
การพัฒนาอัลกอริธึมโดยใช้คุณสมบัติเชิงแสงของน้ำทะเล เพื่อการประมาณค่าความเค็มบริเวณอ่าวไทยตอนบน
Development of an Algorithm Based on Optical Properties of Seawater for Salinity Estimation
in the Upper Gulf of Thailand

อนุกุล บุรณประทีปรัตน์*

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Anukul Buranapratheprat*

Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อพัฒนาอัลกอริธึมเพื่อใช้คำนวณค่าความเค็มจากคุณสมบัติเชิงแสงที่เกี่ยวข้องกับสารอินทรีย์ละลายน้ำ (DOM) ในบริเวณอ่าวไทยตอนบน ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้จากการสำรวจคุณภาพน้ำและคุณสมบัติเชิงแสงของน้ำในบริเวณอ่าวไทยตอนบน ระหว่างเดือนตุลาคมและธันวาคมของปี พ.ศ. 2546 และเดือนมกราคม พฤษภาคม และตุลาคมปี พ.ศ. 2547 พบว่าการแพร่กระจายในแนวราบของความเค็มและ DOM มีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยบริเวณที่มีความเค็มต่ำจะมีปริมาณของ DOM สูง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลที่เกี่ยวข้องกับลมมรสุมและการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าว จากการวิเคราะห์การถดถอยของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มและคุณสมบัติเชิงแสงของน้ำทะเลที่เกี่ยวข้องกับ DOM พบว่าอัลกอริธึมที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประมาณค่าความเค็มในอ่าวไทยตอนบนอยู่ในรูปของฟังก์ชัน

$$S = 3.57 \ln(R_o) + 32.73, R^2 = 0.49$$

เมื่อ S คือ ค่าความเค็ม (psu) และ R_o คือ $R_{rs}(412)/R_{rs}(565)$ โดยที่ $R_{rs}(412)$ และ $R_{rs}(565)$ คือค่าการสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่น 412 nm และ 565 nm ตามลำดับ ความถูกต้องของการประมาณค่าความเค็มตามความสัมพันธ์นี้เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลขึ้นอยู่กับอิทธิพลของปริมาณ องค์กรประกอบและแหล่งที่มาของ DOM ที่เป็นผลมาจากปริมาณน้ำท่า กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในทะเล และการละลายกลับจากตะกอนที่พื้นทะเล

คำสำคัญ : ความเค็ม สารอินทรีย์ละลายน้ำ คุณสมบัติเชิงแสงของน้ำทะเล อ่าวไทย

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

This study was conducted to develop an algorithm for salinity estimation based on optical properties related to dissolved organic matter (DOM) in the upper Gulf of Thailand (UGoT). The data used for the analysis were from the survey of cruises in UGoT during October and December 2003 and January, May and October 2004. Horizontal distributions between salinity and DOM suggested that low salinity areas be located in high DOM area. The algorithm for salinity estimation, derived from regression analysis based on the relationships between salinity and DOM-related optical properties, is as follow;

$$S = 3.57 \ln (R_o) + 32.73, R^2 = 0.49$$

Here S is the estimated salinity and R_o is defined as $R_{rs}(412)/R_{rs}(565)$ where $R_{rs}(412)$ and $R_{rs}(565)$ are the reflectance at wavelengths 412 nm and 565 nm, respectively. The accuracy of the estimated salinity depended on sources, quantity and composition of DOM which varied seasonally due to the variations of river discharges, biological activities and sediment resuspension in the water column.

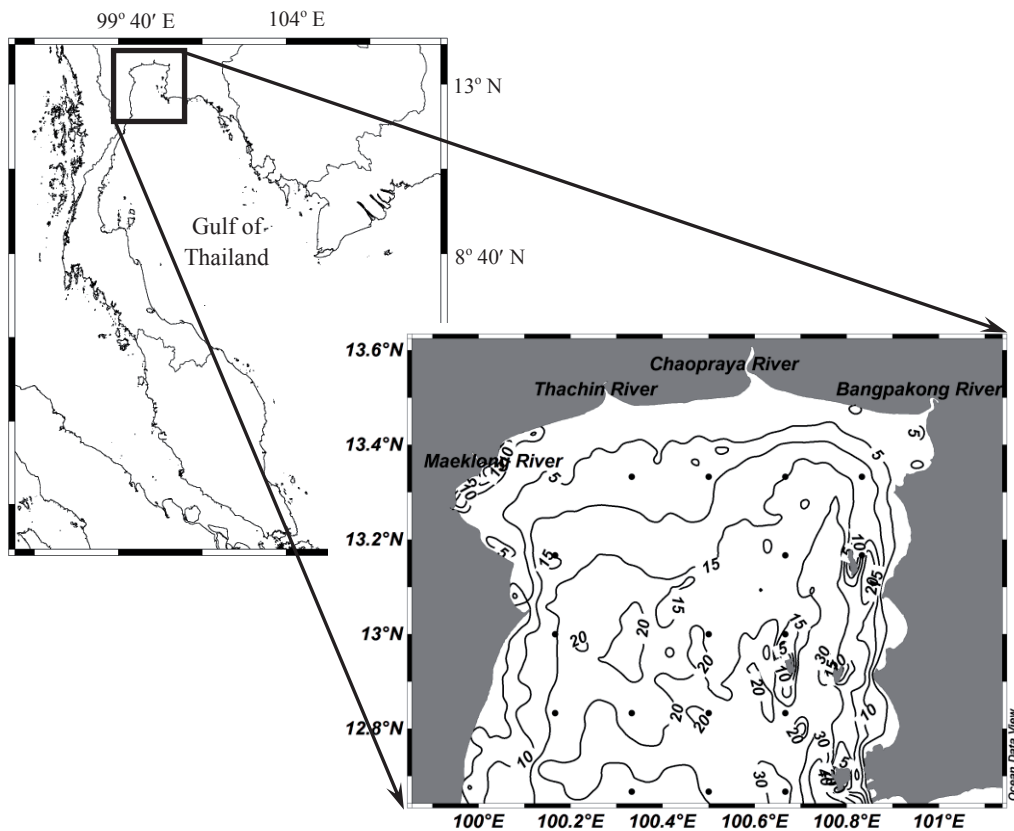
Keywords : salinity, dissolved organic substances, optical properties of seawater, Gulf of Thailand

