำและที่ 1 เมตร จากพื้นแม่น้ำโดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ ตรวจวัดคุณภาพน้ำพื้นฐานได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และความเป็นกรด-เบสของน้ำ (pH) ด้วยเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำแบบหลายตัวแปร (Environmental Monitoring Systems: YSI 6920) ตรวจวัดกระแสน้ำด้วยเครื่อง Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP รุ่น WHS600-I-UG167) (Teledyne RD Instruments, Workhorse Sentinel 600 kHz Serial Number 13318) ด้วยการติดตั้งไว้กับเรือขนาดเล็กที่แล่นตัดขวางลำน้ำ

เพื่อตรวจวัดกระแสน้ำทั้งพื้นที่หน้าตัด (ภาพที่ 1) นำตัวอย่างน้ำมากรองด้วยแผ่นกรอง GF/C สิ่งตกค้างบนแผ่นกรองจะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกอนแขวนลอยส่วนน้ำที่ผ่านการกรองจะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในห้องปฏิบัติการตามวิธีการวิเคราะห์สรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีวิเคราะห์ตะกอนแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำที่ทำการศึกษา

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
ตะกอนแขวนลอย	GF/C Filter (APHA,1992)
แอมโมเนีย	Phenol-hypochloride (Grasshoff *et al.*, 1999)
ไนไตรท์	Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
ไนเตรท	Cadmium reduction + Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
ฟอสเฟต	Ascorbic acid (Strickland & Parsons,1972)
ซิลิเกต	Silicomolypdate (Strickland & Parsons,1972)

การคำนวณฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำแสดงตามสมการที่ 1 (ดัดแปลงจาก Dyer, 1973)

$$F = \frac{1}{T}\int_{t=0}^{T} AuC \quad dt \tag{1}$$

เมื่อ F คือ ค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยหรือฟลักซ์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำที่ผ่านเข้าออกบริเวณพื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำในรอบน้ำขึ้นน้ำลง (กรัมต่อวินาที) u คือ ความเร็วของกระแสน้ำ (เมตรต่อวินาที) C คือ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยหรือสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) T คือ รอบเวลาทั้งหมดของการตรวจวัดข้อมูล 25 ชั่วโมง และ A คือ พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ (ตารางเมตร) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามระดับน้ำขึ้นน้ำลงโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,635.5 ตารางเมตร ในฤดูแล้ง และ 6,802.5 ตารางเมตร ในฤดูน้ำมาก

ทำการคำนวณฟลักซ์แยกเป็น 2 ระดับ ตามแนวดิ่งซึ่งพิจารณาจากลักษณะของความเค็มและกระแสน้ำตามความลึก โดยฟลักซ์ของน้ำชั้นล่างคำนวณจากข้อมูลฟลักซ์ย่อยที่ได้จากการตรวจวัดโดยเครื่อง ADCP ในช่วงความลึกจากพื้นทะเลขึ้นมา 4 เมตร ฟลักซ์ของน้ำชั้นบนคำนวณจากฟลักซ์ย่อยภายในขอบเขตพื้นที่หน้าตัดส่วนที่เหลือ คำนวณหาปริมาณฟลักซ์ ทุก 3 ชั่วโมงจนครบ 25 ชั่วโมง แล้วเฉลี่ยตามเวลาเพื่อหาค่าฟลักซ์สุทธิในรอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง โดยในแต่ละครั้งของการตรวจวัดฟลักซ์ของน้ำด้วยเครื่อง ADCP จะทำการแล่นเรือตัดขวางปากแม่น้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง แล้วจึงนำค่าฟลักซ์ที่ตรวจวัดได้มาเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของค่าฟลักซ์ในช่วงเวลานั้น

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

อุณหภูมิของน้ำที่ปากแม่น้ำเวฬุในระหว่างสองช่วงเวลามีความแตกต่างอยู่ประมาณ 1 – 2 องศาเซลเซียส ตามอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล (ตารางที่ 2) การตรวจวัดในฤดูแล้งซึ่งตรงกับช่วงฤดูหนาวพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำมีค่าต่ำ (27 – 29 องศาเซลเซียส) ส่วนการตรวจวัดในช่วงฤดูน้ำมากซึ่งตรงกับช่วงฤดูร้อนพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย

