

แบบจำลองเชิงตัวเลขของการแบ่งชั้นน้ำภายใต้อิทธิพลของคลื่นในอ่าวไทย

นายพงศ์ดนัย พิทยเมธากุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

ปีการศึกษา 2557

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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.

STRATIFICATION MODEL UNDER WAVE INFLUENCE IN THE GULF OF THAILAND

Mr. Pongdanai Pithayamaythakul

The logo of Chulalongkorn University, featuring a central emblem with a sunburst and a tiered structure, set against a light background.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

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	แบบจำลองเชิงตัวเลขของการแข่งขันน้ำภายใต้อิทธิพล ของคลื่นในอ่าวไทย
โดย	นายพงศ์ดนัย พิทยเมธากุล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ ไศจิสุภกร

---

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(ดร.สุริยัณห์ สาระมูล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ ไศจิสุภกร)

.....กรรมการ  
(ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุกุล บุรณประทีปรัตน์)

พงศ์คณัย พิทยเมธากุล : แบบจำลองเชิงตัวเลขของการแบ่งชั้นน้ำภายใต้อิทธิพลของคลื่นในอ่าวไทย (STRATIFICATION MODEL UNDER WAVE INFLUENCE IN THE GULF OF THAILAND) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.ปราโมทย์ ไศจิกุภร, 31 หน้า.

อ่าวไทยเป็นส่วนปลายสุดทางทิศตะวันตกของทะเลจีนใต้ มีความลึกเฉลี่ยเพียง 45 เมตร และความลึกสูงสุดในแนวร่องน้ำลึกกลางอ่าว 80 เมตร มวลน้ำแบ่งเป็น 2 ชั้นตามชนิดของมวลน้ำที่พบในอ่าว วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประเมินว่าคลื่นมีผลต่อการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทยอย่างไร โดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข 3 มิติ Princeton Ocean Model จำลองการไหลเวียนของน้ำในเดือนมกราคมเพื่อเป็นตัวแทนของฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และเดือนสิงหาคมเพื่อเป็นตัวแทนของฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เติมนิทธิพลคลื่นต่อการผสมผสานของมวลน้ำในแนวตั้งโดยใช้ค่าความหนืด ( $Bv$ ) คงที่เท่ากับ 0.5 และ 1.0 ตารางเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ผลจากแบบจำลองพบว่า การเพิ่มอิทธิพลคลื่นทำให้อุณหภูมิน้ำชั้นบนอุ่นขึ้นแต่ไม่ทำให้ความหนาของน้ำชั้นบนเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

# # 5472038523 : MAJOR MARINE SCIENCE

KEYWORDS: STRATIFICATION / GULF OF THAILAND / MIXING LAYER

PONGDANAI PITHAYAMAYTHAKUL: STRATIFICATION MODEL UNDER WAVE INFLUENCE IN THE GULF OF THAILAND. ADVISOR: ASST. PROF. DR.PRAMOT SOJISUPORN, 31 pp.

The Gulf of Thailand is situated at the western tip of South China Sea. The average depth of the gulf is about 45 m while the deepest part in the central channel is about 80 m. The water column is stratified into 2 layers with distinctive water masses. The purpose of this study is to evaluate the influence of wave on stratification of water in the gulf using the 3-D Princeton Ocean Model (POM). Water condition during January was simulated to represent the northeast monsoon condition and that during August for the southwest monsoon condition. Constant wave height ( $B_v$ ) of 0.5 and 1.0  $m^2/sec$  were added into the vertical mixing scheme. The model results indicated that while the presence of wave mixing increases water temperature in the upper layer but it doesn't increase the depth of the upper layer.



Department: Marine Science

Student's Signature .....

Field of Study: Marine Science

Advisor's Signature .....

Academic Year: 2014

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาของท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์  
ปราโมทย์ โสจิศุภร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและการแก้ไขวิทยานิพนธ์ จึงขอ  
กราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่านที่คอยช่วยเหลือเอาใจใส่  
อบรมและตักเตือน ให้งานได้มีความสำเร็จทุกเรื่อง

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่น้องชาวภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่แนะนำและช่วยเหลือใน  
การทำวิทยานิพนธ์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ .....	ญ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 การสำรวจเอกสาร .....	3
2.1 การแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทย .....	3
2.2 การไหลเวียนของน้ำภายใต้อิทธิพลของคลื่น (Wave-ocean circulation).....	5
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	7
3.1 พื้นที่ศึกษา .....	7
3.2 การออกแบบการทดลอง.....	8
3.3 แบบจำลองเชิงตัวเลขของอ่าวไทยภายใต้อิทธิพลคลื่น.....	9
บทที่ 4 ผลการทดลอง .....	10
4.1 การศึกษาแบบจำลองทางเลขเชิงตัวเลขเบื้องต้น ในอ่าวไทย .....	10
4.2 การไหลเวียนกระแสน้ำและการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทย .....	14
4.3 การแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทย .....	19
4.4 การแบ่งชั้นน้ำภายใต้อิทธิพลของคลื่น.....	23

บทที่5 สรุปผลการศึกษา .....	28
รายการอ้างอิง .....	30
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	31



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ค่าเบื้องต้นของกริดที่นำมาใช้ .....	10
ตารางที่ 2 แสดงชั้นความลึกในแต่ละระดับ ที่เป็นในรูปของ Sigma .....	13



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## สารบัญภาพ

รูปที่ 1	พื้นที่การจำลองการแบ่งชั้นน้ำของอ่าวไทย .....	7
รูปที่ 2	บริเวณที่จะนำมาสร้างภาพตัดขวางตามความลึกในแต่ละช่วงของมรสุม .....	8
รูปที่ 3	แสดงขนาดของความลึกน้ำ(รูปซ้าย)ที่นำแล้วนำไปสร้างตารางข้อมูลกริดในแนวราบขนาด 60×40(รูปขวา) .....	11
รูปที่ 4	อุณหภูมิในแนวหน้าตัดของแนวที่มีละติจูดที่ 8 องศาเหนือประกอบด้วยอุณหภูมิแต่ละความลึก .....	11
รูปที่ 5	อุณหภูมิในแนวหน้าตัดของแนวที่มีละติจูดที่ 10 องศาเหนือ ประกอบด้วยอุณหภูมิตามความลึก .....	12
รูปที่ 6	อุณหภูมิในแนวหน้าตัดของแนวที่มีละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือ ประกอบด้วยอุณหภูมิตามความลึก .....	12
รูปที่ 7	ทิศทางลมของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนมกราคม จาก ecmwf.....	13
รูปที่ 8	ทิศทางลมของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเดือนพฤษภาคม จาก ecmwf .....	14
รูปที่ 9	ระดับความสูงน้ำจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ .....	14
รูปที่ 10	กระแสน้ำในชั้นผิวหน้าจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ .....	15
รูปที่ 11	กระแสน้ำในชั้นกลางของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ .....	15
รูปที่ 12	กระแสน้ำในชั้นล่างของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ .....	16
รูปที่ 13	ระดับความสูงน้ำจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ .....	17
รูปที่ 14	กระแสน้ำในชั้นผิวหน้าของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ .....	17
รูปที่ 15	กระแสน้ำในชั้นล่างของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	18
รูปที่ 16	กระแสน้ำในชั้นล่างของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	18
รูปที่ 17	แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือละติจูดที่ 8 องศาเหนือ ด้านซ้ายเป็นภาพอุณหภูมิ ด้านขวาเป็นความเค็ม .....	20
รูปที่ 18	แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามละติจูดที่ 10 องศาเหนือ ด้านซ้ายเป็นภาพอุณหภูมิ ด้านขวาเป็นความเค็ม .....	20

รูปที่ 19 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือ ด้านซ้ายเป็นภาพอนุกรม ด้านขวาเป็นความเค็ม..... 21

รูปที่ 20 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตามละติจูดที่ 8 องศาเหนือ ด้านซ้ายเป็นภาพอนุกรม ด้านขวาเป็นความเค็ม..... 21

รูปที่ 21 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตามละติจูดที่ 10 องศาเหนือ ด้านซ้ายเป็นภาพอนุกรม ด้านขวาเป็นความเค็ม..... 22

รูปที่ 22 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตามละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือ ด้านซ้ายเป็นภาพอนุกรม ด้านขวาเป็นความเค็ม..... 22

รูปที่ 23 อนุกรมตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 8 องศาเหนือสำหรับเดือนมกราคม รูปซ้ายสุดไม่ใช่ อิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$ ..... 23

รูปที่ 24 อนุกรมตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 10 องศาเหนือสำหรับเดือนมกราคม รูปซ้ายสุดไม่ใช่ อิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$ ..... 23

รูปที่ 25 อนุกรมตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือสำหรับเดือนมกราคม รูปซ้ายสุดไม่ใช่ อิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$ ..... 24

รูปที่ 26 จุดแสดงอนุกรมตามความลึกที่ละติจูด 10 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 102 องศา ตะวันออก เป็นบริเวณที่มีน้ำลึก 82 เมตร..... 24

รูปที่ 27 อนุกรมตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 8 องศาเหนือสำหรับเดือนสิงหาคม รูปซ้ายสุดไม่ใช่ อิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$ ..... 25

รูปที่ 28 อนุกรมตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 10 องศาเหนือสำหรับเดือนสิงหาคม รูปซ้ายสุดไม่ใช่ อิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$ ..... 25

รูปที่ 29 อนุกรมตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือสำหรับเดือนสิงหาคม รูปซ้ายสุดไม่ใช่ อิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$ ..... 26

รูปที่ 30 จุดแสดงอนุกรมตามความลึกที่ละติจูด 10 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 102 องศา ตะวันออก เป็นบริเวณที่มีน้ำลึก 82 เมตร..... 26

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

อ่าวไทยตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของประเทศไทยและเป็นเขตไหล่ทวีปทางใต้ของทะเลจีนใต้ ครอบคลุมพื้นที่ 320000 ตารางกิโลเมตรโดยบริเวณอ่าวล้อมรอบด้วยประเทศไทย มาเลเซีย กัมพูชา และเวียดนามอ่าวไทยมีแม่น้ำสายสำคัญที่ไหลลงสู่อ่าวไทย อาทิเช่น เจ้าพระยา บางปะกง ท่าจีน และแม่กลอง อ่าวไทยเป็นอ่าวตื้นที่มีความลึกเฉลี่ย 45 เมตรโดยมีบริเวณลึกที่สุดที่กลางอ่าวราว 80 เมตร อ่าวไทยเป็นบริเวณที่สำคัญของการตั้งของชุมชน เศรษฐกิจ และความมั่นคง ซึ่งข้อมูลทางสมุทรศาสตร์นั้น สำคัญต่อการจัดการทรัพยากรในบริเวณอ่าวไทย และการเตือนภัยพิบัติ

การไหลเวียนของน้ำในอ่าวไทยเกิดจากอิทธิพลของกระแสน้ำจากน้ำขึ้น-น้ำลง, กระแสน้ำเนื่องจากลมเหนือผิวน้ำ, กระแสน้ำจากน้ำท่า และกระแสน้ำเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นน้ำ การศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากระแสน้ำเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นน้ำ และกระแสน้ำเนื่องจากน้ำท่ามีผลต่อการไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยค่อนข้างน้อย กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลน้ำแต่ไม่ก่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำ การไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยเกิดจากอิทธิพลของลมเป็นปัจจัยหลัก โดยมีระบบลมมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือ (พฤษภาคม-กุมภาพันธ์) และ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม-กันยายน) พัดอยู่เหนืออ่าวไทยซึ่งมีผลต่อการหมุนเวียนของมวลน้ำตามฤดูกาลและมีผลต่อการผสมผสานของมวลน้ำในแนวตั้งด้วย รวมทั้งการเกิดน้ำผุด/น้ำจมบริเวณชายฝั่งทะเล การศึกษาที่ผ่านมา ยังพบว่าคอลัมน์น้ำในอ่าวไทยแบ่งเป็นสองชั้นเนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าและอิทธิพลของความแตกต่างของความหนาแน่นน้ำ

ได้มีการศึกษาเพื่อจะอธิบายการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทย โดยอาศัยแบบจำลองเชิงตัวเลข เช่น Princeton Ocean Model (POM) โดยทั่วไปจะมีการตัดอิทธิพลของคลื่นออกไปซึ่งอาจจะทำให้ชั้นน้ำผิวน้ำที่มีการผสมผสานบางลงและอุณหภูมิชั้นผิวน้ำสูงกว่าค่าที่ตรวจวัดได้ จากการจำลองอิทธิพลของคลื่นต่อการแบ่งชั้นน้ำในทะเลจีนใต้พบว่าการใช้อิทธิพลของคลื่นร่วมในแบบจำลองจะทำให้ได้ความหนาแน่นของน้ำชั้นบนลึกมากขึ้น และอุณหภูมิของน้ำชั้นบนตรงกับข้อมูลตรวจวัดมากกว่าเมื่อไม่ใส่อิทธิพลของคลื่นลงในแบบจำลอง