บทนำ

สารอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved Organic Matter: DOM) ในทะเล เป็นกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดที่มีความซับซ้อนมาก แหล่งกำเนิดของ DOM ในทะเลมาจากแพลงก์ตอนและแบคทีเรีย การถูกขับออกมาจากเซลล์ในช่วงที่มีการเจริญเติบโต การถูกกิน และตาย มีความสำคัญในระบบนิเวศมหาสมุทรในฐานะที่เป็นตัวกลางในกระบวนการเก็บกักคาร์บอนในน้ำทะเล (Williams & Follows, 2011) สำหรับทะเลบริเวณชายฝั่ง DOM ในน้ำทะเลอาจมาจากการชะล้างของสารอินทรีย์บนแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำ ปริมาณของ DOM จึงอาจสะท้อนถึงอิทธิพลของน้ำจืดที่บริเวณนั้นได้รับ เราจึงอาจใช้ DOM เป็นตัวติดตามมวลน้ำจืดในทะเลบริเวณชายฝั่ง น้ำที่มี DOM จะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน (375 - 443 nm) มากกว่าน้ำบริสุทธิ์ (Kirk, 1994; O'Reilly *et al.*, 2000) จึงสามารถประยุกต์ใช้คุณสมบัติเชิงแสงในช่วงคลื่นนี้เพื่อศึกษาปริมาณ DOM ในแหล่งน้ำได้ (Bricaud *et al.*, 1981; Carder *et al.*, 1989; Barbini *et al.*, 2003) และเป็นหลักการที่ถูกนำไปใช้กับเทคโนโลยีโทรสัมผัสระยะไกล (Remote Sensing) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของ

ความเค็มในทะเลบริเวณชายฝั่ง (Binding & Bower, 2003)

อ่าวไทยตอนบนตั้งอยู่ที่ละติจูด 13° N และลองจิจูด $100^{\circ} 30'$ E มีรูปร่างสี่เหลี่ยมครอบคลุมพื้นที่ประมาณ $10,000 \text{ km}^2$ ล้อมรอบด้วยแผ่นดินทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกโดยมีด้านเปิดอยู่ทางด้านทิศใต้ (ภาพที่ 1) มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 20 m ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำขึ้นน้ำลงประมาณ 1-3 เมตร (Buranapratheprat, 2000) เป็นบริเวณที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดพาความหนาวเย็นจากประเทศจีนแผ่ปกคลุมพื้นที่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่นำพาเอาฝนจากตอนใต้ของประเทศเข้ามาสู่พื้นที่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม พื้นที่ส่วนใหญ่ของอ่าวไทยตอนบนได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดที่ไหลมาจากแม่น้ำสายหลัก ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำบางปะกง โดยมีแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำใหญ่ที่สุดที่มีปริมาณน้ำจืดไหลออกสู่บริเวณอ่าวไทยตอนบนเฉลี่ยปีละ $13.22 \times 10^3 \text{ km}^3$ (Wattayakorn, 2006) ปริมาณน้ำท่ามีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนกันยายน และต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์



ภาพที่ 1 อ่าวไทยตอนบนแสดงสถานีตรวจวัดข้อมูลและเส้นชั้นความลึกในหน่วยเมตร

ด้วยเหตุที่บริเวณอ่าวไทยตอนบนเป็นอ่าวกึ่งปิดและได้รับอิทธิพลจากแผ่นดินมากทั้งในรูปของน้ำจืดและ DOM จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้คุณสมบัติเชิงแสงที่เกี่ยวข้องกับ DOM ในการประมาณค่าความเค็มของน้ำทะเล งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์หาอัลกอริธึมสำหรับการคำนวณค่าความเค็มโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและคุณสมบัติเชิงแสงที่เกี่ยวข้องกับ DOM ในน้ำทะเล เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีโทรสัมผัสต่อไปในอนาคต

