

การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทย



นายพิสุทธิ เทศสวัสดิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

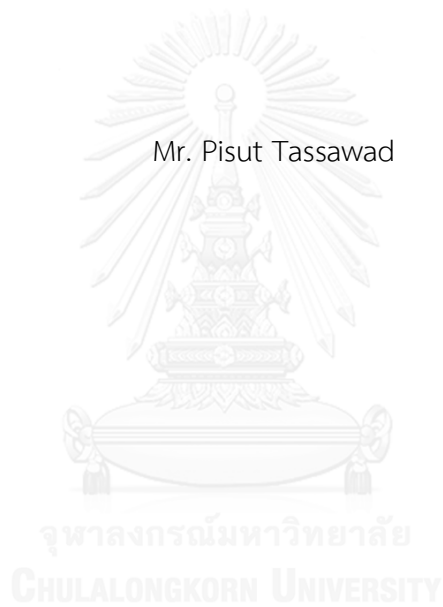
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SINK AND SOURCE OF CARBON DIOXIDE IN THE GULF OF THAILAND

Mr. Pisut Tassawad



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Marine Science

Department of Marine Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทย
โดย	นายพิสุทธิ์ เทศสวัสดิ์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล

---

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิตินธรรม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล)

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย ธรรมวานิช)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร. อัสมน ลิ้มสกุล)

พิสุทธิ์ เทศสวัสดิ์ : การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทย (SINK AND SOURCE OF CARBON DIOXIDE IN THE GULF OF THAILAND) อ.ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล, 97 หน้า.

ศึกษาศักยภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวน้ำทะเลของอ่าวไทย 2 พื้นที่ คือ กลางอ่าวไทย 45 สถานี และปากแม่น้ำ 4 สาย ที่ไหลลงอ่าวไทยตอนบน ได้แก่ แม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยา และบางปะกง โดยในพื้นที่อ่าวไทยเก็บตัวอย่างระหว่างมีนาคมถึงเมษายน พ.ศ. 2556 และพื้นที่ปากแม่น้ำเก็บตัวอย่าง 2 ฤดูมรสุม คือ สิงหาคม พ.ศ. 2557 (ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) และพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 (ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ผลการศึกษาในอ่าวไทยพบว่าฟลักซ์สุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณผิวน้ำทะเล มีค่าระหว่าง (-249) ถึง +36 มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวัน โดยฟลักซ์ที่มีค่าเป็นบวก (ถ่ายเทจากน้ำทะเลขึ้นสู่บรรยากาศ) ส่วนใหญ่เกิดในสถานีใกล้ฝั่งของพื้นที่กลางอ่าว ส่วนฟลักซ์ที่มีค่าเป็นลบ (ถ่ายเทจากบรรยากาศลงสู่น้ำ) จะเกิดบริเวณสถานีใกล้ฝั่ง โดยทั่วไปแล้ว พื้นที่กลางอ่าวไทยส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับปากแม่น้ำ พบว่าปากแม่น้ำบางปะกงมีศักยภาพเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเป็นแหล่งปลดปล่อยในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ขณะที่ปากแม่น้ำแม่กลอง ท่าจีน และเจ้าพระยา มีศักยภาพเป็นแหล่งปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศทั้ง 2 ฤดูมรสุม โดยค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างไรก็ตาม ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อค่าฟลักซ์ของคาร์บอนไดออกไซด์คือ อุณหภูมิและความเร็วลม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

# # 5472058023 : MAJOR MARINE SCIENCE

KEYWORDS: CARBON DIOXIDE / GULF OF THAILAND / RIVER MOUTH / CO<sub>2</sub> FLUXS

PISUT TASSAWAD: SINK AND SOURCE OF CARBON DIOXIDE IN THE GULF OF THAILAND. ADVISOR: ASST. PROF. PENJAI SOMPONGCHAIYAKUL, Ph.D., 97 pp.

Carbon dioxide exchanging potential at sea surface was studied in 2 areas include 45 stations in the Gulf of Thailand and 4 river mouths that drained into the upper Gulf of Thailand including Maekhleng, Tachin, Chaopraya and Bangpakong rivers. The sampling was performed during March to April 2013 for the Gulf of Thailand, and two monsoon seasons for the river mouths, August 2014 (Southwest monsoon) and November 2014 (Northeast monsoon). The study reveals that net CO<sub>2</sub> fluxes at sea surface of the Gulf of Thailand was between (-249) and +36 mmol/m<sup>2</sup>/day. Positive fluxes (source) mostly occurred in the middle of the Gulf, while negative fluxes (sink) was found at nearshore stations. In general, the Gulf of Thailand acted as a sink of CO<sub>2</sub>. In the case of river mouths, it was found that Bangpakong river mouth has a potential to be a sink of CO<sub>2</sub> in the southwest monsoon and to be a source of CO<sub>2</sub> in the northeast monsoon. While Maekhleng, Tachin and Chaopraya river mouths had a potential to be the source of CO<sub>2</sub> in both monsoon seasons. The net CO<sub>2</sub> fluxes in southwest monsoon was higher than in northeast monsoon. However, the net CO<sub>2</sub> fluxes was highly influenced by temperature and wind speed.

Department: Marine Science

Student's Signature .....

Field of Study: Marine Science

Advisor's Signature .....

Academic Year: 2014

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนการทำ วิทยานิพนธ์ และตรวจแก้ไขต้นฉบับวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้

ขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิตติธรรมยง ประธานคณะกรรมการ สอบ ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย ธรรมวานิช และ ดร. อัสมน ลิ้มสกุล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ สำหรับข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์

ขอขอบคุณโครงการสำรวจและฝึกภาคทะเล เรื่อง “ทรัพยากรประมงและ สิ่งแวดล้อมทางทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนกลาง” โดยเรือสำรวจ SEAFDEC รวมทั้งนักวิจัยทุก ท่านที่คอยสนับสนุนในการเก็บตัวอย่าง และให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษา

ขอขอบคุณสมาชิกห้องปฏิบัติการ 423 ที่ช่วยให้เหลือในการวิเคราะห์ ตัวอย่าง ให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคอยเป็นกำลังใจเสมอมาจน สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	10
สารบัญรูป.....	12
บทที่ 1 บทนำ.....	14
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	14
1.2 วัตถุประสงค์.....	15
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	15
1.4 สมมติฐานของงานวิจัย.....	15
บทที่ 2 การสำรวจเอกสาร.....	16
2.1 วัฏจักรคาร์บอน (Carbon cycle).....	16
2.2 กระบวนการของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทะเล.....	17
2.3 การเปลี่ยนแปลงของระบบคาร์บอน.....	18
2.4 การแปรผันค่าความเป็นกรดต่างของน้ำทะเล.....	18
2.5 การกระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเล.....	19
2.6 สมดุลของระบบคาร์บอนระหว่างน้ำทะเลกับตะกอน.....	21
2.7 การศึกษาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทย.....	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	22
3.1 พื้นที่ศึกษาและขอบเขตการศึกษา.....	22
3.2 วิธีการศึกษา.....	25

3.2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล.....	25
3.2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	25
3.2.3 ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide Flux).....	26
3.2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอน.....	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	29
4.1 อ่าวไทย.....	29
4.1.1 คุณภาพน้ำทั่วไป.....	30
4.1.2 ค่าคลอโรฟิลล์เอ.....	31
4.1.3 ค่าอัลคาไลน์.....	32
4.1.4 อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ.....	33
4.1.5 ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเล.....	34
4.1.6 ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....	35
4.1.7 คาร์บอนในดินตะกอนอ่าวไทย.....	37
4.1.8 แคลเซียมคาร์บอเนต.....	38
4.2 ปากแม่น้ำ.....	40
4.2.1 ปากแม่น้ำบางปะกง.....	40
4.2.2 ปากแม่น้ำเจ้าพระยา.....	45
4.2.3 แม่น้ำท่าจีน.....	50
4.2.4 ปากแม่น้ำแม่กลอง.....	55
4.2.5 อภิปรายผลปากแม่น้ำ.....	60
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา.....	61
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	61
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	61



รายการอ้างอิง .....	62
ภาคผนวก.....	68
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	97



## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1	ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามที่ตั้งต่าง ๆ (แนวปะการัง เอสทูรี ใหญ่ทวีป) .....	20
ตารางที่ 4-1	อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต (% $\text{CaCO}_3$ ) ในอ่าวไทย .....	29
ตารางที่ 4-2	อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) และความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ) ในอ่าวไทยในพื้นที่อ่าวไทยที่ระดับ 5 เมตรจากผิวน้ำทะเล.....	30
ตารางที่ 4-3	อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) และความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ) ในอ่าวไทยที่ระดับเหนือพื้นท้องตะกอน 5 เมตร .....	30
ตารางที่ 4- 4	อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต (% $\text{CaCO}_3$ ) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW monsoon) และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE monsoon) ของปากแม่น้ำบางปะกง.....	41
ตารางที่ 4- 5	อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต (% $\text{CaCO}_3$ ) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW monsoon) และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE monsoon) ของปากแม่น้ำเจ้าพระยา .....	46
ตารางที่ 4- 6	อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต (% $\text{CaCO}_3$ ) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW monsoon) และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE monsoon) ของปากแม่น้ำท่าจีน .....	51

ตารางที่ 4- 7 อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\%\text{CaCO}_3$ ) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW monsoon) และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE monsoon) ของปากแม่น้ำแม่กลอง.....	56
ภาคผนวก ก. วันที่ สถานี จุดเก็บตัวอย่าง ความลึก ระดับ chlorophyll max.....	69
ภาคผนวก ข. พารามิเตอร์ทั่วไปตามความลึกในแต่ละสถานี.....	71
ภาคผนวก ค. สปีชีส์ของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลตามสถานีและความลึก .....	79
ภาคผนวก ง. ข้อมูลผิวน้ำและ $\text{CO}_2$ Flux.....	87
ภาคผนวก จ พารามิเตอร์ของตะกอนดิน.....	89
ภาคผนวก ฉ. ข้อมูลแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ .....	91
ภาคผนวก ช. ข้อมูลแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ .....	93

## สารบัญรูป

รูปที่ 3-1	พื้นที่และสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนในอ่าวไทยตอนกลาง .....	23
รูปที่ 3-2	พื้นที่และสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนปากแม่น้ำในอ่าวไทยตอนใน .....	24
รูปที่ 4-1	การกระจายตัวของคลอโรฟิลล์เอในน้ำทะเลอ่าวไทย.....	32
รูปที่ 4-2	การกระจายตัวของค่าอัลคาไลน์ตี้น้ำทะเลอ่าวไทย.....	33
รูปที่ 4-3	การกระจายตัวของอินทรีย์คาร์บอนในน้ำทะเลอ่าวไทย .....	34
รูปที่ 4-4	การกระจายตัวของความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลอ่าวไทย .....	35
รูปที่ 4-5	การกระจายตัวของฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถ่ายเท ระหว่างผิวน้ำน้ำทะเลกับบรรยากาศในอ่าวไทย.....	36
รูปที่ 4-6	การกระจายตัวของอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนอ่าวไทย .....	37
รูปที่ 4-7	การกระจายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอนอ่าวไทย.....	38
รูปที่ 4-8	ค่าอิ่มตัว (degree of saturation) ของแคลเซียมคาร์บอเนตตามความลึกในอ่าวไทย (ถ้าค่ามากกว่า 1 หมายถึง มีความอิ่มตัวอย่างยอดเยี่ยม).....	39
รูปที่ 4-9	กราฟแสดงอุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาไลน์ตี้น้ำ (TA).....	42
รูปที่ 4-10	กราฟแสดงความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ.....	42
รูปที่ 4 - 11	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอน ตามระยะทางจากปากแม่น้ำบางปะกง .....	43
รูปที่ 4 - 12	กราฟแสดงค่า ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), pH, อัลคาไลน์ตี้น้ำ (TA), และอินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตามระยะทางจากปากแม่น้ำบางปะกง .....	44
รูปที่ 4-13	กราฟแสดงอุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาไลน์ตี้น้ำ (TA) .....	47
รูปที่ 4-14	กราฟแสดงความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ.....	47
รูปที่ 4-15	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอน ตามระยะทางจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา.....	48

รูปที่ 4-16 กราฟแสดงค่า ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), pH, อัลคาลินิตี (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตามระยะทางจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา.....	49
รูปที่ 4-17 กราฟแสดงอุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA).....	52
รูปที่ 4-18 กราฟแสดงความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ.....	52
รูปที่ 4-19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในตะกอนดิน ตามระยะทางจากปากแม่น้ำท่าจีน.....	53
รูปที่ 4-20 กราฟแสดงค่า ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), pH, อัลคาลินิตี (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตามระยะทางจากปากแม่น้ำท่าจีน.....	54
รูปที่ 4-21 กราฟแสดงอุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA).....	57
รูปที่ 4-22 กราฟแสดงความความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ.....	57
รูปที่ 4-23 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในตะกอนดิน ตามระยะทางจากปากแม่น้ำแม่กลอง.....	58
รูปที่ 4-24 กราฟแสดงค่า ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), pH, อัลคาลินิตี (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตามระยะทางจากปากแม่น้ำแม่กลอง.....	59

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide;  $\text{CO}_2$ ) ในชั้นบรรยากาศ ก่อให้เกิดการกักรังสีคลื่นยาว ซึ่งก็คือพลังงานความร้อนไว้ภายในโลก (IPCC., 1992) ก่อให้เกิดปัญหาขึ้นกับสิ่งแวดล้อมทางทะเลทั้งทางตรงและทางอ้อม และยังส่งผลมาถึงมนุษย์ (Haugan., 1998) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศจากการเผาผลาญน้ำมัน ถ่านหิน เตาเผา ทำให้ความดันย่อยของก๊าซนี้ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ก๊าซนี้ละลายลงสู่มหาสมุทรเพิ่มขึ้น ดังนั้นมหาสมุทรจึงเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ

อย่างไรก็ดีเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายลงสู่น้ำทะเลทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (carbonic acid;  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) ซึ่งเป็นกรดอ่อน แตกตัวได้ไฮโดรเจนไอออน (hydrogen ion;  $\text{H}^+$ ) และไบคาร์บอเนตไอออน (bicarbonate ion;  $\text{HCO}_3^-$ ) อย่างรวดเร็ว จากนั้น  $\text{HCO}_3^-$  จะแตกตัวให้  $\text{H}^+$  และคาร์บอเนตไอออน (carbonate ion;  $\text{CO}_3^{2-}$ ) ซึ่งสมดุลเคมีของระบบคาร์บอเนตนี้เป็นบัฟเฟอร์ (buffer) ควบคุมความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำทะเลให้มี pH ที่ค่อนข้างคงที่ (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532) กลไกของปฏิกิริยาบัฟเฟอร์และการเปลี่ยนแปลงสปีชีส์ทางเคมี (chemical species) ของอนินทรีย์คาร์บอนที่ละลายน้ำ (dissolved inorganic carbon; DIC) ในน้ำทะเลจึงเป็นตัวการควบคุม pH ของน้ำทะเล

นอกจากนี้ การพัฒนาเมือง เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ทำให้ปริมาณสารอาหารและคาร์บอนอินทรีย์ในแม่น้ำมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นตะกอนพื้นทะเลจึงสะสมคาร์บอนในรูปสารอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใกล้ฝั่งที่มีการตกตะกอนสูงกว่าบริเวณไกลฝั่ง โดยทั่วไปพื้นที่ที่มีอัตราการตกตะกอนสูงจะมีอินทรีย์คาร์บอนสะสมมากกว่าพื้นที่ที่มีการตกตะกอนต่ำ (Colombo et al., 1996)

เนื่องจากอ่าวไทยรองรับสารต่าง ๆ ที่ถูกพามาด้วยมวลน้ำ และส่วนใหญ่จะตกตะกอนอยู่ในอ่าวไทยตอนบน ส่วนหนึ่งซึ่งเป็นส่วนน้อยถูกพัดพาไปกับมวลน้ำออกสู่อ่าวไทยตอนล่างและแลกเปลี่ยนมวลน้ำกับทะเลจีนใต้ และเนื่องจากอ่าวไทยเป็นอ่าวกึ่งปิด ปากอ่าวไทยมีสันเขาใต้น้ำปิดกั้นไม่ให้น้ำในอ่าวไทยแลกเปลี่ยนกับน้ำในทะเลจีนใต้ได้สะดวก น้ำส่วนหนึ่งโดยเฉพาะน้ำในที่ลึกจึงมีการแลกเปลี่ยนกับทะเลจีนใต้น้อย ดังนั้น คาร์บอนในรูปต่าง ๆ จึงหมุนเวียนและถ่ายเทอยู่ในภายในอ่าวไทยเป็นส่วนใหญ่ การศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทย จะทำให้ทราบว่า

พื้นที่ใดในอ่าวไทยที่มีการกักเก็บหรือปลดปล่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และในแต่ละฤดูกาลของปากแม่น้ำ 4 สาย คือ แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำแม่กลอง

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวน้ำของอ่าวไทย

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบบทบาทของอ่าวไทยในการเป็นแหล่งกักเก็บหรือคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

## 1.4 สมมติฐานของงานวิจัย

อ่าวไทยมีความสามารถเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



## บทที่ 2

### การสำรวจเอกสาร

#### 2.1 วัฏจักรคาร์บอน (Carbon cycle)

คาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักของสารอินทรีย์ทั้งหมด ดังนั้นวัฏจักรคาร์บอนจึงเกิดควบคู่กับวัฏจักรพลังงานในระบบนิเวศ การสังเคราะห์แสงโดยพืช สาหร่าย และแพลงก์ตอนพืช ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และให้ผลผลิตเป็นคาร์โบไฮเดรตในรูปน้ำตาล เมื่อมีการหายใจก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศอีกครั้ง แม้ว่าในบรรยากาศจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 0.03 เปอร์เซ็นต์หรือ 300 ppm แต่การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชช่วยทำให้เกิดการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศสู่มหาสมุทร (Murray et al., 1994) แต่ละฤดูกาลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในซีกโลกเหนือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นต่ำที่สุดในช่วงฤดูร้อน และสูงสุดในช่วงฤดูหนาว เนื่องจากซีกโลกเหนือมีแผ่นดินซึ่งมีพืชพรรณ ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงในฤดูร้อน ขณะที่ในฤดูหนาวจะมีอัตราการหายใจสูงกว่า

คาร์บอนยังอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ในสิ่งมีชีวิต เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ฯลฯ ปริมาณคาร์บอนส่วนนี้หมุนเวียนในระบบนิเวศผ่านห่วงโซ่อาหารจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภคระดับต่าง ๆ เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงผู้ย่อยสลาย เช่น ราและแบคทีเรียจะย่อยสลายคาร์บอนอินทรีย์เหล่านี้ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราเร็วในการหมุนเวียนในวัฏจักรคาร์บอนแตกต่างกันไปตามชนิดของสารอินทรีย์ เช่น คาร์บอนในเนื้อสัตว์ที่ถูกกินและส่วนที่เหลือจากการย่อยสลายกลับสู่วัฏจักรได้เร็วกว่าคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อไม้ที่ย่อยสลายได้ยาก การเผาไหม้สารอินทรีย์ เช่น ไม้ ถ่านหิน และปิโตรเลียม จะเปลี่ยนคาร์บอนให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยการเผาไหม้จากอุตสาหกรรม และจากรถยนต์ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นถึง 400 ppm ในปัจจุบัน (NOAA., 2015)

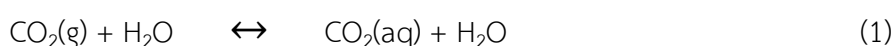
อย่างไรก็ตาม ยังมีคาร์บอนอีกส่วนหนึ่งสะสมอยู่ในมหาสมุทร เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศละลายน้ำได้เป็นกรดคาร์บอนิก (carbonic acid หรือ  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) ในมหาสมุทรและแตกตัวให้ไบคาร์บอเนต (bicarbonate หรือ  $\text{HCO}_3^-$ ) และคาร์บอเนต (carbonate หรือ  $\text{CO}_3^{2-}$ ) แพลงก์ตอนพืชในทะเล สามารถใช้ไบคาร์บอเนตได้โดยตรงและเปลี่ยนคาร์บอนกลับไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ด้วยกระบวนการหายใจ อย่างไรก็ตามมหาสมุทรก็มีคาร์บอนสะสมไว้มากถึง



50 เท่า ของคาร์บอนในบรรยากาศและยังสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศไว้ในรูปของไบคาร์บอเนตได้อีกบางส่วน มหาสมุทรจึงช่วยรักษาสมดุลของวัฏจักรคาร์บอนได้ในระดับหนึ่ง

## 2.2 กระบวนการของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทะเล

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อละลายในน้ำทะเลจะเกิดปฏิกิริยา ดังสมการต่อไปนี้



ในการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเล โมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำ การละลายนี้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (สมการที่ 1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อรวมตัวกับน้ำแล้วเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งเป็นกรดอ่อน (สมการที่ 2) กรดชนิดนี้จะแตกตัวเป็นไฮโดรเจนไอออนและไบคาร์บอเนตไอออนอย่างรวดเร็ว (สมการที่ 3) จากนั้นไบคาร์บอเนตไอออนจะแตกตัวเป็นคาร์บอเนตไอออน และไฮโดรเจนไอออน (สมการที่ 4) สมดุลเคมีของคาร์บอเนตสปีชีส์ (species) ต่าง ๆ นี้ รวมกันเข้าเป็นระบบที่สำคัญที่สุด ในการควบคุมความเป็นกรดต่างของน้ำทะเล โดยเป็นบัฟเฟอร์ควบคุมให้ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำทะเลมีค่าค่อนข้างคงที่ อยู่ในช่วง 7.8 ถึง 8.3 การเข้าใจถึงกลไกของปฏิกิริยาบัฟเฟอร์ได้ดีขึ้น จำเป็นต้องเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างสปีชีส์ต่าง ๆ ที่มีในปฏิกิริยาข้างต้น

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสัมพัทธ์ ระหว่างสปีชีส์ไบคาร์บอเนตไอออน คาร์บอเนตไอออน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ ขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างของน้ำจืดและน้ำทะเล น้ำจืดที่มีค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 6 พบว่ามีสปีชีส์หลักในน้ำ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ ซึ่งจะรวมไปถึงกรดคาร์บอนิกที่ยังไม่แตกตัวด้วย

เมื่อค่าความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้น ไบคาร์บอเนตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำจะเริ่มลดลง ส่วนในน้ำทะเลนั้นการเปลี่ยนแปลงในปริมาณสัมพัทธ์ของสปีชีส์ทั้ง 3 ชนิดนี้ จะเกิดขึ้นที่ค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่าที่เกิดขึ้นในน้ำจืด ผลรวมของทุกสปีชีส์

ที่มีในระบบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเรียกว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม (total carbon dioxide) ปริมาณของแต่ละสปีชีส์ในระบบคาร์บอนเนตที่มีอยู่ในน้ำทะเลจะแตกต่างกันไปตามสถานที่ในมหาสมุทรเปิดที่ห่างจากผลกระทบของภาวะมลพิษ หรือการเจือจางโดยน้ำจืด คาร์บอนเนตอัลคาลินิตี้ ได้แก่ ค่ารวมของ  $2\text{CO}_3^{2-}$  และ  $\text{HCO}_3^-$  อยู่ในระดับ 2.4 milli equivalents per liter (meq  $\text{l}^{-1}$ ) ในน้ำทะเลถึงแม้ว่าจะมีสารอินทรีย์ และสารอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรดต่างของน้ำทะเล แต่ส่วนใหญ่สารเหล่านั้นก็มีอยู่ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำมาก จนอาจกล่าวได้ว่ากรดที่มีความสำคัญในระบบคาร์บอนเนตนี้ มีแต่เพียงกรดบอริกเท่านั้น (Millero., 2010)

เนื่องจากน้ำทะเลมีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ที่มีประสิทธิภาพ การเพิ่มความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (partial pressure carbon dioxide;  $p\text{CO}_2$ ) 10 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ ผิวหน้าน้ำทะเลมักจะอึดตัวด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต เพราะสารอินทรีย์และแมกนีเซียมในน้ำทะเลจะทำให้แคลเซียมคาร์บอเนตไม่ตกตะกอน ซึ่งสิ่งมีชีวิตสามารถดึงเอาแคลเซียมไอออนและคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำทะเลไปสร้างเปลือกของมันได้ (Milliman et al., 1999) ในมวลน้ำระดับลึกของมหาสมุทรจะมีอุณหภูมิต่ำ และความดันสูงจึงพบว่าน้ำทะเลในระดับลึกไม่อึดตัวด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อแคลเซียมคาร์บอเนตละลายน้ำจึงเป็นการเพิ่มอัลคาลินิตี้ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมในมวลน้ำระดับลึก และน้ำในระดับลึกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอายุมากกว่าในมหาสมุทรแอตแลนติก ดังนั้นน้ำในมหาสมุทรแปซิฟิกจึงมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า (Feely et al., 2004)

### 2.3 การเปลี่ยนแปลงของระบบคาร์บอนเนต

การเปลี่ยนแปลงในช่วงวันและฤดูกาลในระบบคาร์บอนเนตเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสังเคราะห์แสง จากการได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงระยะสั้น แต่การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและถ่านหินตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศโลกสูงขึ้น และเนื่องจากผิวน้ำในมหาสมุทรประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่มีการเปลี่ยนกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ส่วนอีก 98 เปอร์เซ็นต์ อยู่ใต้ชั้นเทอร์โมไคลน์ จึงกล่าวได้ว่ามหาสมุทรมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้

### 2.4 การแปรผันค่าความเป็นกรดต่างของน้ำทะเล

แม้ว่าระบบคาร์บอนเนตในมหาสมุทรจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ที่มีประสิทธิภาพ แต่ก็ยังมีการเปลี่ยนแปลงในบางพื้นที่ของมหาสมุทร พบว่าค่าความเป็นกรดต่าง ประมาณ 8.0-8.3 ทางด้าน

ตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก เป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อันเนื่องมาจาก อุณหภูมิ หรือการใช้ก๊าซของสิ่งมีชีวิต แตกต่างจากทฤษฎีที่มวลงน้ำชั้นบนของมหาสมุทรจะอยู่ใน สมดุลกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตามเวลาหรือสถานที่ สาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลหรือการเปลี่ยนแปลง pH คือ ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาของการสังเคราะห์แสง โดยที่การใช้ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น และการเพิ่มขึ้น ของอุณหภูมิของน้ำที่ระดับผิวน้ำทะเล ในบริเวณที่มีการสังเคราะห์แสงสูงจะเกิดการขาดแคลน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ในบริเวณอ่าวตื้น ๆ จะ เห็นได้ชัดเจนว่าค่าความเป็นกรดต่างจะมีค่าสูงสุดตอนกลางวัน ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่มีค่าออกซิเจน ละลายน้ำสูงสุด (มณฑล แก่นมณี., 2010 )

## 2.5 การกระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเล

บริเวณรอยต่อระหว่างผิวน้ำทะเลกับบรรยากาศ มักจะพบว่าสมดุลของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ไม่คงที่ ต่างจากทฤษฎีซึ่งความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ) ที่ผิวน้ำทะเลจะเท่ากับในบรรยากาศเหนือผิวน้ำนั้น เนื่องจากกระบวนการทางชีวภาพ เช่น การ สังเคราะห์แสง การหายใจ ประกอบกับกระบวนการทางกายภาพ เช่น การไหลของน้ำ การรับและ คายความร้อนบริเวณผิวน้ำทะเล ซึ่งกระบวนการเสถียรภาพของสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ณ รอยต่อระหว่างน้ำทะเลกับบรรยากาศ ตัวอย่างที่เกิดจากกระบวนการทางชีวภาพ คือ สิ่งมีชีวิตที่มี โครงสร้างแข็ง เช่น หอยแมลงภู่สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้โดยการสร้างเปลือกและ เนื้อเยื่อ หรือผ่านกระบวนการกรองกินแพลงก์ตอนพืชและอนุภาคสารอินทรีย์ (particulate organic matter; POM) (Tang et al., 2011) ตัวอย่างที่เกิดจากกระบวนการทางกายภาพ เช่น ในแถบ ละติจูดต่ำ ๆ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทะเลจะมีค่าสูง กว่าในบรรยากาศเหนือผิวน้ำทะเล ทำให้เกิดการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากทะเลออกสู่ บรรยากาศ ในแถบละติจูดสูงทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรแอตแลนติกทั้ง เหนือและใต้ มีค่าความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศค่อนข้างสูง เมื่อ เปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเล ทำให้เกิดการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จาก บรรยากาศสู่มหาสมุทร (Tans et al., 1990)

การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวน้ำทะเลในเขตละติจูดสูง มีการถ่ายเท ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศลงสู่ผิวน้ำทะเล มวลงน้ำเย็นที่ผิวน้ำทะเลจากเขต ละติจูดสูงจะจมตัวพาเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำไหลวนสู่ละติจูดต่ำ เมื่อน้ำมีอุณหภูมิ