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าน้ำในอ่าวไทยแบ่งเป็นสองชั้นโดยน้ำอ่าวไทยอยู่ด้านบนและน้ำจากทะเลจีนใต้อยู่ด้านล่าง ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าลมมรสุมไม่แรงพอที่จะผสมมวลน้ำทั้งสองมวลให้เป็นเนื้อ

เดียวกัน จึงใคร่ทดสอบว่าอิทธิพลของคลื่นลมมรสุมจะมีผลต่อการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทยอย่างไร รวมทั้งรูปร่างและความลึกของพื้นอ่าวไทยมีผลต่อการแบ่งชั้นน้ำหรือไม่

## 1.2 วัตถุประสงค์

จำลองอิทธิพลของคลื่นลมต่อการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทยโดยใช้แบบจำลองทางตัวเลข POM

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

อธิบายรูปแบบของการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทยภายใต้อิทธิพลของลมและคลื่น เพื่อนำมาใช้พัฒนารูปแบบจำลองต่อไป



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## บทที่ 2

### การสำรวจเอกสาร

#### 2.1 การแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทย

การสำรวจอ่าวไทยโดยความร่วมมือของ Thailand-Vietnam-US NAGA Expedition ในช่วงปี ค.ศ.1959-1961 (Wyrcki. 1961) พบอ่าวไทยมีการแบ่งชั้นน้ำเป็นสองชั้น โดยชั้นน้ำส่วนบนจะมีความเค็มต่ำเนื่องจากการเจือจางของน้ำท่า การศึกษาของ Stansfield and Garrett พบว่าน้ำท่าจากแม่น้ำโขง จะไหลเข้าสู่อ่าวไทยในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Stansfield 1997)

Yanagi (2001) ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขศึกษาการแบ่งชั้นในอ่าวไทยโดยนำข้อมูลจาก SEAFDEC ที่สำรวจในปี 1995-1996 มาสร้างการแบ่งชั้นในอ่าวไทย พบว่าเดือนมีนาคม-พฤษภาคม จะมีการแบ่งชั้นน้ำเห็นได้ชัดเนื่องจากอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำและลมที่อ่อนกำลัง และจะมีการแบ่งชั้นน้อยลงในช่วงกันยายน-ตุลาคม และ จะหายไปในช่วง ธันวาคม-มกราคม

Ascharyaphotha (2008) ใช้แบบจำลอง POM โดยใช้ข้อมูลของฤดูกาลเป็นสี่ฤดูคือ มกราคม, เมษายน, กรกฎาคม และตุลาคม มาเป็นตัวแทนของ ฤดูหนาว, ฤดูร้อน, ฤดูเปลี่ยนมรสุม และฤดูฝนตามลำดับ จำลองรูปแบบการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทยพบว่าอ่าวไทยจะเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าในทะเลจีนใต้ซึ่งต่อกับอ่าวไทย นอกจากนี้ยังพบการหมุนเวียนตามเข็มนาฬิกาในช่วงหน้าร้อน (มรสุมตะวันตกเฉียงใต้) จะพบว่าบริเวณปากอ่าวไทยจะมีความเค็มที่สูงที่สุด เมื่อใช้ภาพตัดขวางที่ละติจูดที่ 7.317 เหนือลองจิจูด 100.354 ตะวันออก ถึงละติจูดที่ 10.411 เหนือลองจิจูด 104.592 ตะวันออก จะพบว่ามี การแบ่งชั้นน้ำชัดเจนในเดือนมกราคมและเมษายน และการแบ่งชั้นจะลดลงในฤดูกาลอื่น ความเค็มจะสูงมากในช่วงเดือนมกราคม และเมษายน แล้วลดลงในเดือนกรกฎาคม และตุลาคม มีความเค็มบริเวณพื้นน้ำชั้นล่างสูงมากแสดงว่ามีการไหลเข้ามาของมวลน้ำทะเลจีนใต้

#### 2.2 แบบจำลองเชิงตัวเลข

แบบจำลองที่จะนำมาใช้คือ Princeton Ocean Model (POM) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่นิยมใช้ในการจำลองของบริเวณเขตน้ตื้น (Blumberg 1987) โดยเป็นแบบจำลอง 3 มิติที่ใช้พิกัดฉาก (Cartesian coordinate) โดยจะใช้ Sigma Coordinate มาใช้แทนความลึกในแนวตั้ง (Blumberg 1987) มีสมการควบคุมได้แก่ Hydrostatic, Boussinesq approximations, Topography, a second-order turbulence closure, horizontal diffusivity coefficients, tidal mixing และ Wave induced mixing

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial T} + \vec{V} \cdot \nabla U + W \frac{\partial U}{\partial Z} - fV &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial U}{\partial z} \right) + F_x \\ \frac{\partial V}{\partial T} + \vec{V} \cdot \nabla V + W \frac{\partial V}{\partial Z} + fU &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_M \frac{\partial V}{\partial z} \right) + F_y \\ \nabla \cdot \vec{V} + \frac{\partial W}{\partial z} &= 0 \end{aligned}$$

สองสมการข้างต้นคือสมการ The Reynolds momentum equation ในแนวแกน x และ y ตามลำดับ สมการที่สามคำนวณกระแสในแนวตั้ง

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \vec{V} \cdot \Delta \theta + W \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_H \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + F_\theta$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \vec{V} \cdot \Delta S + W \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S$$

สมการข้างต้นเป็นสมการควบคุมอุณหภูมิและความเค็มน้ำในพื้นที่ศึกษาตามลำดับ โดยสมการ

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left( 2A_M \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( A_M \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right)$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial y} \left( 2A_M \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( A_M \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right)$$

$$F_{\theta, S} = \frac{\partial}{\partial x} A_H \left( \frac{\partial(\theta, S)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} A_H \left( \frac{\partial(\theta, S)}{\partial y} \right)$$

คือสมการที่อธิบายการแพร่กระจายของพลังงาน และสสาร

สร้าง grid ในรูปแบบ Rectangular Coordinate grid (RCC) ของรูปแบบอ่าวไทย (Wannawong 2008) โดยจะใช้ Sigma Coordinate ในแนวตั้งและสร้างในแบบละเอียด เพื่อจะได้สังเกตการแบ่งชั้นได้อย่างชัดเจน และมีการลงแบบ Arakawa C-grid ลงบน RCC grid มีการใช้ Time step โดยขึ้นกับสมการของ The Courant-Friedrichs-Levy (CFL) (Mellor, 2004) และจะใช้ Topography Gebco ข้อมูลลมจากข้อมูลของ European Center for Medium Range Weather Forecast (ECMWF)

Surface boundary จะมีการการเคลื่อนที่และผสมผสานโดยใช้ลมในการ mixing โดยจะใช้ Wind forcing (Mellor, 2004) เรียกว่า “the air-sea interaction”

$$\rho_w A_{mv} \left( \frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \tau_{0x}, \tau_{0y}$$

โดย  $\rho_w$  คือความหนาแน่นอ้างอิงของระดับผิวน้ำทะเลและค่าสัมประสิทธิ์ของ vertical eddy viscosity ส่วน  $\tau_{0x}, \tau_{0y}$  คือแรงเฉือนจากลม (Wind stress) ที่มีค่าดังนี้

$$(\tau_{0x}, \tau_{0y}) = \rho_w C_D |V_a| (U_{10}, V_{10})$$

ค่าของ drag coefficient ที่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.001 ถึง 0.0025 ขึ้นอยู่กับความเร็วของลม โดยค่าที่ Subscript “10” นั้นจะเป็นค่าความเร็วลมที่อยู่เหนือพื้นผิวน้ำที่ 10 เมตร และมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนของ mass balance, heat flux และ salt flux (Mellor, 2004)

$$\rho_w w_I = \dot{E} - \dot{P}$$

$$\rho_w \left( K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) = \rho_w w_I S_w$$

ส่วน Bottom boundary โดยขอบเขตท้องน้ำจะไม่มี mass balance, heat flux และ salt flux (Ascharyaphotha 2008) โดยจะใช้ Bottom stress (Mellor 2004)

ด้านที่ติดต่อกับทะเลจีนใต้จะทำเป็น Open boundary condition จะใช้ Radiation condition ของ Blumberg และ Mellor (1987) ในการอธิบายการเข้าออกของ Boundary

## 2.2 การไหลเวียนของน้ำภายใต้อิทธิพลของคลื่น (Wave-ocean circulation)

การแบ่งชั้นน้ำเป็นกลไกที่ต้องอาศัยปัจจัยทางกายภาพมาคำนวณ ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบดังนี้

1. สมดุลของพลังงาน เนื่องจาก การส่งผ่านระหว่างบรรยากาศกับทะเล
2. คลื่น ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพลวัตของการเคลื่อนที่ของมวลน้ำทะเลเป็นตัวส่งผ่านพลังงาน

ซึ่งปัจจัยในข้างต้นมีผลต่อการแบ่งชั้นน้ำ การแบ่งชั้นน้ำเราสามารถสังเกตได้จากชั้นน้ำที่ผสมผสานกัน โดยอาศัยปัจจัยของอุณหภูมิและความเค็มในการสังเกต เราจึงพบว่าคลื่นเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลในการแสดงแบ่งชั้นน้ำตามข้างต้น อันเป็นเหตุให้มีการศึกษาการแบ่งชั้นน้ำโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข

แบบจำลองเชิงตัวเลขที่ใช้คือแบบจำลองของ POM ซึ่งเป็นแบบจำลองที่อาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ แต่การจำลองการแบ่งชั้นน้ำช่วงเริ่มต้นจะอาศัยหลักการของโมเมนตัม และการกระจายแบบปั่นป่วน โดยอาศัยหลักการ Pandtl type mode (Moller, 1968) เรามักเรียกว่า M-Y Scheme แต่รูปแบบนี้ไม่สามารถอธิบายรูปแบบที่ซับซ้อนได้จึงทำให้เกิดการพิจารณาเกี่ยวกับ Reynolds stress เพื่อพัฒนารูปแบบให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

การผสมผสานของมวลน้ำในแนวตั้งนั้นมาจาก 2 ส่วนคือแรงลอยตัว และแรงพลศาสตร์ โดยแรงตัวลอยตัวทำให้เกิดการผสมผสานกันในแนวตั้งด้วยอิทธิพลของความหนาแน่นของมวลน้ำที่ต่างกัน ส่วนแรงพลศาสตร์นั้นจะมีหลายส่วนคือ การผสมผสานจากการปั่นป่วนของกระแส น้ำ, การผสมผสานของคลื่นผิวหน้า, การผสมผสานโดยน้ำขึ้น-น้ำลง และ การผสมผสานจากคลื่นใต้น้ำ (Qiao 2006)) การสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับการผสมผสานในแนวตั้งนั้นจะเกิดปัญหาคือความหนาของน้ำชั้นผิวมีความหนา(หรือผสมผสาน)น้อยกว่าความเป็นจริง และอุณหภูมิชั้นผิวน้ำน้ำที่สูงกว่าความเป็นจริงด้วย จึงได้มีการนำความปั่นป่วนของมวลน้ำมาใช้โดย Mellor และ Yamada เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การผสมผสานกันในแนวตั้งนำไปฝังลงในแบบจำลองเชิงตัวเลขเพิ่มเติมจากแบบจำลองปกติที่มีเพียงแรงเฉือนจากลมและและ ความปั่นป่วนจากแรงลอยตัว

หลังจากนั้นได้มีการเพิ่มอิทธิพลคลื่นต่อการผสมผสานของน้ำในแนวตั้งเข้าไปในแบบจำลองเชิงตัวเลขโดยปรากฏอยู่ในในส่วนของ Turbulence closure scheme ในการประยุกต์ใช้อิทธิพลของคลื่นและน้ำขึ้นน้ำลงต่อการผสมผสานของมวลน้ำและค่าอุณหภูมิน้ำตามแนวตั้งในทะเลเหลือง และฝั่งตะวันออกของทะเลจีนในช่วงฤดูร้อนโดย (Qiao 2010) ทำให้เห็นชั้น Thermocline ที่