วิธีการวิจัย

ข้อมูลความเค็ม DOM และคุณสมบัติเชิงแสงในรูปของค่าการสะท้อนพลังงานที่ผิวน้ำทะเลจาก 17 สถานีทั่วอ่าวไทยตอนบน (ภาพที่ 1) จากการตรวจวัดข้อมูลทั้งหมด 5 ครั้งในช่วงปี 2546-2547 (ตารางที่ 1) (Matsumura *et al.*, 2006) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อการพัฒนาอัลกอริธึมสำหรับประมาณค่าความเค็มในการวิจัยครั้งนี้ ตรวจวัดข้อมูลความเค็มด้วยเครื่อง CTD (Conductivity-Temperature-Depth Meter) ปริมาณ DOM คำนวณได้จากคุณสมบัติเชิงแสงของน้ำทะเลตามสมการที่ 1 ที่ได้ทำการทวนสอบ (Validate) กับข้อมูล DOM ที่ได้จากการตรวจวัดด้วยวิธี Spectrophotometry แล้ว (Matsumura *et al.*, 2006)

$$k(412, 0-) = L_n \left(\frac{E_d(412, z_1)}{E_d(412, z_2)} \right) / (z_1 - z_2) \quad (1)$$

เมื่อ $k(412, 0-)$ คือ Diffuse attenuation coefficient ของน้ำทะเลที่ความยาวคลื่น 412 nm ณ ความลึกใกล้กับผิวน้ำ, E_d คือรังสีตกกระทบ (Downward irradiance) ($\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{s}$), z_1 และ z_2 คือความลึกของน้ำทะเล (m) ที่ 2 ระดับความลึกในบริเวณใกล้ผิวน้ำ ค่า DOM จะถูกรายงานอยู่ในรูปของค่า $k(412)$

ค่าการสะท้อนพลังงาน (Remote sensing reflectance) ในน้ำทะเลบริเวณใกล้กับผิวน้ำ ($R_{rs}(\lambda, 0-)$) คำนวณได้ตามสมการที่ 2

$$R_{rs}(\lambda, 0-) = \frac{L_u(\lambda, 0-)}{E_d(\lambda, 0-)} \quad (2)$$

เมื่อ $E_d(\lambda, 0-)$ and $L_u(\lambda, 0-)$ คือ รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนกลับที่ความลึกใกล้ผิวน้ำตามลำดับ เป็นค่าที่ขึ้นต่อความยาวคลื่นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (λ) คุณสมบัติเชิงแสงของน้ำทะเลทั้งหมดถูกตรวจวัดด้วยเครื่อง Profiling Reflectance Radiometer model 600 (PRR - 600) (Matsumura *et al.*, 2006)

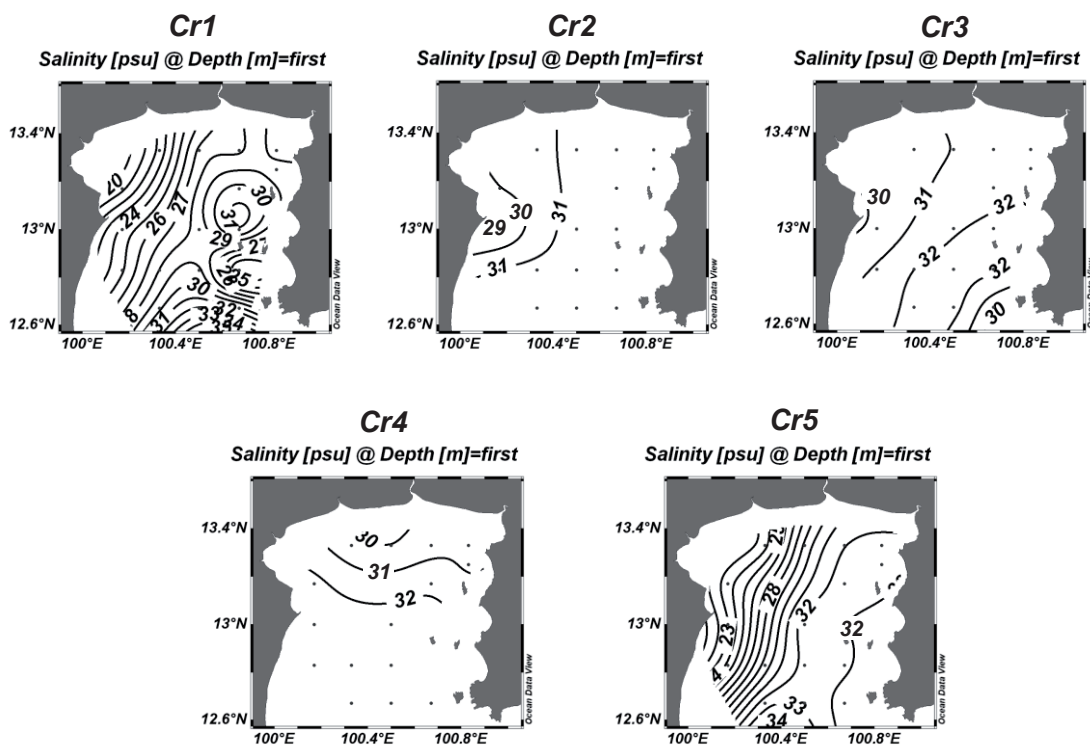
การวิเคราะห์อัลกอริธึมเพื่อการประมาณค่าความเค็มทำโดยนำค่าการสะท้อนช่วงความยาวคลื่น 412 nm ($R_{rs}(412)$) ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่ตอบสนองต่อ DOM ได้ดี ทหารด้วยค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 565 nm ($R_{rs}(565)$) เพื่อลดค่าการรบกวนที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Buranapratheprat *et al.*, 2009) นำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้นกับค่าความเค็มด้วยโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับภาพการแพร่กระจายความเค็มและ DOM ในบริเวณพื้นที่ศึกษาสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม Ocean Data View (Schlitzer, 2007) ค่าคลอโรฟิลล์-เอ ที่ใช้ประกอบในวิจารณ์ผลการศึกษาเป็นค่าที่ตรวจวัดได้จากเที่ยวเรือสำรวจเดียวกันตามวิธีของ Strickland and Parson (1972) และรายงานไว้ใน Matsumura *et al.* (2006)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