สูงขึ้นจะค่อย ๆ คายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งการไหลวนนี้ใช้เวลาประมาณ 1,000 ปี จึงจะครบวัฏจักร (Antonio et al., 2000) ในพื้นที่ใกล้ฝั่งที่มีปรากฏการณ์น้ำพุต (upwelling) และบริเวณที่รับมวลน้ำท่าจากแม่น้ำ โดยเฉพาะแม่น้ำขนาดใหญ่ จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลเข้มข้นเกินจุดอิ่มตัว ส่งผลให้บริเวณใกล้ฝั่งเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ (Chen and Borges, 2009) ขณะที่บริเวณไหล่ทวีปความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลต่ำกว่าจุดอิ่มตัว ส่งผลให้บริเวณไหล่ทวีปเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น บริเวณไหล่ทวีปของยุโรปสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศได้ถึง 90 ถึง 170 ล้านตันคาร์บอนต่อปี (Frankignoulle and Borges., 2001) บริเวณชายฝั่งของทะเลเหนือ มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศละลายลงสู่ทะเลในปริมาณ 3.7 มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวัน ( $\text{mmol/m}^2/\text{d}$ ) ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านี้ถูกใช้ไปในระบบโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (Kempe and Pegler, 1991) ในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลกมีการศึกษาปริมาณการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้เป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 2 - 1 แสดงค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ต่าง ๆ โดยเครื่องหมายบวกแสดงถึงการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำขึ้นสู่อากาศ เครื่องหมายลบแสดงว่ามีการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศลงสู่ทะเล

ตารางที่ 2 - 1 ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามพื้นที่ต่าง ๆ (แนวปะการัง เอสทูรี ไหล่ทวีป)

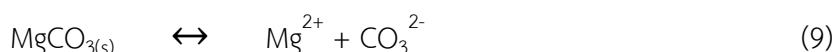
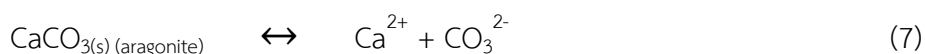
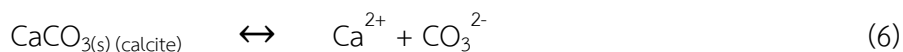
Location/Region	Net CO <sub>2</sub> Flux ( $\text{mmolm}^{-2}\text{d}^{-1}$ )	References
Hog Reef flat, Bermuda	+3.3	(Bates et al., 2001)
New Jersey	(-2.3) – (-1.2)	(Boehme et al., 1998)
Galician Coast	(-3.2) – (-1.8)	(Frankignoulle and Borges, 2001)
Scheldt Estuarine Plume	+3.0 – +5.2	(Borges and Frankignoulle, 2002)
South Atlantic Bight	+6.8	(Cai et al., 2003)
Mid Atlantic Bight	+2.7	(DeGrandpre et al., 2002)
Gulf of Biscay	(-7.9) – (-4.8)	(Frankignoulle and Borges, 2001)
European Estuaries	+100 - +760	(Frankignoulle et al., 1998)
Moorea, French Polynesia	-10.0	(Gattuso et al., 1997)
Northern Arabian Sea	+1.3	(Goyet et al., 1998)
North Sea	-3.7	(Kempe and Pegler, 1991)
East China Sea	-8.0	(Tsunogai et al., 1999)
East China Sea	(-7.7) – (-3.3)	(Wang et al., 2000)
Hooghly estuary	(-84.4) – (-2.78)	(Mukhopadhyay et al., 2002)

เครื่องหมาย (+) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถ่ายเทจากน้ำขึ้นสู่อากาศ

เครื่องหมาย (-) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถ่ายเทจากอากาศลงสู่ทะเล

## 2.6 สมดุลของระบบคาร์บอเนตระหว่างน้ำทะเลกับตะกอน

สมดุลที่สำคัญของระบบคาร์บอเนตระหว่างน้ำทะเลและตะกอนดิน ได้แก่ สมการที่ 6 ถึง 9



แคลเซียมคาร์บอเนตที่พบในทะเล มีรูปร่างผลึกอยู่ 2 รูป คือ แคลไซต์ (calcite;  $\text{CaCO}_3$ ) และอราโกไนต์ (aragonite;  $\text{CaCO}_3$ ) ทั้งสองรูปแบบนี้มีคุณสมบัติทางเคมีต่างกัน เพราะค่าพลังงานเสรี (free energy) ในการเกิดแร่สองชนิดนี้ต่างกัน การละลายของแคลไซต์ในน้ำทะเลที่ความเค็ม 35 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีค่าเพียงประมาณครึ่งหนึ่งของอราโกไนต์ ในน้ำลึกจะมีแคลไซต์อิ่มตัวอย่างยวดยิ่ง (supersaturated) ปัจจัยที่ควบคุมระดับของความอิ่มตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตทั้งสองรูปแบบ ได้แก่ ขนาดของอนุภาค และปริมาณของแมกนีเซียมในตะกอน แคลไซต์ที่มีแมกนีเซียมต่ำละลายน้ำได้น้อยที่สุด ส่วนอราโกไนต์ละลายน้ำได้ปานกลาง ส่วนแคลไซต์ที่มีแมกนีเซียมคาร์บอเนต 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ ผสมอยู่จะละลายน้ำได้ดีที่สุด (Field., 2004)

## 2.7 การศึกษาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทย

จากการศึกษาพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก ในเดือนกันยายน ถึง ตุลาคม ปี พ.ศ. 2538 และเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2539 พบว่าฟลักซ์สุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (net  $\text{CO}_2$  flux) มีการถ่ายเทจากบรรยากาศลงสู่ทะเลในอัตรา 3.49 โมลต่อตารางเมตรต่อปี (วสิรัตน์ มุสิกะสังข์, 2541) สำหรับอ่าวไทยตอนบน หรืออ่าวไทยรูปตัว ก จากข้อมูลของ Snidvongs (1993) พบว่าบริเวณนี้น่าจะเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากการละลายของ  $\text{CaCO}_3$  น้อยกว่าการตกตะกอนของ  $\text{CaCO}_3$

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 พื้นที่ศึกษาและขอบเขตการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างในอ่าวไทยโดยแบ่งเป็น 2 พื้นที่ คือ

##### 1. ศึกษานอกชายฝั่ง

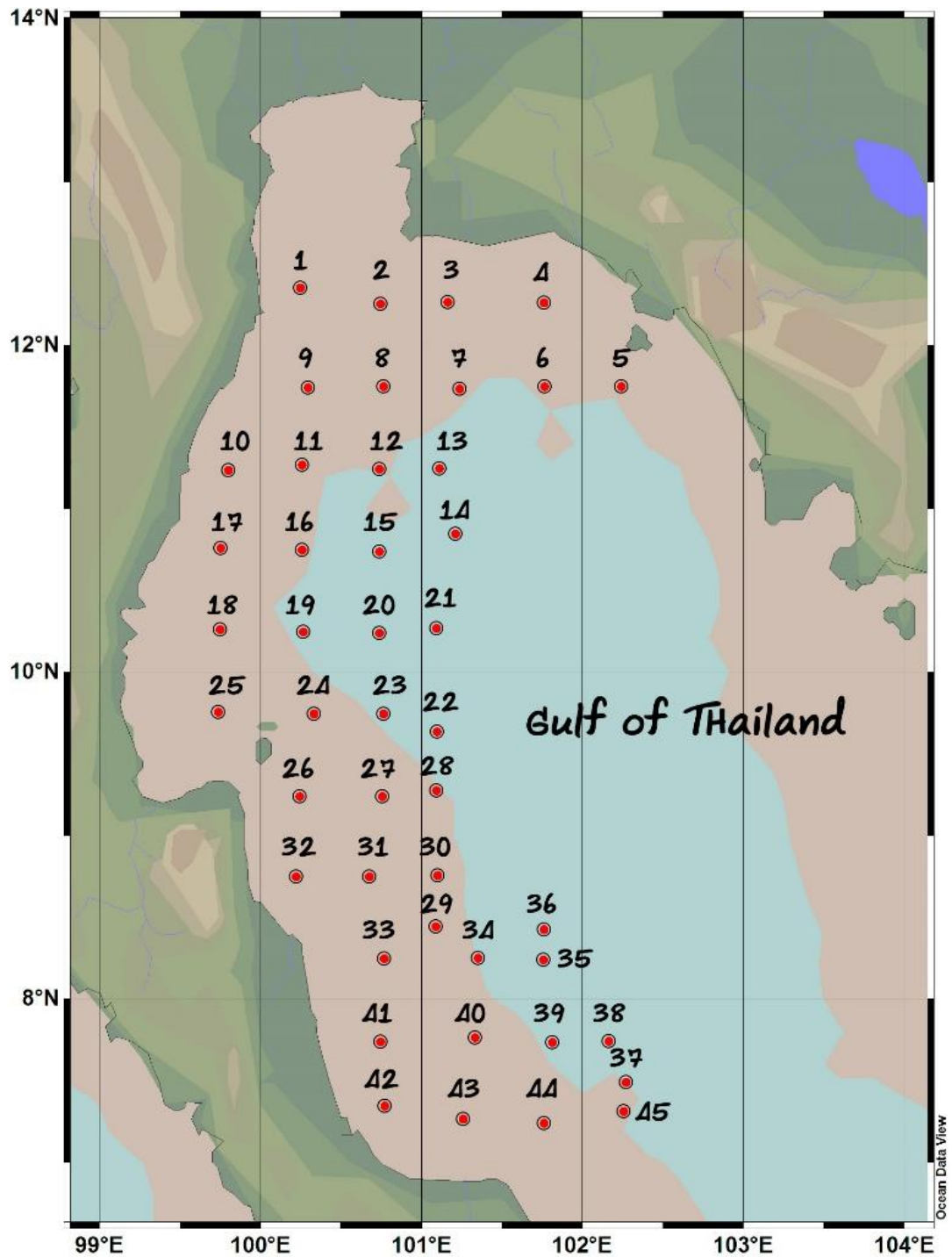
เก็บตัวอย่างครอบคลุมอ่าวไทยอยู่ในระหว่าง ระหว่าง  $7^{\circ} - 14^{\circ}$  เหนือ และ  $99^{\circ} - 104^{\circ}$  ตะวันออก (

รูปที่ 3-1) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง จำนวน 45 สถานี โดยเรือสำรวจซีฟเดค (MV. SEAFDEC 1) ระหว่างวันที่ 12 มีนาคม ถึง 14 เมษายน พ.ศ. 2556 พิกัดที่ทำการเก็บตัวอย่าง แสดงในภาคผนวก ก (ตารางที่ ก-1)

##### 2. พื้นที่ปากแม่น้ำ 4 สายหลัก

เก็บตัวอย่างปากแม่น้ำบางปะกง เจ้าพระยา ท่าจีน และแม่กลอง 2 จุด คือ ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระหว่างวันที่ 17 - 20 สิงหาคม พ.ศ. 2557 และฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างวันที่ 17 ถึง 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 (

รูปที่ 3-2)



รูปที่ 3-1 พื้นที่และสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนในอ่าวไทยตอนกลาง

ก) แม่น้ำบางปะกง



ข) แม่น้ำเจ้าพระยา



ค) แม่น้ำท่าจีน



ง) แม่น้ำแม่กลอง



รูปที่ 3-2 พื้นที่และสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนปากแม่น้ำในอ่าวไทยตอนใน



### 3.2 วิธีการศึกษา

#### 3.2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

##### 1) อ่าวไทย

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลโดยกระบอกเก็บน้ำ Niskin ที่ติดตั้งอยู่กับ CTD Rosette System ที่ระดับความลึก 6 ระดับ วัดค่า pH, อุณหภูมิ, ความเค็ม และความดันด้วย CTD และ sensor ที่ติดตั้งอยู่กับระบบ กรองน้ำทะเล 100 มิลลิลิตร ผ่านแผ่นกรอง GF/C เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าอัลคาไลน์ที่กรองน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผ่านแผ่นกรอง GF/F เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าคลอโรฟิลล์เอ

##### 2) ปากแม่น้ำ

ทำการวัดคุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ pH, อุณหภูมิ, ความเค็ม และความดันด้วย multiprobe ยี่ห้อ YSI และเก็บตัวอย่างน้ำทะเลด้วยกระบอกเก็บน้ำ Kemmerer ขนาด 2 ลิตร กรองน้ำทะเล 100 มิลลิลิตร ผ่านแผ่นกรอง GF/C เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าอัลคาไลน์ที่กรองน้ำ 100 มิลลิลิตร ผ่านแผ่นกรอง GF/F เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าคลอโรฟิลล์เอ

#### 3.2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

##### 1) อัลคาไลน์ตี้ (alkalinity)

วิเคราะห์ total alkalinity ด้วยวิธี Gran titration โดยกรด HCl กับน้ำทะเลตัวอย่างที่กรองแล้ว (Grasshoff et al., 1999) นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟ และคำนวณค่าอัลคาไลน์ตี้ ดังสมการที่ 10 จากนั้นนำมาหาค่าอัลคาไลน์ตี้ทั้งหมด (total alkalinity) ตามสมการที่ 11

$$(V_S + V_A) 10^{-\text{pH}} = \frac{C_A}{\gamma_{\text{H}^+}} V_A - \frac{C_A}{\gamma_{\text{H}^+}} V_A \quad (10)$$

$$\text{T.A.} = \frac{V_2 C_A}{V_S} \quad (11)$$

เมื่อ	$V_A$	= ปริมาตรกรดที่เติม (ml)
	$V_S$	= ปริมาตรน้ำทะเล (ml)
	$V_2$	= หาโดยการนำ intercept ด้วย slope (ml)
	$C_A$	= ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ (N)
	$\gamma_A$	= ค่าความว่องไวของโปรตอน (activity coefficient)

## 2) อนินทรีย์คาร์บอนสปีชีส์ต่างๆ

อนินทรีย์คาร์บอนสปีชีส์ต่างๆ ได้แก่ carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) และ carbonic acid ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) จากค่า total alkalinity ของน้ำตัวอย่าง จากสมการที่ 12 ถึง 15 (Millero, 2010 )

$$\text{CO}_3^{2-} = K_2 \frac{\text{T.A.} \frac{K_B \Sigma B}{a_{\text{H}^+} + K_B}}{a_{\text{H}^+} + 2K_2} \quad (12)$$

$$\text{HCO}_3^- = a_{\text{H}^+} \frac{\text{T.A.} \frac{K_B \Sigma B}{a_{\text{H}^+} + K_B}}{a_{\text{H}^+} + 2K_2} \quad (13)$$

$$p\text{CO}_2 = \frac{(\text{H}_2\text{CO}_3^*)}{C_{K_0}} \quad (14)$$

$$\text{DIC} = (\text{H}_2\text{CO}_3^*) + (\text{HCO}_3^-) + (\text{CO}_3^{2-}) \quad (15)$$

## 3) Degree of saturation ( $\Omega\text{Ca}$ ) และ ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ )

หาค่า Degree of saturation ( $\Omega\text{Ca}$ ) และ ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ) โดยนำค่า total alkalinity, DIC, pH และอุณหภูมิ ไปใส่ในโปรแกรม CO2sys (Lewis and Wallace, 1998)

## 4) ค่าคลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll $a$ ; chl $a$ )

วิเคราะห์ปริมาณ chlorophyll  $a$  ในน้ำทะเล โดย Fluorometric Analysis (Knap et al., 1996) ซึ่งปริมาณ chlorophyll  $a$  ในน้ำทะเลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับการเปล่งแสง fluorescence

### 3.2.3 ฟลักซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide Flux)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถ่ายเทผ่านผิวน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยโดยฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทของก๊าซที่ส่งผ่านอากาศกับผิวน้ำทะเลคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป CO2cal (Robbins et al., 2010) โดยมีสูตรการคำนวณ ตามสมการที่ 16

$$F = k.s (\Delta p\text{CO}_2) \quad (16)$$

โดยที่	F	=	ฟลักของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (mmol/m <sup>2</sup> /d)
	k	=	ความเร็วในการแลกเปลี่ยนก๊าซ (cm/h)
	s	=	ค่าการละลายของน้ำทะเล (mol/kg/atm)
	$\Delta p_{CO_2}$	=	ความแตกต่างของความดันย่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างอากาศกับผิวหน้าน้ำทะเล

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทของก๊าซขึ้นกับความเร็วลมเหนือน้ำทะเลในขณะนั้น (Wanninkhof, 1992) โดยความเร็วลมนี้ได้กำหนดให้เป็นความเร็วลมเหนือน้ำทะเลที่ระดับ 10 เมตร และสูตรสำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างน้ำทะเลกับอากาศ ดังนี้

กรณีความเร็วลมเหนือน้ำทะเลน้อยกว่า 3 เมตร/วินาที คำนวณตามสมการที่ 17 และ 18

$$k_{600} = 0.76 * u \quad (17)$$

$$k_{CO_2} = \frac{k_{600} * 600^{0.67}}{(Sc_{CO_2})^{0.67}} \quad (18)$$

กรณีความเร็วลมเหนือน้ำทะเลมากกว่า 3 เมตร/วินาที คำนวณตามสมการที่ 19 และ 20

$$k_{600} = (0.56 * u) - 14.4 \quad (19)$$

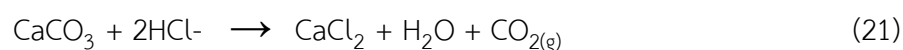
$$k_{CO_2} = \frac{k_{600} * 600^{0.5}}{(Sc_{CO_2})^{0.5}} \quad (20)$$

โดยที่	$k_{600}$	=	อัตราส่วนระหว่างอัตราการถ่ายเทของก๊าซ SF <sub>6</sub> กับค่า Schmidt number ที่ 600 โดยที่อัตราถ่ายเทก๊าซขึ้นกับอุณหภูมิขณะนั้น
	$Sc_{CO_2}$	=	สัดส่วนระหว่างความหนืดจลน์ของน้ำที่อุณหภูมินั้นกับการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิเดียวกัน (Wanninkhof, 1992)
	600	=	ค่าของ Schmidt number ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
	u	=	ความเร็วลมเหนือผิวน้ำทะเลที่ระดับ 10 เมตร ที่สถานีนั้น ขณะเก็บตัวอย่างน้ำมี (เมตร/วินาที)

### 3.2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอน

#### 1) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอน

วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน โดยใช้ตัวอย่างดินที่บดละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยวิธี acid-base titration (Sompongchaiyakul., 1989) โดยอาศัยปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{CaCO}_3$  กับกรด HCl ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนคิดจากมวลสารสัมพันธ์ ดังสมการที่ 21



#### 2) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตะกอน

วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน โดยใช้ตัวอย่างดินที่บดละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกันด้วย agate mortar และวิเคราะห์โดยวิธี Walkey-Black titration (Loring and Rantala, 1992)



## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

#### 4.1 อ่าวไทย

ผลการศึกษาศักยภาพในการกักเก็บและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทยในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน แสดงดังตารางที่ 4-1 และค่าทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ข ตารางที่ ข-1

**ตารางที่ 4-1** อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$  fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต (% $\text{CaCO}_3$ ) ในอ่าวไทย

Parameter	Min	Max	Average $\pm$ SD
Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	26.88	31.84	28.69 $\pm$ 0.83
pH	7.59	8.22	8.02 $\pm$ 0.10
Salinity	31.31	33.25	31.89 $\pm$ 0.44
Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	0.02	0.67	0.10 $\pm$ 0.30
TA ( $\mu\text{mole/kg}$ )	2154.9	2545.7	2344.6 $\pm$ 59.7
DIC ( $\mu\text{mole/kg}$ )	1833.2	2301.2	2012.0 $\pm$ 92.0
$p\text{CO}_2$ ( $\mu\text{atm}$ )	207	1287	413 $\pm$ 158
$\text{CO}_2$ fluxes ( $\text{mmole/m}^2/\text{d}$ )	(-248.71)	35.56	(-26.42) $\pm$ 48.6
%Organic Carbon <sup>#</sup>	0.56	3.95	1.62 $\pm$ 0.86
% $\text{CaCO}_3$ <sup>#</sup>	8.9	43.2	18.16 $\pm$ 6.0
Windspeed (m/s)	0.97	33.07	15.86 $\pm$ 7.21

หมายเหตุ : # ดินตะกอน

**ตารางที่ 4-2** อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) และความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ) ในอ่าวไทยในพื้นที่อ่าวไทยที่ระดับ 5 เมตรจากผิวน้ำทะเล

Parameter	Min	Max	Average $\pm$ SD
Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	29.23	31.07	29.99 $\pm$ 0.47
pH	7.95	8.19	8.05 $\pm$ 0.07
Salinity	31.31	32.61	31.69 $\pm$ 0.22
Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	0.02	0.67	0.10 $\pm$ 0.11
TA ( $\mu\text{mole/kg}$ )	2154.85	2421.58	2323.86 $\pm$ 49.08
DIC ( $\mu\text{mole/kg}$ )	1857.99	2065.58	1966.71 $\pm$ 55.71
$p\text{CO}_2$ ( $\mu\text{atm}$ )	229.17	465.59	354.22 $\pm$ 63.22

**ตารางที่ 4-3** อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) และความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ) ในอ่าวไทยที่ระดับเหนือพื้นท้องตะกอน 5 เมตร

Parameter	Min	Max	Average $\pm$ SD
Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	26.88	30.84	28.69 $\pm$ 0.78
pH	7.59	8.16	7.96 $\pm$ 0.14
Salinity	31.42	33.25	32.19 $\pm$ 0.54
Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	0.10	2.96	0.58 $\pm$ 0.49
TA ( $\mu\text{mole/kg}$ )	2257.56	2498.72	2364.34 $\pm$ 58.97
DIC ( $\mu\text{mole/kg}$ )	1918.78	2301.23	2067.62 $\pm$ 105.44
$p\text{CO}_2$ ( $\mu\text{atm}$ )	250.23	1156.04	506.55 $\pm$ 213.64

#### 4.1.1 คุณภาพน้ำทั่วไป

ค่า pH ของน้ำทะเลอ่าวไทย ที่ระดับ 5 เมตร ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน มีค่าใกล้เคียงกัน โดยกลางอ่าวมีค่า pH สูงกว่าชายฝั่งภาคใต้ฝั่งตะวันออก และชายฝั่งของจังหวัดชลบุรี

ระยอง จันทบุรี และตราด ค่า pH มีค่าลดลงตามความลึก เนื่องจากในที่ลึกมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้ค่า pH ลดลง (ตารางที่ 4-1)

เช่นเดียวกับ pH น้ำทะเลอ่าวไทยที่ระดับลึก 5 เมตร มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน ยกเว้นชายฝั่งของจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเล็กน้อย อุณหภูมิมีค่าลดลงตามความลึก เนื่องจากที่ผิวหน้าน้ำได้แสงและความร้อนจากดวงอาทิตย์มากกว่า และลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4-1)

ความเค็มของน้ำทะเลในอ่าวไทยที่ระดับ 5 เมตร มีค่าใกล้เคียงกัน สถานีที่ 1 บริเวณชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ มีค่าความเค็มต่ำกว่าสถานี เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมวลน้ำความเค็มต่ำจากพื้นที่อ่าวไทยตอนบน ส่วนสถานีที่ 45 มีค่าความเค็มที่สูงกว่าในที่อื่น สาเหตุมาจากการแทรกตัวเข้ามาของมวลน้ำความเค็มสูงจากทะเลจีนใต้ ความเค็มในที่ลึกก็พบการแทรกตัวของมวลน้ำขึ้นมาบริเวณชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ทำให้ค่าความเค็มสูงในบริเวณชายฝั่ง และในบริเวณชายฝั่งของจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด มีความเค็มต่ำพบว่าได้รับอิทธิพลมาจากน้ำจืดจากแม่น้ำบริเวณชายฝั่ง (ตารางที่ 4-1)

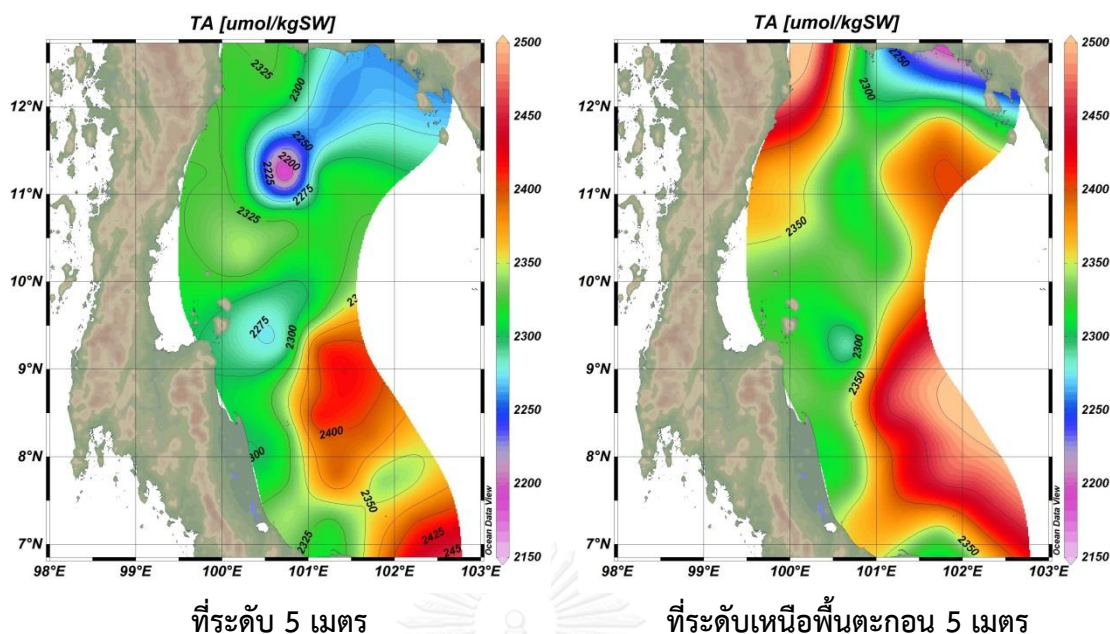
#### 4.1.2 ค่าคลอโรฟิลล์เอ

บริเวณผิวน้ำทะเลที่ระดับ 5 เมตร พบว่ามีคลอโรฟิลล์เอ 0.02 - 0.67 ( $0.10 \pm 0.11$ ) ไมโครกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4-2) มีค่าสูงสุด 0.67 ไมโครกรัมต่อลิตร หน้าเกาะสมุย (สถานีที่ 24) และต่ำสุด 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร บริเวณกลางอ่าว (สถานีที่ 30) (รูปที่ 4-1) คลอโรฟิลล์เอที่ระดับเหนือพื้นท้องตะกอน 5 เมตร มีค่า 0.10 - 2.96 ( $0.58 \pm 0.49$ ) ไมโครกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4-3, รูปที่ 4-1) โดยคลอโรฟิลล์เอจะมีมากบริเวณมวลน้ำใต้ชั้นเทอร์โมไคลน์ (ดูรายละเอียดในวิทยานิพนธ์เรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตปฐมภูมิในอ่าวไทย ในช่วงมีนาคมถึงเมษายน พ.ศ. 2556 ของนางสาวณิชชฎา อุทัยพันธ์ (2557))

บริเวณใกล้ฝั่งมีค่าคลอโรฟิลล์เอสูงกว่าบริเวณไกลฝั่ง เนื่องจากเป็นพื้นที่รับสารอาหารจากแผ่นดินทำให้มีผลผลิตปฐมภูมิสูง แม้ว่ากลางอ่าวจะได้รับสารอาหารจากแผ่นดินน้อยแต่น้ำทะเลจากทะเลจีนใต้ที่แทรกตัวเข้ามาทางด้านล่างเป็นแหล่งที่มาของสารอาหารบริเวณดังกล่าว ส่งผลให้ค่าคลอโรฟิลล์เอในน้ำในชั้นสับพิคโนไคลน์ (sub pycnocline) (เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และคณะ, 2556)