ชัดเจนและถูกต้อง เมื่อเทียบกับข้อมูลจากการตรวจวัด และแสดงให้เห็นว่าการผสมผสานของน้ำ เนื่องจากคลื่นมีผลสำคัญต่อน้ำชั้นบนในทะเล ส่วนการผสมผสานโดยน้ำขึ้น-น้ำลงจะมีอิทธิพลต่อน้ำด้านล่าง แบ่งการผสมผสานที่ฝังลงในแบบจำลองการแบ่งชั้นน้ำนั้นจะใช้ Turbulence mixing ที่ใช้กันทั่วไปคือ Mellor-Yamada scheme ซึ่งจะทำการเพิ่ม vertical kinematic viscosity และ vertical diffusivity ดังสมการต่อไปนี้

$$K_{M,C} = q\lambda S_M$$

$$K_{H,C} = q\lambda S_H$$

เมื่อ  $K_{M,C}$  คือ  $K_{H,C}$  มีหน่วยขนาด  $m^2/s$

ถ้าเรานำอิทธิพลของคลื่นที่จะส่งผลการผสมผสานของมวลน้ำนั้น เราจะทำการเพิ่ม Surface wave-induced mixing โดยจะเพิ่ม  $B_V$  ลงใน vertical kinematic viscosity และ vertical diffusivity ของ Mellor-Yamada scheme โดยเราสามารถใส่รูปแบบ wave-induced mixing ในรูปแบบของ monochromic wave

$$B_V = \alpha A^3 \exp\{2kz\}$$

จะรวมค่า vertical kinematic viscosity และ vertical diffusivity ของ Mellor-Yamada scheme รวมกับ Surface wave-induced mixing จะทำให้ได้ค่า vertical kinematic viscosity และ vertical diffusivity ที่เป็นค่าใหม่ มีหน่วยเป็น  $m^2/s$  ดังสมการด้านล่าง

$$K_H = K_{H,C} + B_V$$

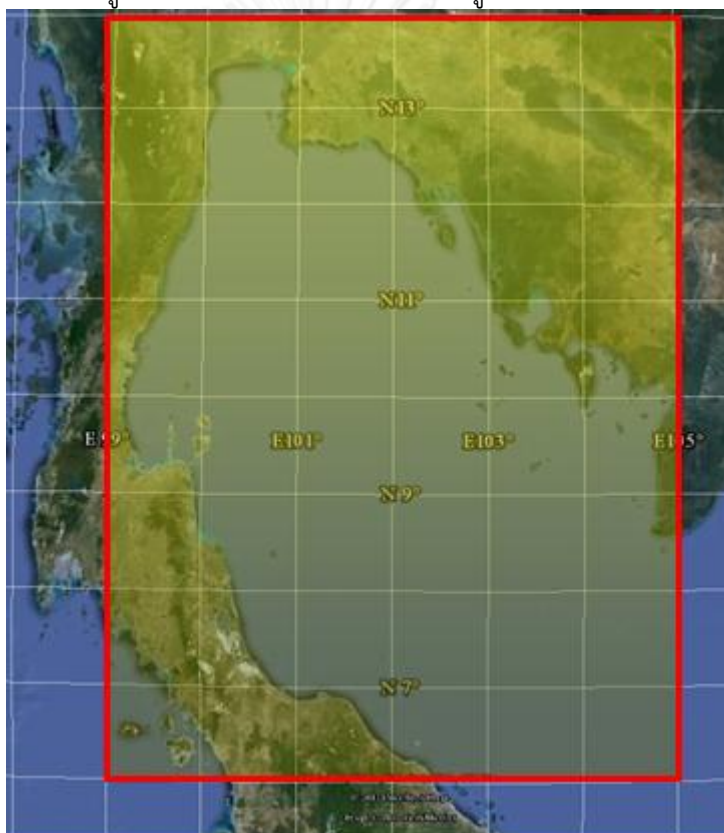
$$K_M = K_{M,C} + B_V$$

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคืออ่าวไทยซึ่งอยู่ทางตะวันออกของประเทศไทย มีความลึกเฉลี่ย 45 เมตรและลึกสุด 80 เมตร โดยติดต่อกับทะเลจีนใต้ทางด้านใต้ของอ่าวไทย ทำการจำลองการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทยครอบคลุมพื้นที่ในเขตละติจูดที่ 6-14 องศาเหนือ และลองจิจูด 99-105 องศาตะวันออก

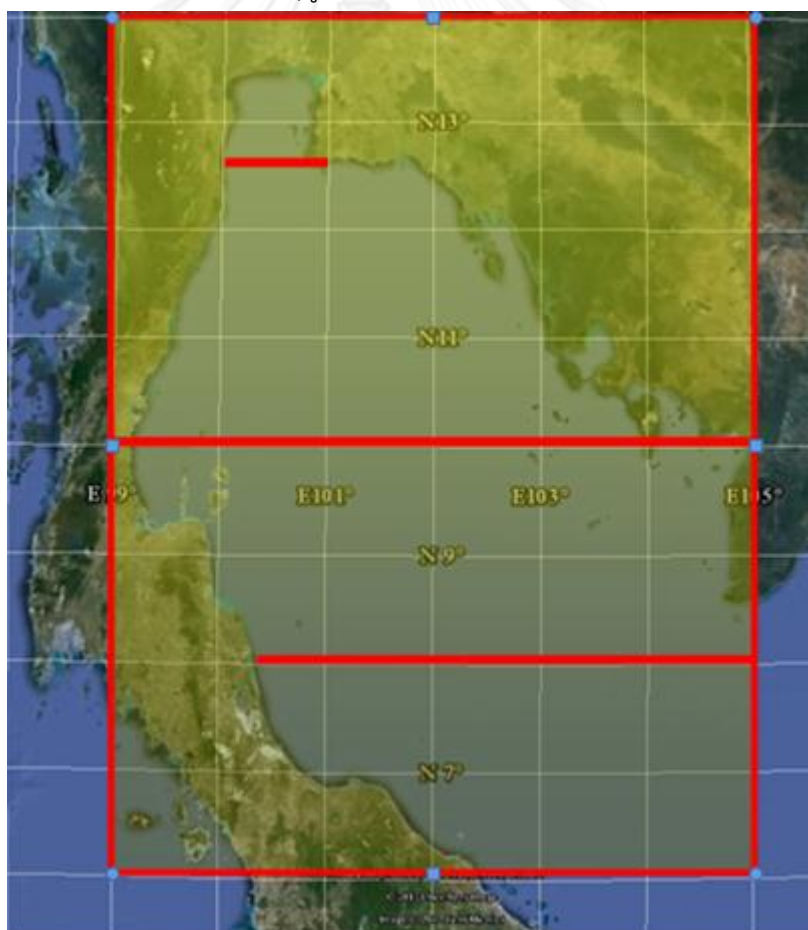


CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 1 พื้นที่การจำลองการแบ่งชั้นน้ำของอ่าวไทย

### 3.2 การออกแบบการทดลอง

จะทำการสร้างกริดกริดโดยขนาด  $60 \times 40$  ช่องโดยช่องที่เริ่มต้นที่ 99-105 องศาตะวันออก และ 6-14 องศาเหนือ และมีจำนวนชั้นตามความลึกโดยใช้ Sigma coordinate มาใช้จำนวน 8 ชั้นเพื่อจะสังเกตการแบ่งชั้นของมวลน้ำในอ่าวไทย โดยจำลองข้อมูลเพื่อสร้างการจำลองรูปแบบชั้นน้ำในเดือนมกราคม และเดือนสิงหาคมโดยอาศัยข้อมูลจำลองของอุณหภูมิโดยอาศัยความลึกในการสร้างการแบ่งชั้นน้ำ โดยจะสังเกตในสองตัวแปรคือ อุณหภูมิและความเค็ม ใช้ข้อมูลมาจาก The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) โดยใช้ข้อมูลในรอบเฉลี่ยรายเดือนของเดือน มกราคมและสิงหาคมเพื่อจะเป็นตัวแทนของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ตามลำดับ โดยช่องข้อมูลจะมีขนาด  $1^\circ \times 1^\circ$  มาใช้ในแบบจำลอง เป็นลมระดับความสูง 10 เมตร เพื่อนำมาใช้ในสมการขอลม ซึ่งลมจะเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ โดยจะทำการจำลองในระยะเวลา 120 วันเนื่องจากในแต่ละช่วงฤดูกาลจะมีค่าประมาณ 120 วัน



รูปที่ 2 บริเวณที่จะนำมาสร้างภาพตัดขวางตามความลึกในแต่ละช่วงของมรสุม

โดยจะทำการจำลองเชิงตัวเลขในใช้ค่าเบื้องต้น โดยใช้ลมเป็นตัวขับเคลื่อนกระแสน้ำในอ่าวไทยโดยใช้ โดยใช้แบบจำลอง POM ในรูปแบบโหมด3เป็นโหมดที่คำนวณในรูปแบบสามมิติ โดยใช้ Surface BC ในรูปแบบที่3 โดยอาศัย lateral BC ในรูปแบบ radiation condition โดยจะจำลอง 120วันแล้วนำมาหากระแสน้ำในอ่าวไทย เพื่อนำมาใช้อธิบายรูปแบบของอ่าวไทย โดยจะทำการพล็อตกระแสน้ำใน3ระดับคือ ระดับชั้นผิวน้ำ ชั้นกลาง และชั้นล่างจะอธิบายการเคลื่อนที่ของชั้นน้ำในระดับบน,ระดับกลางและระดับใกล้พื้นอ่าวไทย

### 3.3 แบบจำลองเชิงตัวเลขของอ่าวไทยภายใต้อิทธิพลคลื่น

โดยจะทำการนำค่าของคลื่นโดยเรียกว่า Bv ในรูปของ monochromatic wave ที่จะมีผลต่อลักษณะการแพร่กระจายในลักษณะตามแนวตั้งมาใช้ร่วมกับแบบจำลอง โดยให้ Bv เป็นตัวแทนของคลื่น โดยจะส่ง BV อยู่ใน subroutine profit ซึ่งมีค่าส่งผลต่อสมการการแพร่กระจาย ซึ่งค่าจะแปลงตามความลึกและมีค่าแปรผันตรงกับความสูงของคลื่น โดยการออกแบบจะให้คลื่นในลักษณะค่าคงตัวใน 2 ของความหนืด  $0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และ  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$  เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองในเบื้องต้นที่มีอิทธิพลของคลื่น ใช้ความหนาของชั้นน้ำที่มีการผสมผสาน กับ ชั้นที่มีการเปลี่ยนอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว มาสังเกตความต่างกัน

จะทำการตัดขวางข้อมูลของช่วงที่ 8, 10 และ12.5 องศาเหนือเพื่อจะได้ทำการประเมินความลึกของชั้นน้ำผสมและชั้นที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความลึก แล้วดึงจุดค่าตัวอย่างเพื่อมาดูความต่างของค่าให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จากนั้นจึงนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงในของสองช่วงมรสุม โดยใช้ข้อมูลของ Levitus 94 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลของแบบจำลองในฤดูกาลนั้นๆ

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

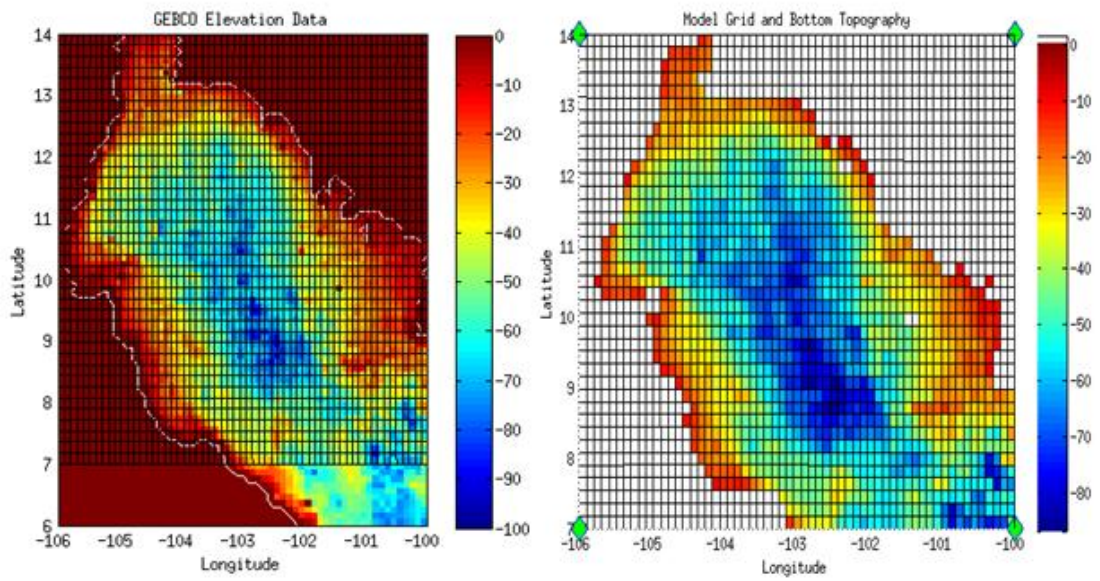
#### 4.1 การศึกษาแบบจำลองทางเลขเชิงตัวเลขเบื้องต้น ในอ่าวไทย

โดยทำการศึกษาโดยใช้ แบบจำลองคณิตศาสตร์ในเบื้องต้นของอ่าวไทย โดยการเตรียม กริดของอ่าวไทย ใช้ข้อมูลที่เป็นค่าคงตัว จะได้ข้อมูลในลักษณะ โดยใช้ลักษณะที่มีความแตกต่างกันให้ค่าลมเฉลี่ยลมในเดือนมกราคมเป็นตัวแทนของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และให้ค่าลมเฉลี่ยลมในเดือนสิงหาคมเป็นตัวแทนทิศตะวันตกเฉียงใต้