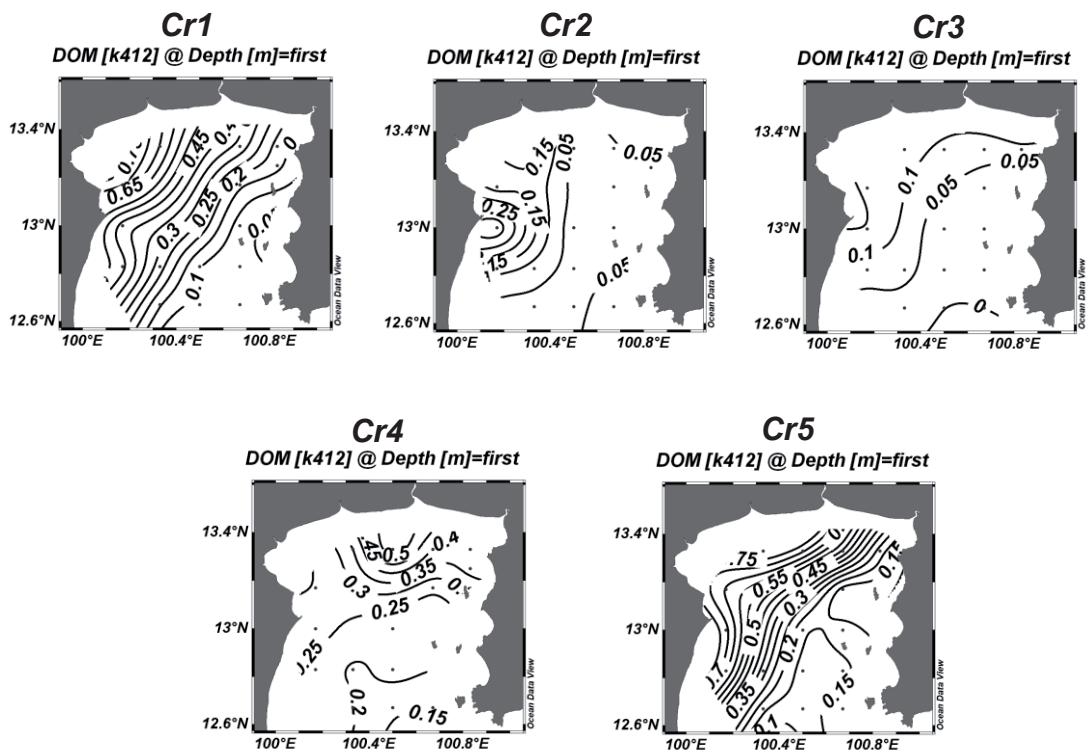
การแพร่กระจายที่ผิวทะเลของค่าความเค็มและ DOM (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3) แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกันของรูปแบบเส้นคอนทัวร์ในทุกเที่ยวเรือสำรวจ โดยส่วนใหญ่พบลักษณะของความเค็มต่ำอยู่ทางด้านตะวันตกของอ่าววกเว้นในเที่ยวเรือที่ 4 ซึ่งตรงกับเดือนพฤษภาคม 2547 สอดคล้องกับ DOM ที่มีปริมาณสูงในบริเวณเดียวกันที่แสดงถึงอิทธิพลของน้ำจืดจากแผ่นดินที่มีมากในบริเวณนั้น ในช่วงเดือนตุลาคม ทั้งปี 2546 และ 2547 ความเค็มมีค่าต่ำที่สุดในขณะที่ DOM มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเดือนอื่นๆ เนื่องจากเป็นช่วงปลายฤดูฝนที่มีน้ำท่า