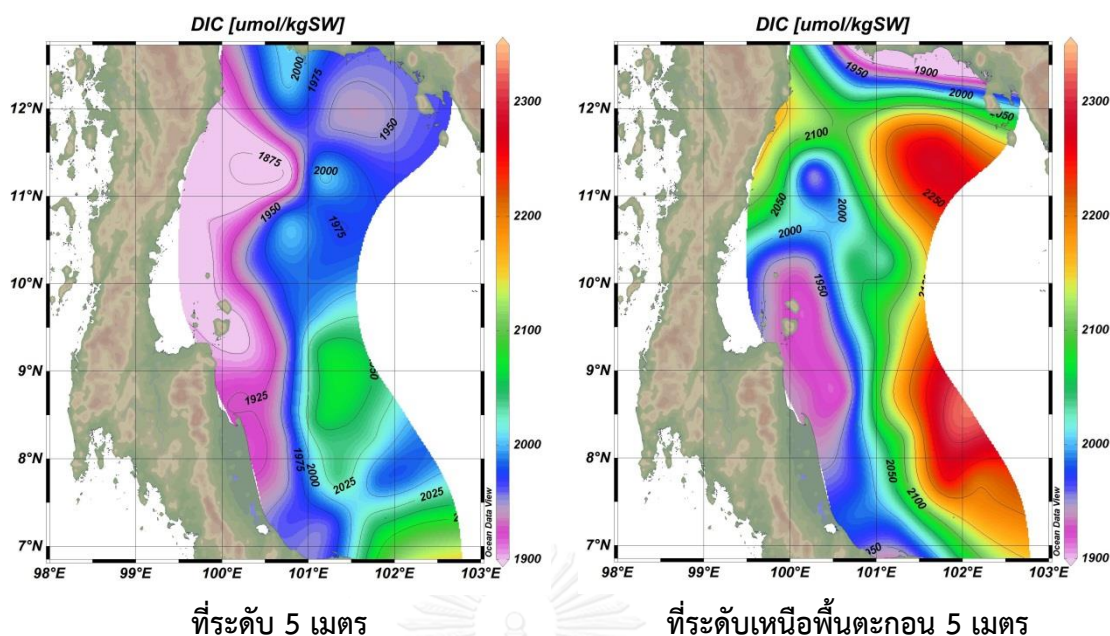


รูปที่ 4-2 การกระจายตัวของค่าอัลคาไลน์ดีในน้ำทะเลอ่าวไทย

#### 4.1.4 อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ

อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำบริเวณผิวน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 1,858 – 2,066 ( $1,967 \pm 56$ ) ไมโครโมลต่อกิโลกรัม น้ำทะเล (ตารางที่ 4-2) ที่ระดับผิวน้ำน้ำทะเลความลึก 5 เมตร อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำมีค่าต่ำสุด ในบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก และบริเวณที่มีค่าสูงสุด อยู่ที่สถานีที่ 45 และพบว่าสถานีใกล้เคียงปริมาณอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำจะมีสูงบริเวณสถานีด้านบนที่มีค่าความเค็มสูง (รูปที่ 4-3) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำที่ระดับเหนือพื้นท้องตะกอน 5 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 1,919 – 2,301 ( $2,068 \pm 105$ ) ไมโครโมลต่อกิโลกรัม น้ำทะเล (ตารางที่ 4-3) พบว่าค่าต่ำสุด พบที่สถานีที่ 3 และบริเวณที่มีค่าสูงสุด อยู่บริเวณกลางอ่าวไทย (สถานีที่ 35) (รูปที่ 4-3)

เมื่อเปรียบเทียบตามระดับความลึกพบว่าจะมีค่ามากขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายซากอินทรีย์ที่จมลงพื้นทะเลโดยแบคทีเรีย (Zeebe and Wolf-Gladrow, 2001) และบริเวณพื้นที่ชายฝั่งมีค่าอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำน้อยกว่าทั้งในระดับผิวน้ำและพื้นน้ำทะเล เนื่องจากการปริมาณสารอาหารมีเพียงพอทำให้มีการใช้อินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำโดยสิ่งมีชีวิต



รูปที่ 4-3 การกระจายตัวของอนินทรีย์คาร์บอนในน้ำทะเลอ่าวไทย

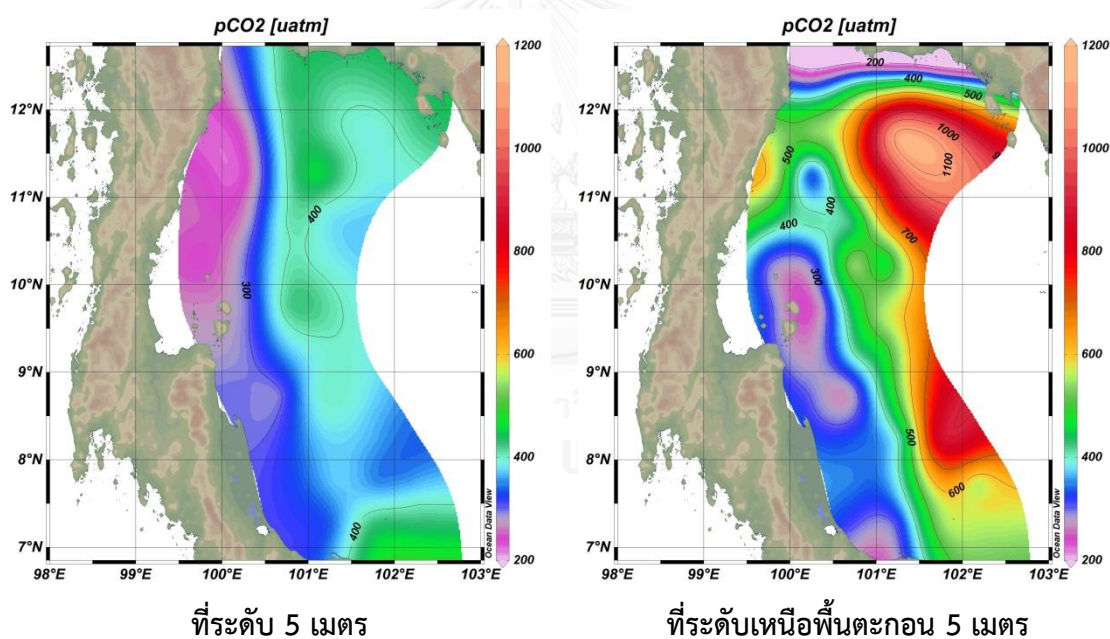
#### 4.1.5 ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเล

ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณผิวน้ำทะเลที่ระดับ 5 เมตร อยู่ในช่วง 229 – 466 ( $354 \pm 63$ ) ไมโครแอทโมสเฟียส์ ( $\mu\text{atm}$ ) (ตารางที่ 4-2) พื้นที่ที่พบว่าความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวน้ำทะเล มีค่ามากกว่าค่าความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ จะอยู่บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด และกลางอ่าวไทย และบริเวณที่มีค่าความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวน้ำทะเล มีค่าน้อยกว่าความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ จะพบอยู่บริเวณชายฝั่งภาคใต้ฝั่งตะวันออก (รูปที่ 4-4) ค่าความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ใช้ในการศึกษานี้ คิดที่ 395 ไมโครแอทโมสเฟียส์ ซึ่งเป็นค่าความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจากสถานีตรวจวัดในฮาวาย ในปี 2556 และเป็นค่าที่นำมาใช้คำนวณฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณผิวน้ำทะเล เพื่อศึกษาแหล่งกักเก็บหรือแหล่งปลดปล่อยในอ่าวไทย

จากการคำนวณ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในอ่าวไทยเป็นแหล่งกักเก็บของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Kempe and Pegler (1991) ที่พบว่าชายฝั่งของทะเลเหนือมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศละลายลงสู่ทะเลในปริมาณ 3.7 มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวัน ( $\text{mmole}/\text{m}^2/\text{d}$ ) และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายลงป็นีถูกนำไปใช้ในระบบจากกระบวนการ

สังเคราะห์แสงของพืช สำหรับชายฝั่งในทวีปยุโรปส่วนใหญ่ จะพบว่ามีค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ (200  $\mu\text{atm}$ ) ซึ่งต่ำกว่าในบรรยากาศ (Borges et al., 2005)

ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำที่ระดับเหนือพื้นท้องตะกอน 5 เมตร พบว่ามีค่าอยู่ 250 – 1,156 ( $507 \pm 214$ )  $\mu\text{atm}$  (ตารางที่ 4-3) และการกระจายตัวของความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเล ในแนวตั้งของพื้นที่ที่ศึกษานั้น พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลชั้นล่างที่ลึกมากกว่า 40 เมตร ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 400  $\mu\text{atm}$  สาเหตุความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลผิวหน้ามีค่าน้อยกว่าบริเวณที่เหนือพื้นท้องตะกอน 5 เมตร เนื่องจากบริเวณผิวน้ำมีการสังเคราะห์แสงที่มากกว่าบริเวณท้องน้ำ (Riebesell., 2004) ขณะที่ในที่ลึกมีอัตราการย่อยสลายสูงกว่า จึงทำให้มีผลผลิตของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Henderson et al., 2008)

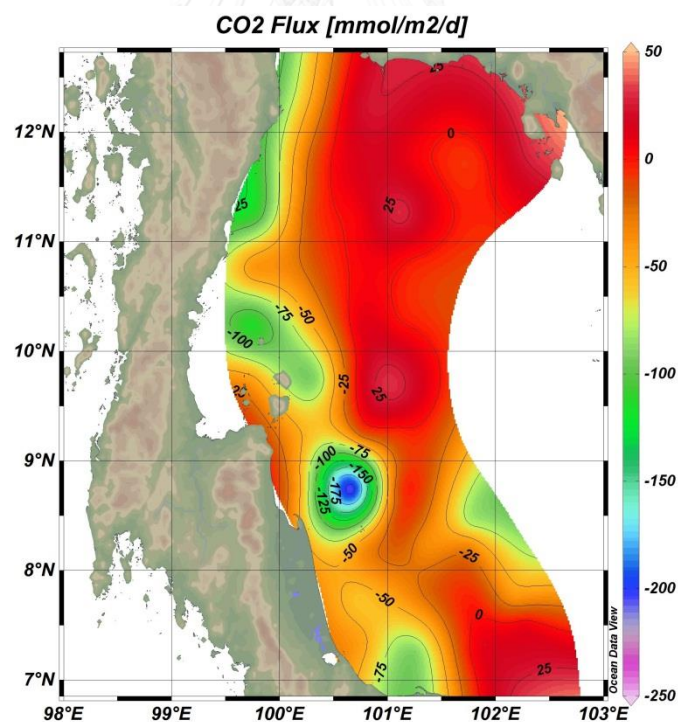


รูปที่ 4-4 การกระจายตัวของความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลอ่าวไทย

#### 4.1.6 พลั๊กซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

นอกจากความแตกต่างของค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำกับในบรรยากาศแล้ว พลั๊กซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณผิวน้ำทะเลยังขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทก๊าซ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์นี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมและอุณหภูมิ (Smith, 1985)

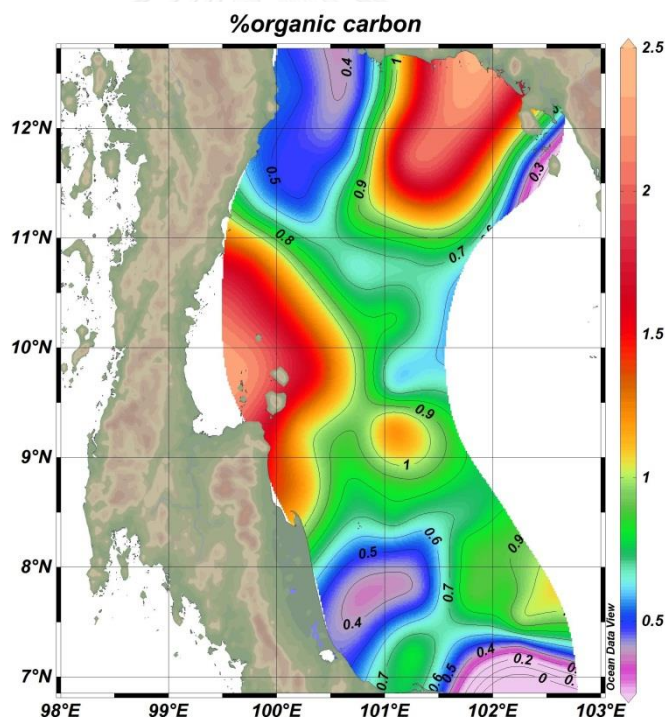
การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างผิวน้ำทะเลกับบรรยากาศในพื้นที่ศึกษามีค่าอยู่ในช่วง (-249) ถึง (+36) มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวัน (ตารางที่ 4-1) หากมีการถ่ายเทจากน้ำทะเลขึ้นสู่อากาศ ค่าฟลักซ์จะมีค่าเป็นบวก ส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณสถานทางด้านบนของพื้นที่ศึกษา ส่วนฟลักซ์ที่ถ่ายเทจากบรรยากาศลงสู่น้ำจะมีค่าเป็นลบ พบบริเวณด้านตะวันตกของอ่าวไทย (รูปที่ 4-5) เมื่อเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่เป็นแหล่งกักเก็บและแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทย พบว่ามีพื้นที่ที่มีการกักเก็บมากกว่าพื้นที่ที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาจกล่าวได้ว่าอ่าวไทยเป็นแหล่งกักเก็บของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่บริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยที่ค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณผิวน้ำน้อยกว่าในอากาศ เมื่อมีลมแรง จะทำให้คลื่นแตก มีพื้นที่ผิวน้ำมากขึ้น ทำให้มีการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงสู่ทะเล ขณะที่บริเวณกลางอ่าวและชายฝั่งชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด จะเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สาเหตุจากการที่ค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ ณ ขณะนั้นมีค่าที่สูงกว่าในอากาศ ซึ่งบริเวณผิวน้ำนั้นขณะนั้นพบว่ามีค่า pH น้อยกว่าในพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันตก มีผลมาจากปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีมากบริเวณผิวน้ำในขณะนั้น



รูปที่ 4-5 การกระจายตัวของฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถ่ายเทระหว่างผิวน้ำทะเลกับบรรยากาศในอ่าวไทย

#### 4.1.7 คาร์บอนในดินตะกอนอ่าวไทย

อินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนอ่าวไทย พบอยู่ในช่วง 0.33 – 2.30 ( $0.94 \pm 0.50$ ) เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4-1) ค่าอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนบริเวณใกล้ชายฝั่งชุมพรและระยองมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากสารอินทรีย์ที่ปะปนมากับน้ำท่าประกอบกับลักษณะดินตะกอนที่มีความละเอียดสูงกว่าที่อื่น ทำให้สะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนได้มาก (รูปที่ 4-6) ไม่เพียงแต่ตะกอนอินทรีย์ที่มาจาก การพัดพามาจากมวลน้ำจืดเท่านั้นที่มีผลต่อค่าอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนในอ่าวไทย ปริมาณแพลงก์ตอนก็มีผลอย่างมากต่อการเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนด้วย (Rubino et al., 2013) พื้นที่ที่มีค่าอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนสูง เป็นพื้นที่เดียวกับที่พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงเช่นกัน และลักษณะดินตะกอนในอ่าวไทยส่วนใหญ่ มีลักษณะเป็นเนื้อเลนละเอียดและมีความสมบูรณ์ของสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ตกตะกอนลงมาทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนไม่แตกต่างกันมากในแต่ละพื้นที่ (เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ และคณะ, 2556)

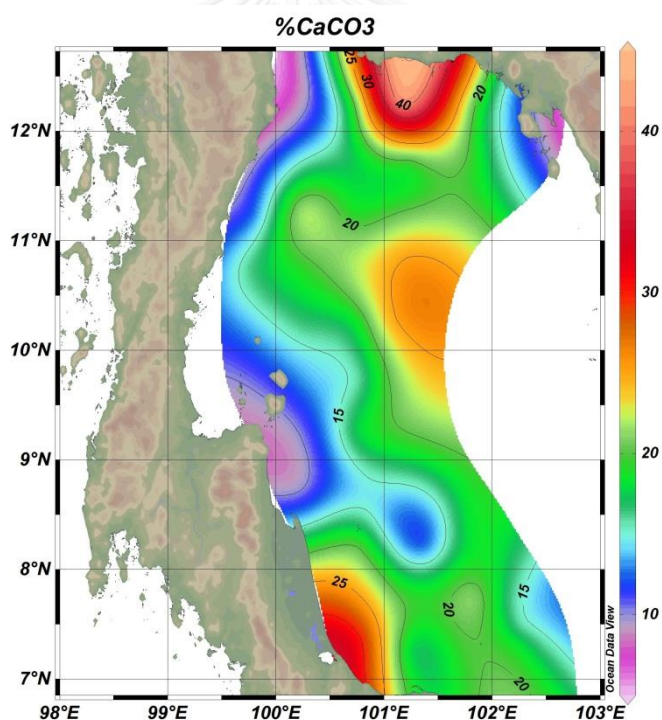


รูปที่ 4-6 การกระจายตัวของอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนอ่าวไทย

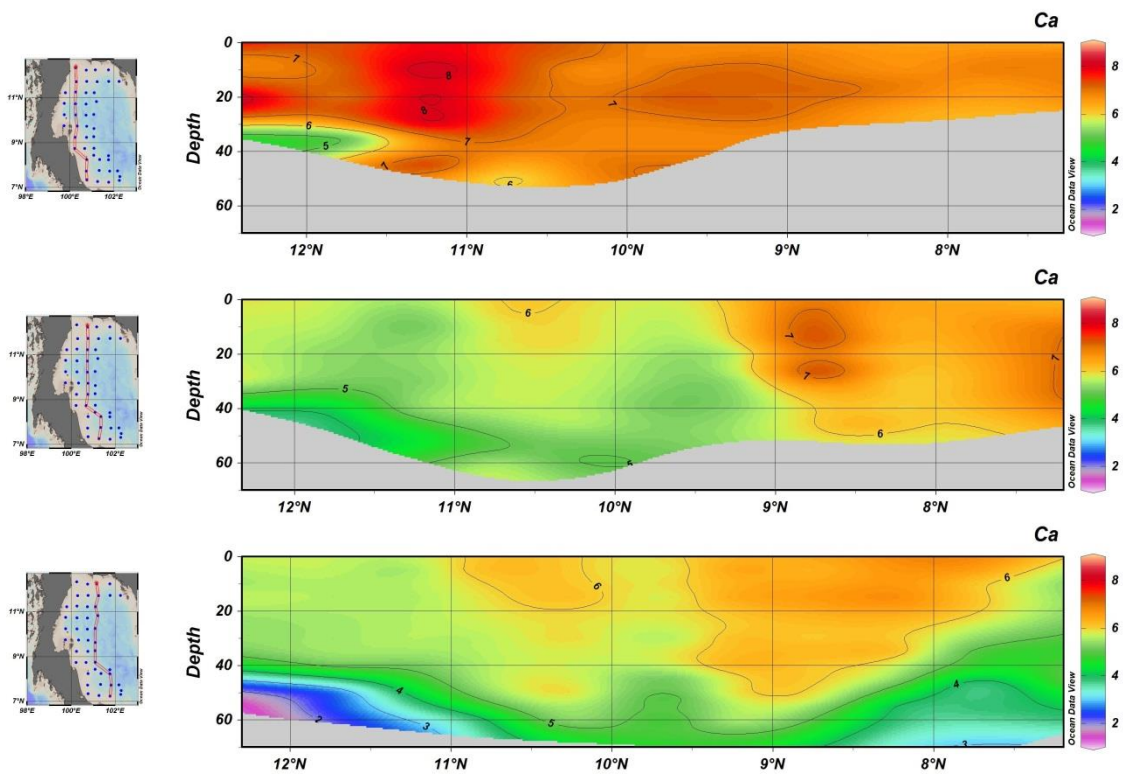
#### 4.1.8 แคลเซียมคาร์บอเนต

แคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอนอ่าวไทย พบอยู่ในช่วง 8.9 – 43.2 ( $18.16 \pm 6.00$ ) เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4-1) โดยจะพบค่าแคลเซียมคาร์บอเนตสูงบริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย (รูปที่ 4-7) เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการเลี้ยวหยอในพื้นที่ยฝั่งเป็นจำนวนมาก ทำให้เปลือกหอยมีการกระจายตัวอยู่ในดินตะกอนมาก และส่งผลให้เปอร์เซ็นต์แคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอนมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้แหล่งที่มาดังกล่าวแล้ว การตกทับถมของสิ่งมีชีวิตที่มีโครงร่างแข็งเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ดินตะกอนมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูง

และเนื่องจากอ่าวไทยมีค่าการอิ่มตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่สูง (ดูข้อมูลในภาคผนวก ค) ทำให้สิ่งมีชีวิตที่สร้างโครงร่างแข็งที่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต สามารถดึงเอาคาร์บอเนตไอออนและแคลเซียมไอออนในน้ำไปใช้ได้ง่าย



รูปที่ 4-7 การกระจายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอนอ่าวไทย



รูปที่ 4-8 ค่าอิ่มตัว (degree of saturation) ของแคลเซียมคาร์บอเนตตามความลึกในอ่าวไทย (ถ้าค่ามากกว่า 1 หมายถึง มีความอิ่มตัวอย่างยอดเยี่ยม)

จากรูปที่ 4-8 ค่าอิ่มตัว (degree of saturation) ของแคลเซียมคาร์บอเนตตามความลึกในอ่าวไทย มีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันในที่ซึ่งอุณหภูมิลดลงและความดันเพิ่มขึ้น การละลายของแคลไซต์และอราโกไนต์จะเพิ่มขึ้น และอราโกไนต์จะละลายมากกว่าแคลไซต์เสมอ (Libes, 2011) ในอ่าวไทยพบว่าแคลเซียมคาร์บอเนตมีการอิ่มตัวอย่างยอดเยี่ยม (super saturation) ทุกสถานที่ที่เก็บตัวอย่าง และในบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออก ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์แคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอนสูง มีค่าอิ่มตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตของน้ำบริเวณผิวดินตะกอนต่ำ เนื่องจากการนำไปใช้ของสิ่งมีชีวิต และตกตะกอนสะสมอยู่ที่พื้นทะเล

## 4.2 ปากแม่น้ำ

### 4.2.1 ปากแม่น้ำบางปะกง

ผลการศึกษารายงานไว้ในตารางที่ 4-4 ภาพรวมฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของปากแม่น้ำบางปะกงในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จาก รูปที่ 4-9 อุณหภูมิของปากแม่น้ำบางปะกงในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้วันที่ 20 สิงหาคม 2557 มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือวันที่ 17 พฤศจิกายน 2557 เล็กน้อยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามฤดูมรสุม

จากปริมาณน้ำจากแม่น้ำปริมาณมากในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้สารอินทรีย์ถูกพัดพาออกมาไกลจากปากแม่น้ำ ทำให้ส่วนที่มีการย่อยสลายถูกพัดออกมา ส่งผลให้ความเค็มต่ำ อัลคาลินิตีและอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ มีค่าต่ำกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ค่าคลอโรฟิลล์เอบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าต่ำกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากปริมาณน้ำจากแม่น้ำที่ไหลออกมามากกว่าทำให้ปริมาณของสารอาหารออกไปไกลจากปากแม่น้ำทำให้ค่าคลอโรฟิลล์เอ มีน้อยกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และเนื่องจากแม่น้ำและน้ำทะเลมาชนกันที่บริเวณปากแม่น้ำทำให้มวลน้ำมีการผสมกันบริเวณรอยต่อของน้ำทะเลและน้ำจืดทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือสูงบริเวณรอยต่อของปากแม่น้ำ

ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าต่ำกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และบริเวณด้านในปากแม่น้ำในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าสูงกว่าด้านทะเล ในขณะที่ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าน้อยกว่าด้านทะเล เนื่องจากรอยต่อระหว่างน้ำจากแม่น้ำและน้ำทะเลมีการผสมกันบริเวณด้านทะเล ประกอบกับอุณหภูมิต่ำทำให้ก๊าซละลายได้ดี

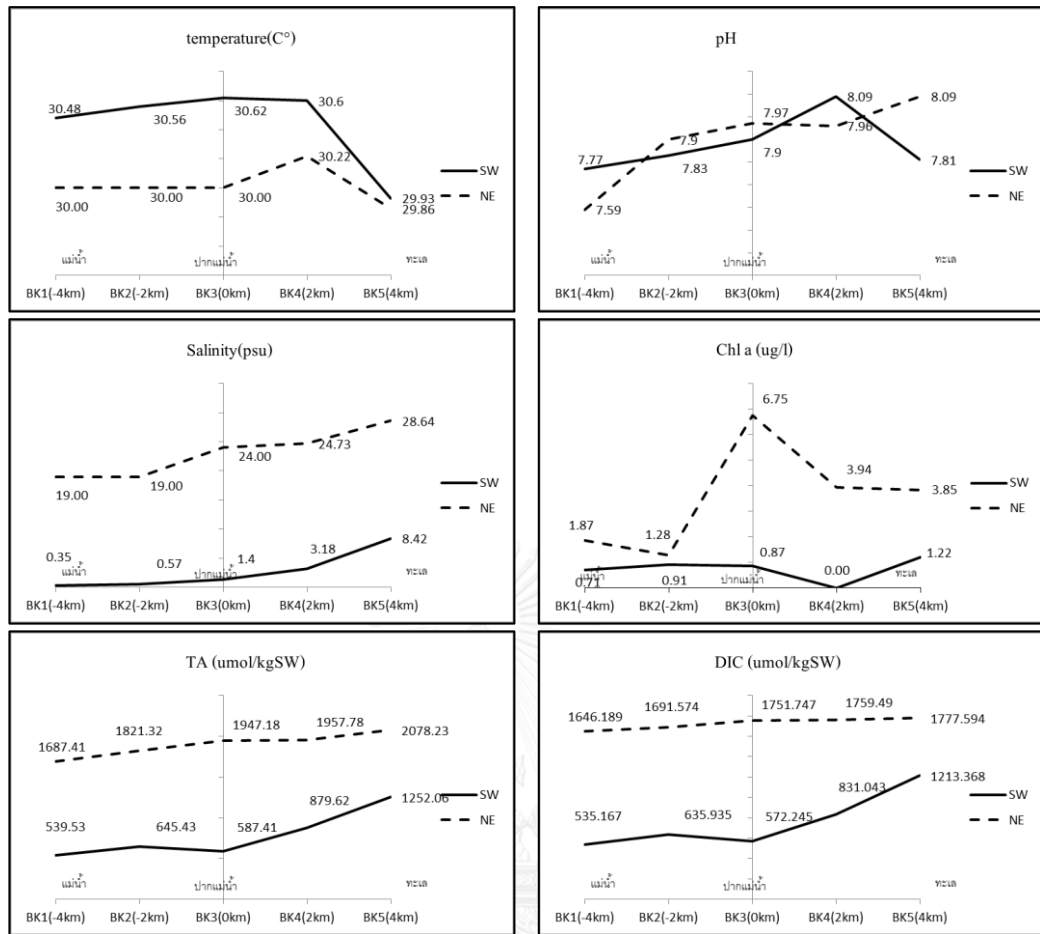
ในการศึกษาครั้งนี้ ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าน้อยกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากอัตราแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวน้ำทะเลยังขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิและความเร็วลม ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีความเร็วลมมากกว่าฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้ค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูง ประกอบกับความเร็วลมทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากกว่า (Wanninkhof et al., 1993) ถ้าลมพัดแรงก็จะส่งผลให้ผิวน้ำแตกตัวเป็นฟองทำให้การถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดได้มาก (รูปที่ 4-10)



**ตารางที่ 4-4** อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$  fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต (% $\text{CaCO}_3$ ) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW monsoon) และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE monsoon) ของปากแม่น้ำบางปะกง

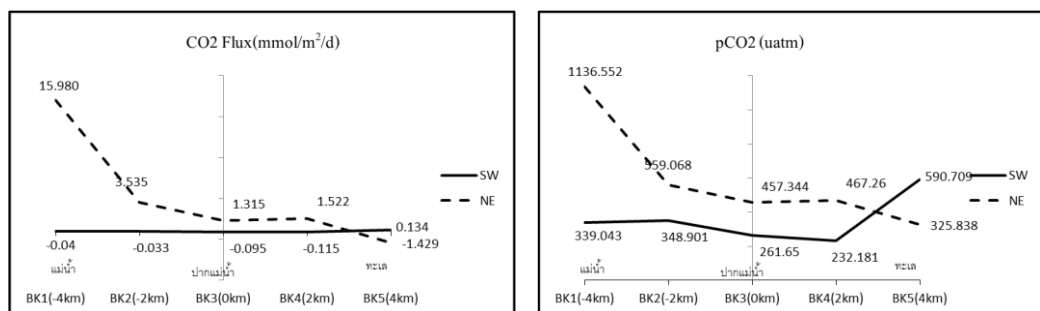
Parameter		SW monsoon (20 Aug 2014)	NE monsoon (17 Nov 2014)
Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	Average $\pm$ SD	30.44 $\pm$ 0.29	30.02 $\pm$ 0.13
	Min – Max	29.93 – 30.62	29.86 – 30.22
pH	Average $\pm$ SD	7.88 $\pm$ 0.12	7.90 $\pm$ 0.19
	Min – Max	7.77 – 8.09	7.59 – 8.09
Salinity	Average $\pm$ SD	2.78 $\pm$ 1.28	23.10 $\pm$ 4.12
	Min – Max	0.35 – 8.42	19.00 – 28.64
Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Average $\pm$ SD	0.74 $\pm$ 0.45	3.53 $\pm$ 2.14
	Min – Max	0.00 – 1.22	1.28 – 6.75
TA ( $\mu\text{mole/kg}$ )	Average $\pm$ SD	780 $\pm$ 294	1,898 $\pm$ 149
	Min – Max	539 – 1,252	1,687 – 2,078
DIC ( $\mu\text{mole/kg}$ )	Average $\pm$ SD	758 $\pm$ 279	1,725 $\pm$ 55
	Min – Max	535 – 1,213	1,646 – 1,777
$p\text{CO}_2$ ( $\mu\text{atm}$ )	Average $\pm$ SD	355 $\pm$ 141	554 $\pm$ 263
	Min – Max	232 – 590	325 – 1136
$\text{CO}_2$ fluxes ( $\text{mmole/m}^2/\text{d}$ )	Average $\pm$ SD	(-0.11) $\pm$ 0.10	4.18 $\pm$ 6.82
	Min – Max	(-0.03) – 0.13	(-1.43) – 15.98
%Organic Carbon <sup>#</sup>	Average $\pm$ SD	1.64 $\pm$ 0.14	1.68 $\pm$ 0.15
	Min – Max	1.47 – 1.82	1.44 – 1.85
% $\text{CaCO}_3$ <sup>#</sup>	Average $\pm$ SD	3.28 $\pm$ 0.49	2.80 $\pm$ 0.37
	Min – Max	2.63 – 4.02	2.43 – 3.41
Windspeed (m/s)	Average	0.5	2.87