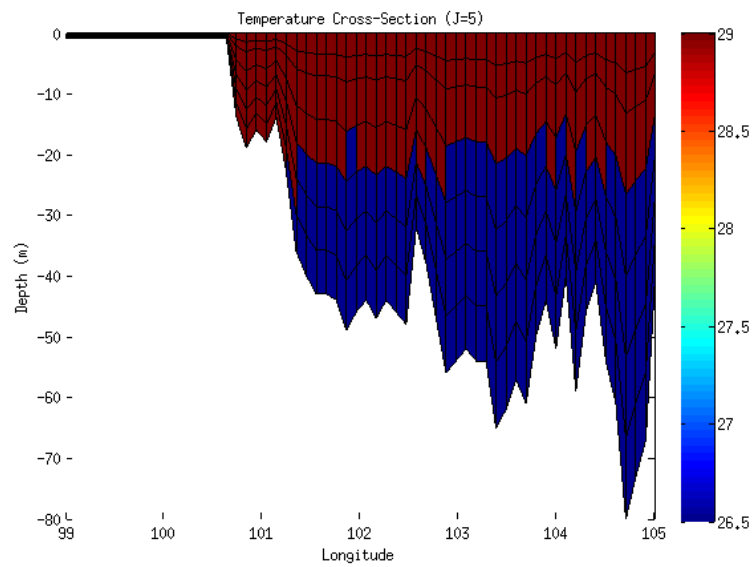
ตารางที่ 1 ค่าเบื้องต้นของกริดที่นำมาใช้

Parameter	Min	Max
GEBCO(1/2) <sup>o</sup>	0.00	-95
DX(km.)	10.95	11.24
DY(km.)	19.92	20.00
Sigma(จำนวนชั้น)	0	8

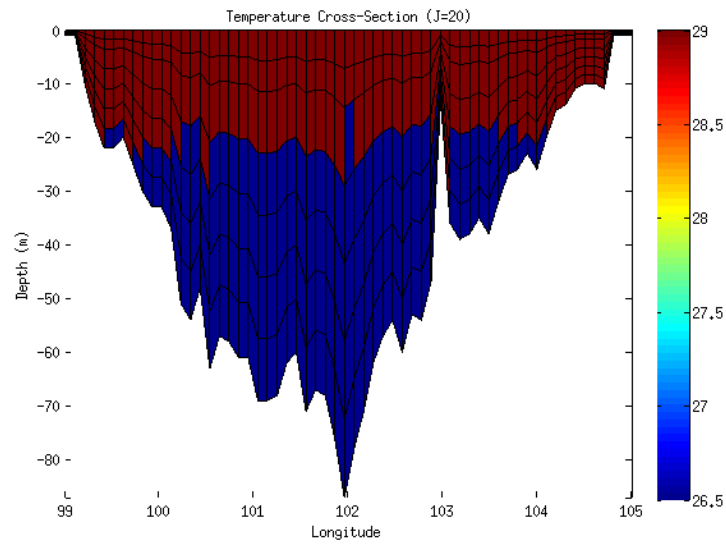
โดยจะทำการสร้างกริด แบบRectangular coordinateเป็นกริดขนาด60×40ช่องโดยมีขนาดประมาณ10กิโลเมตรและ20กิโลเมตรตามลำดับ ซึ่งใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของ GEBCO ทำการจำลองอุณหภูมิจัดให้มีลักษณะเป็น2ชั้นโดยใช้ค่ามากที่สุดและช่วงต่ำสุดในฤดูการนั้นมาเป็นตัวแบ่งแยกชั้นได้ภาพดังนี้



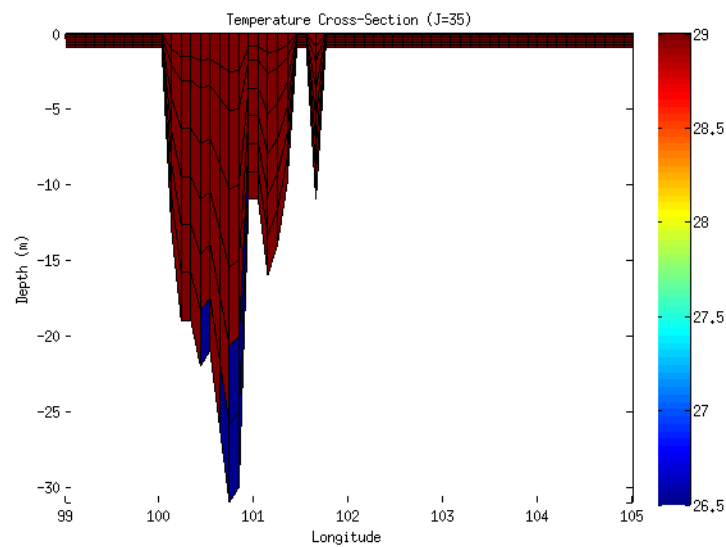
รูปที่ 3 แสดงขนาดของความลึกน้ำ(รูปซ้าย)ที่นำแล้วนำไปสร้างตารางข้อมูลกริดในแนวราบขนาด 60x40(รูปขวา)



รูปที่ 4 อุณหภูมิในแนวหน้าตัดของแนวที่มีละติจูดที่ 8 องศาเหนือประกอบด้วยอุณหภูมิแต่ละความลึก



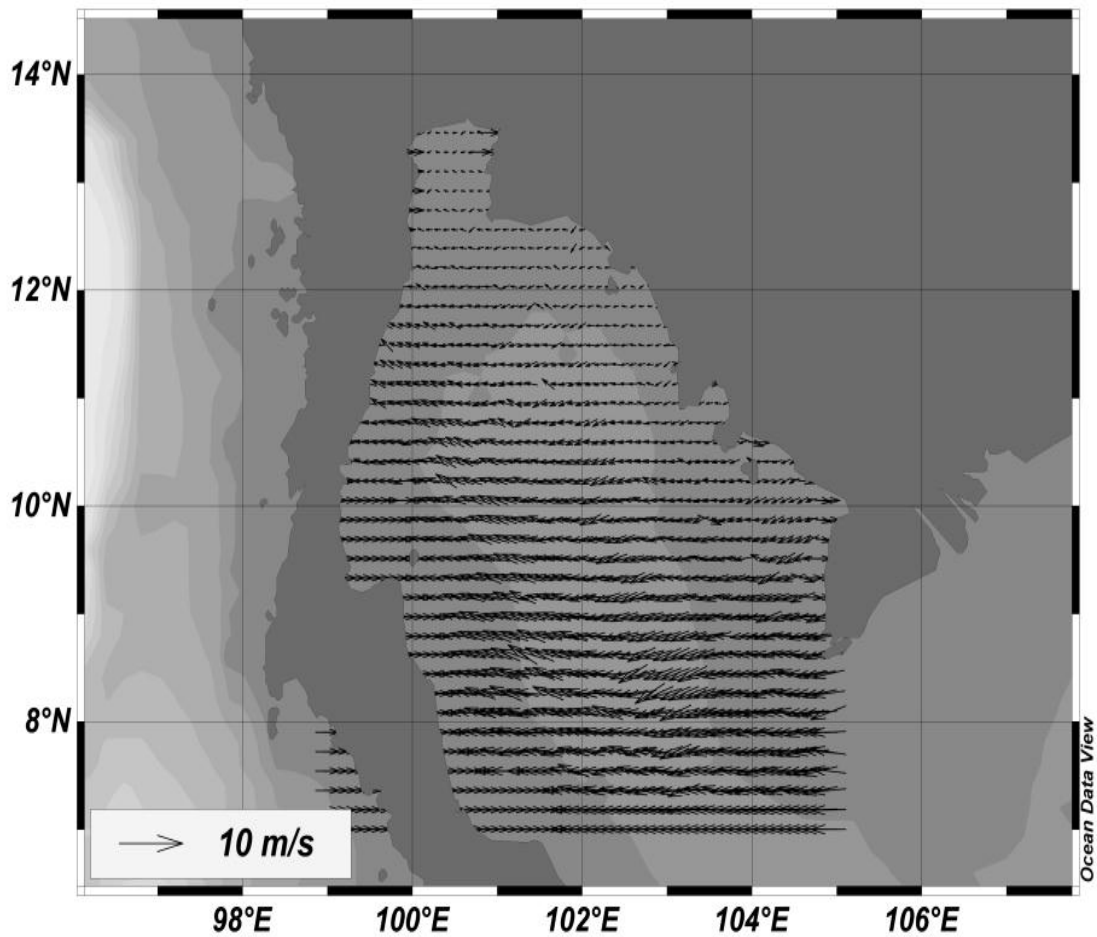
รูปที่ 5 อุณหภูมิในแนวหน้าตัดของแนวที่มีละติจูดที่ 10 องศาเหนือ ประกอบด้วยอุณหภูมิตามความลึก



รูปที่ 6 อุณหภูมิในแนวหน้าตัดของแนวที่มีละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือ ประกอบด้วยอุณหภูมิตามความลึก

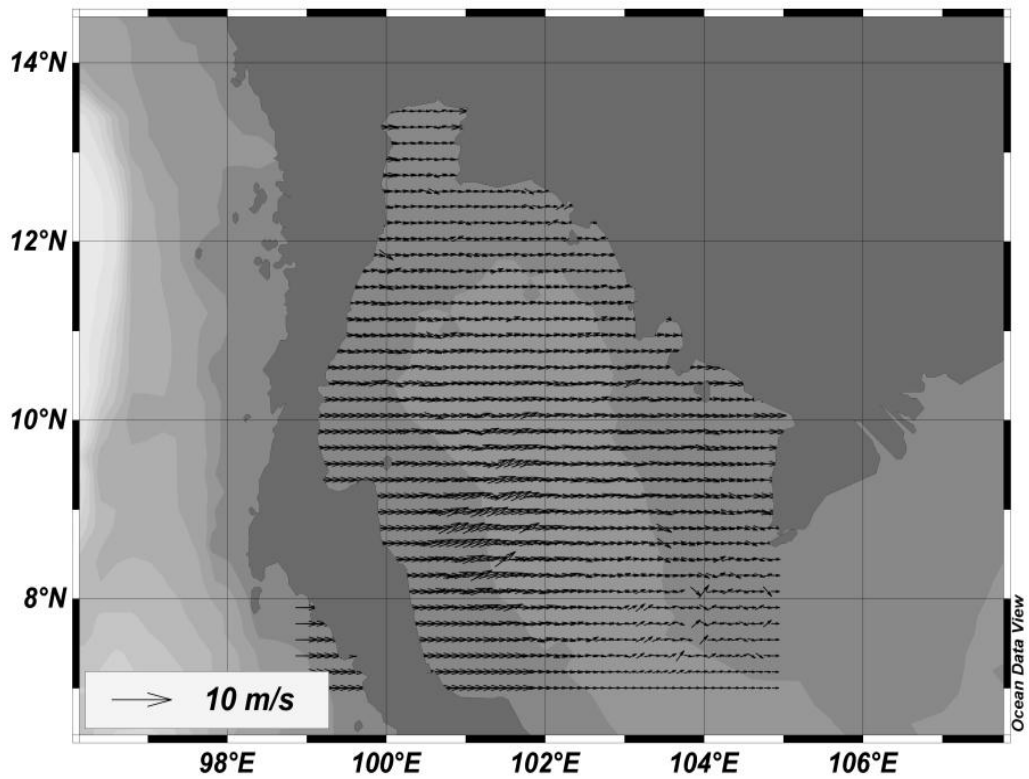
ตารางที่ 2 แสดงชั้นความลึกในแต่ละระดับ ที่เป็นในรูปของ Sigma

K	Z	ZZ	DZ	DZZ
1	0.0000	-0.0417	0.0833	0.0762
2	-0.0833	-0.1179	0.0833	0.1179
3	-0.1667	-0.2357	0.1667	0.1810
4	-0.3333	-0.4167	0.1667	0.1667
5	-0.5000	-0.5833	0.1667	0.1810
6	-0.6667	-0.7643	0.1667	0.1524
7	-0.8333	-0.9167	0.1667	0.1667
8	-1.0000	-1.0833	0.0000	0.0000



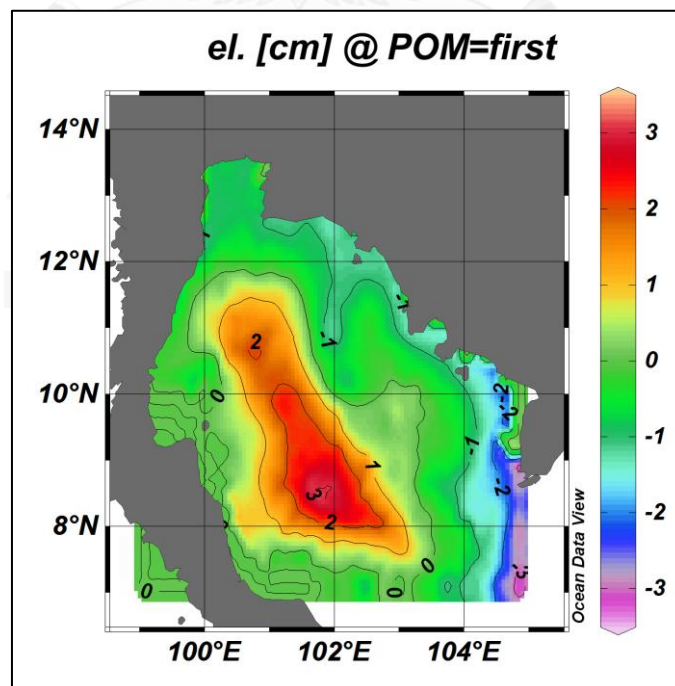
รูปที่ 7 ทิศทางลมของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนมกราคม จาก ecmwf