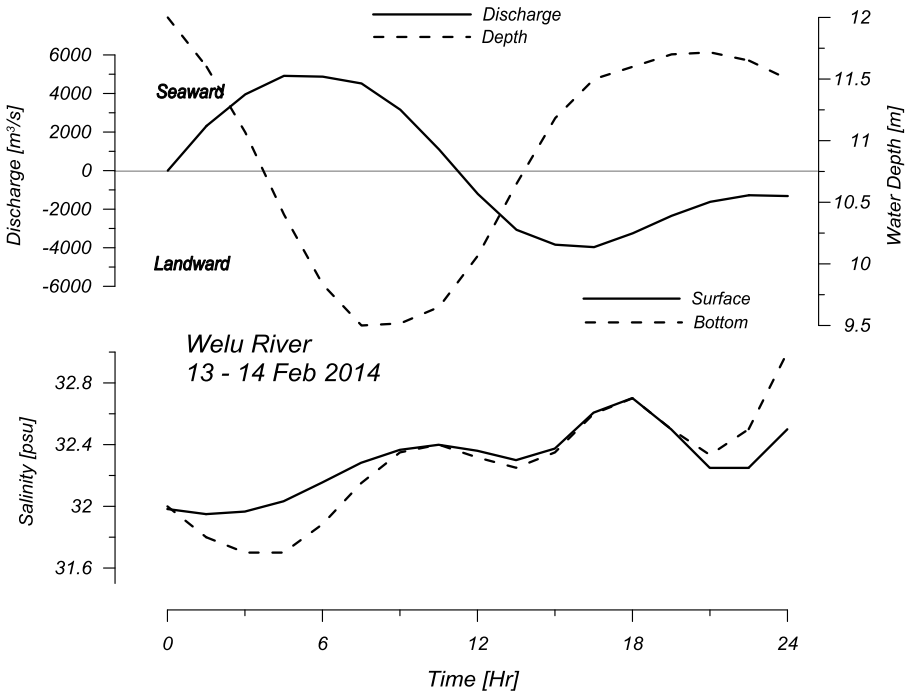
ของน้ำมีค่าสูง (29 – 31 องศาเซลเซียส) ความเค็มมีค่าเฉลี่ยสูง (32 – 33 พีเอสยู) และน้ำไม่แบ่งชั้นในช่วงฤดูแล้ง แสดงให้เห็นอิทธิพลของน้ำทะลที่รุกเข้ามาในช่วงเวลานี้ ส่วนช่วงฤดูน้ำมากมีค่าความเค็มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 16 – 20 พีเอสยู ที่แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของน้ำจืดที่มีมากขึ้นและมีการแบ่งชั้นน้ำที่ไม่เสถียรมากนัก เพราะความเค็มเฉลี่ยระหว่างน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่างมีค่าแตกต่างกันเพียง 2 – 3 พีเอสยู ความเป็นกรด-เบสมีค่าเฉลี่ยประมาณ 7.9 ทั้งสองช่วงเวลา ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นกรด-เบสของน้ำทะเล ออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยในฤดูแล้ง (6 – 7 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีค่าสูงกว่าในฤดูน้ำมาก (4 – 5 มิลลิกรัมต่อลิตร) อยู่ประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีค่าไม่แตกต่างกันตามความลึก การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอาจสัมพันธ์กับสภาวะของมวลน้ำในแนวดิ่ง การแบ่งชั้นน้ำในช่วงฤดูน้ำมากอาจส่งผลให้ออกซิเจนในน้ำชั้นล่างมีปริมาณลดลงจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในมวลน้ำหรือที่พื้นทะเล ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงในฤดูแล้งเพราะมวลน้ำมีการผสมผสานตามแนวดิ่งได้ดี การฟุ้งกระจายของตะกอนที่พื้นแม่น้ำทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในน้ำชั้นล่าง (105 – 125 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีค่าสูงกว่าในน้ำชั้นบน (66 – 68 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็นเท่าตัวและไม่แสดงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนแขวนลอยตามฤดูกาล ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการฟุ้งกระจายของตะกอนที่พื้นท้องน้ำในช่วงระหว่างที่กระแสน้ำขึ้นและน้ำลงมีกำลังแรง