หมายเหตุ : # ดินตะกอน



รูปที่ 4-9 กราฟแสดงอุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ตามระยะทางจากปากแม่น้ำบางปะกง

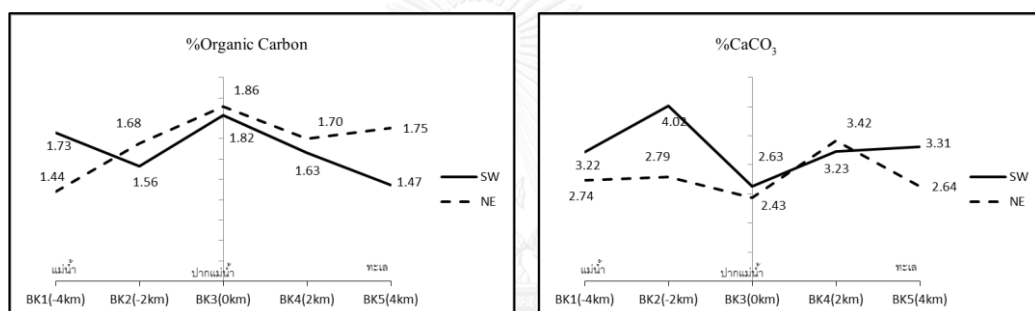
CHULALONGKORN UNIVERSITY



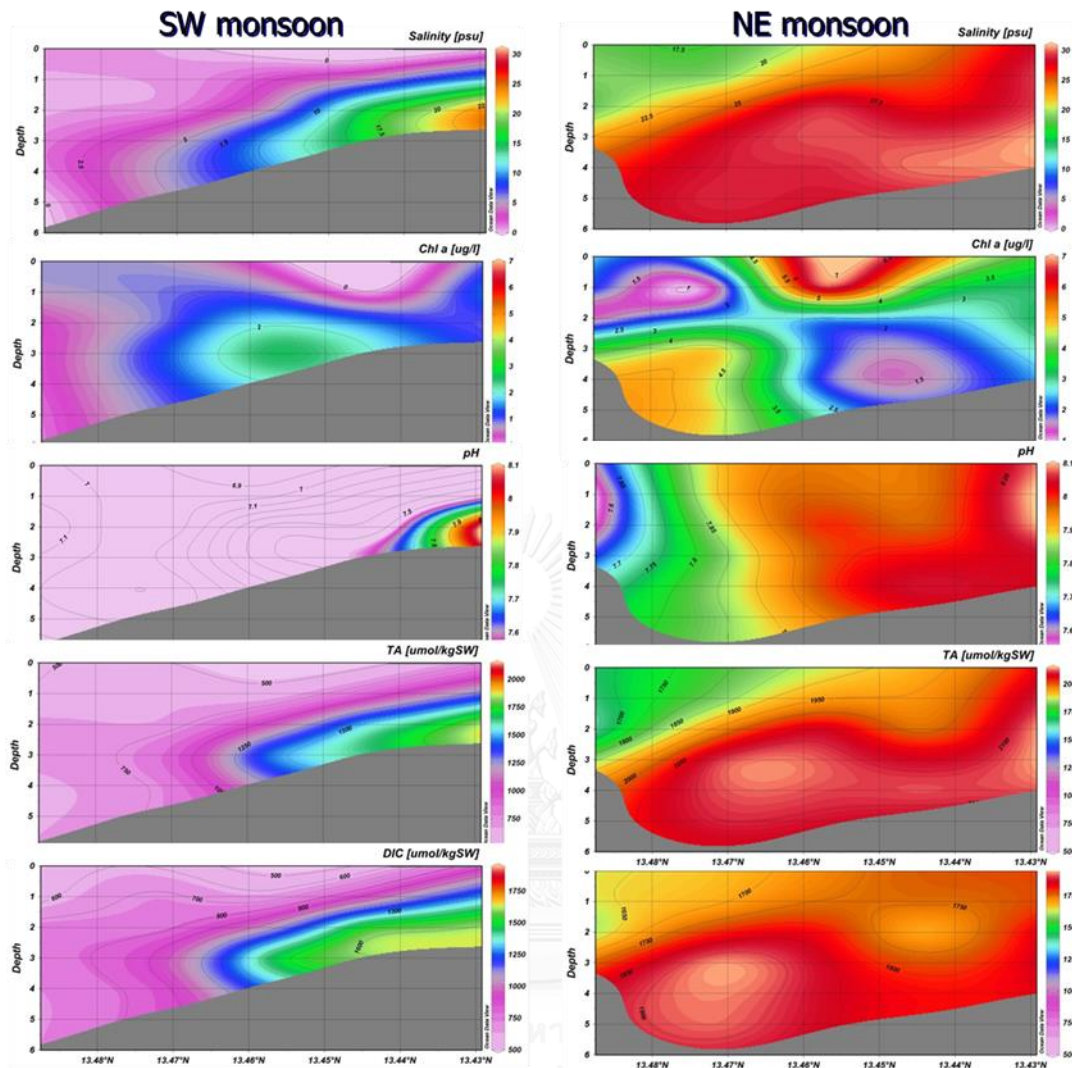
รูปที่ 4-10 กราฟแสดงความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ และฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามระยะทางจากปากแม่น้ำบางปะกง

รูปที่ 4-11 พบว่าการกระจายของเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในตะกอนมีรูปแบบการกระจายที่ไม่คงที่ เนื่องจากมีการถล่มและพัดพาตะกอนตลอดเวลาทำให้ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จากรูปที่ 4-12 จะเห็นได้ว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีปริมาณน้ำจากแม่น้ำออกมามาก ส่วนน้ำทะเลก็รุกเข้ามาทำให้ค่าคลอโรฟิลล์เอมีสูงบริเวณลุ่มน้ำเค็ม และในที่ลึกลับค่าอัลคาไลน์และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำมีค่าสูงเนื่องจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ส่วนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือปริมาณน้ำทะเลมีการรุกเข้ามาทำให้ค่าคลอโรฟิลล์เอมีสูงบริเวณผิวน้ำ และน้ำบริเวณเหนือพื้นดินตะกอนพบว่ามีค่าอัลคาไลน์และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำสูง เนื่องจากเกิดจากย่อยสลายของสารอินทรีย์



รูปที่ 4-11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอนตามระยะทางจากปากแม่น้ำบางปะกง



รูปที่ 4-12 กราฟแสดงค่า ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), pH, อัลคาไลน์ตี (TA), และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตามระยะทางจากปากแม่น้ำบางปะกง

#### 4.2.2 ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

ผลการศึกษารายงานไว้ในตารางที่ 4-5 ภาพรวมฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของปากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศในสองฤดู โดยฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ปลดปล่อยมากกว่าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

จากรูปที่ 4-13 อุณหภูมิของปากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้วันที่ 19 สิงหาคม 2557 มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือวันที่ 20 พฤศจิกายน 2557 เล็กน้อยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามฤดูมรสุม

ปากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ น้ำจากแม่น้ำลงทะเลมากทำให้ความเค็มต่ำ ส่วนสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายถูกพัดออกมาถึงปากแม่น้ำ ทำให้ค่าอัลคาลินิตี้ อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ และคลอโรฟิลล์เอมีค่าสูงบริเวณปากแม่น้ำ ในขณะที่ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือปริมาณน้ำจากแม่น้ำน้อยกว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้น้ำทะเลมีการรุกเข้าไปในปากแม่น้ำ ส่งผลให้ค่าอัลคาลินิตี้และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าต่ำ

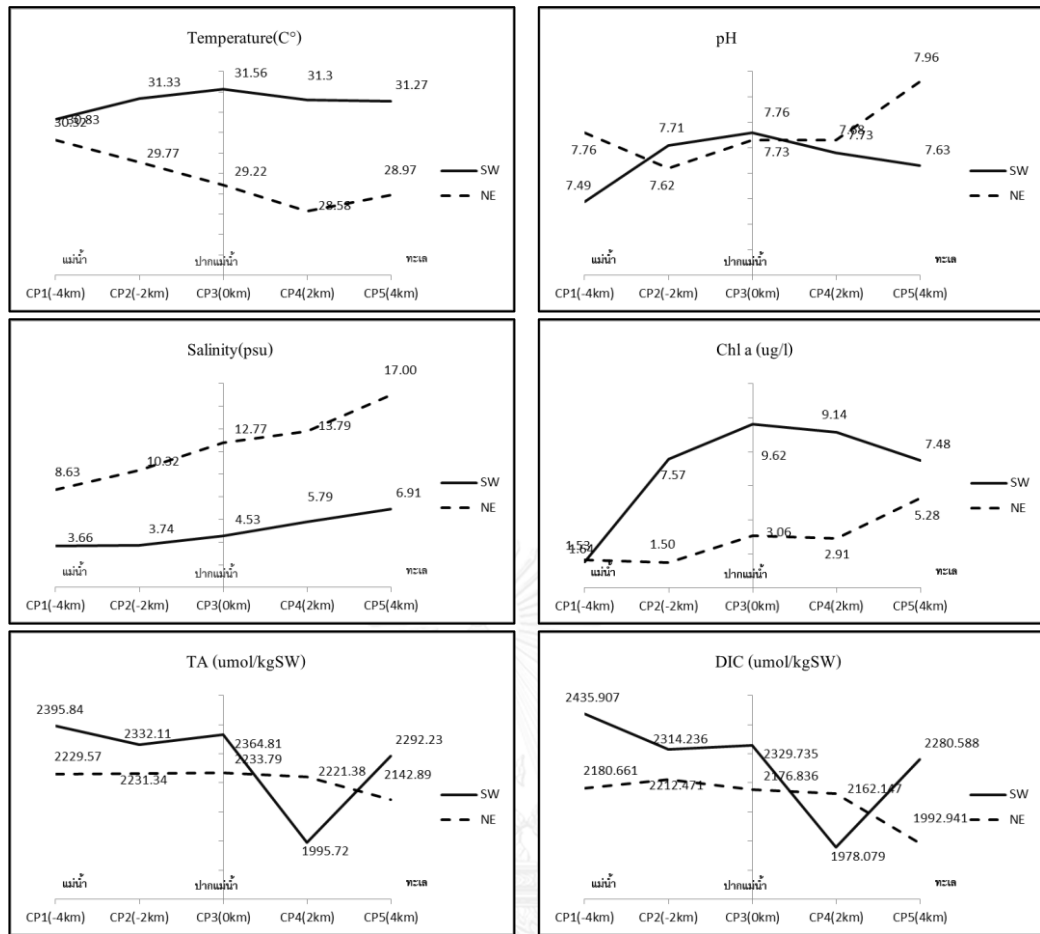
ด้านในของปากแม่น้ำมีความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำสูงกว่าด้านทะเล ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณผิวน้ำทะเลนั้นถูกควบคุมด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เคมีและฟิสิกส์ในน้ำทะเล (Takahashi et al., 1993) ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเนื่องจากปริมาณน้ำท่าไหลออกมามากในช่วงเวลาที่ศึกษา ส่งผลให้ค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่ามากกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากอัตราแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวน้ำทะเล ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิและความเร็วลม ขณะเก็บตัวอย่างในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีความเร็วลมมากกว่าขณะที่เก็บตัวอย่างในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูง ประกอบกับความเร็วลมทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากกว่า (Wanninkhof et al., 1993) ถ้าลมพัดแรงก็จะส่งผลให้ผิวน้ำแตกตัวเป็นฟองทำให้การถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดได้มาก (รูปที่ 4-14)

ตารางที่ 4-5 อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$  fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต (% $\text{CaCO}_3$ ) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW monsoon) และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE monsoon) ของปากแม่น้ำเจ้าพระยา

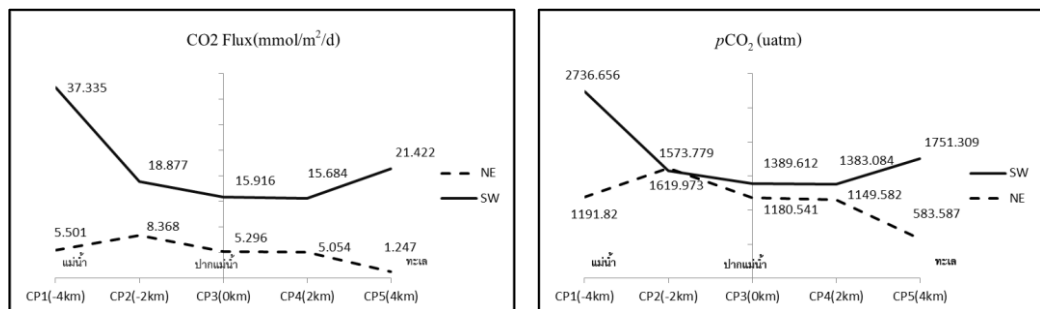
Parameter		SW monsoon (19 Aug 2014)	NE monsoon (20 Nov 2014)
Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	Average $\pm$ SD	31.26 $\pm$ 0.26	29.37 $\pm$ 0.68
	Min – Max	30.38 – 31.56	28.58 – 30.32
pH	Average $\pm$ SD	7.65 $\pm$ 0.10	7.76 $\pm$ 0.12
	Min – Max	7.49 – 7.76	7.62 – 7.96
Salinity	Average $\pm$ SD	4.95 $\pm$ 1.40	12.50 $\pm$ 3.23
	Min – Max	3.66 – 6.91	8.63 – 17.00
Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Average $\pm$ SD	7.07 $\pm$ 3.23	2.88 $\pm$ 1.51
	Min – Max	1.53 – 9.62	1.50 – 5.28
TA ( $\mu\text{mole/kg}$ )	Average $\pm$ SD	2,276 $\pm$ 161	2,212 $\pm$ 39
	Min – Max	1,996 – 2,396	2,143 – 2,234
DIC ( $\mu\text{mole/kg}$ )	Average $\pm$ SD	2,268 $\pm$ 172	2,145 $\pm$ 87
	Min – Max	1,978 – 2,436	1,993 – 2,212
$p\text{CO}_2$ ( $\mu\text{atm}$ )	Average $\pm$ SD	1,767 $\pm$ 506	1,145 $\pm$ 357
	Min – Max	1,383 – 2,737	584 – 1,619
$\text{CO}_2$ fluxes ( $\text{mmole/m}^2/\text{d}$ )	Average $\pm$ SD	21.84 $\pm$ 9.00	5.10 $\pm$ 2.53
	Min – Max	15.68 – 37.33	1.25 – 8.36
%Organic Carbon <sup>#</sup>	Average $\pm$ SD	1.47 $\pm$ 0.31	1.74 $\pm$ 0.43
	Min – Max	2.37 – 3.31	1.13 – 2.07
% $\text{CaCO}_3$ <sup>#</sup>	Average $\pm$ SD	2.96 $\pm$ 0.42	3.57 $\pm$ 0.41
	Min – Max	1.25 – 8.36	3.06 – 4.05
Windspeed (m/s)	Average	2.38	1.59

หมายเหตุ : # ดินตะกอน



รูปที่ 4-13 กราฟแสดงอุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ตามระยะทางจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา

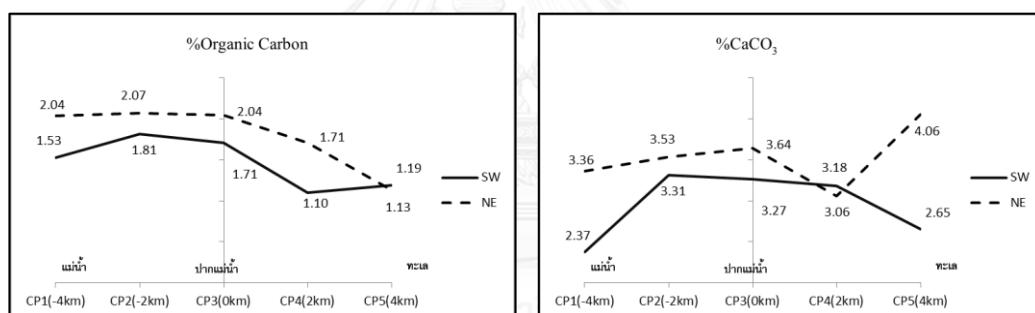
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-14 กราฟแสดงค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ และฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามระยะทางปากแม่น้ำเจ้าพระยา

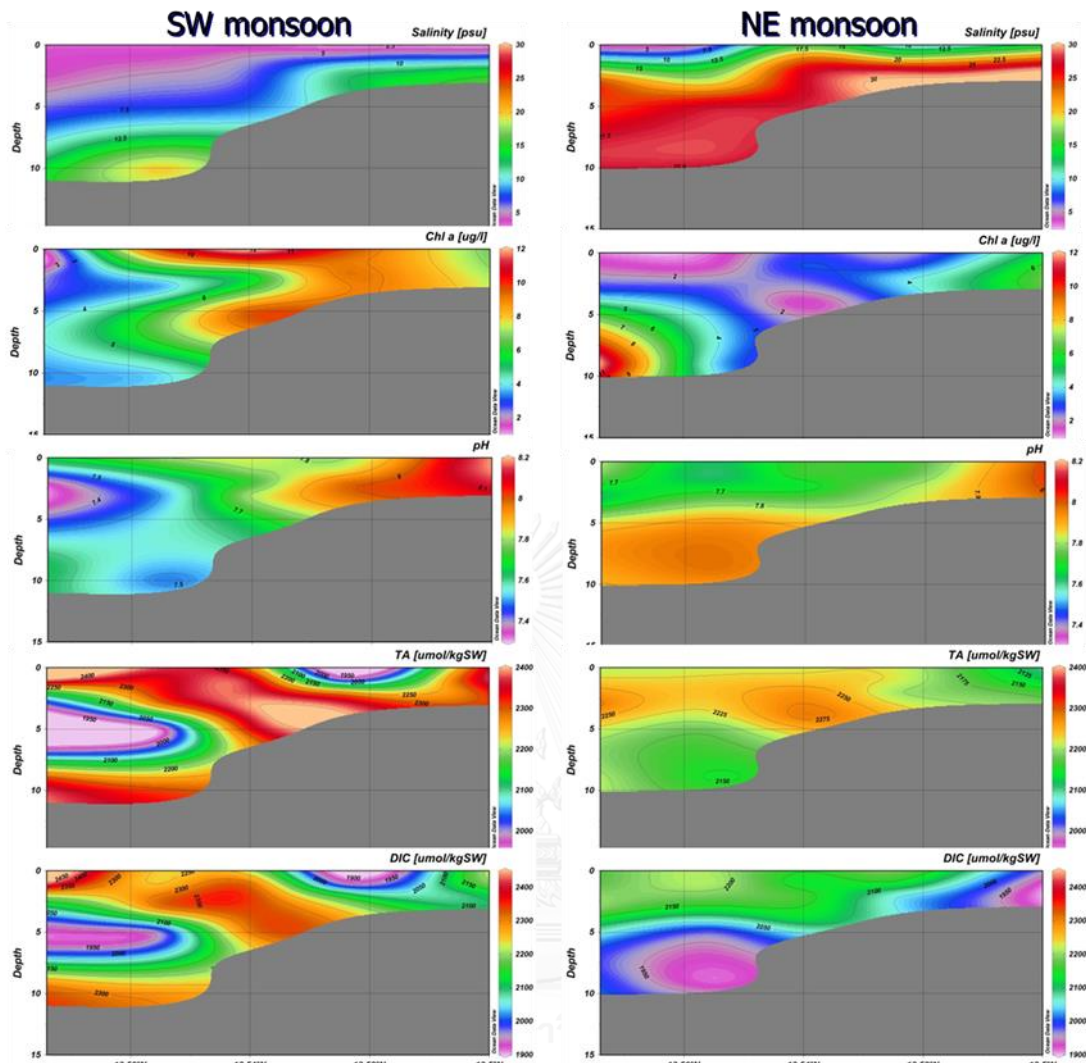
จากรูปที่ 4-15 พบว่าการกระจายของเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนจะมีการสะสมบริเวณด้านในปากแม่น้ำและลดลงเมื่อออกมาจากปากแม่น้ำ เนื่องจากในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือปริมาณน้ำที่ไหลช้ากว่า ทำให้ตะกอนมีการทับถมด้านในมากกว่าฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แคลเซียมคาร์บอเนตในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่ามากกว่าฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ สาเหตุจากการที่น้ำทะเลรุกเข้ามามากในแม่น้ำและพาตะกอนคาร์บอเนตในน้ำเข้ามาทับถมบริเวณปากแม่น้ำ

จากรูปที่ 4-16 จะเห็นได้ว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีปริมาณน้ำจากแม่น้ำมีมากน้ำทะเลแทรกอยู่ด้านล่าง แต่เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความลึกไม่มากนัก ทำให้ค่าอัลคาไลน์ดี อินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ คลอโรฟิลล์เอ มีการผสมกันบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ ในขณะที่ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ น้ำทะเลรุกเข้าไปด้านในแม่น้ำทำให้ค่าอัลคาไลน์ดี อินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำมีมากบริเวณผิวน้ำ จากการพัดพาอินทรีย์คาร์บอนที่มีการย่อยสลายในปากแม่น้ำ พบค่าคลอโรฟิลล์เอสูงบริเวณด้านในแม่น้ำ บริเวณที่ลึก อาจถูกพาเข้าไปโดยน้ำทะเลที่แทรกตัวอยู่ด้านล่างน้ำจากแม่น้ำ



รูปที่ 4-15 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในดินตะกอนตามระยะทางจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา





รูปที่ 4-16 กราฟแสดงค่า ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), pH, อัลคาลินิตี (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามระยะทางจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา

### 4.2.3 แม่ น้ำ ทำ จีน

ผลการศึกษารายงานไว้ในตารางที่ 4-6 ภาพรวมพลั๊กซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของปากแม่น้ำท่าจีนมีเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศในสองฤดู โดยฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ปลดปล่อยมากกว่าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

อุณหภูมิของปากแม่น้ำท่าจีนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้วันที่ 18 สิงหาคม 2557 มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือวันที่ 21 พฤศจิกายน 2557 เล็กน้อยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามฤดูมรสุม

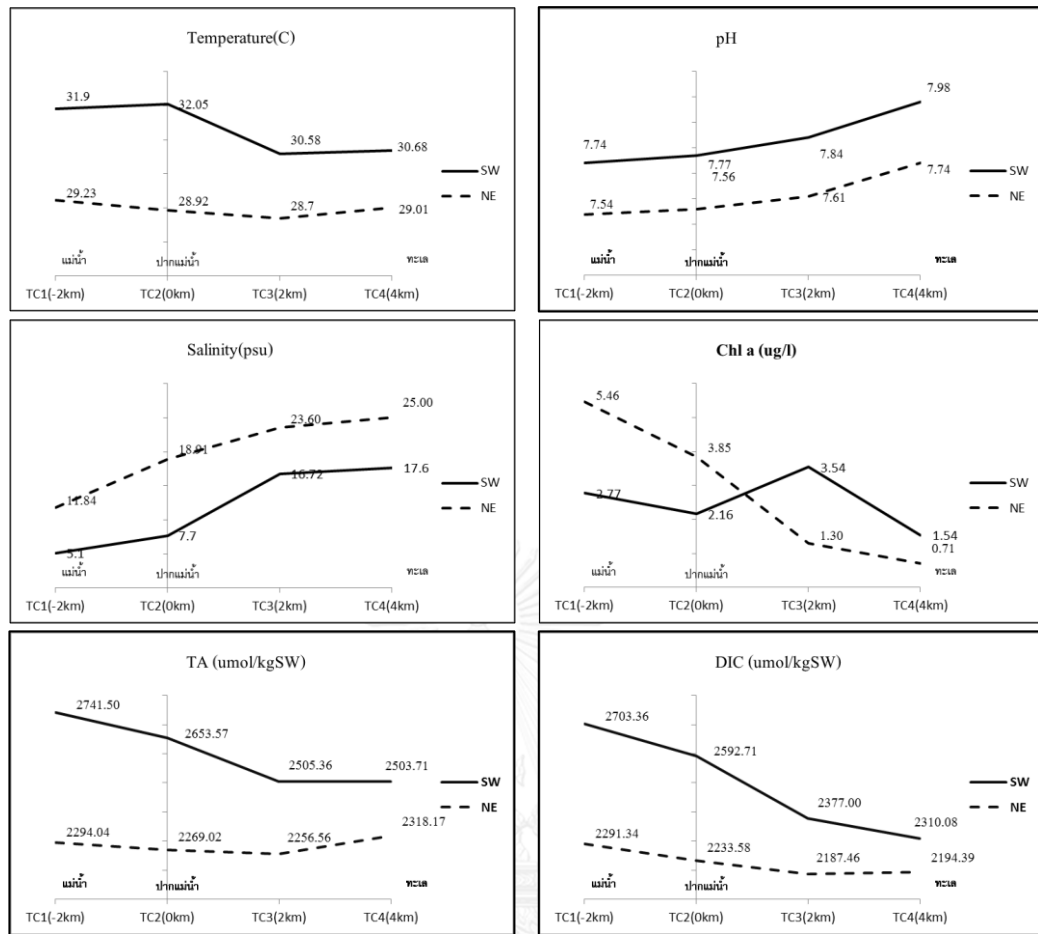
ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าความเค็มต่ำ ในขณะที่ค่าอัลคาลินิตีและอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำของปากแม่น้ำท่าจีน มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนค่าอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำในทั้งสองฤดูมีค่าสูงในสถานีในแม่น้ำ และมีค่าต่ำลงเมื่อออกสู่ทะเล เนื่องจากอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำในน้ำปากแม่น้ำด้านในจะสูงกว่าด้านทะเล เพราะมีสารอินทรีย์สูงกว่า ซึ่งอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ มาจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย (Shiah et al., 2006) และในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำสูงกว่าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีฝนตกมากกว่าจึงชะล้างธาตุอาหารรวมไปถึงของเสียจากการเกษตรลงสู่มวลน้ำมากกว่า อีกทั้งอุณหภูมิที่สูงกว่า จึงมีการย่อยสลายสารอินทรีย์มากกว่า ค่าคลอโรฟิลล์เอของปากแม่น้ำท่าจีนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ปริมาณของคลอโรฟิลล์เอในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ไม่ค่อยมีความแตกต่างกันระหว่างสถานี ขณะที่ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ น้ำทะเลรุกเข้ามามากกว่า สถานีที่อยู่ด้านในซึ่งน้ำจะจืดกว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงกว่าในสถานีด้านนอกอย่างเห็นได้ชัด

จากรูปที่ 4-18 ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้านในของปากแม่น้ำมีค่าที่ละลายน้ำสูงกว่าด้านทะเล บริเวณผิวน้ำทะเลนั้นถูกควบคุมด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เคมี และฟิสิกส์ในน้ำทะเล (Takahashi et al., 1993) ปริมาณความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าน้อยกว่าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากปริมาณน้ำท่าไหลออกมามากและความเร็วลมที่มีค่าสูงกว่าในช่วงเวลาที่ศึกษาส่งผลให้ค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าต่ำกว่าในอีกฤดูหนึ่ง

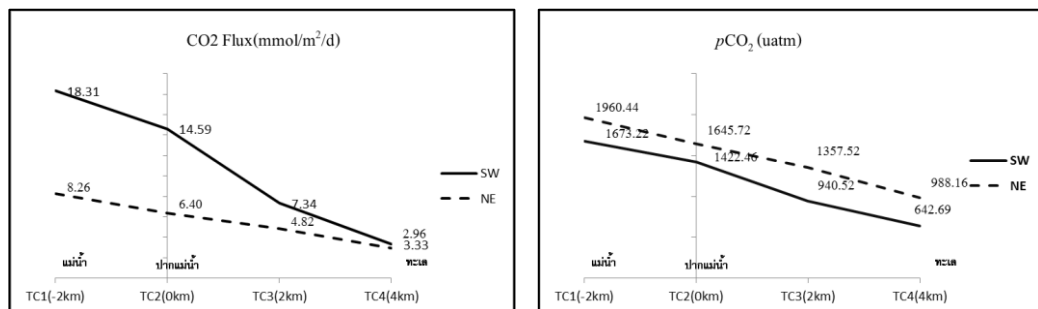
ตารางที่ 4-6 อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$  fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต (% $\text{CaCO}_3$ ) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW monsoon) และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE monsoon) ของปากแม่น้ำท่าจีน