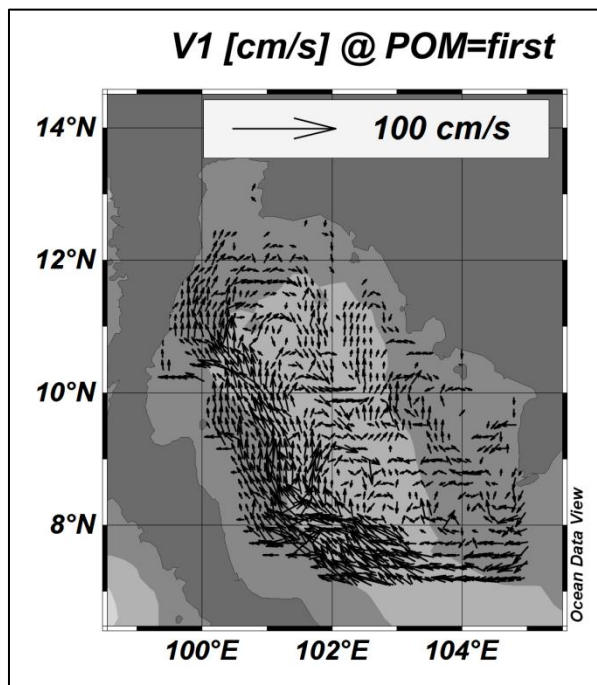


รูปที่ 8 ทิศทางลมของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเดือนพฤษภาคม จาก ecmmwf

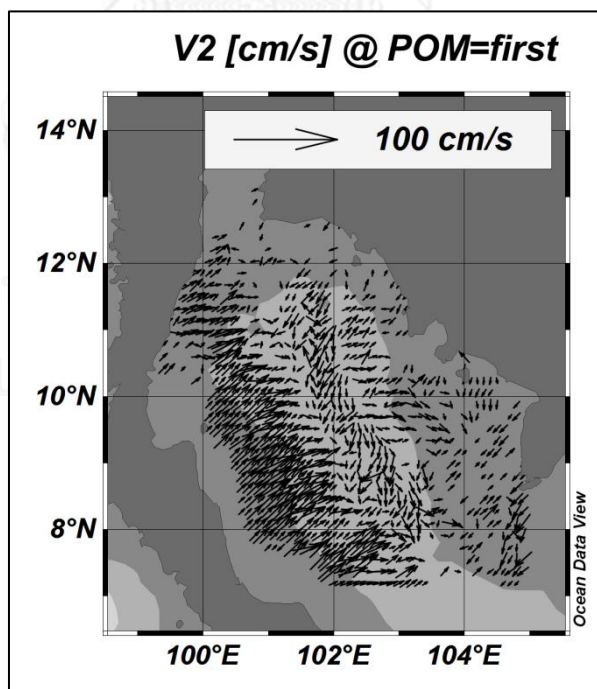
#### 4.2 การไหลเวียนกระแสน้ำและการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทย



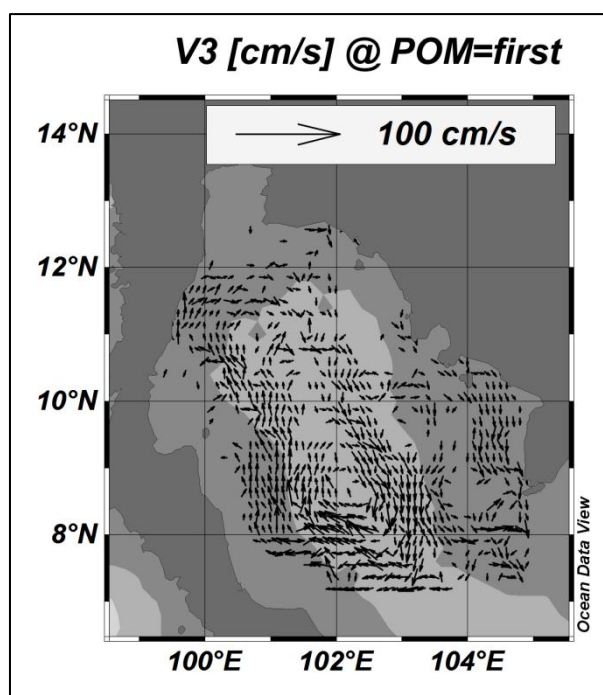
รูปที่ 9 ระดับความสูงน้ำจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 10 กระแสน้ำในชั้นผิวน้ำจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

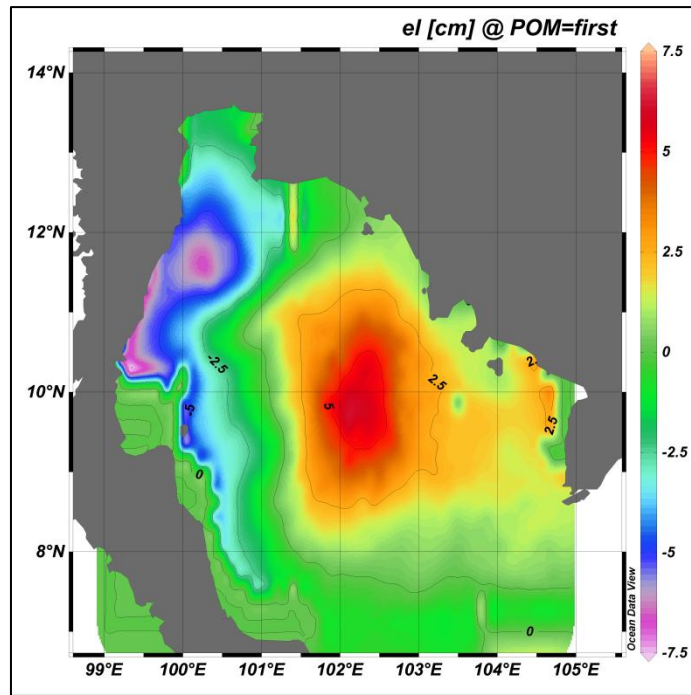


รูปที่ 11 กระแสน้ำในชั้นกลางของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

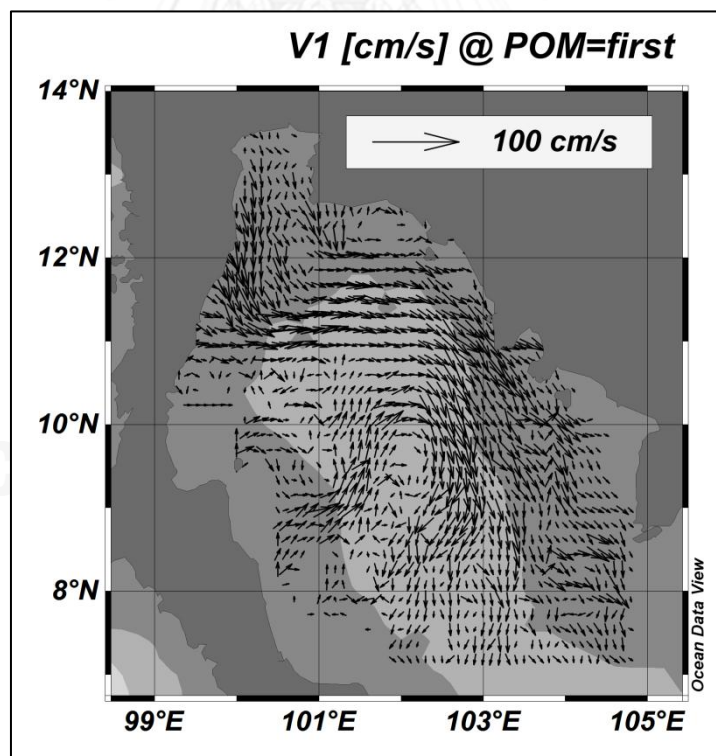


รูปที่ 12 กระแสน้ำในชั้นล่างของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

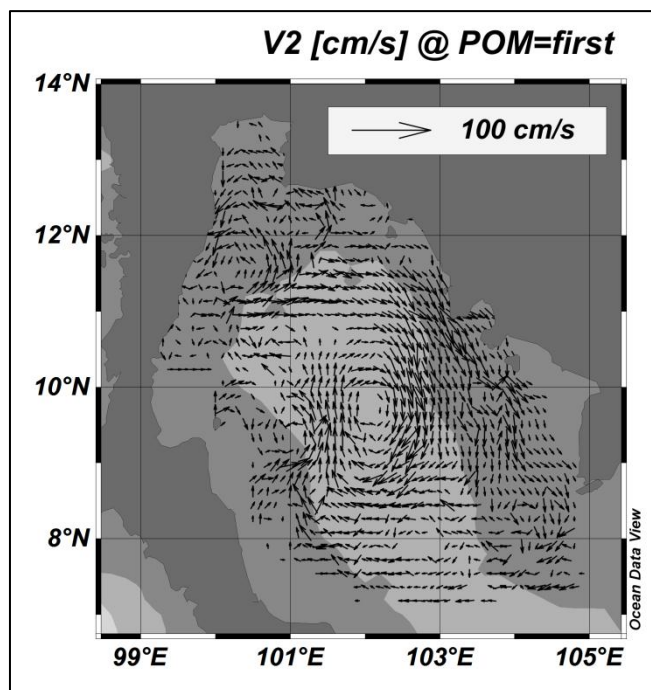
รูปที่ 9-12 เป็นผลการจำลองระดับน้ำและกระแสน้ำในอ่าวไทยในเดือนมกราคมซึ่งเป็นตัวแทนของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือโดยใช้งานแบบจำลองเป็นเวลา 120 วัน ผิวน้ำนูนขึ้นทางฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยซึ่งเกิดการไหลเวียนของน้ำแบบหมุนตามเข็มนาฬิกาซึ่งเป็นลักษณะการไหลเวียนแบบ Geotrophic โดยระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 3.12 เซนติเมตรบริเวณกลางอ่าวไทย บริเวณชายฝั่งรอบอ่าวไทยมีระดับน้ำลดลง(ติดลบ) กระแสน้ำชั้นผิวน้ำไหลเข้าอ่าวไทยตามอิทธิพลของลมที่มีทิศทางวางตัวจากตะวันออกไปตะวันตกแล้วไหลเลียบขึ้นไปตามแนวชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยบางส่วนได้วนกลับบริเวณกลางอ่าวไทย ส่วนกระแสน้ำชั้นกลางจะมีลักษณะวิ่งออกจากชายฝั่งของอ่าวไทยฝั่งตะวันตก และกระแสน้ำชั้นล่างไหลวนตามเข็มนาฬิกาขนาดใหญ่ตั้งแต่ 7 องศาเหนือถึง 12 องศาเหนือ มีขนาดความเร็วไม่เกิน 5 เซนติเมตร/วินาที แบบจำลองไม่สามารถจำลองเพิ่มขึ้นของระดับน้ำในอ่าวไทยเนื่องจากลม (Ekman transport) ได้ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากข้อกำหนดขอบเขตที่เลือกใช้ไม่เหมาะสม แต่สามารถจำลองการไหลของน้ำเลียบฝั่งอ่าวไทยตะวันตกขึ้นไปทางทิศเหนือได้ตรงกับงานวิจัยหลายชิ้นก่อนหน้านี้ Yanagi (2001) และ Ascharyapotha (2008) แต่ไม่ตรงกับการศึกษาของ Chaiongkarn and Sojisuporn (2013) เนื่องจากขนาดและความเร็วลมที่ใช้แตกต่างกัน



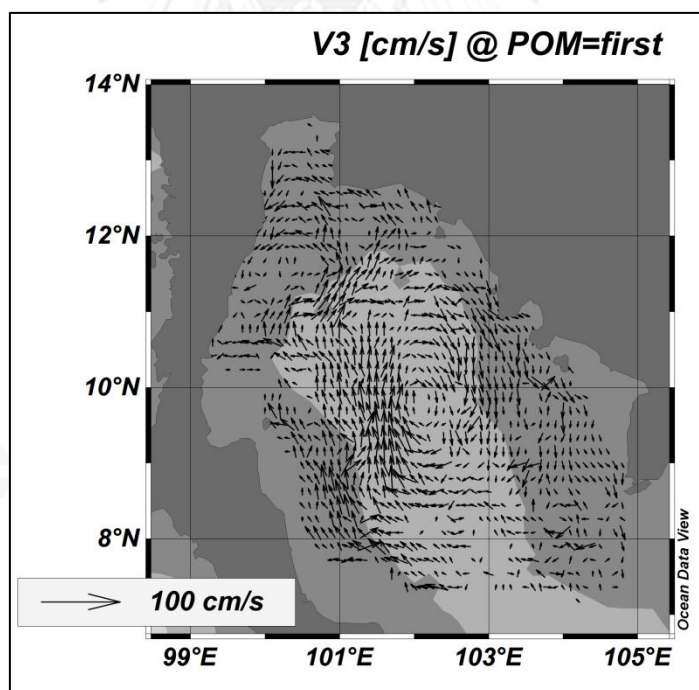
รูปที่ 13 ระดับความสูงน้ำจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 14 กระแสน้ำในชั้นผิวน้ำของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 15 กระแสน้ำในชั้นล่างของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