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง (25 ชั่วโมง) ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดที่บริเวณปากแม่น้ำเวฬุในฤดูแล้งระหว่างวันที่ 13 – 14 กุมภาพันธ์ 2557 และฤดูน้ำมากระหว่างวันที่ 13 – 14 สิงหาคม 2557

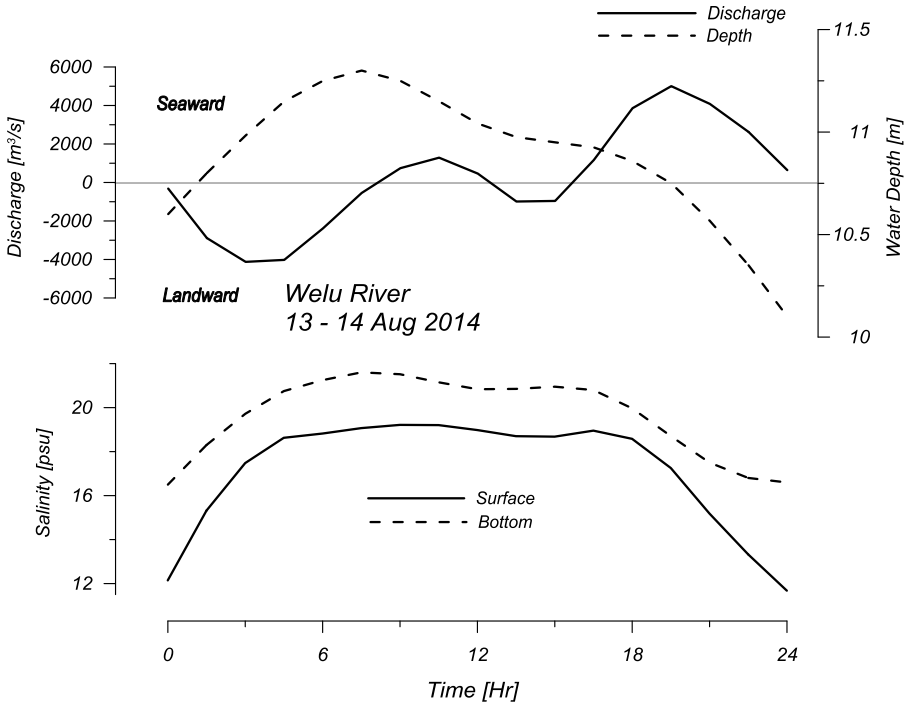
พารามิเตอร์		ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำมาก
อุณหภูมิ [°C]	น้ำชั้นบน	28.57 ± 0.55	30.44 ± 0.65
	น้ำชั้นล่าง	28.53 ± 0.51	30.22 ± 0.35
ความเค็ม [psu]	น้ำชั้นบน	32.29 ± 0.34	16.94 ± 3.15
	น้ำชั้นล่าง	32.27 ± 0.49	19.50 ± 2.17
ความเป็นกรด-เบส	น้ำชั้นบน	7.94 ± 0.10	7.90 ± 0.14
	น้ำชั้นล่าง	7.95 ± 0.10	7.93 ± 0.17
ออกซิเจนละลายน้ำ [mg/L]	น้ำชั้นบน	6.45 ± 0.21	4.24 ± 0.38
	น้ำชั้นล่าง	6.51 ± 0.40	4.16 ± 0.43
ตะกอนแขวนลอย [mg/L]	น้ำชั้นบน	66.67 ± 37.48	67.94 ± 41.44
	น้ำชั้นล่าง	110.62 ± 47.70	105.27 ± 125.05
แอมโมเนีย [µg N/L]	น้ำชั้นบน	4.06 ± 4.49	1.21 ± 0.20
	น้ำชั้นล่าง	0.77 ± 1.20	3.46 ± 6.19
ไนไตรท์ [µg N/L]	น้ำชั้นบน	1.33 ± 0.63	3.68 ± 3.25
	น้ำชั้นล่าง	2.00 ± 1.49	4.46 ± 4.62
ไนเตรท [µg N/L]	น้ำชั้นบน	2.82 ± 2.41	14.24 ± 12.68
	น้ำชั้นล่าง	2.82 ± 2.20	11.83 ± 14.26
ฟอสเฟต [µg P/L]	น้ำชั้นบน	3.89 ± 1.56	1.55 ± 0.30
	น้ำชั้นล่าง	5.45 ± 5.64	1.36 ± 0.46
ซิลิเกต [µg Si/L]	น้ำชั้นบน	596.82 ± 191.47	887.31 ± 359.18
	น้ำชั้นล่าง	604.45 ± 150.32	685.35 ± 292.53