Parameter		SW monsoon (18 Aug 2014)	NE monsoon (21 Nov 2014)
Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	Average $\pm$ SD	31.30 $\pm$ 0.78	28.93 $\pm$ 0.24
	Min – Max	30.58 – 31.91	28.61 – 29.23
pH	Average $\pm$ SD	7.83 $\pm$ 0.11	7.60 $\pm$ 0.07
	Min – Max	7.74 – 7.98	7.54 – 7.74
Salinity	Average $\pm$ SD	11.78 $\pm$ 6.31	21.22 $\pm$ 5.10
	Min – Max	5.10 – 17.60	11.84 – 25.00
Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Average $\pm$ SD	2.50 $\pm$ 0.86	2.40 $\pm$ 1.85
	Min – Max	1.54 – 2.77	0.71 – 5.46
TA ( $\mu\text{mole/kg}$ )	Average $\pm$ SD	2,601 $\pm$ 117	2,240 $\pm$ 80
	Min – Max	2,504 – 2,742	2,096 – 2,318
DIC ( $\mu\text{mole/kg}$ )	Average $\pm$ SD	2,496 $\pm$ 184	2,176 $\pm$ 95
	Min – Max	2,310 – 2,703	2,014 – 2,291
$p\text{CO}_2$ ( $\mu\text{atm}$ )	Average $\pm$ SD	1,290 $\pm$ 506	1,391 $\pm$ 357
	Min – Max	684 – 1,844	988 – 1,960
$\text{CO}_2$ fluxes ( $\text{mmole/m}^2/\text{d}$ )	Average $\pm$ SD	10.89 $\pm$ 6.80	5.10 $\pm$ 1.95
	Min – Max	3.33 – 18.31	2.96 – 8.26
%Organic Carbon <sup>#</sup>	Average $\pm$ SD	2.23 $\pm$ 0.43	2.35 $\pm$ 0.28
	Min – Max	1.77 – 2.80	2.14 – 2.76
% $\text{CaCO}_3$ <sup>#</sup>	Average $\pm$ SD	5.47 $\pm$ 0.18	9.05 $\pm$ 1.74
	Min – Max	5.23 – 5.65	4.97 – 9.08
Windspeed (m/s)	Average	2.25	1.4

หมายเหตุ : # ดินตะกอน



รูปที่ 4-17 กราฟแสดงอุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ตามระยะทางจากปากแม่น้ำท่าจีน

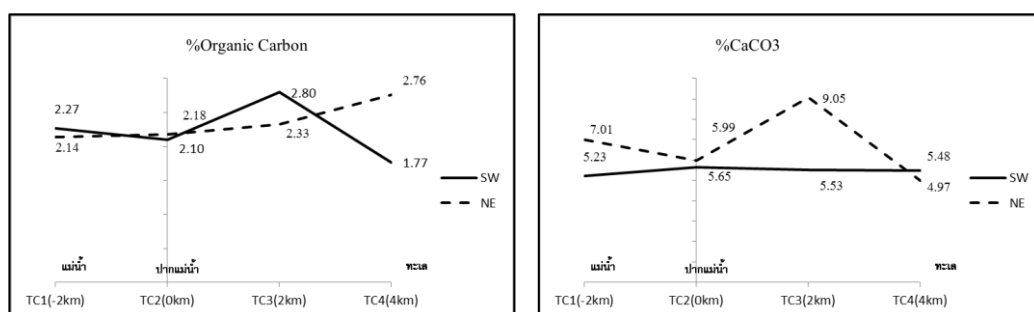


รูปที่ 4-18 กราฟแสดงความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ และฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามระยะทางจากปากแม่น้ำท่าจีน

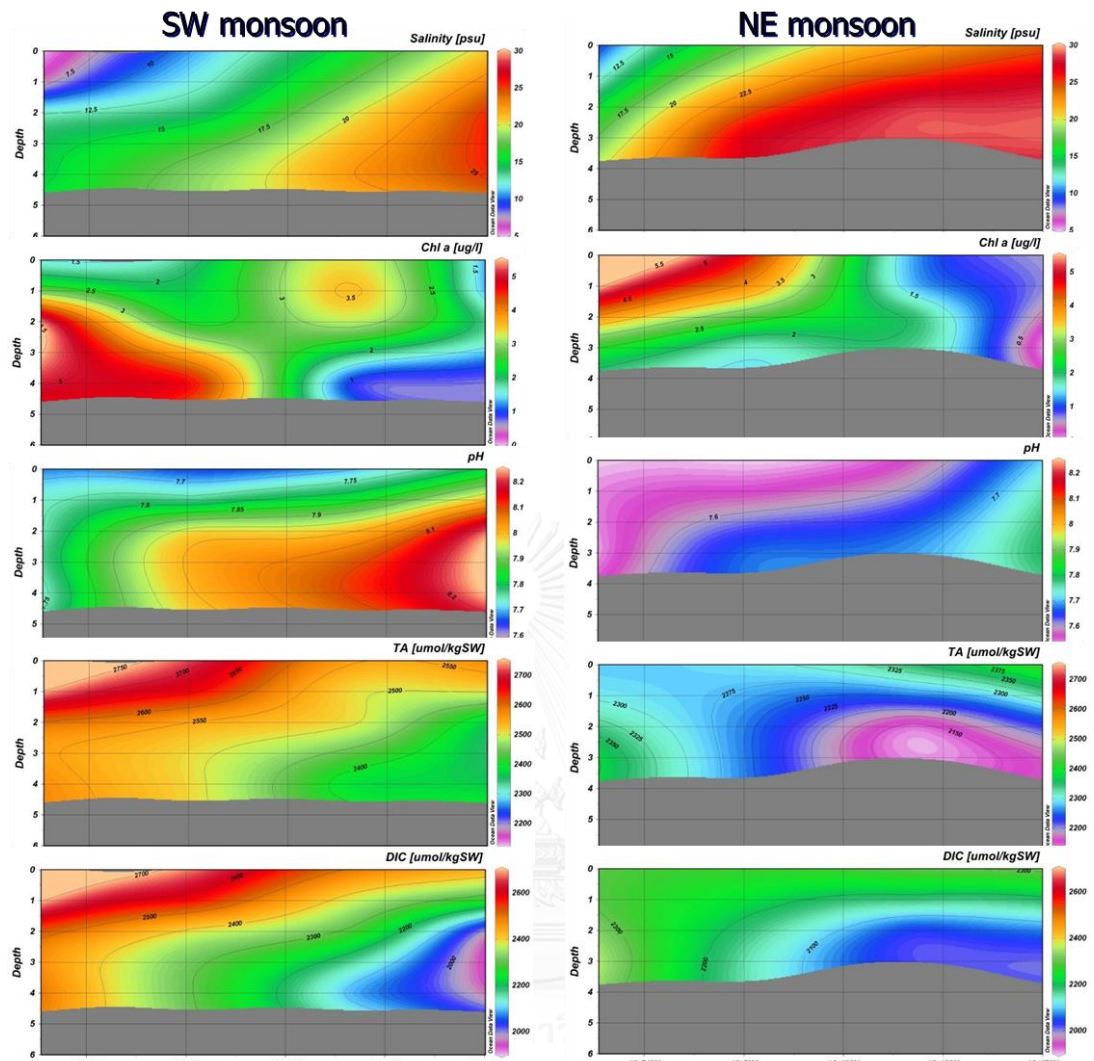
ค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากอัตราแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวน้ำทะเล ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิและความเร็วลม ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อุณหภูมิของน้ำสูง ทำให้ค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูง ประกอบกับความเร็วลมทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากกว่า (Wanninkhof et al., 1993) ถ้าลมพัดแรงก็จะส่งผลให้ผิวน้ำแตกตัวเป็นฟองทำให้การถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดได้มาก อย่างไรก็ตาม ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมักจะมีลมแรง ดังนั้น ค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือน่าจะมีค่าสูงกว่านี้ได้ เนื่องจากในวันที่เก็บตัวอย่างมีความเร็วลมค่อนข้างต่ำ

จากรูปที่ 4-19 พบว่าการกระจายของเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีการสะสมในแต่ละสถานีไม่แตกต่างกัน แต่ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแคลเซียมคาร์บอเนตมีมากกว่าฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เล็กน้อย เนื่องมาจากการรุกเข้าของน้ำทะเลและน้ำพาตะกอนคาร์บอเนตเข้ามาด้วย

จากรูปที่ 4-20 จะเห็นได้ว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีปริมาณน้ำจืดออกมามากทำให้ค่าอัลคาไลน์ดี อินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ และคลอโรฟิลล์เอมีมากอยู่บริเวณด้านในปากแม่น้ำ ขณะที่ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าบริเวณรอยต่อของน้ำจากแม่น้ำและน้ำทะเลเข้าไปอยู่ในแม่น้ำ ทำให้คลอโรฟิลล์เอสูงด้านในแม่น้ำ ค่าอัลคาไลน์ดี อินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ มีมากอยู่บริเวณด้านนอกปากแม่น้ำ แต่จะพบว่าน้ำจากแม่น้ำในที่ลิกมีน้ำที่มี ค่าอัลคาไลน์ดี อินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำสูง แทรกตัวอยู่ด้านล่าง



รูปที่ 4-19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในตะกอนดินตามระยะทางจากปากแม่น้ำท่าจีน



รูปที่ 4-20 กราฟแสดงค่า ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), pH, อัลคาลินิตี (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามระยะทางจากปากแม่น้ำท่าจีน

#### 4.2.4 ปากแม่น้ำแม่กลอง

ผลการศึกษารายงานไว้ในตารางที่ 4-7 ภาพรวมฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของปากแม่น้ำแม่กลองเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศในสองฤดู โดยฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ปลดปล่อยน้อยกว่าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

อุณหภูมิของปากแม่น้ำแม่กลองในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้วันที่ 17 สิงหาคม 2557 มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือวันที่ 23 พฤศจิกายน 2557 เล็กน้อย เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามฤดูมรสุม แต่เนื่องจากประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละฤดูมรสุม จึงทำให้อุณหภูมิมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

แม่น้ำแม่กลองในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าความเค็มต่ำ และเนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลออกมาจากแม่น้ำที่มีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ถูกพัดมาไกลจากปากแม่น้ำ ทำให้ปริมาณของค่าคลอโรฟิลล์เอมีค่าน้อย ในขณะที่ค่าอัลคาไลน์ดี และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากปริมาณน้ำจากแม่น้ำมีมาก และมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในปากแม่น้ำสูง ทำให้ออนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำในปากแม่น้ำด้านในจะสูงกว่าด้านทะเล ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ น้ำทะเลมีการรุกเข้าไปในปากแม่น้ำทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงบริเวณปากแม่น้ำ เนื่องจากสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในแม่น้ำไหลลงมา และมีการผสมผสานกันของมวลน้ำในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

จากรูปที่ 4-22 จะเห็นว่าด้านในของปากแม่น้ำมีค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำสูงกว่าด้านทะเล ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และพบว่าค่าความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้สูงบริเวณด้านในปากแม่น้ำ เป็นผลมาจากค่า pH และความเค็มที่ต่ำกว่าด้านนอก เช่นเดียวกับในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

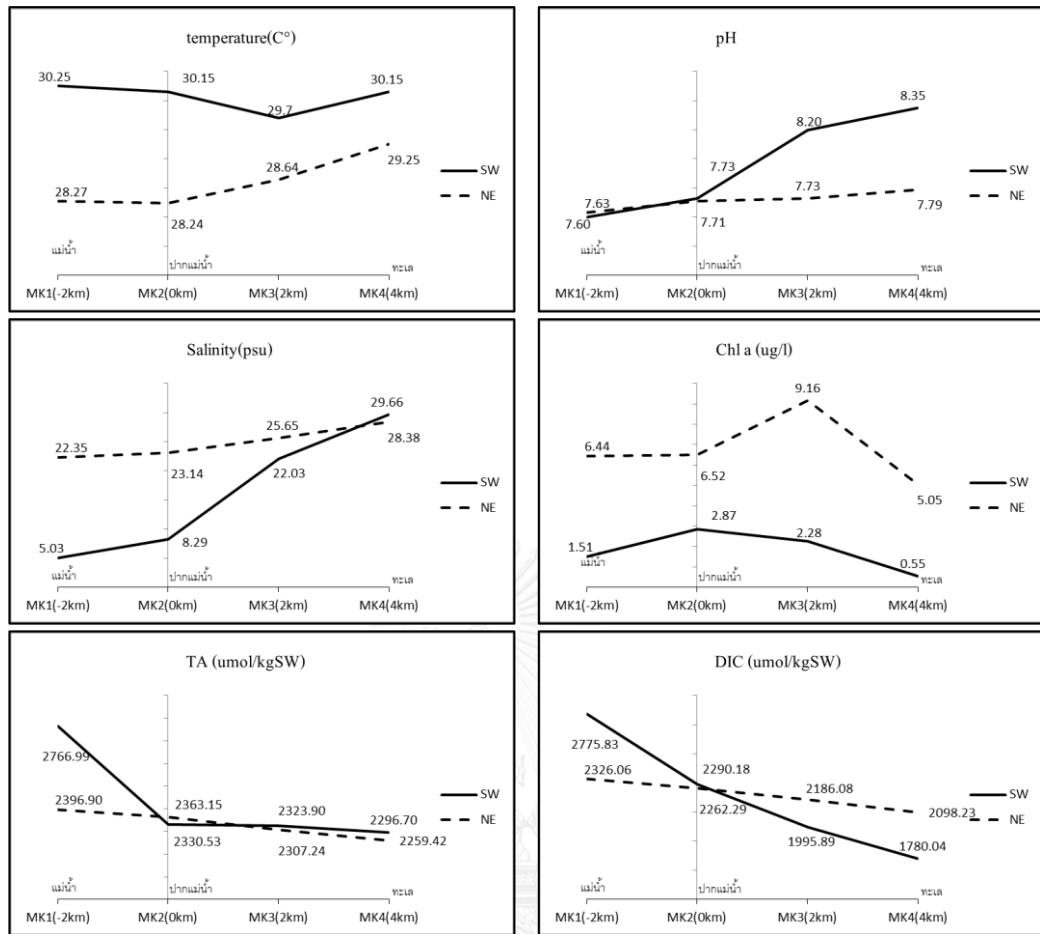
ค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากมีความเร็วลมมากกว่าทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากกว่า ส่งผลค่าฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูง

ตารางที่ 4-7 อุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ความความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $p\text{CO}_2$ ), ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$  fluxes) ที่ผิวน้ำทะเล, สารอินทรีย์ (%Organic Carbon) และแคลเซียมคาร์บอเนต (% $\text{CaCO}_3$ ) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW monsoon) และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE monsoon) ของปากแม่น้ำแม่กลอง

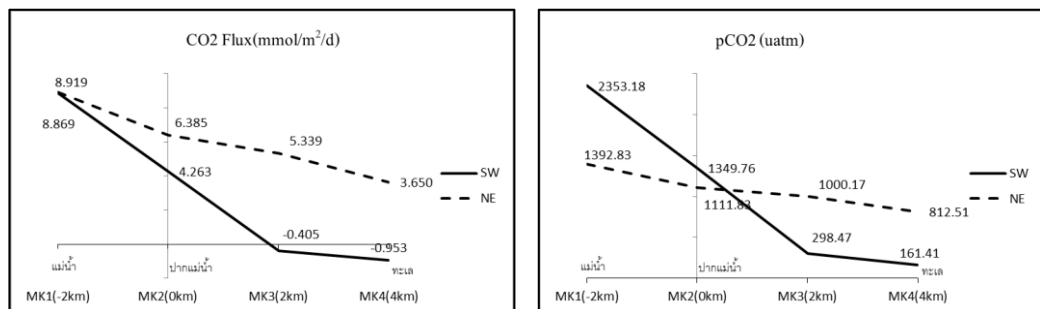
Parameter		SW monsoon (17 Aug 2014)	NE monsoon (23 Nov 2014)
Temperature	(°C) Average $\pm$ SD	30.06 $\pm$ 0.25	28.60 $\pm$ 0.47
	Min – Max	29.7 – 30.25	28.24 – 29.25
pH	Average $\pm$ SD	7.97 $\pm$ 0.36	7.72 $\pm$ 0.07
	Min – Max	7.60 – 8.35	7.63 – 7.79
Salinity	Average $\pm$ SD	16.25 $\pm$ 11.58	24.88 $\pm$ 2.72
	Min – Max	5.03 – 29.66	22.35 – 28.38
Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	Average $\pm$ SD	1.80 $\pm$ 1.00	6.79 $\pm$ 1.72
	Min – Max	0.55 – 2.87	5.05 – 9.16
TA ( $\mu\text{mole/kg}$ )	Average $\pm$ SD	2,430 $\pm$ 225	2,332 $\pm$ 61
	Min – Max	2,297 – 2,767	2,259 – 2,397
DIC ( $\mu\text{mole/kg}$ )	Average $\pm$ SD	758 $\pm$ 279	1,725 $\pm$ 55
	Min – Max	535 – 1213	1,646 – 1,777
$p\text{CO}_2$ ( $\mu\text{atm}$ )	Average $\pm$ SD	1,041 $\pm$ 1,023	1,079 $\pm$ 243
	Min – Max	161 – 2,353	812 – 1,393
$\text{CO}_2$ fluxes ( $\text{mmole/m}^2/\text{d}$ )	Average $\pm$ SD	2.94 $\pm$ 4.59	6.07 $\pm$ 2.21
	Min – Max	(-0.40) – 8.87	3.65 – 8.92
%Organic Carbon <sup>#</sup>	Average $\pm$ SD	0.60 $\pm$ 0.26	0.56 $\pm$ 0.41
	Min – Max	0.39 – 0.99	0.07 – 1.04
% $\text{CaCO}_3$ <sup>#</sup>	Average $\pm$ SD	4.61 $\pm$ 1.03	6.07 $\pm$ 2.21
	Min – Max	3.70 – 6.08	3.65 – 8.92
Windspeed (m/s)	Average	1.28	1.87

หมายเหตุ : # ดินตะกอน





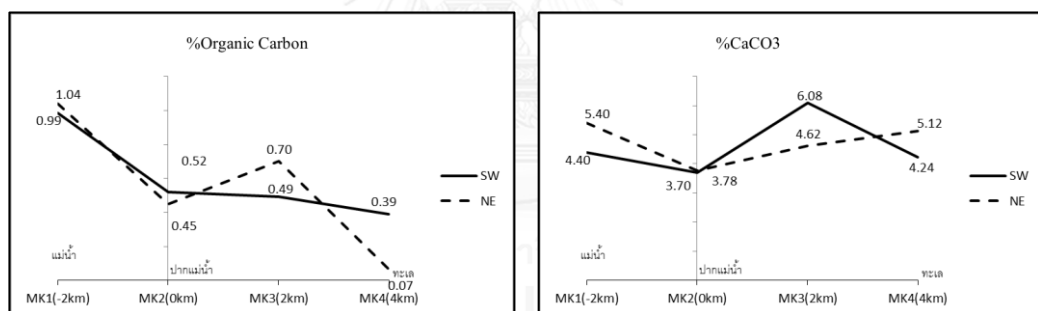
รูปที่ 4-21 กราฟแสดงอุณหภูมิ, pH, ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), อัลคาลินิตี (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ตามระยะทางจากปากแม่น้ำแม่กลอง



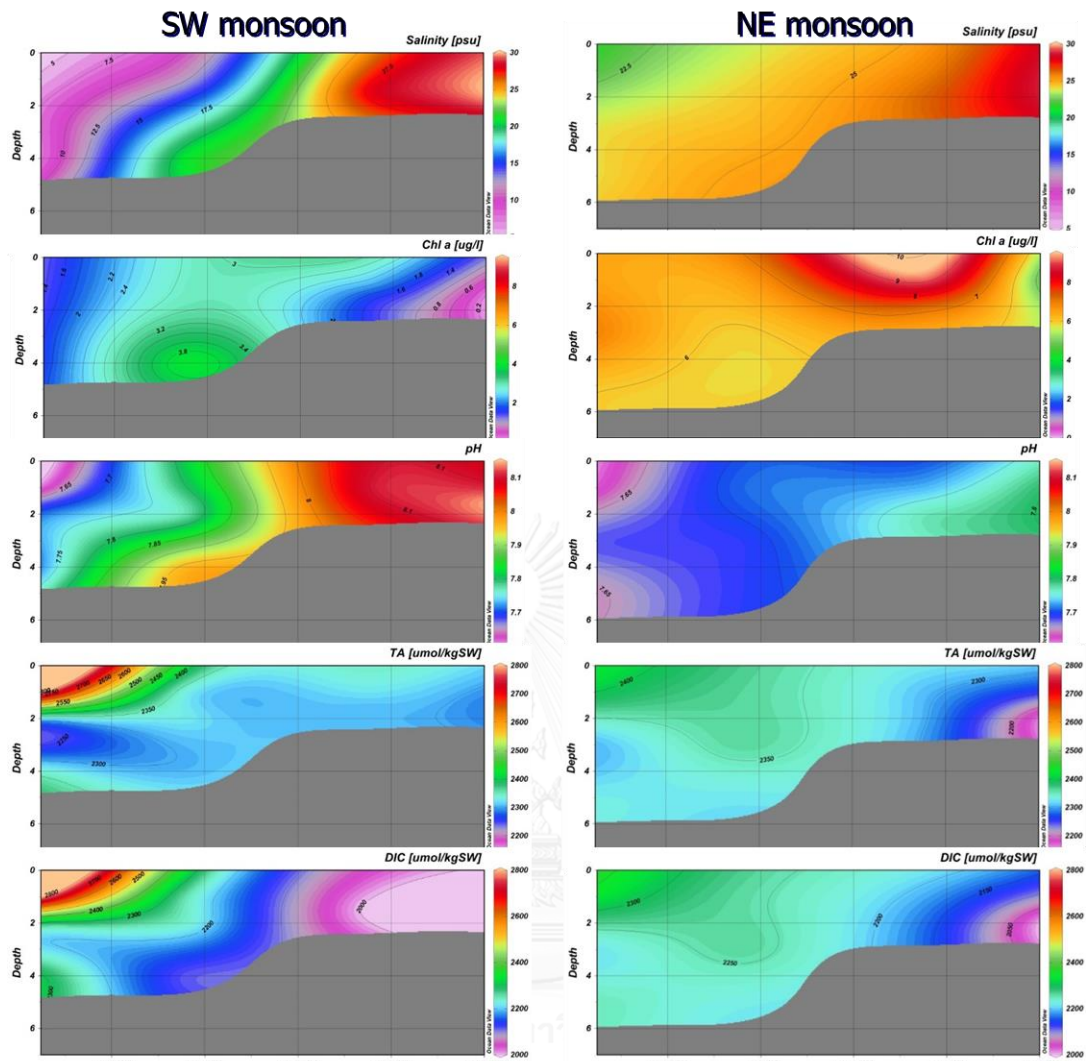
รูปที่ 4-22 กราฟแสดงความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ และฟลักซ์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ตามระยะทางจากปากแม่น้ำแม่กลอง

จากรูปที่ 4-23 พบว่าการกระจายของเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีเปอร์เซ็นต์การสะสมมากอยู่ด้านในปากแม่น้ำและลดลงเรื่อย ๆ เมื่อออกมาด้านนอก เนื่องมาจากว่าบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองมีสาหร่ายขึ้นมาทำให้อินทรีย์คาร์บอนทับถมอยู่ภายในปากแม่น้ำ แต่เปอร์เซ็นต์แคลเซียมคาร์บอเนตทั้งสองฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี

จากรูปที่ 4-24 พบว่าในทั้งสองฤดูมรสุมบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองได้รับผลจากการรุกของน้ำทะเลเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นบริเวณน้ำตื้น แต่ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีน้ำท่าจากแม่น้ำออกมามาก ทำให้ความเค็มน้อยส่งผลให้ค่าอัลคาไลน์และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ มีค่าสูงอยู่บริเวณผิวน้ำด้านในปากแม่น้ำ ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีค่าน้อยกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากในช่วงเวลาที่เก็บพบที่มีการสะสมของแพลงก์ตอน (plankton bloom) ทำให้ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือค่าอัลคาไลน์และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ มีค่าสูงบริเวณด้านนอกปากแม่น้ำ



รูปที่ 4-23 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน และแคลเซียมคาร์บอเนตในตะกอนดินตามระยะทางจากปากแม่น้ำแม่กลอง



รูปที่ 4-24 กราฟแสดงค่า ความเค็ม, คลอโรฟิลล์เอ (Chl a), pH, อัลคาไลน์ตี้ (TA) และอนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตามระยะทางจากปากแม่น้ำแม่กลอง

#### 4.2.5 อภิปรายผลปากแม่น้ำ

ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง เจ้าพระยา ท่าจีน และแม่กลอง ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีค่า  $1,942 \pm 817$ ,  $1,767 \pm 506$ ,  $1,290 \pm 506$  และ  $1,041 \pm 1,023$  ไมโครแอทโมสเฟียร์ ตามลำดับ และในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่า  $554 \pm 263$ ,  $1,145 \pm 357$ ,  $1,391 \pm 357$  และ  $1,079 \pm 243$  ไมโครแอทโมสเฟียร์ ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดมีค่ามากกว่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ( $395$  ไมโครแอทโมสเฟียร์) [ค่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในบรรยากาศในการศึกษารั้งนี้ใช้ค่าจากสถานีตรวจวัดในฮาวาย ในปี 2556]

จากผลการศึกษาความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าบริเวณปากแม่น้ำเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบริเวณผิวน้ำทะเลขึ้นสู่บรรยากาศ มีแต่เฉพาะแม่น้ำบางปะกงและแม่น้ำเจ้าพระยาที่พบว่าค่าความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูมรสุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เนื่องจากช่วงเวลาที่ทำการศึกษาน้ำจืดที่มาจากแม่น้ำมีปริมาณที่สูง สังกัดได้จากค่าความเค็มน้อยที่รุกออกไปยังทะเล ทำให้ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูงกว่าพื้นที่ห่างจากปากแม่น้ำออกไป เช่นเดียวกับปากแม่น้ำ Changjiang ในประเทศจีน ซึ่งพบว่าความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวน้ำทะเลมีค่า  $375$  ไมโครแอทโมสเฟียร์ สูงกว่าความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ  $360$  ไมโครแอทโมสเฟียร์ (Zhai and Dai., 2009) ซึ่งบ่งบอกว่าพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาจากแม่น้ำที่ไหลลงมาจากแผ่นดิน

ฟลักซ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง เจ้าพระยา ท่าจีน และแม่กลอง ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีค่า  $1.13 \pm 0.38$ ,  $21.84 \pm 9.00$ ,  $10.89 \pm 6.80$  และ  $2.94 \pm 4.59$  มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ และในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า  $4.18 \pm 6.82$ ,  $5.10 \pm 2.53$ ,  $5.10 \pm 1.95$  และ  $6.07 \pm 2.21$  มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ บ่งบอกได้ว่าบริเวณปากแม่น้ำเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่นเดียวกับชายฝั่งทางตอนใต้ของทะเลเหลือง เป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณ  $5.45$  มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวัน (Xue et al., 2011) และการศึกษาพื้นที่ปากแม่น้ำสเกลต์ในประเทศเบลเยียม พบว่าเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์  $3.0 - 5.2$  มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวัน (Borges and Frankignoulle., 2002) ทั้งนี้ค่าฟลักซ์ของคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงหรือต่ำนั้น ยังขึ้นอยู่กับความเร็วลมบริเวณผิวน้ำ

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาศักยภาพในการกักเก็บและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทยในสองพื้นที่ สรุปได้ว่า อ่าวไทยในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน เป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าฟลักซ์ (-249) ถึง +36 มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนบริเวณปากแม่น้ำในอ่าวไทยตอนบน เป็นแหล่งปลดปล่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อ ๆ ไป ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำรูปแบบอื่นร่วมด้วย เช่น คาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (DOC) คาร์บอนอินทรีย์แขวนลอย (POC) เพื่อความถูกต้องในการหาปริมาณการกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในอ่าวไทย และควรเก็บข้อมูล  $p\text{CO}_2$  ในอากาศเพื่อคำนวณฟลักซ์สุทธิของคาร์บอนได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง



เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์; นิศรา ถาวรโสตร์ และบุณทริกา ทองดอกพุ่ม. (2556). การศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชในอ่าวไทยตอนกลาง. ผลการสำรวจทรัพยากรประมงและสิ่งแวดล้อมทางทะเล ในบริเวณอ่าวไทยตอนกลาง โดยเรือสำรวจซีฟเดค ปี 2556. โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาที่มีการสอนด้านวิทยาศาสตร์ทางทะเลและการประมง, กรมประมง, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กรมควบคุมมลพิษ และศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้.

เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล; ขนิษฐา อุทัยพันธ์ และนฤมล บัวงาม. (2556). สารอาหารและผลผลิตขั้นต้นของน้ำทะเลในอ่าวไทย. ผลการสำรวจทรัพยากรประมงและสิ่งแวดล้อมทางทะเล ในบริเวณอ่าวไทยตอนกลาง โดยเรือสำรวจซีฟเดค ปี 2556. โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาที่มีการสอนด้านวิทยาศาสตร์ทางทะเลและการประมง, กรมประมง, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กรมควบคุมมลพิษ และศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้.