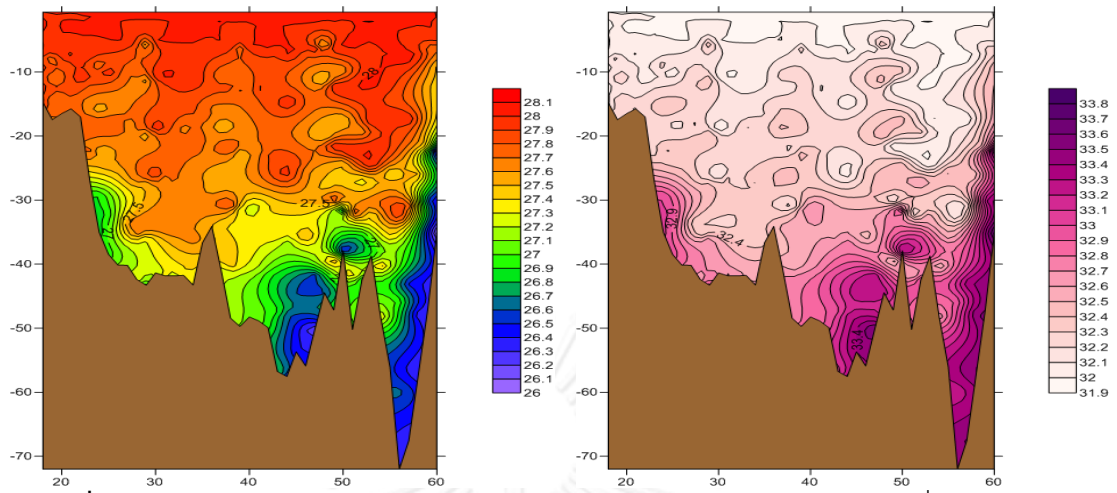


รูปที่ 16 กระแสน้ำในชั้นล่างของอ่าวไทยจากแบบจำลองในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

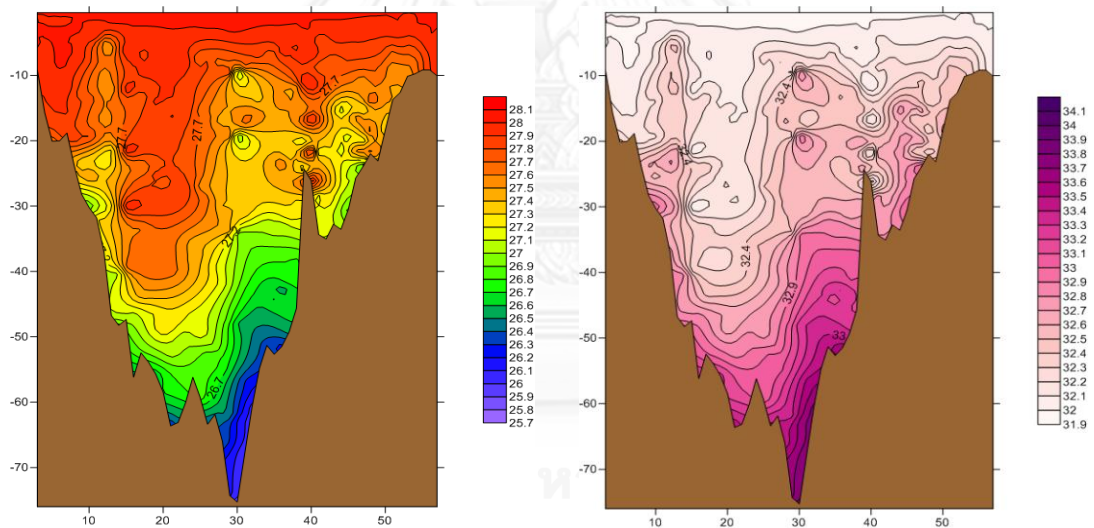
รูปที่ 13-16 เป็นผลการจำลองระดับน้ำและกระแสน้ำในอ่าวไทยในเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นตัวแทนของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้โดยใช้งานแบบจำลองเป็นเวลา 120 วัน ระดับน้ำจะสูงขึ้นย้ายมาฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยส่งผลกระทบต่อในการเกิดระบบกระแสน้ำหมุนวนตามเข็มนาฬิกาขนาดใหญ่รอบระดับน้ำบนทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย ระดับน้ำจะลดลงทางฝั่งตะวันตกตอนกลางและตอนล่างอ่าวไทยส่งผลกระทบต่อให้เกิดกระแสน้ำหมุนวนแบบทวนเข็มนาฬิกา การไหลเวียนของน้ำชั้นกลางและชั้นล่างมีลักษณะคล้ายคลึงกันกับการไหลของกระแสน้ำในระดับบนแต่มีความเร็วที่ต่ำกว่าตามลำดับ

#### 4.3 การแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทย

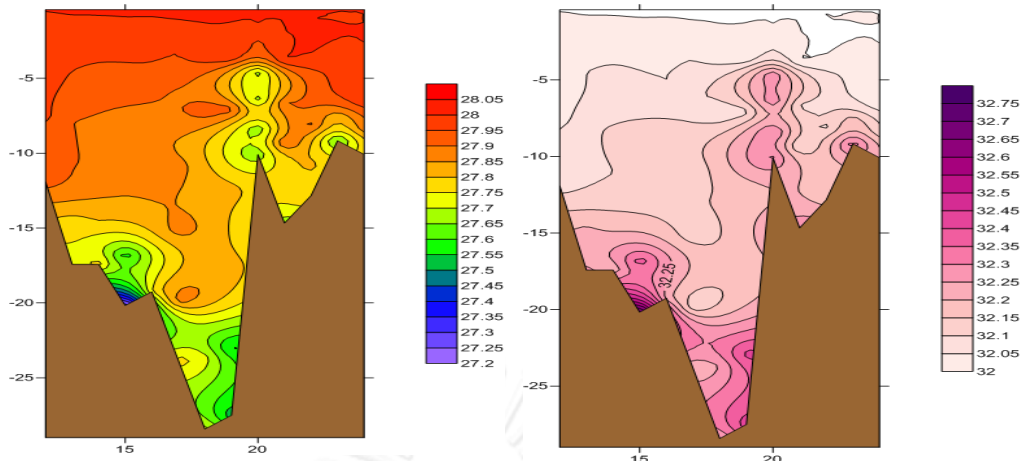
รูปที่ 17-19 เป็นลักษณะการแพร่กระจายของอุณหภูมิและความเค็มตามแนวภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 8, 10 และ 12.5 องศาเหนือจากแบบจำลองในเดือนมกราคม เมื่อยังไม่ได้รับอิทธิพลของคลื่น เมื่อเปรียบเทียบลักษณะตั้งต้นจากรูที่ 4 ถึง 6 พบว่ากระแสน้ำเนื่องจากลมทำให้เกิดการผสมผสานระหว่างชั้นน้ำบนกับชั้นน้ำล่างทำให้อุณหภูมิของน้ำลดลงตามความลึก ที่แนวละติจูดที่ 8 และ 10 พบชั้นเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันในช่วง 40-50 เมตรจากผิวน้ำซึ่งจัดว่าเป็นเทอร์โมคลายน์สำหรับเดือนมกราคมในอ่าวไทย ที่ละติจูดที่ 10 องศาเหนือทางฝั่งด้านซ้ายของอ่าวไทยจะเป็นฝั่งที่มีการผสมผสานกันของมวลน้ำมากกว่าทางด้านขวาของฝั่งอ่าวไทยเพราะมีกระแสน้ำเลียบชายฝั่งและกระแสน้ำหมุนวนแบบน้ำวนทำให้เกิดการจมตัวของบริเวณนั้น



รูปที่ 17 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือละติจูดที่ 8 องศาเหนือ  
ด้านซ้ายเป็นภาพอุณหภูมิ ด้านขวาเป็นความเค็ม

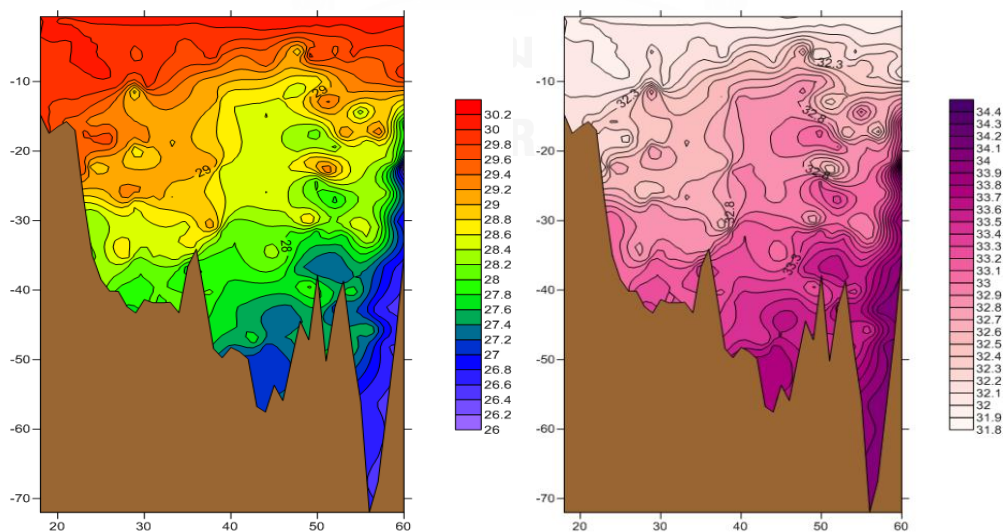


รูปที่ 18 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามละติจูดที่ 10 องศาเหนือ  
ด้านซ้ายเป็นภาพอุณหภูมิ ด้านขวาเป็นความเค็ม



รูปที่ 19 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือ ด้านซ้ายเป็นภาพอุณหภูมิ ด้านขวาเป็นความเค็ม

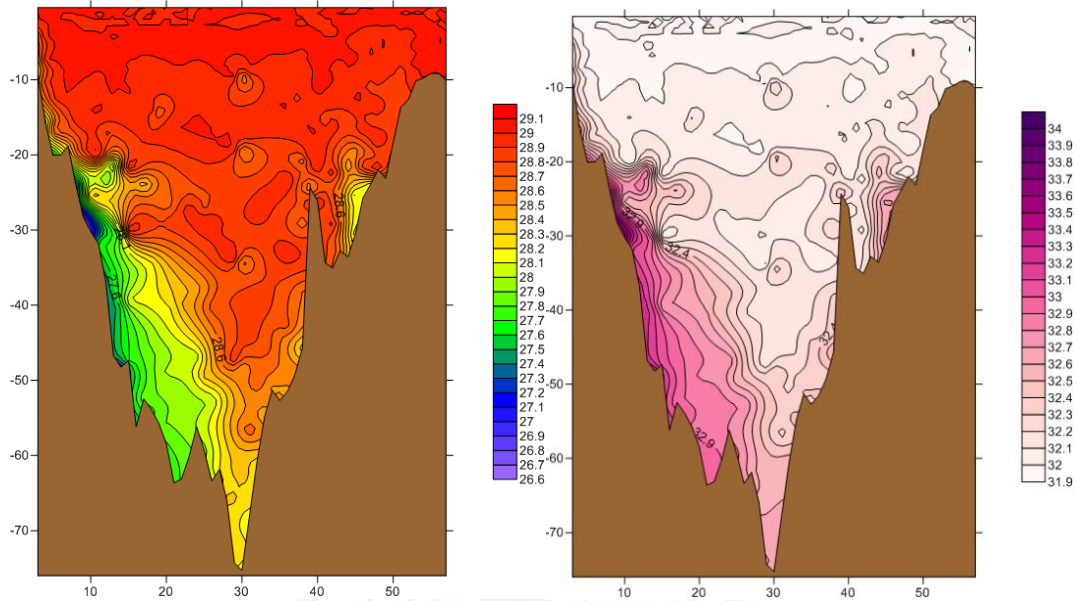
รูปที่ 20-22 เป็นลักษณะการแพร่กระจายของอุณหภูมิและความเค็มตามแนวภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 8, 10 และ 12.5 องศาเหนือจากแบบจำลองในเดือนสิงหาคม เมื่อยังไม่ได้รับอิทธิพลของคลื่น เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะตั้งต้นและผลการจำลองในเดือนมกราคมพบว่าที่แนวละติจูดที่ 8 องศาเหนือมีชั้นเทอร์โมคไลน์เริ่มต้นที่ความลึกน้ำ 10 เมตรและน้ำชั้นล่าง 35 เมตร ที่ละติจูดที่ 10 องศาเหนือพบชั้นน้ำชั้นบนหนา 50 เมตรทางฝั่งตะวันออกของอ่าวเนื่องจากเป็นบริเวณที่พบกระแสน้ำหมุนแบบน้ำวนในบริเวณนั้น เส้นชั้นอุณหภูมิทางชายฝั่งตะวันตกของอ่าวเฉียงขึ้นบ่งบอกว่าเกิดกระบวนการน้ำผุด (Upwelling) ตรงกับผลตรวจวัดของ Wyrтки (1961) และผลการวิจัยของ Sojisuporn et.al. (2010) สำหรับแนวตัดขวางที่ละติจูด 12.5 องศาเหนือพบชั้นเทอร์โมคไลน์เริ่มต้นที่ความลึก 5 เมตรเนื่องจากความลึกในแนวนี้ค่อนข้างตื้น