ตารางที่ 1 ช่วงเวลาในการออกเที่ยวเรือสำรวจบริเวณอ่าวไทยตอนบน

เที่ยวเรือ	วันที่
1	9 - 11 ตุลาคม 2546
2	4 - 6 ธันวาคม 2546
3	13 - 15 มกราคม 2547
4	12 - 15 พฤษภาคม 2547
5	7 - 10 ตุลาคม 2547



ภาพที่ 2 การแพร่กระจายของความเค็มที่ผิวทะเลในอ่าวไทยตอนบนจากการตรวจวัดในช่วงเดือนตุลาคม (Cr1) และเดือนธันวาคม 2546 (Cr2) และเดือนมกราคม (Cr3) เดือนพฤษภาคม (Cr4) และเดือนตุลาคม 2547 (Cr5)



ภาพที่ 3 การแพร่กระจายของสารอินทรีย์ละลายน้ำ (DOM) ที่ผิวทะเลในอ่าวไทยตอนบนจากการตรวจวัดในช่วงเดือนตุลาคม (Cr1) และเดือนธันวาคม 2546 (Cr2) และเดือนมกราคม (Cr3) เดือนพฤษภาคม (Cr4) และเดือนตุลาคม 2547 (Cr5)

จากแผ่นดินไหลลงสู่ทะเลในปริมาณมาก แตกต่างจากเดือนธันวาคม 2546 และ มกราคม 2547 ที่ความเค็มในอ่าวมีค่าสูงและ DOM มีค่าต่ำเนื่องจากเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าลงสู่อ่าวไทยในปริมาณน้อย (Buranapratheprat *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตามในบางช่วงเวลา เช่น เดือนพฤษภาคมและเดือนตุลาคม 2547 พบว่า DOM มีแนวโน้มของค่าสูงแต่ความเค็มในบริเวณเดียวกันก็มีค่าสูงด้วย อาจเป็นไปได้ว่ามี DOM เพิ่มขึ้นมาจากกระบวนการอื่น เช่น การฟุ้งกระจายของตะกอนที่พื้นทะเล และการปลดปล่อยหรือย่อยสลายของเซลล์แพลงก์ตอนในน้ำทะเล เป็นต้น

การไหลเวียนของกระแสน้ำมีส่วนสำคัญต่อรูปแบบการแพร่กระจายของความเค็มและ DOM ในอ่าวไทยตอนบน การที่น้ำจืดหรือน้ำความเค็มต่ำและ DOM ปรากฏอยู่ในบริเวณตะวันตกของพื้นที่อ่าวในทุกช่วงเวลาของการออกเที่ยวเรือสำรวจยกเว้นในเดือนพฤษภาคม 2547 นั้น เป็นเพราะในช่วงเดือนมกราคม ตุลาคม ธันวาคม เป็นช่วงที่กระแสน้ำภายในอ่าวไหลทวนเข็มนาฬิกาตามทิศทางของลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือหรือทิศตะวันออกเฉียงใต้ (Buranapratheprat *et al.*, 2003) กระแสน้ำจึงพัดพาเอาน้ำจืดและ DOM ที่ไหลจากปากแม่น้ำให้เคลื่อนตัวไปยังทิศตะวันตก เมื่อกระแสน้ำภายในอ่าวเปลี่ยนทิศทางกรไหลเวียนเป็นแบบตามเข็มนาฬิกาในเดือนพฤษภาคมตามทิศทางของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ น้ำจืดและ DOM ก็จะเคลื่อนที่ตามกระแสน้ำไปยังทิศตะวันออกของอ่าวในช่วงเวลานั้นได้เช่นเดียวกัน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในรูปของสมการถดถอยระหว่างความเค็มของน้ำที่ผิวทะเลและอัตราส่วนของค่าการสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่น 412 nm และ 565 nm (R_{412}/R_{565}) ของข้อมูลจากการสำรวจในแต่ละเที่ยวเรือ ต้องพิจารณาตัด

อัตราส่วนที่มีค่าตั้งแต่ 1 ขึ้นไปออกไปจากการวิเคราะห์เนื่องจากน้ำที่มี DOM จะทำให้การสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่น 412 nm ลดลง (Robinson, 2004) อัตราส่วนการสะท้อนพลังงานระหว่างสองช่วงคลื่นนี้จึงต้องมีค่าต่ำกว่า 1 สำหรับค่าอัตราส่วนตั้งแต่ 1 ขึ้นไปนั้นจากการตรวจสอบข้อมูลพบว่าเป็นบริเวณที่มวลน้ำมีค่า DOM ต่ำมาก เมื่อข้อมูลที่ผ่านการปรับแก้ได้ถูกนำมาวิเคราะห์การถดถอยพบว่าสมการลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithm) มีความเหมาะสมที่สุดต่อการนำมาใช้เป็นตัวแทนแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มและ R_{412}/R_{565} โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (Determination Coefficient: R^2) (ตารางที่ 2)