มณฑล แก่นมณี. 2010. สมดุลของกรด เบส ในน้ำทะเล [Online]. Available:

[http://www.agri.kmitl.ac.th/elearning/courseware/aquatic/8\\_\\_\\_\\_.html](http://www.agri.kmitl.ac.th/elearning/courseware/aquatic/8____.html)

มนูดี หังสพฤกษ์ 2532. สมุทรศาสตร์เคมี, กรุงเทพมหานคร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วลีรัตน์ มุสิกะสังข์. 2541. การหมุนเวียนภายในของคาร์บอนในอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Antonio, G., Ezio, P. and Silvio, S. 2000. The Carbonate System in Marine Environments. . Chemical Processes in Marine Environments, 10-41.

Bates, N. R., Samuels, L. and Merlivat, L. 2001. Biogeochemical and physical factors influencing seawater  $f\text{CO}_2$  and air-sea  $\text{CO}_2$  exchange on the Bermuda coral reef. Limnology and Oceanography, 46, 833-846.

Boehme, S. E., Sabine, C. L. and Reimers, C. E. 1998.  $\text{CO}_2$  fluxes from a coastal transect: a time-series approach. Marine Chemistry, 63, 49-67.

Borges, A. V., Delille, B. and Frankignoulle, M. 2005. Budgeting sinks and sources of  $\text{CO}_2$  in the coastal ocean: Diversity of ecosystems counts. Geophysical research letters, 32.

Borges, A. V. and Frankignoulle, M. 2002. Distribution and air-water exchange of carbon dioxide in the Scheldt plume off the Belgian coast. Biogeochemistry, 59, 41-67.

- Cai, W. J., Wang, Z. A. and Wang, Y. 2003. The role of marsh-dominated heterotrophic continental margins in transport of CO<sub>2</sub> between the atmosphere, the land-sea interface and the ocean. Geophysical Research Letters, 30.
- Chen, C. T. and Borges, A. V. 2009. Reconciling opposing views on carbon cycling in the coastal ocean: Continental shelves as sink and near-shore ecosystems as source of atmospheric CO<sub>2</sub>. Deep-Sea Research II, 56, 578-590.
- Colombo, J. C., Silverberg, N. and Gearing, J. N. 1996. Biogeochemistry of organic matter in the Laurentian Trough, 1. Composition and vertical fluxes of rapidly settling particles. Marine Chemistry, 51, 277-293.
- Degrandpre, M., Olbu, G., Beatty, C. and Hammar, T. 2002. Air-sea CO<sub>2</sub> fluxes on the US Middle Atlantic Bight. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 49, 4355-4367.
- Feely, R. A., Sabine, C. L., Lee, K., Berelson, W., Kleypas, J., Fabry, V. J. and Millero, F. J. 2004. Impact of Anthropogenic CO<sub>2</sub> on the CaCO<sub>3</sub> System in the Oceans. Science, 305, 362-366.
- Field, C. B. 2004. The global carbon cycle: integrating humans, climate, and the natural world, Island Press.
- Frankignoulle, M., Abril, G., Borges, A., Bourge, I., Canon, C., Delille, B., Libert, E. and Théate, J.-M. 1998. Carbon Dioxide Emission from European Estuaries. Science, 282, 434-436.
- Frankignoulle, M. and Borges, A. V. 2001. European continental shelf as a significant sink for atmospheric carbon dioxide. Global biogeochemical cycles, 15, 569-576.
- Gattuso, J.-P., Payri, C. E., Pichon, M., Delesalle, B. and Frankignoulle, M. 1997. PRIMARY PRODUCTION, CALCIFICATION, AND AIR-SEA CO<sub>2</sub> FLUXES OF A MACROALGAL-DOMINATED CORAL REEF COMMUNITY (MOOREA, FRENCH POLYNESIA)1. Journal of Phycology, 33, 729-738.
- Goyet, C., Millero, F. J., O'sullivan, D. W., Eiseid, G., Mccue, S. J. and Bellerby, R. G. J. 1998. Temporal variations of pCO<sub>2</sub> in surface seawater of the Arabian Sea in 1995. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 45, 609-623.



- Grasshoff, K., Kremling, K. and Ehrhardt, M. 1999. Methods of Seawater Analysis, Weinheim, WILEY-VCH.
- Haugan, P. M. 1998. Impacts on the marine environment from direct and indirect ocean storage of CO<sub>2</sub>. Waste Management, 17, 323-327.
- Henderson, G., Rickaby, R. and Bouman, H. 2008. Decreasing atmospheric CO<sub>2</sub> by increasing ocean alkalinity. The ocean dimension: would the concept work and what would be the environmental consequences, University of Oxford, Department of Earth Sciences and The James Martin 21st Century Ocean Institute (not published).
- Ipcc 1992. Climate Change. The IPCC Scientific Assessment, New York, Cambridge University Press.
- Kempe, S. and Pegler, K. 1991. Sinks and sources of CO<sub>2</sub> in coastal seas: the North Sea. Tellus B, 43, 224-235.
- Knap, A., Michaels, A., Close, A., Ducklow, H. and Dickson, A. 1996. Protocols for the joint global ocean flux study (JGOFS) core measurements. JGOFS, Reprint of the IOC Manuals and Guides No. 29, UNESCO 1994, 19.
- Lewis, E. and Wallace, D. W. R. 1998. Program Developed for CO<sub>2</sub> System Calculations. ORNL/CDIAC-105. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee.
- Libes, S. 2011. Introduction to marine biogeochemistry, Academic Press.
- Loring, D. H. and Rantala, R. T. T. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Earth-Science Reviews, 32, 235-283.
- Millero, F. J. 2010. History of the equation of state of seawater. Oceanography, 23, 18-33.
- Millero, F. J., Lee, K. and Roche, M. 1998. Distribution of alkalinity in the surface waters of the major oceans. Marine Chemistry, 60, 111-130.
- Mukhopadhyay, S. K., Biswas, H., De, T. K., Sen, S. and Jana, T. K. 2002. Seasonal effects on the air-water carbon dioxide exchange in the Hooghly estuary, NE coast of Bay of Bengal, India. J Environ Monit, 4, 549-52.

- Murata, A. and Takizawa, T. 2003. Summertime CO<sub>2</sub> sinks in shelf and slope waters of the western Arctic Ocean. Continental Shelf Research, 23, 753-776.
- Murray, J. W., Barber, R. T., Roman, M. R., Bacon, M. P. and Feely, R. A. 1994. Physical and Biological Controls on Carbon Cycling in the Equatorial Pacific. Science, 266, 58-65.
- Noaa. 2015. Atmospheric CO<sub>2</sub> for May 2015 [Online]. Available: <http://co2now.org/>.
- Riebesell, U. 2004. Effects of CO<sub>2</sub> enrichment on marine phytoplankton. Journal of Oceanography, 60, 719-729.
- Robbins, L. L., Hansen, M. E., Kleypas, J. A. and Meylan, S. C. 2010. CO<sub>2</sub>calc - A user-friendly seawater carbon calculator for Windows, Max OS X, and iOS (iPhone) U.S. Geological Survey Open-File Report, 2010-1280.
- Rubino, F., Moscatello, S., Belmonte, M., Ingrosso, G. and Belmonte, G. 2013. Plankton Resting Stages in the Marine Sediments of the Bay of Vlorë (Albania). International Journal of Ecology, 2013.
- Shiah, F.-K., Gong, G.-C. and Xiao, T. 2006. Effects of ChangJiang River summer discharge on bottom-up control of coastal bacterial growth. Aquatic microbial ecology, 44, 105-113.
- Smith, S. 1985. Physical, chemical and biological characteristics\* of CO<sub>2</sub> gas flux across the air-water interface. Plant, Cell & Environment, 8, 387-398.
- Snidvongs, A. 1993. Sedimentary calcium carbonate dissolution in the Gulf of Thailand and its role as a carbon dioxide sink. Chemosphere, 27, 1083-1095.
- Sompongchaiyakul, P. 1989. Analysis of Chemical Species for Trace Metals in Near-shore Sediment by Sequential Leaching Method. Chulalongkorn University.
- Takahashi, T., Olafsson, H., Goddard, J. G., Chipman, D. W. and Sutherland, S. C. 1993. Seasonal variation of CO<sub>2</sub> and nutrients in the high-latitude surface oceans: A comparative study. Global Biogeochem. Cycles, 7.
- Tang, Q., Zhang, J. and Fang, J. 2011. Shellfish and seaweed mariculture increase atmospheric CO<sub>2</sub> absorption by coastal ecosystems. Marine Ecology Progress Series, 424, 97-104.
- Tans, P. P., Fung, I. Y. and Takahashi, T. 1990. Observational Constraints on the Global Atmospheric CO<sub>2</sub> Budget. Science, 247, 1431-1438.

- Tsunogai, S., Watanabe, S. and Sato, T. 1999. Is there a “continental shelf pump” for the absorption of atmospheric CO<sub>2</sub>? Tellus B, 51, 701-712.
- Wang, S.-L., Chen, C.-T. A., Hong, G.-H. and Chung, C.-S. 2000. Carbon dioxide and related parameters in the East China Sea. Continental Shelf Research, 20, 525-544.
- Wanninkhof, R. 1992. Relationship between wind speed and gas exchange over the ocean. Journal of Geophysical Research 97, 7373-7385.
- Wanninkhof, R., Asher, W., Weppernig, R., Chen, H., Schlosser, P., Langdon, C. and Sambrotto, R. 1993. Gas transfer experiment on Georges Bank using two volatile deliberate tracers. Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012), 98, 20237-20248.
- Xue, L., Zhang, L., Cai, W.-J. and Jiang, L.-Q. 2011. Air–sea CO<sub>2</sub> fluxes in the southern Yellow Sea: An examination of the continental shelf pump hypothesis. Continental Shelf Research, 31, 1904-1914.
- Zeebe, R. E. and Wolf-Gladrow, D. A. 2001. CO<sub>2</sub> in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes, Gulf Professional Publishing.



ภาคผนวก ก. วันที่ สถานี จุดเก็บตัวอย่าง ความลึก ระดับ chlorophyll max

Date	Station	Lat (N)	Long (E)	B.depth [m]	T. Depth (m)	Fluores maxima (m)	chlorophyll max (m)
14-Mar	1	12.349	100.248	31	31	27	15
10-Apr	2	12.250	100.747	32	32	29	20
10-Apr	3	12.260	101.164	32	32	25	28
9-Apr	4	12.259	101.761	32	32	26	27
9-Apr	5	11.746	102.244	48	48	41	41
8-Apr	6	11.747	101.764	59	59	53	53
8-Apr	7	11.732	101.238	60	60	48	50
7-Apr	8	11.747	100.763	46	46	40	40
15-Mar	9	11.739	100.295	41	41	37	35
16-Mar	10	11.234	99.8	45	45	43	40
15-Mar	11	11.264	100.258	50	50	45	45
7-Apr	12	11.239	100.74	57	57	49	52
6-Apr	13	11.242	101.111	60	60	55	50
5-Apr	14	10.845	101.213	65	65	57	60
6-Apr	15	10.735	100.738	64	65	59	55
17-Mar	16	10.744	100.26	55	55	49	45
16-Mar	17	10.757	99.751	51	51	42	40
17-Mar	18	10.257	99.749	46	46	30	30
18-Mar	19	10.244	100.266	55	55	50	45
5-Apr	20	10.237	100.74	63	63	54	60
4-Apr	21	10.265	101.092	65	65	57	60
4-Apr	22	9.632	101.096	65	65	53	52
31-Mar	23	9.742	100.763	50	50	47	40
19-Mar	24	9.743	100.334	44	44	40	35
18-Mar	25	9.754	99.738	20	20	12	15
19-Mar	26	9.237	100.242	31	31	25	25
31-Mar	27	9.239	100.756	43	43	38	38
30-Mar	28	9.272	101.092	65	65	60	50
29-Mar	29	8.442	101.091	73	73	45	46
30-Mar	30	8.755	101.102	57	57	51	53

## ภาคผนวก ก. (ต่อ)

Date	Station	Lat (N)	Long (E)	B.depth [m]	T. Depth (m)	Fluores maxima (m)	chlorophyll max (m)
20-Mar	31	8.748	100.676	32	32	28	25
20-Mar	32	8.747	100.22	22	22	17	15
21-Mar	33	8.244	100.77	31	31	26	26
28-Mar	34	8.249	101.351	54	54	50	50
28-Mar	35	8.236	101.758	70	70	65	55
29-Mar	36	8.423	101.762	51	51	60	60
26-Mar	37	7.49	102.271	62	62	50	50
26-Mar	38	7.74	102.166	71	71	51	55
27-Mar	39	7.734	101.814	61	61	45	47
27-Mar	40	7.763	101.335	51	51	47	46
21-Mar	41	7.735	100.746	28	28	23	23
24-Mar	42	7.342	100.772	25	25	20	20
24-Mar	43	7.262	101.258	41	41	36	36
25-Mar	44	7.237	101.763	51	51	44	46
25-Mar	45	7.312	102.256	50	50	32	36



ภาคผนวก ข. พารามิเตอร์ทั่วไปตามความลึกในแต่ละสถานี

Station	Depth (m)	pH	Alkalinity ( $\mu\text{mol/L}$ )	Temp (CTD) ( $^{\circ}\text{C}$ )	Salinity (CTD)	Pressure [db]	DO(CTD) (mg/l)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	Chl_CTD ( $\mu\text{g/l}$ )
1	1	8.15	2316.9	29.9	31.4	1.0	5.8	6.2	9.4	0.1
	5	8.10	2318.8	29.9	31.4	5.0	5.8	6.1	2.5	0.2
	10	8.10	2343.2	29.2	31.4	10.1	5.8	6.2	22.5	0.2
	15	8.10	2475.6	29.1	31.4	15.1	5.7	6.1	21.8	0.3
	20	8.15	2545.7	29.1	31.4	20.1	5.7	6.0	20.4	0.3
	26	8.11	2482.6	29.1	31.4	26.1	5.7	6.0	20.3	0.2
2	1	7.99	2306.4	30.5	31.5	1.0	5.5	5.9	2.2	0.2
	5	7.98	2321.1	30.5	31.5	5.0	5.5	6.0	3.1	0.2
	10	7.98	2292.8	30.4	31.5	10.1	5.4	5.9	2.8	0.3
	20	7.97	2319.0	30.4	31.5	20.1	5.4	6.0	3.1	0.3
	25	7.97	2322.5	30.4	31.5	25.1	5.4	6.0	2.5	0.3
	29	7.98	2310.7	30.4	31.5	29.2	5.4	6.0	3.0	0.4
3	1	7.99	2266.3	30.4	31.5	1.0	5.5	6.1	1.4	0.2
	5	7.98	2266.6	30.4	31.5	5.0	5.5	6.1	3.3	0.2
	10	7.97	2265.4	30.4	31.5	10.1	5.5	6.1	1.5	0.2
	15	7.97	2273.9	30.3	31.5	15.1	5.5	6.2	1.9	0.4
	20	7.96	2272.7	30.3	31.5	24.1	5.4	6.1	4.6	0.4
	28	7.96	2286.6	30.3	31.5	28.2	5.3	5.9	2.4	0.4
4	1	7.99	2266.2	31.8	31.6	1.0	5.3	5.9	3.7	0.1
	5	7.98	2264.7	31.1	31.6	5.0	5.3	6.1	2.6	0.1
	10	7.97	2263.9	31.0	31.6	10.1	5.3	6.0	2.0	0.2
	15	7.97	2263.3	31.0	31.6	15.1	5.3	6.1	9.0	0.2
	20	7.96	2258.8	30.9	31.6	20.1	5.3	6.0	3.5	0.2
	27	7.96	2257.6	30.8	31.5	27.2	5.0	5.9	4.0	1.0
5	1	7.93	2276.0	31.1	31.6	1.0	5.3	6.2	1.8	0.1
	5	7.98	2273.0	30.9	31.6	5.0	5.3	6.1	1.6	0.1
	10	7.98	2286.1	30.8	31.6	10.1	5.3	6.2	6.0	0.1
	20	7.98	2272.5	30.8	31.6	20.1	5.3	6.2	1.9	0.1
	30	7.93	2290.1	29.7	31.7	30.2	5.0	5.8	2.2	0.3
	41	7.76	2324.8	29.3	32.6	41.2	2.6	3.2	2.1	1.2
6	5	8.01	2277.8	30.9	31.6	5.0	5.5	6.0	1.5	0.1
	10	8.00	2300.2	30.6	31.6	10.1	5.6	6.1	2.4	0.1
	20	7.99	2305.8	30.1	31.7	20.1	5.9	6.2	1.6	0.2
	30	8.00	2293.9	29.4	31.8	30.2	5.8	6.0	2.1	0.2
	45	7.78	2339.2	29.1	32.7	45.3	2.3	2.8	2.9	1.0
	53	7.68	2383.8	28.7	33.0	53.3	1.5	1.8	2.1	1.1

## ภาคผนวก ข. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pH	Alkalinity ( $\mu\text{mol/l}$ )	Temp (CTD) ( $^{\circ}\text{C}$ )	Salinity (CTD)	Pressure [db]	DO(CTD) (mg/l)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	Chl_CTD ( $\mu\text{g/l}$ )
7	5	7.99	2260.2	30.3	31.7	5.0	5.6	6.1	2.1	0.1
	15	7.97	2312.0	30.2	31.7	15.1	5.6	6.1	12.1	0.1
	30	7.97	2308.8	29.6	31.7	30.2	5.8	6.4	12.3	0.3
	40	7.95	2308.0	29.1	31.8	40.2	5.2	6.0	12.9	0.4
	50	7.59	2365.4	28.4	33.1	50.3	0.7	0.9	14.6	0.9
	55	7.59	2326.6	28.4	33.1	55.3	0.7	0.9	13.7	1.0
8	5	7.98	2271.8	30.5	31.8	5.0	5.5	6.0	12.6	0.1
	10	7.97	2298.7	30.2	31.8	10.1	5.5	6.0	13.3	0.1
	15	7.96	2291.5	30.2	32.0	15.1	5.5	5.9	13.1	0.1
	20	7.95	2304.1	30.0	31.9	20.1	5.4	5.9	13.7	0.2
	30	7.95	2300.1	29.5	31.9	30.2	5.2	5.7	14.1	0.4
	40	7.83	2333.4	29.1	32.2	40.2	3.2	3.7	13.3	1.1
9	1	8.15	2287.2	29.4	31.4	1.0	5.8		17.7	0.0
	5	8.15	2308.5	29.3	31.4	5.0	5.8	6.3	18.8	0.1
	10	8.13	2334.3	29.2	31.4	10.1	5.8		21.8	0.1
	20	8.12	2309.7	29.2	31.4	20.1	5.8	2.4	18.8	0.1
	30	8.07	2387.5	29.2	32.6	30.2	2.8		17.2	0.5
	35	7.91	2393.1	29.1	32.8	35.2	2.6	4.3	22.2	0.9
10	1	8.18	2315.5	29.9	31.3	1.0	5.7		8.2	0.1
	5	8.17	2323.2	29.7	31.3	5.0	5.8	6.0	2.9	0.1
	10	8.16	2283.1	29.5	31.5	10.1	5.8		2.9	0.1
	20	8.17	2330.7	28.8	31.7	20.1	5.6		7.3	0.1
	35	8.04	2351.5	28.7	32.7	35.2	1.0	4.0	7.9	1.1
	40	7.88	2362.5	28.7	32.8	40.2	1.0	1.3	3.3	1.5
11	1	8.17	2320.6	30.1	31.6	1.0	5.8		19.2	0.0
	5	8.19	2313.6	29.5	31.6	5.0	5.8	6.4	18.5	0.1
	10	8.21	2336.8	29.4	31.6	10.1	5.8		16.9	0.1
	20	8.22	2295.6	29.2	31.7	20.1	5.8		19.3	0.1
	30	8.21	2329.2	28.9	31.8	30.2	5.7	6.2	20.2	0.3
	45	8.16	2350.7	28.7	32.1	45.3	4.3	4.9	19.5	1.2
12	5	7.98	2154.9	30.3	31.7	5.0	5.6	6.1	17.2	0.1
	10	7.96	2164.8	30.3	31.7	10.1	5.6	6.1	14.4	0.1
	20	7.96	2266.7	30.2	31.7	20.1	5.6	6.1	14.4	0.1
	30	7.96	2259.1	29.7	31.7	30.2	5.8	6.2	13.0	0.2
	40	7.97	2299.5	29.3	31.7	40.2	5.8	6.4	12.0	0.2
	52	7.86	2300.5	29.0	32.1	52.3	3.9	4.6	15.2	1.0



## ภาคผนวก ข. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pH	Alkalinity ( $\mu\text{mol/l}$ )	Temp (CTD) ( $^{\circ}\text{C}$ )	Salinity (CTD)	Pressure [db]	DO(CTD) (mg/l)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	Chl_CTD ( $\mu\text{g/l}$ )
13	5	7.95	2313.0	30.7	31.7	5.0	5.6	6.2	12.7	0.1
	15	7.96	2329.3	30.4	31.7	15.1	5.6	6.2	12.4	0.1
	30	7.97	2321.3	30.3	31.7	30.2	5.7	6.2	13.4	0.2
	40	7.94	2327.9	29.1	31.8	40.2	5.5	6.1	13.3	0.3
	50	7.83	2357.6	28.8	32.4	50.3	2.8	4.0	13.3	1.1
	55	7.76	2367.3	28.8	32.4	55.3	2.7	3.2	6.6	1.2
14	5	8.02	2309.9	30.6	31.8	5.0	5.6	6.2	12.2	0.1
	15	7.99	2317.0	30.4	31.7	15.1	5.6	6.2	13.6	0.1
	30	7.98	2309.0	29.7	31.7	30.2	5.9	6.5	13.7	0.2
	45	7.98	2316.0	29.0	31.7	45.3	5.7	6.4	15.0	0.3
	50	7.95	2334.7	28.9	31.8	50.3	5.4	6.0	14.0	0.4
	60	7.78	2351.4	28.6	32.4	60.4	2.9	3.4	13.9	1.0
15	5	8.00	2331.5	30.4	31.8	5.0	5.6	6.2	11.8	0.1
	15	7.99	2321.9	30.3	31.8	15.1	5.6	6.3	12.7	0.1
	30	7.98	2314.0	30.2	31.8	30.2	5.7	6.3	14.4	0.1
	40	7.98	2321.9	29.6	31.8	40.2	5.9	6.5	13.7	0.2
	55	7.93	2320.0	28.9	31.8	55.3	5.0	5.6	15.2	0.8
	60	7.99	2309.8	28.9	31.8	59.3	4.9	5.6	14.5	1.1
16	5	8.15	2328.5	29.3	31.7	5.0	5.8	6.3	8.3	0.1
	10	8.15	2346.1	29.2	31.7	10.1	5.8	6.3	8.5	0.1
	20	8.13	2347.4	29.2	31.7	20.1	5.8	6.3	3.2	0.1
	30	8.13	2346.0	29.1	31.7	30.2	5.8	6.4	15.7	0.2
	45	8.07	2332.2	28.7	32.0	45.3	4.4	5.5	7.8	0.7
	50	8.02	2349.3	28.6	32.1	50.3	4.0		18.0	0.6
17	5	8.16	2327.5	29.6	31.6	5.0	5.7	6.2	14.6	0.1
	10	8.21	2409.8	29.5	31.6	10.1	5.7	6.3	3.1	0.1
	20	8.19	2316.9	29.2	31.6	20.1	5.8	6.4	4.9	0.1
	30	8.17	2338.2	28.7	31.7	30.2	3.9	6.0	3.7	0.2
	40	8.19	2335.2	28.6	32.0	40.2	3.7	5.7	4.8	1.3
	45	7.99	2365.5	28.6	32.4	44.3	1.7	2.9	9.8	1.5
18	5	8.18	2324.0	29.6	31.5	5.0	5.8	6.6	1.5	0.1
	10	8.16	2323.9	29.5	31.5	10.1	5.8	6.2	1.8	0.1
	20	8.16	2351.1	28.9	31.7	20.1	5.7	6.3	2.2	0.3
	30	8.11	2361.1	28.6	31.9	30.2	5.0	5.5	2.9	1.6
	35	8.08	2336.4	28.6	31.9	35.2	4.6	5.3	3.9	0.7
	40	8.06	2337.2	28.6	32.1	40.2	2.7	5.0	4.8	0.8

## ภาคผนวก ข. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pH	Alkalinity ( $\mu\text{mol/l}$ )	Temp (CTD) ( $^{\circ}\text{C}$ )	Salinity (CTD)	Pressure [db]	DO(CTD) (mg/l)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	Chl_CTD ( $\mu\text{g/l}$ )
19	5	8.11	2343.7	29.5	31.6	5.0	5.7	6.3	1.8	0.1
	10	8.09	2310.6	29.4	31.6	10.1	5.7	6.2	2.4	0.1
	20	8.12	2299.8	29.2	31.7	20.1	5.7	6.2	2.4	0.1
	30	8.11	2319.0	29.0	31.7	30.2	5.5	6.2	2.7	0.1
	45	8.12	2320.1	28.6	31.7	45.3	5.5	6.1	2.5	0.6
	50	8.11	2325.2	28.6	31.7	50.3	5.5	5.9	4.7	0.7
20	5	8.00	2310.5	30.3	31.7	5.0	5.7	6.2	12.4	0.1
	15	8.00	2314.5	30.2	31.7	15.1	5.7	6.3	13.0	0.1
	30	7.99	2319.0	29.7	31.6	30.2	5.8	6.2	12.6	0.1
	45	7.99	2321.9	29.3	31.6	45.3	5.7	6.5	13.0	0.2
	55	7.94	2329.8	28.9	31.8	55.3	5.2	5.4	12.5	0.7
	60	7.93	2336.0	28.9	31.8	59.3	5.2	5.8	13.5	0.8
21	5	8.01	2312.7	30.6	31.6	5.0	5.7	6.2	18.4	0.1
	15	8.03	2318.3	30.1	31.6	15.1	5.7	6.3	19.7	0.1
	30	8.01	2320.0	30.0	31.6	30.2	5.7	6.3	17.3	0.1
	45	8.01	2314.3	29.3	31.6	45.3	5.8	6.5	16.2	0.2
	50	8.03	2315.9	29.1	31.6	50.3	5.7	6.4	19.4	0.3
	60	7.98	2314.2	28.8	31.8	60.4	5.2	5.7	19.3	1.2
22	5	7.99	2310.9	30.3	31.8	5.0	5.6	6.1	21.0	0.1
	15	7.98	2335.3	30.2	31.8	15.1	5.6		20.2	0.1
	30	7.98	2331.9	29.2	31.8	30.2	5.9	6.0	20.6	0.2
	45	7.94	2330.1	28.9	32.0	45.3	5.0	5.6	17.8	0.5
	52	7.91	2349.1	28.7	32.1	52.3	4.7	5.0	18.1	0.8
	60	7.90	2350.5	28.7	32.1	59.3	4.7	5.2	23.2	0.8
23	5	7.98	2293.4	30.5	31.8	5.0	5.6	6.2	19.8	0.1
	10	7.97	2317.2	30.4	31.8	10.1	5.6	6.3	17.1	0.1
	20	7.97	2324.9	29.4	31.8	20.1	5.8	6.4	17.9	0.1
	30	7.96	2338.0	29.2	31.8	30.2	5.8	6.5	18.7	0.2
	40	7.95	2324.5	29.0	31.8	40.2	5.6	6.1	20.2	0.4
	47	7.96	2331.8	28.9	31.8	47.3	5.5	6.1	20.4	0.7
24	5	8.10	2287.6	29.6	31.5	5.0	5.7	6.3	2.8	0.1
	10	8.12	2303.8	29.4	31.5	10.1	5.7	6.3	3.7	0.1
	20	8.14	2317.0	29.2	31.7	20.1	5.8	6.3	2.7	0.1
	30	8.12	2314.9	28.6	31.7	30.2	5.4	6.0	6.0	0.7
	35	8.11	2317.3	28.6	31.7	35.2	5.3	6.0	11.3	0.7
	40	8.12	2310.4	28.6	31.7	40.2	5.3	5.9	5.7	0.8

## ภาคผนวก ข. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pH	Alkalinity ( $\mu\text{mol/l}$ )	Temp (CTD) ( $^{\circ}\text{C}$ )	Salinity (CTD)	Pressure [db]	DO(CTD) (mg/l)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	Chl_CTD ( $\mu\text{g/l}$ )
25	5	8.14	2309.0	29.7	31.5	5.0	5.9	6.4	3.9	0.5
	10	8.14	2301.4	29.4	31.5	10.1	6.0	6.5	3.5	0.6
	15	8.09	2316.8	28.6	31.7	15.1	2.8	5.2	6.0	2.8
26	5	8.11	2284.6	29.7	31.6	5.0	5.7	6.3	1.8	0.1
	10	8.12	2334.6	29.4	31.6	10.1	5.7	6.3	3.7	0.1
	15	8.13	2317.1	29.3	31.6	15.1	5.7	6.3	2.4	0.1
	20	8.13	2320.9	28.9	31.7	20.1	5.7	6.2	2.1	0.2
	25	8.14	2323.0	28.9	31.7	25.0	5.6	6.1	3.5	0.5
27	5	8.03	2280.8	30.3	31.7	5.0	5.6	6.5	18.6	0.1
	10	8.02	2312.9	30.3	31.7	10.1	5.6	6.5	20.2	0.1
	20	8.01	2245.0	29.2	31.8	20.1	5.5	6.5	22.6	0.1
	30	7.99	2274.0	28.7	31.9	30.2	5.4	6.2	22.8	0.5
	38	7.98	2278.9	28.7	31.9	38.2	5.4	6.3	23.3	0.6
28	5	8.03	2409.4	30.0	31.8	5.0	5.7	6.2	19.4	0.1
	15	8.03	2412.5	29.8	31.8	15.1	5.7	6.0	22.0	0.1
	30	8.02	2432.1	29.1	31.8	30.2	5.8	6.5	21.7	0.1
	40	8.03	2444.8	28.9	31.8	40.2	5.8	6.3	21.6	0.2
	50	8.00	2417.7	28.7	32.0	50.3	4.9	5.4	22.5	1.0
	60	7.98	2385.7	28.8	32.1	60.4	4.6	5.2	24.6	1.0
29	5	8.04	2421.6	29.9	32.0	5.0	5.6	6.2	19.2	0.1
	10	8.05	2415.0	29.9	32.0	10.1	5.6	6.3	20.2	0.1
	20	8.04	2387.4	29.8	32.1	20.1	5.6	6.3	20.6	0.1
	35	8.03	2433.1	28.9	32.0	35.2	5.3	6.1	21.4	0.5
	46	8.03	2443.7	28.9	32.0	45.3	5.3	5.8	21.1	0.7
30	5	8.02	2389.3	30.0	32.0	5.0	5.6	6.2	17.2	0.1
	10	8.02	2445.9	29.9	32.0	10.1	5.6	6.2	19.0	0.1
	20	8.02	2447.9	29.6	32.0	20.1	5.6	6.2	21.6	0.1
	30	8.00	2448.8	29.2	32.0	30.2	5.6	6.0	20.1	0.1
	40	8.01	2421.1	29.0	32.0	40.2	5.5	6.2	21.5	0.4
	53	7.99	2448.4	28.9	32.0	53.3	5.3	5.8	21.6	0.6
31	5	8.12	2337.6	29.4	31.7	5.0	5.7	6.4	2.5	0.1
	10	8.14	2311.2	29.2	31.7	10.1	5.7	6.4	2.4	0.1
	15	8.15	2332.2	28.8	31.8	15.1	5.5	6.4	2.3	0.2
	25	8.15	2326.4	28.4	31.9	25.1	5.4	6.0	3.7	0.5
	27	8.16	2336.5	28.4	31.9	27.2	5.4	6.1	3.6	0.5

## ภาคผนวก ข. (ต่อ)

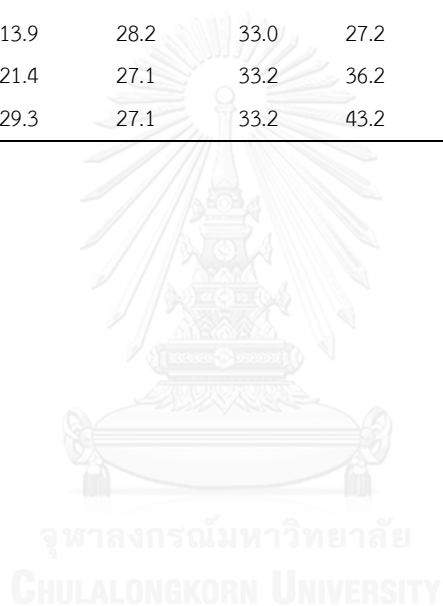
Station	Depth (m)	pH	Alkalinity ( $\mu\text{mol/l}$ )	Temp (CTD) ( $^{\circ}\text{C}$ )	Salinity (CTD)	Pressure [db]	DO(CTD) (mg/l)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	Chl_CTD ( $\mu\text{g/l}$ )
32	1	8.08	2317.4	29.5	31.7	1.0	5.7	6.3	10.0	0.1
	5	8.10	2308.6	29.2	31.7	5.0	5.7	6.3	2.7	0.1
	10	8.11	2311.9	29.0	31.8	10.1	5.7	6.1	3.2	0.2
	15	8.12	2348.7	28.9	31.8	15.1	5.6	6.0	4.0	0.5
	17	8.13	2334.4	28.9	31.8	17.1	5.6	6.2	4.8	0.6
33	5	8.08	2317.8	29.4	31.8	5.0	5.6	6.3	1.3	0.1
	10	8.09	2313.3	29.2	31.8	10.1	5.7	6.3	4.0	0.1
	15	8.11	2332.6	28.9	31.8	15.1	5.7	6.3	3.7	0.2
	20	8.10	2340.8	28.8	31.8	20.1	5.6	5.8	3.9	0.3
	26	8.07	2337.0	28.7	31.8	26.2	5.6	6.2	4.5	0.4
34	5	8.04	2389.7	29.8	31.7	5.0	5.7	6.2	19.6	0.1
	10	8.03	2401.9	29.7	31.7	10.1	5.7	6.3	20.7	0.1
	20	8.02	2398.8	29.6	31.7	20.1	5.7	6.3	19.5	0.1
	30	8.01	2396.3	29.3	31.8	30.2	5.8	6.4	19.9	0.1
	40	8.01	2394.5	29.2	31.8	40.2	5.7	6.4	20.1	0.2
	50	8.00	2418.7	29.0	31.8	50.3	5.5	6.1	22.7	0.6
35	5	8.05	2394.2	30.0	31.6	5.0	5.7	6.2	20.2	0.1
	15	8.06	2415.0	29.8	31.7	15.1	5.7	6.2	20.7	0.1
	35	8.03	2408.5	29.0	31.8	35.2	5.3	6.1	20.5	0.2
	45	7.95	2433.3	28.8	32.3	45.3	4.4	4.8	20.1	1.0
	55	7.79	2495.1	27.7	33.1	55.3	2.5	2.6	21.3	1.0
	65	7.75	2469.8	27.3	33.2	65.4	2.0	2.3	21.6	1.2
36	5	8.05	2391.5	30.1	31.7	5.0	5.6	6.5	19.4	0.0
	15	8.02	2387.6	30.0	31.7	15.1	5.7	6.4	20.1	0.1
	35	8.00	2424.1	29.2	31.9	35.2	5.2	6.3	20.9	0.1
	50	7.92	2448.9	28.7	32.4	50.3	4.0	4.5	21.0	0.7
	60	7.79	2503.3	27.6	33.1	60.4	2.2	2.8	21.9	0.9
	67	7.78	2498.7	27.4	33.2	68.4	2.1	2.6	22.0	0.7
37	5	8.01	2371.5	29.9	32.1	5.0	5.6	5.9	19.2	0.1
	10	8.00	2367.3	29.4	32.2	10.1	5.7	6.2	18.2	0.1
	20	7.97	2401.7	28.8	32.8	20.1	5.9	6.1	19.7	0.1
	35	7.94	2400.8	27.5	33.1	35.2	5.5	5.9	21.2	0.4
	50	7.90	2436.3	26.9	33.2	50.3	4.7	5.1	21.4	1.0
	57	7.89	2447.4	26.9	33.3	57.3	4.7	5.1	23.7	0.9

## ภาคผนวก ข. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pH	Alkalinity ( $\mu\text{mol/L}$ )	Temp (CTD) ( $^{\circ}\text{C}$ )	Salinity (CTD)	Pressure [db]	DO(CTD) (mg/l)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	Chl_CTD ( $\mu\text{g/l}$ )
38	5	8.05	2342.5	30.1	31.7	5.0	5.7	6.1	18.6	0.1
	15	8.03	2361.0	29.6	32.0	15.1	5.8	6.1	20.3	0.1
	30	7.98	2430.4	28.1	32.9	30.2	5.8	6.2	21.8	0.2
	45	7.98	2451.0	27.4	33.1	45.3	5.8	6.0	22.3	0.3
	55	7.94	2461.1	26.9	33.2	55.3	5.1	6.0	22.6	0.9
	66	7.93	2462.3	26.9	33.2	66.4	5.0	5.3	21.8	0.9
39	5	8.06	2336.0	29.9	31.6	5.0	5.7	6.2	21.2	0.1
	10	8.02	2333.4	29.8	31.6	10.1	5.7	6.3	18.8	0.1
	20	8.02	2336.8	29.6	31.6	20.1	5.8	6.2	21.3	0.1
	35	7.90	2403.1	28.7	32.5	35.2	4.1	4.6	21.6	0.4
	47	7.77	2470.4	27.3	33.1	47.3	2.3	2.6	22.0	0.9
	56	7.79	2465.6	27.2	33.2	56.3	2.5	2.9	23.2	0.6
40	5	8.04	2401.0	29.8	31.7	5.0	5.7	5.7	19.0	0.1
	10	8.05	2393.3	29.7	31.7	10.1	5.7	5.7	20.8	0.1
	20	8.04	2407.4	29.6	31.7	20.1	5.7	6.0	21.5	0.1
	30	8.03	2418.9	29.4	31.8	30.2	5.7	6.3	20.7	0.1
	35	8.03	2427.1	29.3	31.8	35.2	5.8	6.2	20.4	0.2
	46	8.01	2423.9	29.0	31.8	46.3	5.6	6.0	21.8	0.4
	41	1	8.06	2322.4	30.1	31.8	1.0	5.7	6.2	3.9
5	8.08	2319.4	30.1	31.8	5.0	5.7	6.3	1.7	0.1	
10	8.11	2325.0	29.2	31.8	10.1	5.7	6.3	1.9	0.1	
15	8.09	2324.2	28.9	31.8	15.1	5.7	6.1	2.7	0.1	
23	8.07	2325.0	28.8	32.0	24.1	5.5	5.9	3.0	0.4	
42	1	8.06	2335.2	29.6	32.0	1.0	5.7	6.2	18.9	0.1
	5	8.09	2347.1	29.4	32.0	5.0	5.7	6.3	19.1	0.1
	10	8.10	2336.9	29.3	32.0	10.1	5.7	6.4	19.7	0.1
	15	8.10	2330.1	29.2	32.1	15.1	5.6	6.2	20.1	0.2
	20	8.08	2362.3	29.1	32.1	20.1	5.6	6.4	20.3	0.2
43	5	8.07	2315.4	29.4	31.8	5.0	5.7	6.2	12.5	0.1
	10	8.10	2338.6	29.3	31.8	10.1	5.6	6.1	19.3	0.1
	15	8.11	2336.8	29.3	31.8	15.1	5.6	6.0	19.9	0.1
	25	8.12	2343.1	28.8	32.0	25.1	5.4	5.9	21.1	0.2
	36	8.11	2378.1	28.7	32.1	36.2	5.2	5.4	22.6	0.7

## ภาคผนวก ข. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pH	Alkalinity ( $\mu\text{mol/l}$ )	Temp (CTD) ( $^{\circ}\text{C}$ )	Salinity (CTD)	Pressure [db]	DO(CTD) (mg/l)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	Chl_CTD ( $\mu\text{g/l}$ )
44	5	7.98	2361.5	29.8	31.7	5.0	5.7	5.8	19.3	0.1
	10	7.96	2337.4	29.6	31.7	10.1	5.7	6.0	18.9	0.1
	15	7.97	2318.0	29.6	31.7	15.1	5.7	6.1	19.1	0.1
	30	7.92	2346.2	28.9	32.0	30.2	5.2	5.5	20.3	0.3
	40	7.91	2354.0	28.8	32.1	40.2	5.1	5.4	20.5	0.4
	46	7.91	2348.3	28.8	32.1	46.3	5.1	5.0	18.3	0.6
45	5	8.00	2397.8	29.7	32.6	5.0	5.7	6.1	15.4	0.1
	10	7.97	2403.0	28.9	32.5	10.1	5.6	5.9	19.7	0.1
	20	7.96	2412.9	28.5	32.7	20.1	5.8	6.3	20.3	0.1
	27	7.85	2413.9	28.2	33.0	27.2	5.5	4.1	21.5	0.5
	36	7.90	2421.4	27.1	33.2	36.2	4.9	5.2	21.3	0.9
	43	7.89	2429.3	27.1	33.2	43.2	4.9	5.3	22.4	1.4



ภาคผนวก ค. สปีชีส์ของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลตามสถานีและความลึก

Station	Depth (m)	pCO <sub>2</sub> (uatm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>2</sub> (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	ΩCa	ΩAr
1	1	258.7	1590.1	299.9	6.6	1896.5	7.5	5.0
	5	301.8	1650.6	276.0	7.7	1934.3	6.9	4.6
	10	306.7	1681.1	274.0	8.0	1963.1	6.9	4.5
	15	325.2	1782.3	289.7	8.5	2080.5	7.2	4.8
	20	288.1	1773.9	323.8	7.5	2105.2	8.1	5.4
	26	316.6	1776.1	295.3	8.3	2079.6	7.4	4.9
2	1	413.8	1745.7	231.6	10.5	1987.7	5.8	3.9
	5	429.0	1767.8	228.9	10.8	2007.5	5.7	3.8
	10	423.6	1745.9	225.7	10.7	1982.3	5.7	3.8
	20	441.2	1776.8	224.3	11.2	2012.2	5.6	3.7
	25	441.9	1779.5	224.6	11.2	2015.3	5.6	3.7
	29	427.0	1760.3	227.5	10.8	1998.6	5.7	3.8
3	1	406.6	1716.6	226.4	10.3	1953.3	5.7	3.8
	5	418.6	1726.6	222.5	10.6	1959.7	5.6	3.7
	10	430.7	1735.3	218.4	10.9	1964.6	5.5	3.6
	15	429.9	1727.4	225.3	10.7	1963.3	5.7	3.8
	20	444.8	1751.8	214.7	11.3	1977.8	5.4	3.6
	28	447.8	1763.0	216.1	11.4	1990.4	5.4	3.6
4	1	402.8	1692.4	236.2	9.9	1938.5	6.0	4.0
	5	416.5	1713.2	227.1	10.4	1950.7	5.7	3.8
	10	428.8	1723.7	222.4	10.7	1956.9	5.6	3.7
	15	428.8	1723.7	222.2	10.7	1956.5	5.6	3.7
	20	440.4	1729.9	217.7	11.0	1958.6	5.5	3.6
	27	440.4	1730.5	216.9	11.0	1958.5	5.4	3.6
5	1	483.8	1769.9	208.7	12.1	1990.6	5.2	3.5
	5	418.6	1722.6	226.7	10.5	1959.8	5.7	3.8
	10	421.3	1733.8	227.7	10.6	1972.1	5.7	3.8
	20	418.7	1723.6	226.1	10.5	1960.2	5.7	3.8
	30	490.2	1800.3	202.0	12.6	2015.0	5.0	3.3
	41	800.5	1966.7	147.9	20.7	2135.2	3.6	2.4
6	5	384.2	1695.6	239.8	9.6	1945.0	6.0	4.0
	10	400.6	1729.2	235.7	10.1	1975.0	5.9	3.9
	20	414.6	1750.1	229.4	10.6	1990.0	5.7	3.8
	30	402.2	1741.0	227.9	10.4	1979.2	5.7	3.8
	45	763.4	1967.0	153.8	19.8	2140.6	3.8	2.5
	53	1021.0	2077.2	127.0	26.7	2230.9	3.1	2.1

## ภาคผนวก ค. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pCO <sub>2</sub> (uatm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>2</sub> (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	ΩCa	ΩAr
7	5	405.6	1710.8	226.0	10.3	1947.1	5.7	3.8
	15	440.3	1772.7	222.8	11.2	2006.7	5.6	3.7
	30	441.2	1780.1	218.4	11.4	2009.8	5.4	3.6
	40	468.2	1804.8	207.7	12.2	2024.7	5.2	3.4
	50	1286.9	2115.0	103.6	33.8	2252.4	2.5	1.7
	55	1265.4	2079.7	101.9	33.3	2214.8	2.5	1.7
8	5	419.3	1725.9	224.7	10.6	1961.2	5.6	3.8
	10	437.6	1760.9	221.8	11.1	1993.8	5.6	3.7
	15	449.1	1764.2	217.3	11.4	1992.9	5.4	3.6
	20	465.3	1786.9	213.4	11.9	2012.1	5.3	3.5
	30	465.8	1792.5	209.4	12.0	2013.9	5.2	3.5
	40	663.4	1926.2	168.4	17.2	2111.8	4.2	2.8
9	1	256.4	1579.0	291.6	6.7	1877.2	7.3	4.8
	5	259.0	1595.1	294.2	6.7	1896.0	7.4	4.9
	10	278.8	1639.3	287.3	7.3	1933.9	7.2	4.8
	20	284.2	1632.6	279.4	7.4	1919.4	7.0	4.6
	30	342.0	1736.6	269.1	8.8	2014.6	6.6	4.4
	35	545.2	1904.5	202.4	14.1	2121.0	5.0	3.3
10	1	235.8	1555.3	313.5	6.0	1874.9	7.9	5.2
	5	244.4	1575.9	308.5	6.3	1890.7	7.7	5.1
	10	247.8	1560.8	297.1	6.4	1864.3	7.4	4.9
	20	247.2	1595.5	303.3	6.5	1905.2	7.5	5.0
	35	369.2	1749.9	248.1	9.7	2007.6	6.1	4.1
	40	586.2	1911.2	186.5	15.3	2113.1	4.6	3.0
11	1	243.2	1563.5	312.1	6.2	1881.7	7.8	5.2
	5	229.2	1547.2	315.7	5.9	1868.8	7.9	5.2
	10	217.7	1540.3	328.6	5.6	1874.5	8.2	5.4
	20	207.3	1501.6	326.2	5.4	1833.2	8.1	5.4
	30	218.0	1544.2	323.4	5.7	1873.3	8.0	5.3
	45	257.4	1619.3	301.7	6.8	1927.7	7.5	4.9
12	5	397.1	1636.7	211.2	10.1	1858.0	5.3	3.5
	10	422.9	1663.3	204.7	10.7	1878.7	5.1	3.4
	20	443.8	1745.6	214.5	11.3	1971.4	5.4	3.6
	30	443.6	1748.2	210.2	11.4	1969.8	5.2	3.5
	40	439.9	1776.1	215.9	11.4	2003.4	5.4	3.6
	52	601.7	1876.9	174.8	15.7	2067.3	4.3	2.9



## ภาคผนวก ค. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pCO <sub>2</sub> (uatm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>2</sub> (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	ΩCa	ΩAr
13	5	465.6	1786.1	217.7	11.7	2015.5	5.5	3.6
	15	456.3	1793.6	221.6	11.5	2026.8	5.5	3.7
	30	441.9	1778.7	224.3	11.2	2014.2	5.6	3.7
	40	486.0	1829.9	205.9	12.7	2048.4	5.1	3.4
	50	671.3	1949.7	168.9	17.6	2136.1	4.2	2.8
	55	816.4	2010.8	147.7	21.4	2179.9	3.6	2.4
14	5	379.5	1714.9	245.5	9.6	1970.0	6.2	4.1
	15	416.0	1753.5	232.8	10.5	1996.8	5.8	3.9
	30	428.4	1768.3	223.2	11.0	2002.5	5.6	3.7
	45	431.2	1784.3	219.6	11.3	2015.2	5.5	3.6
	50	474.2	1829.3	209.1	12.4	2050.8	5.2	3.4
	60	768.2	1984.2	152.0	20.2	2156.3	3.7	2.5
15	5	406.9	1755.2	238.3	10.3	2003.8	6.0	4.0
	30	428.1	1764.1	227.1	10.9	2002.1	5.7	3.8
	40	431.0	1779.3	224.2	11.1	2014.5	5.6	3.7
	55	498.7	1835.6	200.2	13.1	2048.8	5.0	3.3
	60	418.1	1771.3	222.2	10.9	2004.4	5.5	3.6
16	5	261.5	1608.3	297.2	6.8	1912.3	7.4	4.9
	10	263.8	1622.8	298.9	6.9	1928.5	7.5	4.9
	20	280.6	1647.2	289.4	7.3	1943.9	7.2	4.8
	30	280.6	1647.9	288.5	7.3	1943.7	7.2	4.8
	45	334.9	1709.3	257.0	8.8	1975.2	6.4	4.2
	50	390.9	1774.6	237.5	10.3	2022.4	5.9	3.9
17	5	252.8	1589.7	304.4	6.5	1900.6	7.6	5.1
	10	224.9	1589.7	340.2	5.8	1935.7	8.5	5.6
	20	230.0	1553.9	314.3	6.0	1874.2	7.8	5.2
	30	248.2	1602.2	303.7	6.5	1912.5	7.5	5.0
	40	233.2	1575.0	313.1	6.1	1894.2	7.7	5.1
	45	429.6	1815.6	227.4	11.3	2054.3	5.6	3.7
18	5	237.2	1564.2	313.4	6.1	1883.7	7.9	5.2
	10	252.5	1589.5	303.0	6.5	1899.0	7.6	5.0
	20	257.2	1621.3	301.6	6.7	1929.7	7.5	5.0
	30	301.2	1689.4	277.8	7.9	1975.1	6.9	4.6
	35	325.9	1704.4	261.0	8.6	1974.0	6.5	4.3
	40	296.3	1668.1	276.0	7.8	1951.9	6.8	4.5

## ภาคผนวก ค. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pCO <sub>2</sub> (uatm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>2</sub> (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	ΩCa	ΩAr
19	5	296.9	1662.5	281.7	7.7	1951.9	7.1	4.7
	10	310.9	1662.8	267.3	8.1	1938.1	6.7	4.4
	20	283.0	1623.5	278.5	7.4	1909.3	6.9	4.6
	30	294.5	1651.0	275.5	7.7	1934.2	6.9	4.5
	45	286.8	1647.8	277.3	7.6	1932.6	6.9	4.6
	50	296.2	1662.8	273.3	7.8	1943.9	6.8	4.5
20	5	403.2	1740.8	235.2	10.2	1986.2	5.9	3.9
	15	404.0	1744.5	235.4	10.3	1990.2	5.9	3.9
	30	418.1	1768.5	227.6	10.8	2006.8	5.7	3.8
	45	419.5	1776.5	225.4	10.9	2012.9	5.6	3.7
	55	486.9	1835.3	204.5	12.8	2052.6	5.1	3.4
	60	502.3	1849.6	201.3	13.2	2064.0	5.0	3.3
21	5	391.2	1728.0	241.5	9.9	1979.4	6.1	4.0
	15	370.9	1719.4	247.4	9.4	1976.3	6.2	4.1
	30	393.9	1743.3	238.3	10.1	1991.7	6.0	4.0
	45	394.4	1750.2	233.0	10.2	1993.4	5.8	3.8
	55	372.8	1734.8	239.9	9.7	1984.5	6.0	4.0
	60	431.4	1786.0	218.0	11.3	2015.4	5.4	3.6
22	5	415.2	1750.0	231.6	10.5	1992.0	5.8	3.9
	15	432.3	1780.6	229.4	11.0	2021.0	5.7	3.8
	30	434.1	1794.4	222.2	11.3	2027.9	5.5	3.7
	45	487.1	1833.5	205.2	12.7	2051.4	5.1	3.4
	52	535.1	1877.8	195.0	14.0	2086.8	4.8	3.2
	60	550.7	1887.6	191.6	14.4	2093.6	4.7	3.1
23	5	423.5	1743.0	226.9	10.7	1980.6	5.7	3.8
	10	440.9	1772.8	224.9	11.1	2008.8	5.6	3.8
	20	444.8	1794.5	219.3	11.5	2025.3	5.5	3.6
	30	461.0	1818.4	215.0	12.0	2045.4	5.4	3.6
	40	472.0	1819.9	208.6	12.3	2040.7	5.2	3.4
	47	460.2	1816.7	212.9	12.0	2041.7	5.3	3.5
24	5	298.1	1631.3	270.3	7.7	1909.3	6.8	4.5
	10	283.0	1623.5	280.5	7.3	1911.3	7.0	4.7
	20	268.4	1613.6	290.0	7.0	1910.6	7.2	4.8
	30	286.2	1644.3	276.5	7.5	1928.3	6.9	4.5
	35	295.3	1657.9	271.9	7.8	1937.6	6.8	4.5
	40	285.6	1641.5	275.6	7.5	1924.7	6.8	4.5

## ภาคผนวก ค. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pCO <sub>2</sub> (uatm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>2</sub> (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	ΩCa	ΩAr
25	5	266.4	1599.8	292.4	6.9	1899.0	7.3	4.9
	10	266.0	1599.7	289.2	6.9	1895.8	7.2	4.8
	15	313.4	1679.1	263.1	8.3	1950.4	6.6	4.3
26	5	288.5	1614.8	275.7	7.4	1897.9	6.9	4.6
	10	287.1	1646.9	284.2	7.4	1938.5	7.1	4.7
	15	276.4	1623.4	286.2	7.2	1916.7	7.1	4.7
	20	277.8	1632.3	284.0	7.3	1923.5	7.1	4.7
	25	269.8	1623.1	288.6	7.1	1918.8	7.2	4.8
27	5	364.2	1686.5	244.7	9.2	1940.4	6.1	4.1
	10	380.7	1722.2	243.8	9.7	1975.7	6.1	4.1
	20	382.5	1695.7	225.4	10.0	1931.1	5.6	3.7
	30	411.9	1745.5	217.4	10.8	1973.7	5.4	3.6
	38	424.9	1759.1	213.9	11.2	1984.2	5.3	3.5
28	5	386.6	1790.4	257.3	9.9	2057.5	6.4	4.3
	15	387.6	1796.2	256.2	9.9	2062.4	6.4	4.3
	30	404.2	1834.5	248.8	10.5	2093.8	6.2	4.1
	40	395.1	1836.9	253.2	10.3	2100.5	6.3	4.2
	50	426.6	1848.3	236.7	11.2	2096.2	5.9	3.9
	60	445.5	1841.3	225.7	11.7	2078.7	5.6	3.7
29	5	377.6	1788.8	263.0	9.6	2061.5	6.6	4.4
	10	365.7	1773.9	266.3	9.4	2049.6	6.6	4.4
	20	372.3	1763.9	258.4	9.5	2031.9	6.4	4.3
	35	393.2	1826.3	252.5	10.3	2089.0	6.3	4.2
	46	395.0	1834.7	253.5	10.3	2098.6	6.3	4.2
30	5	394.8	1784.1	251.0	10.1	2045.2	6.3	4.2
	10	404.8	1829.8	256.6	10.3	2096.7	6.4	4.3
	20	405.7	1835.9	254.9	10.4	2101.2	6.3	4.2
	30	431.3	1865.6	243.0	11.2	2119.8	6.0	4.0
	40	414.4	1835.5	243.4	10.8	2089.7	6.0	4.0
	53	444.6	1881.0	236.4	11.6	2129.0	5.8	3.9
31	5	287.4	1647.0	285.3	7.4	1939.7	7.1	4.7
	10	267.6	1608.0	289.8	7.0	1904.7	7.2	4.8
	15	263.0	1619.1	294.2	6.9	1920.2	7.3	4.9
	25	263.1	1621.3	290.7	7.0	1918.9	7.2	4.8
	27	256.4	1617.1	296.7	6.8	1920.6	7.4	4.9

## ภาคผนวก ค. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pCO <sub>2</sub> (uatm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>2</sub> (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	ΩCa	ΩAr
32	1	321.1	1675.8	264.8	8.3	1948.8	6.6	4.4
	5	301.7	1651.1	271.1	7.8	1929.9	6.8	4.5
	10	293.7	1645.5	274.7	7.7	1927.9	6.9	4.5
	15	290.1	1664.3	282.8	7.6	1954.7	7.0	4.7
	17	279.6	1642.3	285.7	7.3	1935.3	7.1	4.7
33	5	321.3	1675.8	264.8	8.3	1949.0	6.6	4.4
	10	311.8	1665.9	266.9	8.1	1940.9	6.7	4.4
	15	296.7	1662.2	276.7	7.8	1946.7	6.9	4.6
	20	307.2	1682.3	272.0	8.1	1962.3	6.8	4.5
	26	335.5	1713.2	257.7	8.8	1979.7	6.4	4.2
34	5	372.7	1769.0	257.7	9.6	2036.3	6.4	4.3
	10	386.0	1790.4	254.1	9.9	2054.5	6.4	4.2
	20	397.2	1800.1	248.8	10.2	2059.1	6.2	4.1
	30	409.3	1813.8	242.0	10.6	2066.4	6.0	4.0
	40	409.2	1814.2	241.0	10.6	2065.8	6.0	4.0
	50	426.1	1846.1	238.2	11.1	2095.4	5.9	3.9
35	5	362.0	1758.4	264.1	9.2	2031.8	6.6	4.4
	15	355.2	1767.1	269.5	9.1	2045.7	6.7	4.5
	35	388.8	1806.4	250.2	10.1	2066.7	6.2	4.1
	45	495.7	1907.9	218.5	13.0	2139.4	5.4	3.6
	55	797.4	2108.7	161.1	21.4	2291.1	3.9	2.6
	65	880.1	2120.1	145.5	23.8	2289.3	3.5	2.3
36	5	361.4	1754.6	264.5	9.2	2028.3	6.6	4.4
	15	394.3	1785.6	250.0	10.1	2045.6	6.3	4.2
	35	426.6	1846.6	240.3	11.1	2098.0	6.0	4.0
	50	543.4	1948.7	208.2	14.2	2171.2	5.1	3.4
	60	800.1	2116.2	161.5	21.4	2299.1	3.9	2.6
	67	821.0	2122.1	157.0	22.1	2301.2	3.8	2.5
37	5	403.5	1781.5	244.3	10.3	2036.1	6.1	4.1
	10	415.9	1796.0	236.5	10.7	2043.2	5.9	3.9
	20	462.2	1858.9	224.8	12.1	2095.8	5.5	3.7
	35	506.4	1903.1	205.9	13.6	2122.5	5.0	3.3
	50	576.6	1976.5	190.6	15.7	2182.8	4.6	3.1
	57	595.5	1994.6	187.9	16.2	2198.7	4.6	3.0

## ภาคผนวก ค. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pCO <sub>2</sub> (uatm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>2</sub> (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	ΩCa	ΩAr
38	5	353.5	1715.9	259.2	9.0	1984.0	6.5	4.3
	15	379.5	1758.6	249.3	9.8	2017.7	6.2	4.1
	30	456.3	1882.2	227.4	12.1	2121.7	5.6	3.7
	45	462.1	1907.6	225.5	12.4	2145.5	5.5	3.6
	55	520.9	1961.7	207.4	14.2	2183.3	5.1	3.3
	66	536.0	1972.4	203.4	14.6	2190.4	4.9	3.3
39	5	342.7	1705.2	260.9	8.8	1974.9	6.5	4.3
	10	385.4	1747.5	242.4	9.9	1999.8	6.1	4.0
	20	386.4	1753.0	241.6	10.0	2004.5	6.0	4.0
	35	563.9	1928.5	196.9	14.8	2140.1	4.9	3.2
	47	834.1	2106.0	151.6	22.5	2280.2	3.7	2.5
	56	788.7	2087.7	157.2	21.3	2266.2	3.8	2.5
40	5	374.5	1777.9	259.0	9.6	2046.5	6.5	4.3
	10	362.7	1763.2	261.7	9.3	2034.2	6.5	4.3
	20	376.1	1786.5	258.1	9.7	2054.3	6.4	4.3
	30	389.7	1809.3	253.6	10.1	2073.0	6.3	4.2
	35	391.2	1816.3	254.2	10.1	2080.6	6.3	4.2
	46	415.0	1840.5	242.8	10.8	2094.1	6.0	4.0
41	1	340.2	1690.0	261.0	8.7	1959.7	6.5	4.3
	5	320.0	1665.6	269.7	8.2	1943.5	6.7	4.5
	10	295.1	1652.2	277.5	7.7	1937.3	6.9	4.6
	15	313.9	1678.7	266.3	8.2	1953.3	6.6	4.4
	23	333.5	1701.6	257.2	8.7	1967.5	6.4	4.2
42	1	343.2	1705.5	260.0	8.8	1974.3	6.5	4.3
	5	316.2	1686.7	272.8	8.2	1967.7	6.8	4.5
	10	305.5	1668.3	275.9	7.9	1952.1	6.9	4.6
	15	304.9	1665.1	274.2	7.9	1947.2	6.8	4.5
	20	328.5	1712.4	268.7	8.5	1989.6	6.7	4.4
43	5	330.7	1685.8	259.8	8.6	1954.1	6.5	4.3
	10	305.7	1671.8	275.5	7.9	1955.2	6.9	4.6
	15	296.5	1659.7	279.6	7.7	1947.0	7.0	4.6
	25	289.5	1659.9	282.0	7.6	1949.5	7.0	4.6
	36	303.2	1697.8	281.5	8.0	1987.2	7.0	4.6

## ภาคผนวก ค. (ต่อ)

Station	Depth (m)	pCO <sub>2</sub> (uatm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (μmol/kgSW)	CO <sub>2</sub> (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	ΩCa	ΩAr
44	5	438.5	1809.2	229.0	11.3	2049.4	5.7	3.8
	10	459.9	1812.0	217.5	11.8	2041.3	5.4	3.6
	15	443.1	1787.3	219.3	11.4	2018.0	5.5	3.6
	30	519.4	1864.8	199.2	13.6	2077.6	4.9	3.3
	40	536.2	1881.6	195.6	14.1	2091.2	4.8	3.2
	46	534.9	1877.0	195.0	14.0	2086.1	4.8	3.2
45	5	421.0	1812.3	242.5	10.8	2065.6	6.0	4.0
	10	462.0	1860.0	225.2	12.1	2097.2	5.6	3.7
	20	478.5	1882.2	220.1	12.6	2114.8	5.4	3.6
	27	652.7	1984.3	178.1	17.2	2179.7	4.4	2.9
	36	572.5	1961.9	190.4	15.5	2167.8	4.7	3.1
	43	590.7	1977.8	187.2	16.0	2180.9	4.6	3.0



ภาคผนวก ง. ข้อมูลผิวน้ำและ CO<sub>2</sub> Flux

Station	pCO <sub>2</sub> (uatm)	Windspeed (m/s)	CO <sub>2</sub> Flux (mmol/m <sup>2</sup> /d)	TA (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	Salinity	Temp (°C)	pH
1	301.8	16.2	(-60.2)	2318.8	1934.3	31.4	29.9	8.10
2	429.0	16.2	22.2	2321.1	2007.5	31.5	30.5	7.98
3	418.6	18.7	20.6	2266.6	1959.7	31.5	30.4	7.98
4	416.5	15.8	13.4	2264.7	1950.7	31.6	31.1	7.98
5	418.6	20.4	24.6	2273.0	1959.8	31.6	30.9	7.98
6	384.2	19.1	(-9.9)	2277.8	1945.0	31.6	30.9	8.01
7	405.6	12.3	4.0	2260.2	1947.1	31.7	30.3	7.99
8	419.3	14.6	12.9	2271.8	1961.2	31.8	30.5	7.98
9	259.0	7.0	(-16.5)	2308.5	1896.0	31.4	29.3	8.15
10	244.4	17.7	(-117.2)	2323.2	1890.7	31.3	29.7	8.17
11	229.2	5.8	(-14.0)	2313.6	1868.8	31.6	29.5	8.19
12	397.1	11.7	0.7	2154.9	1858.0	31.7	30.3	7.98
13	465.6	14.2	35.6	2313.0	2015.5	31.7	30.7	7.95
14	379.5	8.4	(-2.71)	2309.9	1970.0	31.8	30.6	8.02
15	406.9	9.3	2.6	2331.5	2003.8	31.8	30.4	8.00
16	261.5	8.4	(-23.1)	2328.5	1912.3	31.7	29.3	8.15
17	252.8	8.8	(-27.0)	2327.5	1900.6	31.6	29.6	8.16
18	237.2	18.1	(-128.2)	2324.0	1883.7	31.5	29.6	8.18
19	296.9	14.6	(-51.8)	2343.7	1951.9	31.6	29.5	8.11
20	403.2	25.1	13.0	2310.5	1986.2	31.7	30.3	8.00
21	391.2	15.6	(-2.3)	2312.7	1979.4	31.6	30.6	8.01
22	415.2	24.5	30.1	2310.9	1992.0	31.8	30.3	7.99
23	423.5	14.6	15.2	2293.4	1980.6	31.8	30.5	7.98
24	298.1	20.6	(-102.2)	2287.6	1909.3	31.5	29.6	8.10
25	266.4	10.9	(-37.9)	2309.0	1899.0	31.5	29.7	8.14
26	288.5	13.8	(-50.5)	2284.6	1897.9	31.6	29.7	8.11
27	364.2	7.8	(-4.6)	2280.8	1940.4	31.7	30.3	8.03
28	386.6	21.8	(-9.9)	2409.4	2057.5	31.8	30.0	8.03
29	377.6	7.8	(-2.6)	2421.6	2061.5	32.0	29.9	8.04
30	394.8	10.9	(-0.1)	2389.3	2045.2	32.0	30.0	8.02
31	287.4	30.6	(-248.7)	2337.6	1939.7	31.7	29.4	8.12
32	301.7	14.2	(-46.6)	2308.6	1929.9	31.7	29.2	8.10
33	321.3	12.7	(-29.2)	2317.8	1949.0	31.8	29.4	8.08
34	372.7	28.6	(-45.5)	2389.7	2036.3	31.7	29.8	8.04
35	362.0	15.6	(-19.9)	2394.2	2031.8	31.6	30.0	8.05

## ภาคผนวก ง. (ต่อ)

Station	pCO <sub>2</sub> (uatm)	Windspeed (m/s)	CO <sub>2</sub> Flux (mmol/m <sup>2</sup> /d)	TA (μmol/kgSW)	DIC (μmol/kgSW)	Salinity	Temp (°C)	pH
36	361.4	33.1	(-91.5)	2391.5	2028.3	31.7	30.1	8.1
37	403.5	31.1	20.5	2371.5	2036.1	32.1	29.9	8.0
38	353.5	21.4	(-47.3)	2342.5	1984.0	31.7	30.1	8.1
39	342.7	1.0	(-0.1)	2336.0	1974.9	31.6	29.9	8.1
40	374.5	20.6	(-21.6)	2401.0	2046.5	31.7	29.8	8.0
41	320.0	18.9	(-66.4)	2319.4	1943.5	31.8	30.1	8.1
42	316.2	14.2	(-39.3)	2347.1	1967.7	32.0	29.4	8.1
43	330.7	24.9	(-98.7)	2315.4	1954.1	31.8	29.4	8.1
44	438.5	5.8	3.7	2361.5	2049.4	31.7	29.8	8.0
45	421.0	10.9	7.6	2397.8	2065.6	32.6	29.7	8.0





## ภาคผนวก จ. พารามิเตอร์ของตะกอนดิน

Station	%Sand	%Silt	%Clay	%organic carbon	%organic matter	%CaCO <sub>3</sub>
1	70.7	9.8	19.5	0.5	0.9	8.9
2	77.2	7.2	15.6	0.5	0.8	19.6
3	43.1	32.7	24.2	1.2	2.0	43.2
4	33.6	30.0	36.4	2.3	3.9	21.8
5	85.5	13.4	1.2	0.7	1.2	13.4
6	23.4	47.8	28.8	1.7	2.8	20.3
7	20.6	66.4	13.1	2.1	3.7	18.7
8	75.7	6.2	18.0	0.7	1.2	17.6
9	66.9	17.6	15.6	0.5	0.8	15.4
10	67.2	17.5	15.3	0.8	1.3	12.2
11	85.0	5.3	9.7	0.5	0.9	22.6
12	39.3	38.5	22.2	0.9	1.6	18.6
13	28.6	50.8	20.6	1.1	1.9	20.2
14	13.7	54.0	32.4	0.7	1.2	25.3
15	27.0	41.4	31.6	0.6	1.1	22.2
16	22.8	42.0	35.2	0.9	1.5	18.9
17	23.4	45.8	30.8	1.5	2.6	16.3
18	25.6	50.5	23.8	1.9	3.2	13.7
19	2.8	55.7	41.5	1.3	2.3	16.7
20	5.8	63.4	30.8	0.8	1.4	17.6
21	13.1	67.0	20.0	0.9	1.5	25.1
22	2.3	73.4	24.3	0.5	0.9	20.4
23	5.5	49.6	44.9	1.0	1.7	15.2
24	4.7	75.5	19.8	1.6	2.8	13.8
25	16.2	32.2	51.6	2.2	3.8	10.4
26	1.9	62.8	35.3	1.0	1.8	10.1
27	56.8	15.8	27.4	0.9	1.5	18.0
28	17.7	63.7	18.6	1.3	2.3	19.8
29	4.4	64.3	31.3	0.8	1.4	12.8
30	1.0	59.0	39.9	0.8	1.4	14.7

## ภาคผนวก จ. (ต่อ)

Station	%Sand	%Silt	%Clay	%organic carbon	%organic matter	%CaCO <sub>3</sub>
31	25.8	40.3	33.9	0.8	1.3	13.5
32	0.6	77.7	21.7	1.3	2.2	9.4
33	34.8	35.0	30.2	0.6	1.0	20.1
34	24.7	51.6	23.7	0.5	0.9	11.1
35	18.3	40.5	41.2	0.9	1.5	17.7
36	25.1	38.5	36.4	0.7	1.2	18.3
37	8.7	48.3	43.1	1.2	2.0	15.0
38	35.2	32.8	32.0	0.8	1.3	16.1
39	12.7	47.2	40.1	0.9	1.6	21.7
40	37.3	46.6	16.1	0.4	0.7	19.3
41	23.3	50.9	25.9	0.4	0.6	25.6
42	55.3	16.5	28.2	0.4	0.8	31.3
43	18.4	56.4	25.2	0.8	1.4	16.6
44	16.3	59.2	24.5	0.5	0.8	19.7
45	27.2	41.9	30.9	0.3	0.6	18.7

ภาคผนวก จ. ข้อมูลแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง ถดุมรสุม  
 ตะวันออกเฉียงเหนือ

1) แม่น้ำแม่กลอง

Station	Depth	pCO <sub>2</sub> ( $\mu$ atm)	TA ( $\mu$ mol/kgSW)	DIC ( $\mu$ mol/kgSW)	Salinity	Temperature (°C)	pH	Chl a ( $\mu$ g/l)
MK1	1	1394.7	2396.9	2326.5	22.3	28.3	7.63	6.439
	3	1160.2	2310.2	2217.5	23.9	28.2	7.68	6.794
	5	1257.3	2328.4	2244.3	24.1	28.2	7.65	6.030
MK2	1	1100.9	2363.2	2258.3	23.9	28.3	7.71	6.516
	3	1148.6	2361.2	2260.4	24.5	28.3	7.69	5.928
	5	1122.2	2324.3	2221.3	25.1	28.4	7.69	5.839
MK3	1	998.6	2307.2	2185.5	25.8	28.6	7.73	9.162
	2	893.2	2303.3	2163.3	26.3	28.6	7.77	7.247
MK4	1	812.2	2259.4	2098.0	28.4	29.3	7.79	5.051
	2	760.0	2174.4	2012.9	28.5	29.2	7.80	5.465

2) แม่น้ำท่าจีน

Station	Depth	pCO <sub>2</sub> ( $\mu$ atm)	TA ( $\mu$ mol/kgSW)	DIC ( $\mu$ mol/kgSW)	Salinity	Temperature (°C)	pH	Chl a ( $\mu$ g/l)
TC1	1	1940.2	2294.0	2289.1	12.4	29.2	7.54	5.458
	3	1825.1	2369.7	2342.9	18.1	28.8	7.54	2.471
TC2	1	1604.1	2269.0	2226.6	20.7	28.8	7.56	3.851
	3	1120.4	2251.5	2147.6	26.9	28.7	7.67	1.633
TC3	1	1331.9	2256.6	2180.7	25.2	28.7	7.61	1.302
	2	1074.5	2140.6	2037.3	28.4	28.6	7.66	1.959
TC4	1	966.7	2318.2	2185.9	26.8	28.8	7.74	0.713
	3	792.3	2162.7	2008.7	28.9	29.0	7.78	0.209

## ภาคผนวก จ. (ต่อ)

## 3) แม่น้ำเจ้าพระยา

Station	Depth	pCO <sub>2</sub> ( $\mu$ atm)	TA ( $\mu$ mol/kgSW)	DIC ( $\mu$ mol/kgSW)	Salinity	Temperature ( $^{\circ}$ C)	pH	Chl a ( $\mu$ g/l)
CP1	1	1172.4	2229.6	2178.5	9.4	29.9	7.76	1.639
	3	1242.0	2272.4	2187.4	23.4	29.5	7.65	2.939
	5	694.8	2214.4	2054.4	24.5	28.5	7.86	5.998
	9	559.4	2200.7	1990.0	28.3	28.6	7.92	11.337
CP2	1	1612.5	2231.3	2212.4	10.5	29.6	7.62	1.504
	3	1012.3	2231.5	2140.0	18.7	29.0	7.75	2.676
	5	546.8	2182.8	1976.5	27.3	28.4	7.93	3.690
	9	475.1	2147.4	1915.2	28.4	28.6	7.97	3.889
CP3	1	1013.3	2233.8	2132.4	22.1	28.8	7.73	3.061
	2	1106.5	2266.2	2164.1	26.2	28.1	7.68	2.589
	4	769.5	2281.4	2121.4	27.0	28.1	7.82	1.498
CP4	1	1078.6	2221.4	2144.3	17.5	28.6	7.73	2.914
	2	798.6	2200.8	2054.6	27.4	28.1	7.79	1.739
CP5	1	546.1	2142.9	1969.6	20.8	28.6	7.96	5.277
	2	491.9	2174.9	1941.0	28.9	28.8	7.96	5.814

## 4) แม่น้ำบางปะกง

Station	Depth	pCO <sub>2</sub> ( $\mu$ atm)	TA ( $\mu$ mol/kgSW)	DIC ( $\mu$ mol/kgSW)	Salinity	Temperature ( $^{\circ}$ C)	pH	Chl a ( $\mu$ g/l)
BK1	1	1136.6	1687.4	1646.2	19.0	30.0	7.59	1.872
	2	1105.0	1681.9	1638.5	19.0	30.0	7.60	1.494
BK2	1	559.1	1821.3	1691.6	19.0	30.0	7.90	1.284
	3	683.3	2105.6	1933.5	28.0	30.0	7.83	
	5	655.4	2099.6	1917.6	29.0	30.0	7.84	4.720
BK3	1	457.3	1947.2	1751.8	24.0	30.0	7.97	6.748
	2	417.6	2073.2	1817.5	29.0	30.0	8.00	2.426
	4	438.1	2114.0	1859.9	29.0	30.0	7.99	
BK4	1	463.5	1957.8	1756.4	25.3	30.1	7.96	3.937
	2	437.1	1986.8	1698.3	26.9	39.6	7.97	
	4	364.2	2116.7	1819.9	30.2	30.1	8.05	
BK5	1	324.8	2078.2	1776.2	28.9	29.8	8.09	3.850
	2	340.1	2118.0	1816.4	29.1	29.8	8.08	3.105
	3	375.8	2132.7	1835.4	30.5	30.3	8.04	

ภาคผนวก ข. ข้อมูลแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

1) แม่น้ำแม่กลอง

Station	Depth	pCO <sub>2</sub> ( $\mu$ atm)	TA ( $\mu$ mol/kgSW)	DIC ( $\mu$ mol/kgSW)	Salinity	Temperature (°C)	pH	Chl a ( $\mu$ g/l)
MK1	1	2140.3	2767.0	2761.9	6.1	30.3	7.63	1.514
	2	1379.6	2319.4	2282.6	8.2	30.1	7.72	1.623
	4	1301.9	2334.0	2287.9	8.9	30.1	7.74	1.847
MK2	1	1048.4	2330.5	2249.9	12.3	30.2	7.80	2.869
	2	1058.1	2327.9	2238.1	15.8	30.1	7.77	2.992
	4	588.1	2304.5	2112.7	20.8	29.9	7.96	3.986
MK3	1	363.6	2323.9	2004.7	27.2	29.9	8.10	2.276
	1.5	368.3	2307.7	1990.4	27.8	30.0	8.09	1.665
MK4	1	335.3	2296.7	1947.6	29.8	30.2	8.11	0.555
	1.5	305.7	2288.4	1920.7	29.8	30.2	8.14	0.255

2) แม่น้ำท่าจีน

Station	Depth	pCO <sub>2</sub> ( $\mu$ atm)	TA ( $\mu$ mol/kgSW)	DIC ( $\mu$ mol/kgSW)	Salinity	Temperature (°C)	pH	Chl a ( $\mu$ g/l)
TC1	1	1589.8	2741.5	2694.9	7.3	31.0	7.74	2.772
	2	1287.7	2594.4	2518.7	12.4	30.3	7.76	5.212
	4	1247.2	2566.9	2484.0	14.8	29.7	7.75	5.018
TC2	1	1298.0	2653.6	2571.6	12.0	31.1	7.77	2.163
	2	719.2	2546.4	2385.0	14.0	30.3	7.97	2.397
	4	600.8	2506.1	2299.5	18.4	30.2	8.00	4.597
TC3	1	923.4	2505.4	2370.7	17.8	30.5	7.84	3.542
	2	582.7	2502.5	2282.0	20.0	30.3	8.00	3.168
	4	390.2	2377.6	2085.5	22.6	30.4	8.11	0.867
TC4	1	587.8	2503.7	2271.1	22.8	30.3	7.98	1.540
	2	289.5	2378.8	2011.0	24.9	30.1	8.20	1.986
	4	255.2	2368.0	1973.5	25.0	30.1	8.24	0.710

## ภาคผนวก ข (ต่อ)

## 3) แม่น้ำเจ้าพระยา

Station	Depth	pCO <sub>2</sub> ( $\mu$ atm)	TA ( $\mu$ mol/kgSW)	DIC ( $\mu$ mol/kgSW)	Salinity	Temperature ( $^{\circ}$ C)	pH	Chl a ( $\mu$ g/l)
CP1	1	2482.4	2395.8	2424.9	3.8	30.8	7.53	1.530
	2	3259.8	2162.0	2228.6	3.9	30.8	7.37	2.402
	9	1571.6	2301.5	2267.8	12.5	30.5	7.63	3.689
CP2	1	802.9	2332.1	2241.5	4.1	31.3	7.98	7.571
	3	2441.5	2283.1	2311.4	5.6	30.7	7.50	3.464
	5	1787.5	1950.3	1956.3	7.3	30.9	7.55	6.007
CP3	10	1970.8	2308.1	2284.8	19.8	30.2	7.49	3.855
	1	1241.6	2364.8	2316.2	5.2	31.5	7.80	9.617
	2	1525.0	2373.1	2344.1	6.0	31.5	7.71	5.650
CP4	3	1189.3	2395.0	2337.6	6.5	31.1	7.81	
	5	1572.6	2329.7	2304.7	8.0	30.6	7.67	9.498
	1	921.7	1995.7	1941.8	6.3	30.7	7.84	9.138
CP5	2	660.5	2270.3	2135.9	11.3	30.8	7.98	9.243
	1	507.9	2292.2	2136.5	7.3	30.7	8.12	7.483
	2	475.8	2268.5	2080.4	13.0	30.5	8.09	7.753

## 4) แม่น้ำบางปะกง

Station	Depth	pCO <sub>2</sub> ( $\mu$ atm)	TA ( $\mu$ mol/kgSW)	DIC ( $\mu$ mol/kgSW)	Salinity	Temperature ( $^{\circ}$ C)	pH	Chl a ( $\mu$ g/l)
BK1	1	1854.4	539.5	591.4	0.4	30.5	7.05	0.714
	2	1851.0	696.7	746.6	0.4	30.5	7.16	0.413
	5	2316.9	659.9	724.9	0.5	30.5	7.04	0.265
BK2	1	2656.5	645.4	720.8	0.7	30.5	6.97	0.907
	2	3196.1	681.2	772.4	1.0	30.5	6.91	0.923
	4	3335.8	779.3	870.5	5.4	30.6	6.91	1.076
BK3	1	2272.6	587.4	650.3	2.4	30.6	6.98	0.867
	2	1287.6	1035.3	1054.6	5.1	30.6	7.44	1.912
	3	1463.2	1447.5	1452.9	10.8	30.6	7.48	2.587
BK4	1	1765.6	879.6	920.7	4.8	30.6	7.24	0.000
	2	1628.8	1513.2	1516.6	15.6	30.8	7.42	1.472
BK5	1	1251.3	1252.1	1255.8	10.1	30.7	7.49	1.216
	2	374.0	1803.2	1599.4	23.0	30.8	8.02	1.021

ภาคผนวก ซ . ข้อมูลตะกอนดินและ CO<sub>2</sub> Flux ของแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา  
แม่น้ำบางปะกง ถดุมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

1) แม่น้ำแม่กลอง

Station	%CaCO <sub>3</sub>	%organic carbon	%Sand	%Silt	%Clay	pCO <sub>2</sub> (μatm)	CO <sub>2</sub> Flux
MK1	5.4	1.0	49.7	21.4	28.9	1392.8	8.9
MK2	3.8	0.5	76.6	2.3	21.1	1111.8	6.4
MK3	4.6	0.7	70.5	8.5	21.0	1000.2	5.3
MK4	5.1	0.1	83.8	1.3	14.9	812.5	3.7

2) แม่น้ำท่าจีน

Station	%CaCO <sub>3</sub>	%organic carbon	%Sand	%Silt	%Clay	pCO <sub>2</sub> (μatm)	CO <sub>2</sub> Flux
TC1	7.0	2.1	12.2	41.1	46.7	1960.4	8.3
TC2	6.0	2.2	10.8	42.5	46.7	1645.7	6.4
TC3	9.1	2.3	12.5	51.5	36.0	1357.5	4.8
TC4	5.0	2.8	2.0	55.0	43.1	988.2	3.0

3) แม่น้ำเจ้าพระยา

Station	%CaCO <sub>3</sub>	%organic carbon	%Sand	%Silt	%Clay	pCO <sub>2</sub> (μatm)	CO <sub>2</sub> Flux
CP1	3.4	2.0	-	-	-	1191.8	5.5
CP2	3.5	2.1	-	-	-	1620.0	8.4
CP3	3.6	2.0	4.2	25.1	70.7	1180.5	5.3
CP4	3.2	1.7	11.0	30.9	58.2	1149.6	5.1
CP5	4.1	1.1	51.9	11.9	36.2	583.6	1.3

4) แม่น้ำบางปะกง

Station	%CaCO <sub>3</sub>	%organic carbon	%Sand	%Silt	%Clay	pCO <sub>2</sub> (μatm)	CO <sub>2</sub> Flux
BK1	3.5	1.4	1.8	51.4	46.8	1136.6	16.0
BK2	3.6	1.7	8.4	36.1	55.4	559.1	3.5
BK3	3.1	1.9	0.5	51.0	48.6	457.3	1.3
BK4	5.7	1.7	19.1	57.7	23.2	467.3	1.5
BK5	4.1	1.8	2.2	49.5	48.3	325.8	(-1.4)

ภาคผนวก ข. ข้อมูลตะกอนดินและ CO<sub>2</sub> Flux ของแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง ถดุมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

1) แม่น้ำแม่กลอง

Station	%CaCO <sub>3</sub>	%organic carbon	%Sand	%Silt	%Clay	pCO <sub>2</sub> (µatm)	CO <sub>2</sub> Flux
MK1	4.4	1.0	61.6	38.4	0.0	2729.4	8.9
MK2	3.5	0.5	70.7	2.3	27.0	1566.1	4.3
MK3	6.1	0.5	76.4	1.6	21.9	347.9	(-0.4)
MK4	4.2	0.4	83.9	0.5	15.6	189.0	(-1.0)

2) แม่น้ำท่าจีน

Station	%CaCO <sub>3</sub>	%organic carbon	%Sand	%Silt	%Clay	pCO <sub>2</sub> (µatm)	CO <sub>2</sub> Flux
TC1	5.2	2.3	10.2	42.4	47.4	1341.3	18.3
TC2	5.7	2.1	5.9	44.8	49.3	1107.0	14.6
TC3	5.5	2.8	2.3	49.2	48.5	1011.6	7.3
TC4	5.5	1.8	7.1	53.0	39.9	3430.6	3.3

3) แม่น้ำเจ้าพระยา

Station	%CaCO <sub>3</sub>	%organic carbon	%Sand	%Silt	%Clay	pCO <sub>2</sub> (µatm)	CO <sub>2</sub> Flux
CP1	2.4	1.8	15.4	47.7	36.9	3174.0	37.3
CP2	3.3	1.7	7.5	23.7	68.7	1825.5	18.9
CP3	3.3	1.1	36.7	8.5	54.7	1612.0	15.9
CP4	3.2	1.2	35.2	10.8	54.0	1604.6	15.7
CP5	2.7	1.5	9.2	73.2	17.6	2031.7	21.4

4) แม่น้ำบางปะกง

Station	%CaCO <sub>3</sub>	%organic carbon	%Sand	%Silt	%Clay	pCO <sub>2</sub> (µatm)	CO <sub>2</sub> Flux
BK1	3.2	1.6	2.7	65.6	31.7	393.3	(-0.04)
BK2	4.0	1.8	4.4	78.8	16.8	404.7	(-0.03)
BK3	2.6	1.6	1.2	21.0	77.8	303.6	(-0.1)
BK4	3.2	1.5	1.3	23.6	75.2	269.6	(-0.1)
BK5	3.3	1.7	2.7	30.9	66.4	685.9	0.1



## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ว่าที่ร้อยตรีพิสุทธิ์ เทสสวัสดิ์

30 สิงหาคม 2531

ที่อยู่ปัจจุบัน 23 ม. 8 ต.หนองรี อ.เมือง จ.ชลบุรี 20000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2549 สำเร็จระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัด  
ชลบุรี

พ.ศ. 2553 สำเร็จการศึกษาจากคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยา  
เขตจันทบุรี

พ.ศ. 2554 เข้าศึกษาระดับปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะ  
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