ไนเตรทและซิลิเกตในฤดูน้ำมากมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า (ตารางที่ 3) สะท้อนถึงอิทธิพลจากการชะล้างสารอาหารเหล่านี้จากแผ่นดิน ต่างจากฟอสเฟตที่มีค่าสูงในฤดูแล้งและมีค่าต่ำในช่วงฤดูน้ำมาก ทั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาจากตะกอนที่พื้นทะเล ในช่วงฤดูแล้งที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลมากกว่า ก็จะเกิดการปลดปล่อยฟอสเฟตจากตะกอนเข้ามาสู่มวลน้ำได้ดีกว่า (Zhang & Huang, 2011) และเนื่องจากในฤดูแล้งที่น้ำมีการผสมผสานในแนวดิ่งดีกว่าในช่วงฤดูน้ำมาก (ตามข้อมูลความแตกต่างของค่าความเค็มเฉลี่ยระหว่างชั้นน้ำในตารางที่ 2 และจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มตามเวลาใน ภาพที่ 2 และ ภาพที่ 3) อาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้การแพร่กระจายของฟอสเฟตในมวลน้ำในฤดูแล้งเกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น สำหรับแอมโมเนียและไนไตรท์ไม่มีความแตกต่างระหว่างสองช่วงเวลาอย่างเด่นชัด ในช่วงฤดูแล้ง สารอาหารกลุ่มไนโตรเจนอาจเป็นปัจจัยจำกัดของพืชน้ำเพราะสัดส่วนโมล N/P มีค่าต่ำกว่า 16 (Redfield Ratio) อย่างไรก็ดี ความเข้มข้นของไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูน้ำมากในขณะที่ความเข้มข้นของฟอสเฟตมีค่าลดลงส่งผลให้สัดส่วนโมลของ N/P มีค่าเข้าใกล้ Redfield Ratio ซึ่งเป็นสัดส่วนที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ

การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงของระดับน้ำ ฟลักซ์ของน้ำ และความเค็ม ที่ตรวจวัดที่ปากแม่น้ำเวฬุในสองช่วงฤดูกาลแสดงไว้ในภาพที่ 2 และภาพที่ 3 พบว่าฟลักซ์และความเค็มของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่สอดคล้องกับระดับน้ำขึ้นน้ำลง ฟลักซ์ของน้ำจะไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในช่วงน้ำขึ้นและไหลออกสู่ทะเลในช่วงน้ำลง จะสังเกตเห็นว่าการขึ้นลงของน้ำและการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ตามเวลามีเฟสที่เหลื่อมกัน กล่าวคือฟลักซ์จะมีการเปลี่ยนทิศทางก่อนที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตามมา อาจเกิดจากการที่เอสทูรีบริเวณปากแม่น้ำเวฬุมีขนาดใหญ่ ระดับน้ำภายในเอสทูรีจึงเปลี่ยนแปลงได้ช้า เพราะจะต้องเกิดการไหลเข้า-ออกของน้ำที่บริเวณปากแม่น้ำหรือเอสทูรีในระยะเวลาหนึ่งเสียก่อน จึงจะให้ระดับน้ำภายในเอสทูรีเปลี่ยนแปลงได้ สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเค็มส่วนใหญ่จะพบค่าสูงในช่วงน้ำขึ้นและค่าต่ำในช่วงน้ำลง สอดคล้องกับการผ่านเข้าออกของน้ำจากแม่น้ำ และน้ำจากทะเลในช่วงเวลาต่างๆ น้ำจืดจากภายในแม่น้ำจะไหลเข้ามาในพื้นที่ตรวจวัดในช่วงน้ำลง ส่วนน้ำทะเลจะไหลเข้ามาแทนที่ในช่วงน้ำขึ้น ความเค็มของน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่างไม่แตกต่างกันมากนักในช่วงฤดูแล้งแต่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงฤดูน้ำมาก