การที่ในเดือนตุลาคม 2546 และเดือนตุลาคม 2547 พบว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.65 และ 0.70 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันมาก อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันในรอบปี อิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ในช่วงเวลาดังกล่าวจึงมีความคล้ายคลึงกัน เช่น เป็นช่วงที่น้ำในอ่าวไทยตอนบนมีความเค็มลดลงมากตามปริมาณน้ำจืดที่ได้รับ (ภาพที่ 2) การที่ในช่วงเดือนตุลาคม 2546 มีค่า R^2 ต่ำกว่าเล็กน้อยอาจเป็นเพราะในช่วงการสำรวจพบการสะท้อนของแพลงก์ตอนพืชในเดือนตุลาคม 2546 แต่ไม่พบในเดือนตุลาคม 2547 (ภาพที่ 4) รงควัตถุที่อยู่ในเซลล์แพลงก์ตอนพืชสามารถรบกวนการสะท้อนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นที่ 412 nm ให้มีค่าต่ำลงในลักษณะเดียวกับ DOM ได้ (Kirk, 1994) นอกจากนี้ DOM ที่ขับออกมาจากเซลล์หรือจากกระบวนการย่อยสลายของเซลล์แพลงก์ตอนพืชที่ตายก็สามารถรบกวนผลการวิเคราะห์ได้อีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์การทำนาย (Determination Coefficient: R^2) จากการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) ด้วยสมการลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithm) ของความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของน้ำทะเล (S) และ R_o เมื่อ R_o คือ (R_{412}/R_{565}) โดยที่ R_{412} และ R_{565} คือค่าการสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่น 412 nm และ 565 nm ตามลำดับ และช่วงของค่าความเค็มจากการตรวจวัดข้อมูลแต่ละเที่ยวเรือ

เที่ยวเรือ	สมการถดถอย	R^2	N	พิสัยค่าความเค็ม [psu]
1	$S = 4.23 \ln (R_o) + 31.17$	0.65	12	21 – 32
2	$S = 1.31 \ln (R_o) + 31.70$	0.90	11	29 – 31
3	$S = 2.60 \ln (R_o) + 32.25$	0.49	10	30 – 32
4	$S = 1.91 \ln (R_o) + 33.54$	0.72	12	30 – 33
5	$S = 4.71 \ln (R_o) + 33.68$	0.70	11	23 – 33

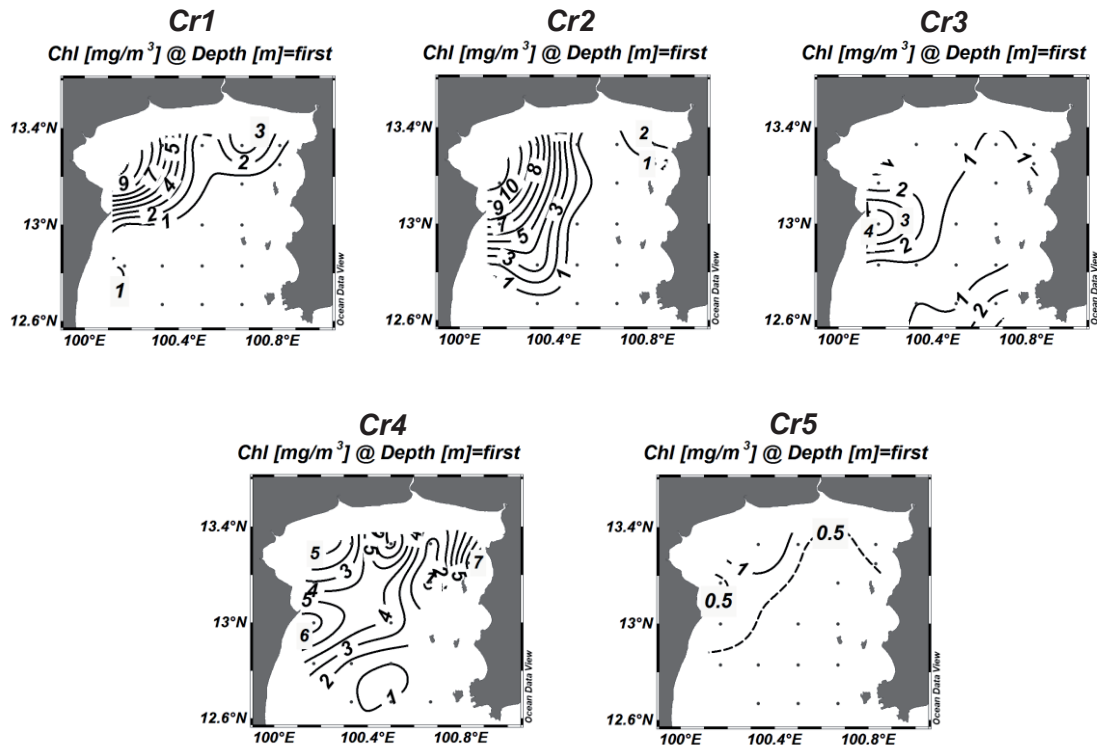
ข้อมูลจากการตรวจวัดในเดือนธันวาคม 2546 และเดือนมกราคม 2547 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เช่นเดียวกันแต่ R^2 ของผลการวิเคราะห์กลับมีค่าแตกต่างกันมาก โดยในเดือนธันวาคมมีค่าเท่ากับ 0.90 และในเดือนมกราคมมีค่าเท่ากับ 0.49 (ตารางที่ 2) ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจไม่สัมพันธ์กับปริมาณน้ำจืดที่พื้นที่อ่าวไทยตอนบนได้รับเนื่องจากเป็นช่วงที่มีน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลน้อยเช่นเดียวกันซึ่งสังเกตได้จากช่วงความเค็มของน้ำในอ่าวตามตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังไม่สัมพันธ์กับสภาวะของมวลน้ำในแนวตั้งที่ในทั้งสองช่วงเวลาดังกล่าวมีแนวโน้มในการผสมผสานของมวลน้ำดี (Buranapratheprat *et al.*, 2008) การรบกวนของ DOM จากพื้นทะเลจึงควรอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ความแตกต่างทางสิ่งแวดล้อมของสองช่วงเวลานี้คือการเกิดการสะสมของแพลงก์ตอนในช่วงการสำรวจในเดือนธันวาคม (ภาพที่ 4) การสะสมของแพลงก์ตอนพืชอาจส่งผลในเชิงที่ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่าง DOM และความเค็มมีค่าสูงขึ้นได้หากเกิดในพื้นที่ที่มีความเค็มต่ำซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับ DOM ที่มีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำจืด สำหรับกรณีในเดือนตุลาคม 2546 นั้น DOM จากการสะสมของแพลงก์ตอนพืชส่งผลให้ความสัมพันธ์ดังกล่าวลดลงมีความเป็นไปได้ว่าการสะสมของแพลงก์ตอนพืชที่บางส่วนเกิด

ในพื้นที่ความเค็มสูงซึ่งควรจะพบ DOM ในปริมาณต่ำ นอกจากนี้ยังเป็นไปได้อีกว่าหากน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลในบางบริเวณมีปริมาณ DOM ต่ำ ก็ส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่าง DOM และความเค็มที่ต่ำลงได้เช่นเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงจากความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกันนี้อาจใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่เกิดในเดือนพฤษภาคมได้ในทำนองเดียวกัน

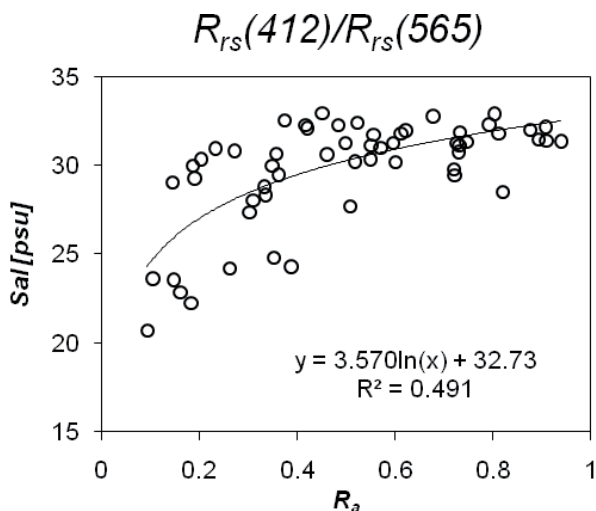
เมื่อนำข้อมูลจากทุกเที่ยวเรือสำรวจมาวิเคราะห์การถดถอยพบว่าสมการที่ได้มีค่า R^2 เท่ากับ 0.49 (ภาพที่ 5) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการทำนายค่าความเค็มในอ่าวไทยตอนบนอยู่ที่ความถูกต้องประมาณ 50% โดยสมการถดถอยที่ได้คือ

$$S = 3.57 \ln(R_0) + 32.73 \quad (3)$$

เมื่อ S คือ ค่าประมาณความเค็ม (psu) และ R_0 คือ $R_{15}(412)/R_{15}(565)$ R^2 ที่มีค่าไม่สูงมากเกิดจากพฤติกรรมเป็นแบบไม่อนุรักษ์ (Non-conservative behavior) ของ DOM ในน้ำทะเล ส่งผลต่อความถูกต้องของการทำนายค่าความเค็มที่ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของปริมาณ องค์ประกอบและแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นผลมาจากปริมาณน้ำท่า กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในทะเล และการละลายกลับจากตะกอนที่พื้นทะเลดังที่ได้กล่าวมาแล้ว