รูปที่ 20 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตามละติจูดที่ 8 องศาเหนือ

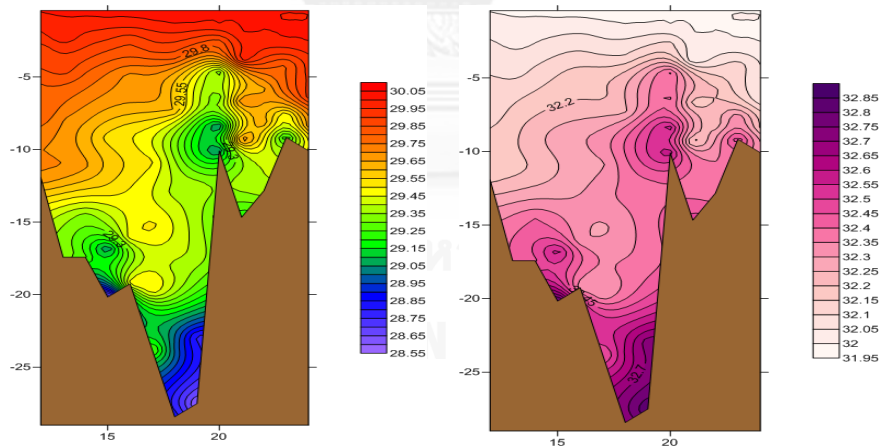


ด้านซ้ายเป็นภาพอุณหภูมิ ด้านขวาเป็นความเค็ม



รูปที่ 21 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตามละติจูดที่ 10 องศาเหนือ

ด้านซ้ายเป็นภาพอุณหภูมิ ด้านขวาเป็นความเค็ม

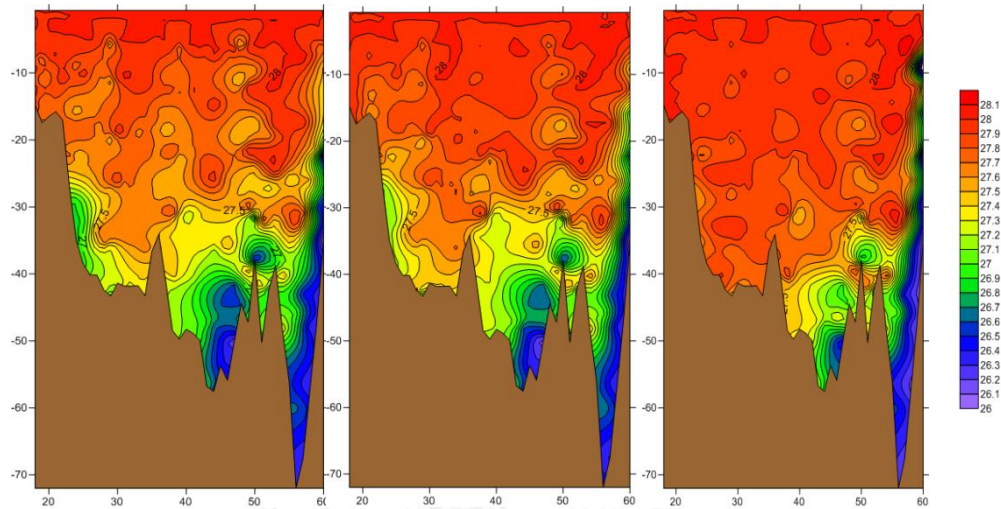


รูปที่ 22 แสดงภาพตัดขวางของอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตามละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือ

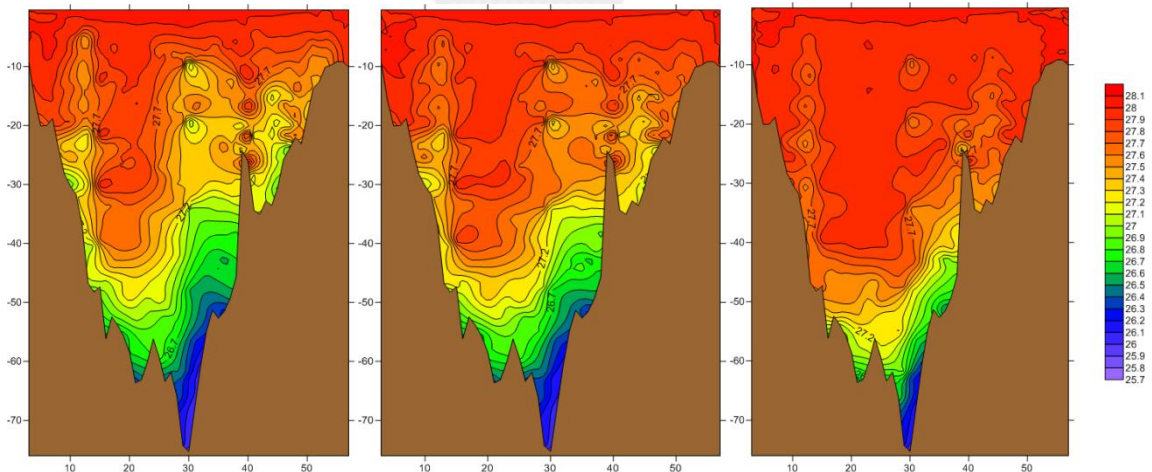
ด้านซ้ายเป็นภาพอุณหภูมิ ด้านขวาเป็นความเค็ม

#### 4.4 การแบ่งชั้นน้ำภายใต้อิทธิพลของคลื่น

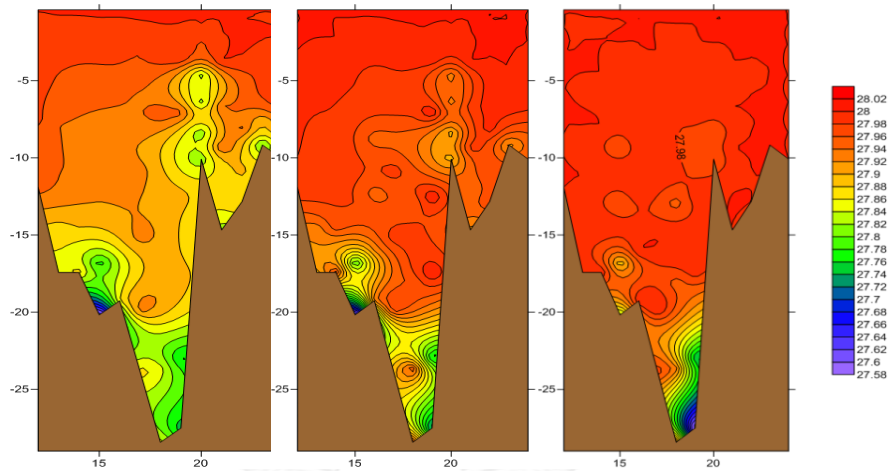
รูปที่ 23 ถึง 25 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของอุณหภูมิน้ำที่ตัดขวางละติจูดที่ 8, 10 และ 12.5 องศาเหนือในเดือนมกราคมซึ่งตรงกับฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระดับชั้นเทอร์โมคไลน์ไม่ลึกมากขึ้นแต่อุณหภูมิน้ำระดับบนเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการผสมผสานของน้ำในแนวตั้งเพิ่มขึ้นตามอิทธิพลของคลื่น (BV)



รูปที่ 23 อุณหภูมิตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 8 องศาเหนือสำหรับเดือนมกราคม รูปซ้ายสุดไม่มีอิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$

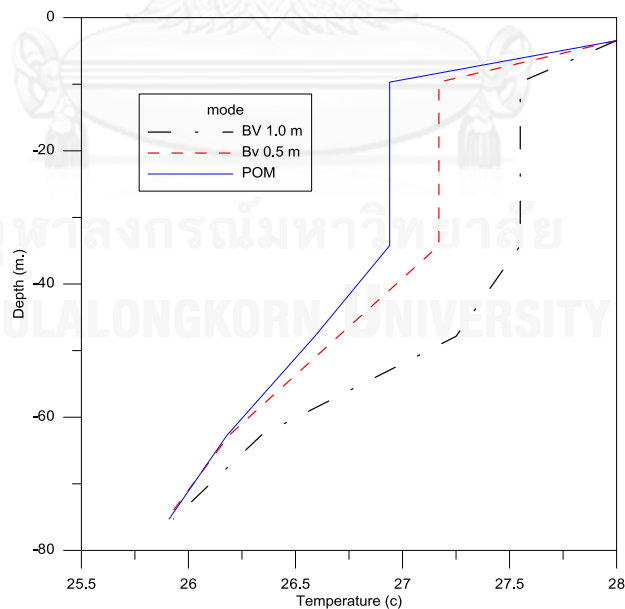


รูปที่ 24 อุณหภูมิตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 10 องศาเหนือสำหรับเดือนมกราคม รูปซ้ายสุดไม่มีอิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$



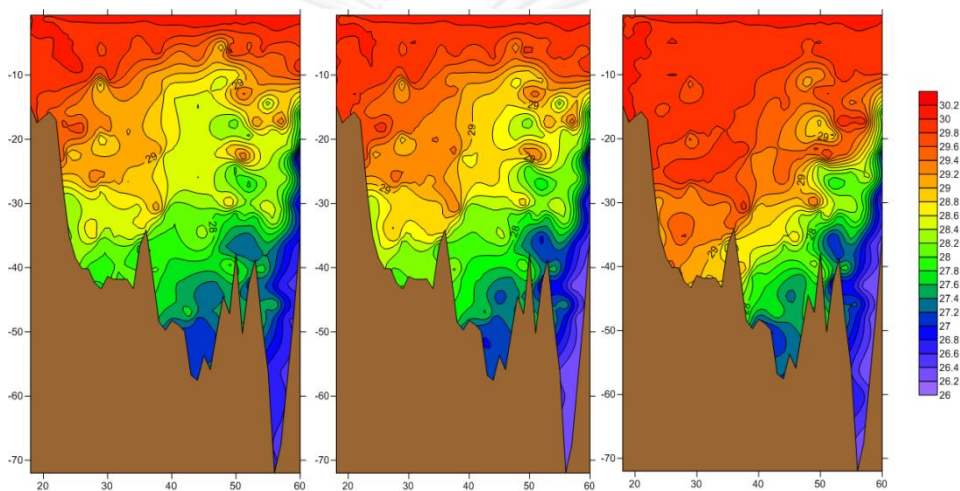
รูปที่ 25 อุณหภูมิตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือสำหรับเดือนมกราคม รูปซ้ายสุดไม่มีอิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$

รูปที่ 26 แสดงโปรไฟล์อุณหภูมิที่ละติจูดที่ 10 องศาเหนือและลองจิจูด 102 องศาตะวันออก ซึ่งมีน้ำลึก 82 เมตรจะเห็นชัดเจนว่าอิทธิพลของ ( $Bv$ ) ทำให้อุณหภูมิน้ำชั้นบนเพิ่มสูงขึ้น 0.2 - 0.7 องศาเซลเซียสมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28 องศาเซลเซียส ได้ระดับความลึก 35 เมตรลงไปเกิดการผสมของมวลน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่างชัดเจน

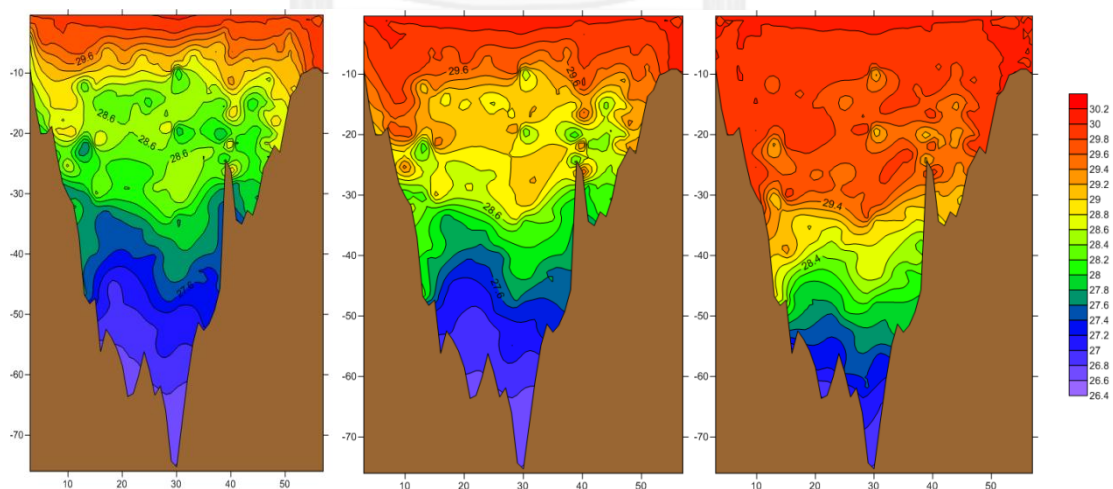


รูปที่ 26 จุดแสดงอุณหภูมิตามความลึกที่ละติจูด 10 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 102 องศาตะวันออก เป็นบริเวณที่มีน้ำลึก 82 เมตร