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงของฟลักซ์ของน้ำและความลึก (บน) ความเค็มบริเวณใกล้ผิวน้ำและพื้นท้องน้ำ (ล่าง) บริเวณปากแม่น้ำเวฬุในช่วงฤดูแล้ง (13 – 14 กุมภาพันธ์ 2557)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงของฟลักซ์ของน้ำและความลึก (บน) ความเค็มบริเวณใกล้ผิวน้ำและพื้นท้องน้ำ (ล่าง) บริเวณปากแม่น้ำเวฬุในช่วงฤดูน้ำมาก (13 – 14 สิงหาคม 2557)

ปริมาณฟลักซ์สุทธิของน้ำและสารต่างๆ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3 ฟลักซ์ของน้ำที่ปากแม่น้ำเวฬุมีทิศออกสู่ทะเลทั้งสองฤดูกาลโดยในฤดูแล้งในปริมาณ 14.71 x 10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และในฤดูน้ำมากในปริมาณ 17.36 x 10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในช่วงฤดูแล้งพบว่าฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยและซิลิเกตมีค่าสูงมากในทิศลงสู่ทะเลเช่นเดียวกับฟลักซ์ของน้ำ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลจากการชะล้างจากแผ่นดินที่อาจมาจากการผุกร่อนพังทลายของหินและดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ นอกจากไนไตรท์ที่มีทิศออกสู่ทะเลในปริมาณต่ำแล้วฟลักซ์ของสารที่เหลือ (แอมโมเนีย ไนเตรทและฟอสเฟต) มีทิศเข้าสู่แม่น้ำสวนทางกับฟลักซ์ของน้ำ สำหรับในฤดูน้ำมากฟลักซ์ของไนเตรทและไนไตรท์มีทิศออกสู่ทะเลในปริมาณที่สูงมาก ฟลักซ์ของแอมโมเนียเปลี่ยนเป็นทิศออกสู่ทะเลในปริมาณต่ำ ส่วนฟลักซ์ตะกอนแขวนลอยเปลี่ยนเป็นทิศเข้าสู่แม่น้ำในฤดูกาลนี้ ฟลักซ์ของซิลิเกตมีทิศออกสู่ทะเลในปริมาณที่สูงมากเช่นเดียวกับในฤดูแล้ง เป็นเรื่องที่น่าสนใจในกรณีของฟลักซ์ของสารที่ไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำซึ่งสวนทางกับฟลักซ์ของน้ำที่ออกสู่ทะเล อาจเป็นไปได้ว่าสารเหล่านี้มีที่มาจากการฟุ้งกระจายของตะกอนที่เกิดขึ้นบริเวณทะเลชายฝั่งหรือกิจกรรมการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง เช่นการเลี้ยงกุ้งทะเลที่มีมากในบริเวณนั้น สารที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากตะกอนหรือของเสียต่างๆ จากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในทะเลบริเวณชายฝั่ง อาจถูกพัดพาเข้ามาในเอสทูรี่บริเวณปากแม่น้ำเวฬุในช่วงน้ำขึ้น

ตารางที่ 3 ฟลักซ์เฉลี่ยในวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงของน้ำ ตะกอนแขวนลอย และสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำเวฬุในฤดูแล้ง (13 – 14 กุมภาพันธ์ 2557) และฤดูน้ำมาก (13 – 14 สิงหาคม 2557)

ฟลักซ์	แม่น้ำเวฬุ	
	ฤดูแล้ง	ฤดูน้ำมาก
น้ำ [10^6 m^3/day]	+ 14.71	+ 17.36
ตะกอนแขวนลอย [ton/day]	+ 2,214.45	- 3,546.73
แอมโมเนีย [kg N/day]	- 771.13	+ 3.31
ไนไตรท์ [kg N/day]	+ 0.86	+ 313.71
ไนเตรท [kg N/day]	- 131.53	+ 1,032.36
ฟอสเฟต [kg P/day]	- 8.59	+ 4.77
ซิลิเกต [kg Si/day]	+ 19,946.24	+ 17,882.82

หมายเหตุ + หมายถึงทิศออกสู่ทะเล, - หมายถึงทิศเข้าสู่แม่น้ำ

เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดฟลักซ์แม่น้ำเวฬุจากการศึกษาในครั้งนี้กับแม่น้ำระยอง แม่น้ำประแสร์ แม่น้ำจันทบุรีและแม่น้ำตราด (ตารางที่ 3) พบว่าแม่น้ำจันทบุรีและแม่น้ำเวฬุมีฟลักซ์สุทธิของน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลในปริมาณมากกว่า 10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งสูงกว่าแม่น้ำอื่นๆ ทั้งสองฤดูกาล ในขณะที่แม่น้ำประแสร์และแม่น้ำระยองมีฟลักซ์ของน้ำสุทธิในรอบวันต่ำกว่า 3 ล้านลูกบาศก์เมตร ฟลักของน้ำที่แม่น้ำตราดมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาลสูงมาก โดยพบว่าในฤดูน้ำมากมีค่าสูงกว่า 30 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในทิศทางออกสู่ทะเล ในขณะที่ฤดูแล้งฟลักซ์มีทิศทางไหลเข้าสู่แม่น้ำ

ในปริมาณ 2.56 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน สะท้อนถึงความแตกต่างตามฤดูกาลของปริมาณฝนในพื้นที่จังหวัดตราดที่มีค่าเท่ากับ 21.9 มิลลิเมตร ในฤดูแล้ง (ธันวาคม) และมีค่าสูงถึง 1,073.8 มิลลิเมตร ในฤดูน้ำมาก (สิงหาคม) (DWR, 2017)

ตารางที่ 3 ฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในการศึกษาที่ปากแม่น้ำระยอง แม่น้ำประแสร์ แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำตราด และแม่น้ำเวฬุ

แม่น้ำ	ฤดู	ฟลักซ์					
		น้ำ	ตะกอนแขวนลอย	แอมโมเนีย	ไนไตรท์ + ไนเตรท	ฟอสเฟต	ซิลิเกต
		10^6 m^3/day	ton/day	kg N/day	kg N/day	kg P/day	kg Si/day
ระยอง[1]	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
ประแสร์[2,3]	แล้ง	+ 2.60	+ 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
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	- 49.79
	น้ำมาก	+ 30.56	+ 1,524.88	+ 597.09	+ 5,000.15	+ 164.71	+ 76,008.31
เวฬุ	แล้ง	+ 14.71	+ 2,214.45	- 771.13	- 130.68	- 8.59	+ 19,946.24
	น้ำมาก	+ 17.36	- 3,546.73	+ 3.31	+ 1,346.07	+ 4.77	+ 17,882.28

หมายเหตุ + หมายถึงมีทิศไหลออกสู่ทะเล, - หมายถึงมีทิศไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ

ที่มา [1]Kan-atireklarp *et al.* (2015a)

[2]Buranapratheprat *et al.* (2013a)

[3]Buranapratheprat *et al.* (2013b)

[4]Kan-atireklarp *et al.* (2015b)

[5]Kan-atireklarp *et al.* (2016)

ฟลักซ์ตะกอนแขวนลอยมีค่าสูงมากในระดับที่เกิน 1,500 ตันต่อวัน ที่แม่น้ำตราดในช่วงฤดูน้ำมากและแม่น้ำเวฬุทั้ง 2 ฤดูกาล อาจเนื่องมาจากเป็นแม่น้ำสายสั้นที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำที่เป็นภูเขาสูงชัน กระแสน้ำที่ไหลแรงอาจส่งผลให้เกิดการกัดเซาะและพังทลายของดินตามแนวลำน้ำมากขึ้น ส่งผลให้มีการขนส่งตะกอนแขวนลอยออกสู่ทะเลได้มากขึ้นตามไปด้วย ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยที่แม่น้ำตราดมีทิศไหลเข้าสู่แผ่นดินตามฟลักซ์ของน้ำในฤดูแล้ง โดยแหล่งที่มาอาจเกิดจากการฟุ้งกระจายของตะกอนที่นอกชายฝั่งแล้วถูกพัดพาเข้ามาในแม่น้ำ เช่นเดียวกับบริเวณปากแม่น้ำเวฬุในช่วงฤดูน้ำมาก ที่มีตะกอนแขวนลอยเคลื่อนที่เข้ามาในแม่น้ำในปริมาณมากกว่า 3,500 ตันต่อวัน สวนทางกับทิศทางฟลักซ์ของน้ำที่ไหลออกสู่ทะเล อาจเกิดจากแหล่งตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลที่อาจมาจากการฟุ้งกระจายของตะกอนที่พื้นทะเลหรือจากการกัดเซาะชายฝั่งในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่คลื่นและลมในบริเวณนี้มีกำลังแรง

เปรียบเทียบกับแม่น้ำอื่นๆ แล้วพบว่าแม่น้ำจันทบุรี เป็นแม่น้ำที่มีการส่งผ่านสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำลงสู่ทะเลมากที่สุด ทั้งสารอาหารในกลุ่มไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซิลิกา โดยเฉพาะแอมโมเนียที่มีปริมาณสูงมากทั้งในฤดูแล้งและฤดูน้ำมาก สอดคล้องกับฟลักซ์ของน้ำหรือน้ำท่าของแม่น้ำจันทบุรีที่มีปริมาณสูงที่สุด อย่างไรก็ดี ผลที่ได้ยังสะท้อนให้เห็นถึงกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีการทำการเกษตรกรรม เช่น สวนผลไม้ และ การเพาะเลี้ยงชายฝั่ง เช่น การทำนากุ้ง ในปริมาณที่สูง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสารอาหารที่ลงสู่แม่น้ำที่สำคัญด้วย เพราะเมื่อเทียบกับกรณีของแม่น้ำตราดในช่วงฤดูน้ำมากที่มีปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ทะเลในปริมาณมากในระดับที่ใกล้เคียงกันแล้ว ฟลักซ์ของสารอาหารที่ออกสู่ทะเลของแม่น้ำตราดถึงแม้จะมีปริมาณสูงแต่ก็ยังต่ำกว่าของแม่น้ำจันทบุรีมาก และเมื่อเทียบกับปริมาณฟลักซ์ของน้ำที่ออกสู่ทะเลที่มีค่าสูงทั้งสองฤดูกาลของแม่น้ำเวฬุกับแม่น้ำจันทบุรีแล้ว พบว่าฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำที่ไหลออกสู่ทะเลยกเว้นซิลิเกตของแม่น้ำเวฬุมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าแม่น้ำเวฬุมีการปลดปล่อยสารจากกิจกรรมของมนุษย์น้อยกว่าแม่น้ำจันทบุรี ในทางกลับกัน แม่น้ำประแสร์และแม่น้ำระยองถึงแม้จะมีปริมาณฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำลงสู่ทะเลน้อยตามปริมาณฟลักซ์ของน้ำที่มีค่าต่ำ แต่เมื่อเทียบสัดส่วนระหว่างฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและฟลักซ์ของน้ำแล้วจะพบว่า แม่น้ำทั้งสองสายนี้มีปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำอยู่ในมวลน้ำในปริมาณที่สูงมาก แต่เนื่องจากปริมาณฟลักซ์ของน้ำที่ออกสู่ทะเลมีค่าต่ำ จึงทำให้ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำที่ออกสู่ทะเลมีค่าต่ำไปด้วย ข้อมูลที่ได้ช่วยทำให้เราเข้าใจเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของลุ่มน้ำในภาคตะวันออก ที่สามารถนำไปใช้เพื่อการเฝ้าระวังและการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมชายฝั่งในบริเวณนี้ได้ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำเวฬุในปี พ.ศ. 2557 ในฤดูแล้ง (13 – 14 กุมภาพันธ์) และฤดูน้ำมาก (13 – 14 สิงหาคม) พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศทางออกสู่ทะเลในทั้งสองฤดูกาล (14.71 และ 17.36 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ) ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยในช่วงฤดูแล้งและฟลักซ์ของซิลิเกตทั้งสองฤดูกาล มีทิศออกสู่ทะเลในปริมาณที่สูงมากแสดงถึงอิทธิพลจากการชะล้างจากแผ่นดิน ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยที่มีทิศเข้าสู่แผ่นดินในช่วงฤดูน้ำมากอาจเกิดจากแหล่งของตะกอนแขวนลอยนอกชายฝั่งที่เกิดจากการฟุ้งกระจายของตะกอนที่พื้นทะเลหรือการกัดเซาะชายฝั่งในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรง ฟลักซ์ของแอมโมเนียมีค่าค่อนข้างสูงและมีทิศเข้าสู่แผ่นดินในฤดูแล้งอาจสะท้อนถึงการปลดปล่อยจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงชายฝั่งที่อยู่เลยพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำออกไป ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่า แม่น้ำเวฬุมีการปลดปล่อยสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำทั้งจากพื้นที่ภายในลุ่มน้ำและจากนอกชายฝั่งโดยเฉพาะแอมโมเนียที่ถูกนำเข้ามาในแม่น้ำในปริมาณที่ค่อนข้างสูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ในการช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์การทำวิจัยและสนับสนุนเจ้าหน้าที่ในการทำงานภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกและนิสิตภาควิชาวาริชศาสตร์ ในการตรวจวัดข้อมูลเก็บตัวอย่างน้ำทะเล และวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ และภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในการอำนวยความสะดวกต่างๆ

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., Khunathorn, P., Intacharoen, P. & Kan-atireklarp, S. (2013a). Suspended sediment flux at the Prasae River mouth in 2010. *Burapha Science 18*(2), 232-245 (in Thai).

Buranapratheprat, A., Choetchoojun, Y., Kongmaung, N., Intacharoen, P., Kan-atireklarp, S. & Gunboa, V. (2013b). Dissolved inorganic nutrient fluxes at the Prasae River mouth, Rayong Province in wet and dry seasons in 2010. *Burapha Science 18*(2), 222-231 (in Thai).

Department of Water Resources - DWR. (2017). Retrived December 5, 2017 from http://mekhala.dwu.go.th/knowledge.php. (in Thai).

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

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

Kamolpattana, A. (1996). *Main Report on the uses of coastal area in Chantaburi*. Coastal Land Development Office, Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives (in Thai).

Kan-atireklarp, S., Buranapratheprat, A., Yuenyong, S., Komsai, T. & Tainaokong, N. (2015a). Fluxes of suspended sediment and dissolved inorganic nutrients at the Rayong River mouth in dry and wet seasons in 2013. *Burapha Science 20*(1), 133-144 (in Thai).

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

Kan-atireklarp, S., Yuenyong, S., Meesub, B., Buranapratheprat, A. & Meesub, A. (2016). Fluxes of dissolved inorganic nutrients and suspended sediment at the Trat River mouth, Trat Province in dry and wet seasons in 2014. *Proceeding of the 5th Marine Science Conference*, 221-228 (in Thai).

Meksamphan, C. Tulyakul, P. & Meksamphan, J. (2003). The distributions of nutrients at the Welu River mouth, Chantaburi and Trat Province: The estimation of seasonal variations and flow rate to the sea. *The 41st Kasetsart University Annual Conference: Fisheries Section*, 203 – 210 (in Thai).

Schlitzer, R. (2007). Ocean Data View. Retrived December 5, 2017 from http://odv.awi.de.

Siripong, A. (1981). *Physical Oceanography of Estuary*. Chulalongkorn. Bangkok (in Thai).

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

Zhang, J-Z & Huang., X-L (2011). Effect of temperature and salinity on phosphate sorption on marine sediments. *Environmental Science and Technology 45*, 6831 – 6837.