ภาพที่ 4 การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์-เอ ที่ผิวน้ำในอ่าวไทยตอนบนจากการตรวจวัดในช่วงเดือนตุลาคม (Cr1) และเดือนธันวาคม 2546 (Cr2) และเดือนมกราคม (Cr3) เดือนพฤษภาคม (Cr4) และเดือนตุลาคม 2547 (Cr5)



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มและ R_o ของข้อมูลจากทุกเที่ยวเรือสำรวจ เมื่อ R_o คือ $R_{rs}(412)/R_{rs}(565)$ โดยที่ $R_{rs}(412)$ และ $R_{rs}(565)$ คือค่าการสะท้อนแสงความยาวคลื่น 412 nm และ 565 nm ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ความถดถอยของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มและคุณสมบัติเชิงแสงของน้ำทะเลที่เกี่ยวข้องกับสารอินทรีย์ละลายน้ำเพื่อพัฒนาอัลกอริธึมสำหรับการประมาณค่าความเค็มบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่าสมการลอการิทึมธรรมชาติมีความเหมาะสมที่สุดต่อการนำมาใช้ในการประมาณค่าความเค็มจากคุณสมบัติเชิงแสงของน้ำทะเล โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.49 หรือความถูกต้องของการทำนายประมาณ 50%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศาสตราจารย์ Satsuki Matsumura ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลการทำวิจัยในครั้งนี้ ผศ.เผชญิโชค จินตเศรษฐี ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลความลึกในอ่าวไทยตอนบน ผู้ประเมินบทความที่ช่วยให้คำแนะนำในการปรับปรุงบทความวิจัยนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น และภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับการอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Barbini, R., Colao, F., Fantoni, R., Ferrari, G.M., Lai, A. & Palucci, A. (2003). Lidar fluorosensor calibration of the SeaWiFS chlorophyll algorithm in the Ross Sea. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 3205-3218.
- Binding, C.E. & Bower, D. G. (2003). Measuring the salinity of the Clyde Sea from remotely sensed ocean colour. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 57, 605-611.
- Bricaud, A., Morel, A. & Prieur, L. (1981). Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domains. *American Society of Limnology and Oceanography*, 26, 43-53.
- Buranapratheprat, A. (2000). Oil spill trajectory model testing in the upper Gulf of Thailand. In *Proceedings International Workshop on Environmental Sensitivity Index Mapping for Oil Spill in the Southeast Asian Seas*, 142-152.
- Buranapratheprat, A., Niemann, K.O., Yanagi, T. & Mutsumuta, S. (2009). MERIS imageries to investigate surface chlorophyll in the upper Gulf of Thailand. *Coastal Marine Science*, 33(1), 22-28.
- Buranapratheprat, A., Yanagi, T. & Matsumura, S. (2008). Seasonal variation in water column conditions in the upper Gulf of Thailand. *Continental Shelf Research* 28, 2509-2522.
- Buranapratheprat, A., Yanagi, T. & Sawangwong, P. (2003). Seasonal variations in circulation and salinity distributions in the upper Gulf of Thailand: modeling approach. *La mer*, 40, 147-155.
- Carder, K.L., Chen, R.F., Lee, Z.P., Hawes, S.K. & Kamykowski, D. (1999). Semianalytic moderate-resolution imaging spectrometer algorithms for chlorophyll-a and absorption with Bio-optical domains based on nitrate depletion temperatures. *Journal of Geophysical Research*, 104, 5403-5421.

- Kirk, J.T.O. (1994). *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. (2nd Ed.). Cambridge: Cambridge.
- Matsumura, S., Siripong, A. & Lirdwitayaprasit, T. (2006). Underwater optical environment in the upper Gulf of Thailand. *Coastal Marine Science*, 30(1), 36-43.
- O'Reilly, J.E., Maritorena, S., Mitchell, B.G., Siegel, D.A., Carder, K.L., Garver, S.A., Kahru, M. & McClain, C.R. (1998). Ocean Color chlorophyll algorithm for SeaWiFS. *Journal of Geophysical Research*, 103, 24937-24953.
- Robinson, I.S. (2004). *Measuring the Oceans from Space: the Principle and methods of Satellite Oceanography*. Chichester: Springer - Praxis.
- Schlitzer, R. 2007. Ocean Data View. <http://odv.awi.de>.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fishery Research Board of Canada, Ottawa.
- Wattayakorn, G. (2006). Environmental issues in the upper Gulf of Thailand. *The Environment in Asia Pacific Harbors*, 249-259.
- William, R.G & Follows, M.J. (2011). *Ocean Dynamics and the Carbon Cycle: Principles and Mechanisms*. Cambridge: Cambridge.
- Yanagi, T. (1999). *Coastal Oceanography*. Tokyo: Terra Scientific.