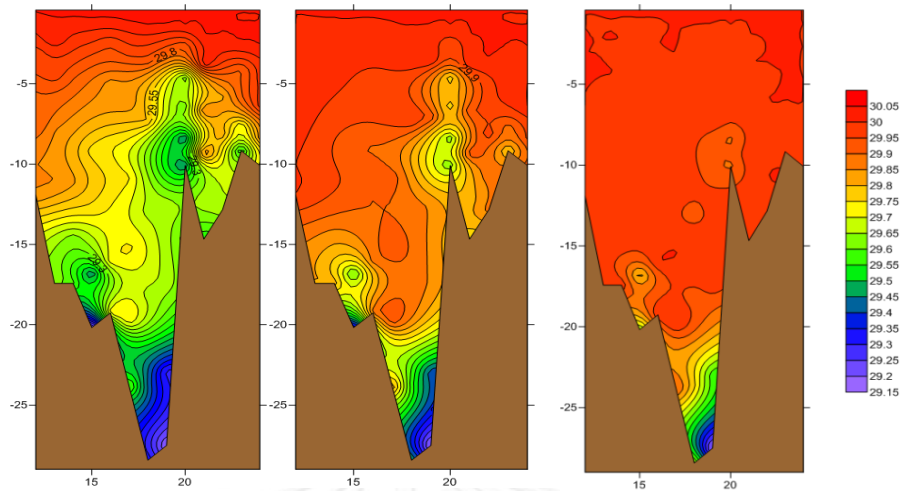
รูปที่ 27 ถึง 29 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของอุณหภูมิน้ำที่ภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 8, 10 และ 12.5 องศาเหนือในเดือนสิงหาคมซึ่งตรงกับฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบว่าอุณหภูมิน้ำชั้นบนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อใส่อิทธิพลคลื่น (Bv) ยกเว้นแนวภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือซึ่งมีน้ำลึกเพียง 25 เมตรจะพบอุณหภูมิน้ำชั้นบนจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อใช้ค่า  $Bv = 1.0 \text{ m}^2/\text{s}$  ยังไม่มีข้อสรุปอย่างชัดเจนว่าเหตุใดอิทธิพลของคลื่นจึงส่งผลน้อยสำหรับการจำลองในเดือนสิงหาคม อาจเป็นไปได้ว่าความเร็วกระแสน้ำน้อยกว่าในเดือนมกราคมทำให้การผสมผสานในแนวตั้งเกิดขึ้นได้น้อยกว่าในอิทธิพลคลื่นเข้าไปแล้ว



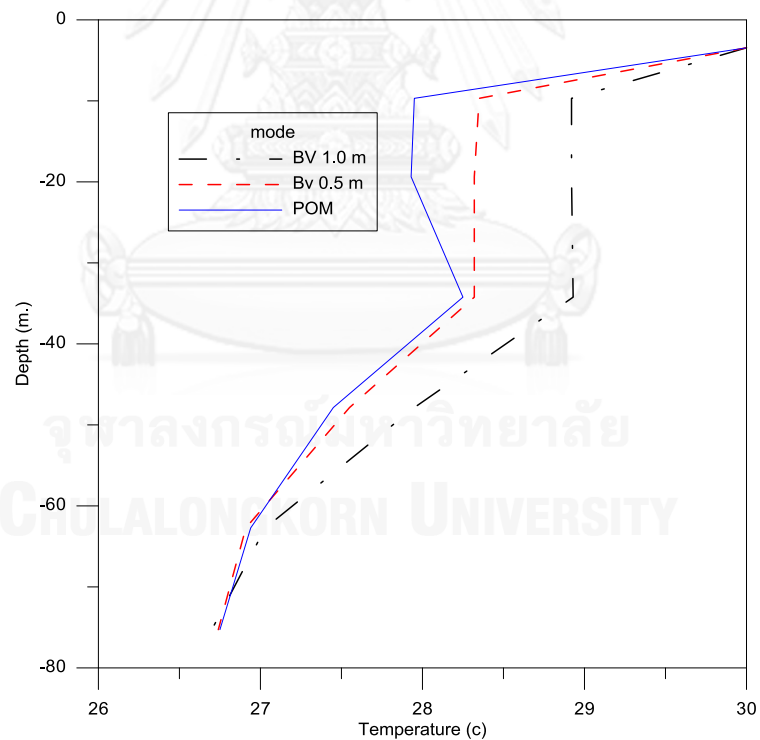
รูปที่ 27 อุณหภูมิตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 8 องศาเหนือสำหรับเดือนสิงหาคม รูปซ้ายสุดไม่มีใส่อิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$



รูปที่ 28 อุณหภูมิตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 10 องศาเหนือสำหรับเดือนสิงหาคม รูปซ้ายสุดไม่มีใส่อิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$



รูปที่ 29 อุณหภูมิตามภาคตัดขวางที่ละติจูดที่ 12.5 องศาเหนือสำหรับเดือนสิงหาคม รูปซ้ายสุดไม่ใช่  
อิทธิพลของคลื่น รูปกลางเพิ่มอิทธิพลคลื่น  $Bv = 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$  และขวาสุดเพิ่ม  $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$



รูปที่ 30 จุดแสดงอุณหภูมิตามความลึกที่ละติจูด 10 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 102 องศาตะวันออก  
เป็นบริเวณที่มีน้ำลึก 82 เมตร

จากรูปที่ 30 แสดงโปรไฟล์อุณหภูมิที่ละติจูด 10 องศาเหนือและลองติจูดที่ 102 องศาตะวันออก ซึ่งมีน้ำลึก 82 เมตร อิทธิพลของคลื่น (Bv) จะส่งผลต่ออุณหภูมิน้ำตามความลึกเมื่อใช้ค่า  $Bv = 1.0 \text{ m}^2/\text{s}$  เท่านั้นโดยอุณหภูมิในน้ำชั้นบนเพิ่มขึ้น 0.1 องศาเซลเซียสจากกรณีไม่ใส่อิทธิพลคลื่น น้ำชั้นบนหนา 45 เมตรซึ่งมากกว่าในเดือนมกราคมซึ่งหนาประมาณ 35 เมตร พบว่าชั้นน้ำเทอร์โมคลายน์โดยไม่พบน้ำชั้นล่างเช่นเดียวกับผลการจำลองโดยมกราคม

จากการจำลองอิทธิพลของการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทยด้วยแบบจำลอง 3 มิติในสองฤดูกาล ได้ผลที่ไม่ตรงกันกับสมมุติฐานที่ว่าอิทธิพลคลื่นจะทำให้น้ำชั้นบนหนาขึ้นแต่ทำให้อุณหภูมิของชั้นน้ำชั้นบนเพิ่มขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติในการผสมผสานของมวลน้ำในแนวราบและแนวตั้งเพิ่มสูงขึ้น (viscosity, diffusivity) นอกจากอิทธิพลของกระแสน้ำเนื่องจากลมทำให้มวลน้ำชั้นบนผสมกับมวลน้ำชั้นล่างค่อนข้างมากจนทำให้น้ำชั้นล่างกลายเป็นเทอร์โมคลายน์เกือบทั้งหมด

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาอิทธิพลของคลื่นต่อการแบ่งชั้นน้ำในอ่าวไทยโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข Princeton Ocean Model ในระบบ 3 มิติ โดยแบบจำลองกระแสน้ำเนื่องจากลมในเดือนมกราคมซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูกาลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นตัวแทนของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยกระแสน้ำเนื่องจากลมในเดือนมกราคมพบกระแสน้ำหมุนวนแบบตามเข็มนาฬิกาทางฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย กระแสน้ำน้ำไหลชายเลียบฝั่งขึ้นไปทางเหนือสอดคล้องกับองค์ความรู้ว่าที่กระแสน้ำและการเคลื่อนตัวของตะกอนเรียบชายฝั่งเคลื่อนที่ไปทางเหนือในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนกระแสน้ำหมุนวนขนาดใหญ่ในอ่าวไทยยังไม่มีข้อมูลยืนยันอย่างแน่ชัด ผลการวิเคราะห์กระแสน้ำตามความลึกพบว่ากระแสน้ำไหลไปทางทิศเดียวกันตลอดคอลัมน์น้ำ

สำหรับกระแสน้ำในเดือนสิงหาคมพบกระแสน้ำหมุนวนแบบตามเข็มนาฬิกาทางฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือของอ่าวไทย และกระแสน้ำแบบหมุนวนเข็มนาฬิกาทางฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยแต่รูปแบบกระแสน้ำยังไม่ชัดเจน

โดยระดับปกติในอ่าวไทยจะสูงในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและจะลดลงราว 0.6 เมตร ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเกิดจากลมมรสุมตามหลักการของ Ekman transport แต่สำหรับผลการจำลองกระแสน้ำเนื่องจากลมในครั้งนี้ไม่สามารถจำลองการเพิ่มและลดของระดับน้ำตามฤดูกาลได้ซึ่งเข้าใจว่าข้อกำหนดที่ขอบเขตเปิดยังไม่ตรงกับความเป็นจริง

ในการทดลองการแบ่งชั้นน้ำเมื่อยังไม่ใส่อิทธิพลของคลื่นจะพบว่ามีชั้นน้ำชั้นบนที่ชัดเจนหนา 10-40 เมตรใต้น้ำชั้นบนเทอร์โมคลายน์ซึ่งเกิดจากมวลน้ำชั้นบนรวมกับมวลน้ำชั้นล่าง จะเหลือมวลน้ำที่มีลักษณะของชั้นล่างดั้งเดิมอยู่เฉพาะบริเวณร่องน้ำลึกเท่านั้น เมื่อมีอิทธิพลของคลื่นโดยเพิ่มสัมประสิทธิ์การผสมผสานของมวลน้ำในแนวตั้งและแนวราบเนื่องจากลม (Bv) สองระดับพบว่าอุณหภูมิน้ำชั้นบนสูงขึ้นตาม Bv แต่ความหนาของชั้นน้ำไม่เพิ่มขึ้นตามค่า Bv ซึ่งผิดจากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ นอกจากนี้อิทธิพลของคลื่นต่อการเพิ่มอุณหภูมิน้ำชั้นบนจะเห็นได้ชัดเจนเฉพาะเดือนมกราคมเท่านั้น ส่วนอุณหภูมิน้ำชั้นบนในเดือนสิงหาคมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สำหรับแนวทางการปรับปรุงการศึกษาในอนาคตมี 2 ประเด็นคือการปรับปรุงข้อกำหนดขอบเขตเปิดของแบบจำลองเพื่อให้ได้การเพิ่ม/ลดของระดับน้ำในอ่าวไทยตามฤดูกาล และการใช้ค่าอิทธิพลของคลื่น (Bv) แปรผันตามความเร็วลมในแต่ละพื้นที่ซึ่งอาจจะทำให้เห็นการแบ่งชั้นน้ำที่แปรตามอิทธิพลของคลื่น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



### รายการอ้างอิง

- Blumberg, A., Mellor (1987). "A Description of a Three-Dimensional Coastal Ocean Circulation Model." Three Dimensional Coastal Ocean Models: 1-6.
- Chaiongkarn, P. and Sojisuporn, P., 2013. Characteristics of Seasonal Wind and Wind-driven current in the Gulf of Thailand. *BEST*. Vol. 5, No.1, 58-67.
- Mellor, G. L.(2004). "Users Guide for a Three-Dimensional, Primitive Equation, Numerical Ocean Model. Princeton University", New Jersey, 56pp.
- Qiao, F., Ma, J., Xia, C., Yang, Y., Yuan, Y (2006). "Influences of the surface wave-induced mixing and tidal mixing on the vertical temperature structure of the Yellow and East China Seas in summer." PROGRESS IN NATURAL SCIENCE 16(7): 739-746.
- Qiao, F., Yuan, Y., Ezer, T., Xia, C., Yang, Y., Lu, X., Song, Z (2010). "A three-dimensional surface wave-ocean circulation coupled model and its initial testing." Ocean Dynamics 60: 1339-1355.
- Sojisuporn, P., Morimoto, A., and Yanagi, T., (2010). Seasonal variation of sea surface current in The Gulf of Thailand. *Coastal Marine Science*, 34, 1: 000-000.
- Stansfield, K., and C. Garrett, (1997). "Implications of the salt and heat budgets of the Gulf of Thailand." Journal of Marine Research 55: 935–963.
- Wannawong, W., Humphries, U., Luadsung (2008). "The Application of Curvilinear Coordinate for Primitive Equation in the Gulf of Thailand." Thai Journal of Mathematics 6(7): 89-108.
- Wyrcki, K.(1961). " Scientific Results of marine investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959–1961". Naga Report, 2, University of Carifornia at San Diego, 164–169.

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ว่าที่ เรือตรี พงศ์ดนัย พิทยเมธากุล

26พฤ 2531

ที่อยู่ 606/225 ลุมพินี2 สุขุมวิท77 แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

พ.ศ.2548 สำเร็จระดับมัธยมศึกษา 6 จากโรงเรียนวรนารีเฉลิม จังหวัดสงขลา

พ.ศ.2553 สำเร็จการศึกษาจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2554 เข้าศึกษาระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY