แบบจำลองเชิงตัวเลขการเคลื่อนตัวของกระแสน้ำที่เกิดจากลมในอ่าวไทย

Numerical Model of Wind Driven Current in the Gulf of Thailand

มณฑล อนงค์พรยศกุล[1,*] ปราโมทย์ โศจิศุภร[2] และ ธัญญานุช อินแตง[1]
Monton Anongponyoskun[1,*] Pramot Sojisuporn[2] Thanyanut Intang [1]
[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
[*]Corresponding author’s e-mail: ffismta@ku.ac.th

บทคัดย่อ: แบบจำลองเชิงตัวเลข POM (Princeton Ocean model) ถูกใช้เพื่อจำลองอุทกพลศาสตร์การเคลื่อนที่ของกระแสน้ำในอ่าวไทย แบบจำลองใช้แนวคิดจากสมดุลมวลและสมดุลโมเมนตรัมของน้ำทะเลโดยอาศัยแรงขับเคลื่อนด้วยลม แบบจำลองกระแสน้ำที่เกิดจากลมพัฒนาโดยใช้เทคนิค Finite difference ขอบเขตของแบบจำลองเริ่มตั้งแต่ ละติจูดที่ 6°–14° N และ ลองจิจูดที่ 99°–104° E พิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลในแบบจำลองคือลมและลักษณะพื้นท้องน้ำของอ่าวไทย เนื่องจากลมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในการศึกษานี้พิจารณาเฉพาะลมคงที่ 4 เมตรต่อวินาที พัดจากทางเหนือ ใต้ ตะวันออกและตะวันตกตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความลึก ความต้านทานและความหนืดของน้ำทะเลถูกประยุกต์ในแบบจำลอง ผลของแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าในแต่ละทิศที่ลมพัดการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำที่เกิดจากลมมีรูปแบบไม่เหมือนกัน รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจะไหลเข้าและออกจากอ่าวไทยขนานกับชายฝั่ง โดยมีลักษณะชายฝั่งเป็นตัวบังคับทิศทาง ขณะน้ำทะเลไหลเข้าอ่าวไทยบริเวณชายฝั่งจะเกิดการไหลออกของน้ำทะเลบริเวณกลางอ่าว ในทางตรงข้ามขณะการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลไหลออกจากอ่าวไปตามชายฝั่ง น้ำทะเลจะเคลื่อนที่เข้ามาในอ่าวบริเวณกลางอ่าวไทยเพื่อชดเชยปริมาณน้ำทะเลที่หายไป พร้อมกับเกิดปรากฏ eddy ในหลายพื้นที่ของอ่าวไทย
คำสำคัญ: กระแสน้ำที่เกิดจากลม, การไหลเวียนของน้ำทะเล, อ่าวไทย

Abstract: A numerical model POM (Princeton Ocean model) was used to simulate the hydrodynamic circulation in the Gulf of Thailand. The model was based on conservation of mass, momentum equations and was driven by wind. By using finite difference technique, simulation of wind driven current was performed. Edge of the model is bounded by latitude 6°–14° N and longitude 99°–104° E. The main influent forces, which effected water circulation were wind and bathymetry of the Gulf. Since the wind vibrated and fluctuated all the time, this study had concerned only constant wind 4 $m.sec^{-1}$ in the north wind, south wind, east wind and west wind, respectively. Averaged seawater depth, friction and viscosity of seawater were introduced into the model. The result of the model showed that pattern of seawater circulation changed when the wind had changed direction. The water flow direction was controled by the bathmetry and the coast. When the seawater flows into the gulf along the coast, some of seawater would flow out off the gulf at the center of the gulf. On the other hand, when the seawater flows out off the gulf along the coast, some of seawater would flow into the gulf at the center of the gulf. There are many eddies appeared in many places in the Gulf of Thailand.
Key words: wind driven current, seawater circulation, Gulf of Thailand

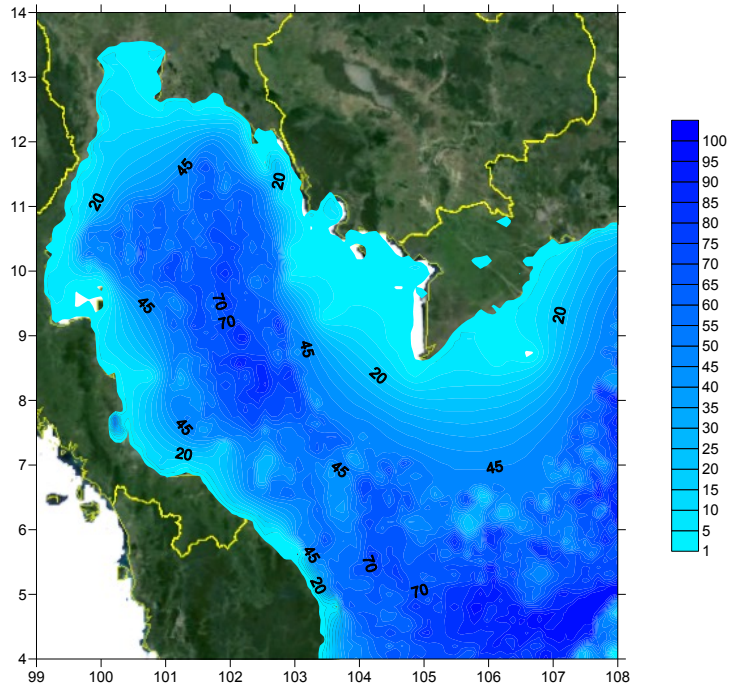
คำนำ

อ่าวไทยเป็นส่วนในสุดของมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก เชื่อมต่อจากด้านตะวันตกของทะเลจีนใต้ มีลักษณะเป็นอ่าวกึ่งปิดที่โอบล้อมด้วยชายฝั่งทะเลของคาบสมุทรมลายู และแผ่นดินของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีช่องเปิดทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ระหว่างแนวเชื่อมต่อระหว่างปลายแหลมญวน ประเทศเวียดนาม และเมืองโกตาบารู ประเทศมาเลเซีย ลักษณะภูมิสัณฐานของพื้นท้องทะเลอ่าวไทยมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 44 เมตร บริเวณใจกลางของอ่าวเป็นส่วนที่ลึกที่สุดประมาณ 86 เมตร ดังรูปที่ 1 มีเนื้อที่ในส่วนที่เป็นเขตเศรษฐกิจน่านน้ำไทยมีประมาณ 200,000 ตารางกิโลเมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) ชายฝั่ง ทะเลอ่าวไทยทอดยาว 1,840 กิโลเมตร น้ำทะเลในอ่าวไทยมีระดับความเค็มประมาณ 30-34 psu (th.wikipedia.org)

วิธีการศึกษา

แบบจำลอง POM (Princeton Ocean Model)

แบบจำลอง POM พัฒนาจากสมการพื้นฐาน คือ สมการอนุรักษ์มวลหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าสมการความต่อเนื่อง (Conservation of Mass หรือ Continuity Equation) สามารถแสดงดังสมการ 1 (George, 2004)



รูปที่ 1 อ่าวไทยและความลึกน้ำ (เมตร)

$$\frac{\partial DU}{\partial x}+\frac{\partial DV}{\partial y}+\frac{\partial \omega}{\partial \sigma}+\frac{\partial \eta}{\partial t}=0 \qquad 1)$$

และสมการโมเมนตัม (Momentum Equation) ในแนวตะวันออก - ตะวันตก และเหนือ-ใต้ แสดงดังสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

$$\frac{\partial UD}{\partial t}+\frac{\partial U^2D}{\partial x}+\frac{\partial UVD}{\partial y}+\frac{\partial U\omega}{\partial \sigma}-fVD+gD\frac{\partial \eta}{\partial x}+\frac{gD^2}{\rho_0}\int_{\sigma}^{0}\left[\frac{\partial \rho'}{\partial x}-\frac{\sigma'}{D}\frac{\partial D}{\partial x}\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'}\right]d\sigma'=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial U}{\partial \sigma}\right]+F_x \qquad 2)$$

$$\frac{\partial VD}{\partial t}+\frac{\partial UVD}{\partial x}+\frac{\partial V^2D}{\partial y}+\frac{\partial V\omega}{\partial \sigma}-fUD+gD\frac{\partial \eta}{\partial y}+\frac{gD^2}{\rho_0}\int_{\sigma}^{0}\left[\frac{\partial \rho'}{\partial y}-\frac{\sigma'}{D}\frac{\partial D}{\partial y}\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'}\right]d\sigma'=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right]+F_y \qquad 3)$$

เมื่อ U, V = ความเร็วในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

ω = ความเร็วในแนวดิ่ง

σ = sigma coordinate ในแนวดิ่ง

D = ความลึกน้ำทั้งหมด

η = ระดับผิวน้ำที่สูงขึ้นจากจุดอ้างอิง

f = Coriolis Parameter

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.806 m/s^2)

$\frac{K_M}{D}\frac{\partial U}{\partial \sigma}$, $\frac{K_M}{D}\frac{\partial V}{\partial \sigma}$ = turbulent stresses ในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

K_M = vertical kinematic viscosity

ρ' = fluctuated density

F_x , F_y = horizontal viscosity ซึ่งนิยามว่า

เมื่อ $$F_x \equiv \frac{\partial}{\partial x}\left(H\tau_{xx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(H\tau_{xy}\right) \qquad 4)$$

$$F_y \equiv \frac{\partial}{\partial x}\left(H\tau_{xy}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(H\tau_{yy}\right) \qquad 5)$$

เสถียรรูปของแบบจำลองพิจารณาจาก Courant-Friedrichs-Levy (CFL) โดยพิจารณาจากความเร็วในแนวระดับเป็นความเร็วเฉลี่ย และจังหวะเวลา (time step) ภายนอกจะถูกกำหนดด้วย

$$\Delta t_E \le \frac{1}{C_t}\left|\frac{1}{\delta x^2}+\frac{1}{\delta y^2}\right|^{-\frac{1}{2}} \qquad 6)$$

เมื่อ $C_t = 2(gH)^{\frac{1}{2}} + U_{max}$

U_{max} = ความเร็วที่เป็นไปได้มากที่สุด (maximum velocity)

และจังหวะเวลาภายในถูกกำหนดด้วย

$$\Delta t_I \le \frac{1}{C_T}\left|\frac{1}{\delta x^2}+\frac{1}{\delta y^2}\right|^{-\frac{1}{2}} \qquad 7)$$

เมื่อ $C_T = 2C + U_{max}$

C_T = อัตราเร็วของ internal gravity wave ค่ามากที่สุด กำหนดให้เป็น 2 เมตร/วินาที

U_{max} = อัตราเร็วการพามากที่สุด (maximum advective speed)

δx และ δy คือ ระยะห่างระหว่างช่องกริดในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

เงื่อนไขแบบจำลอง

แบบจำลอง POM กำหนดให้เงื่อนไขเริ่มต้น (Initial condition) ของแบบจำลองกำหนดให้ทุกจุดมีค่าความเร็วลมเป็น 4 เมตร/วินาทีต่อเนื่องตลอดการคำนวณทุกตำแหน่งของแบบจำลอง พิจารณาลมพัดใน 4 ทิศทางคือ เหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก ตามลำดับ ปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในแบบจำลองเป็นดังตาราง 1

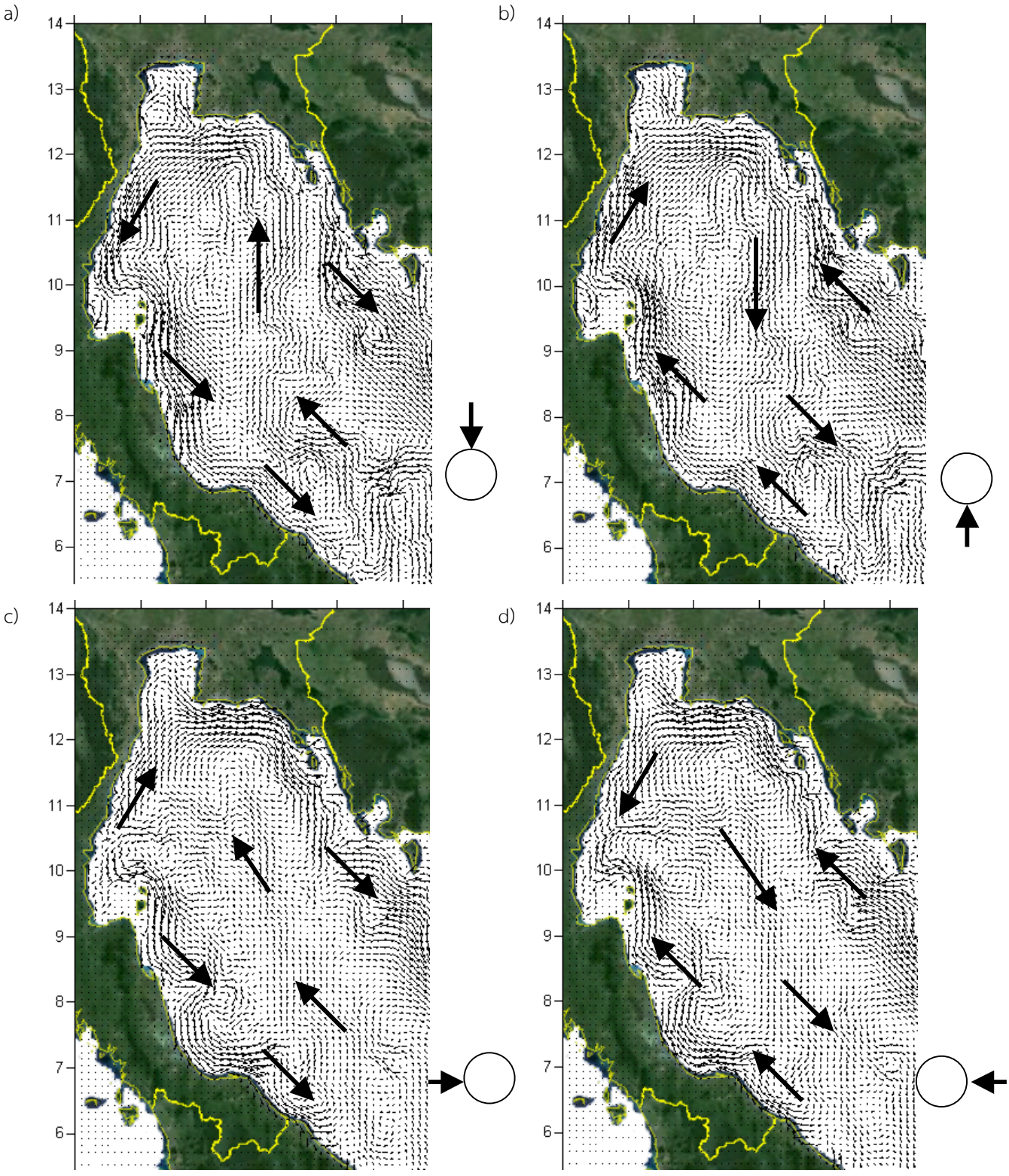
ตาราง 1 ปัจจัยนำเข้าในแบบจำลอง POM (Princeton Ocean Model)

ปัจจัย	สัญลักษณ์	หน่วย	ค่า
ขนาดกริด	dx,dy	m	7,408
จำนวนกริด	i x j		136x151
จำนวนวัน	day	day	25
อัตราเร็วลม		m/s	4
ทิศทางลม (เหนือ)		degree	0
ทิศทางลม (ใต้)		degree	180
ทิศทางลม (ตะวันออก)		degree	90
ทิศทางลม (ตะวันตก)		degree	270

ผลการทดลอง

เมื่อนำความเร็วลมที่พัดต่อเนื่องมาประยุกต์ใช้ในแบบจำลอง POM ในทิศ เหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก พบว่าผลของแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าในแต่ละทิศที่ลมพัดการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำที่เกิดจากลมมีรูปแบบไม่เหมือนกัน ทิศทางลมจะมีผลต่อทิศทางกระแสน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำทะเลและที่ระดับน้ำลึกขึ้นลมจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำน้อยลง รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจะไหลเข้าและออกจากอ่าวไทยขนานกับชายฝั่ง โดยมีลักษณะชายฝั่งเป็นตัวบังคับทิศทาง ขณะเกิดน้ำทะเลไหลเข้าอ่าวไทยบริเวณชายฝั่ง จะเกิดการไหลออกของน้ำทะเลบริเวณกลางอ่าวในทางตรงข้าม ขณะเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลไหลออกจากอ่าวไปตามชายฝั่งน้ำทะเลจะเคลื่อนที่เข้ามาในอ่าวบริเวณกลางอ่าวไทยเพื่อชดเชยปริมาณน้ำทะเลที่หายไป พร้อมกับเกิดปรากฏ eddy ในหลายพื้นที่ของอ่าวไทย ดังรูป 2 เมื่อนำทิศทางลมมาเปรียบเทียบกับทิศทางการไหลของกระแสน้ำทั้งจากทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ (กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, 2540) และจากแบบจำลองพบว่ามีแนวทางสอดคล้องกัน ดังตาราง 2

ปรากฏการณ์ Eddy นั้นเป็นปรากฏการณ์ที่มีกระแสน้ำไหลวนในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง อันมีสาเหตุหนึ่งมาจากแรง coriolis การที่น้ำทะเลเคลื่อนที่จะมีแรงทำให้น้ำทะเลเคลื่อนที่เบนไปจากแนวการเคลื่อนที่ โดยน้ำทะเลเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปทางขวาในซีกโลกเหนือและเบียงเบนไปทางซ้ายในซีกโลกใต้ ประกอบกับการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลเป็นไปอย่างช้า ทำให้ผลกของแรง coriolis มีผลมากเกิดการหมุนเป็นวง ณ ตำแหน่งต่างๆ ดังรูป 2 ซึ่งอาจมีผลต่อการเกิดกระบวนการ upwelling และ downwelling



รูปที่ 2 รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำที่เกิดจากลมด้วย POM (Princeton Ocean Model) โดยมีลมพัดด้วยอัตราเร็ว 4 เมตรต่อวินาที จากทิศ เหนือ (a) ใต้ (b) ตะวันตก (c) และตะวันออก (d) ตามลำดับ

ตาราง 2 เปรียบเทียบทิศทางลมกับทิศกระแสน้ำที่ได้จากทุ่นสมุทรศาตร์ และจากแบบจำลอง
(ที่มา: กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, 2540)

ทุ่น	ทิศทางลม	กระแสน้ำจากทุ่นสำรวจ	ทิศกระแสน้ำจากแบบจำลอง
สีชัง (13°15.63′N, 100°45.26′E)	↑	↑	↑
ระยอง (12°34.40′N, 101°14.14′E)	↓	↑	↑
	↑	↓	↓
	→	→	→
ช้าง (12°00.11′N, 102°12.43′E)	↓	↑	↑
	↑	↓	↓
	→	→	→
เพชรบุรี (13°4.22′N, 100°21.47′E)	↓	↑	↑
หัวหิน (12°30.39′N, 100°10.56′E)	↑	↑	↑
	↓	↓	↓

จากการสืบค้นข้อมูลเพื่อการสอบเทียบแบบจำลอง พบว่าข้อมูลที่สามารถนำใช้ประกอบการสอบเทียบความเร็วกระแสน้ำในเขตพื้นที่อ่าวไทยมีจำนวนจำกัด เนื่องจากการเก็บข้อมูลกระแสน้ำจำเป็นต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก ทั้งต้องใช้เวลาการเก็บข้อมูลที่ต่อเนื่องยาวนานพอและอีกทั้งต้องครอบคลุมพื้นที่รอบบริเวณอ่าวไทย ดังนั้นเป็นไปไม่ได้เลยที่หน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งเพียงหน่วยเดียวจะสามารถมีข้อมูลดังกล่าวส่งผลให้การสอบเทียบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณรูปน้ำในอ่าวไทยเกือบทุกข้อมูลมีข้อจำกัด อย่างไรก็ตามจากข้อมูลความเร็วกระแสน้ำที่ตรวจวัดได้ในช่วงเวลาสั้นๆ สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาข้อมูลความเร็วกระแสน้ำพื้นฐานได้บ้างอันจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาในรายละเอียดซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ต่อเนื่องนานพอ ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

ทิศทางลมมีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำที่เกิดจากลมซึ่งมีรูปแบบไม่เหมือนกันรูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจะไหลเข้าและออกจากอ่าวไทยขนานกับชายฝั่ง โดยมีลักษณะชายฝั่งเป็นตัวบังคับทิศทาง จากแบบจำลอง ขณะเกิดน้ำทะเลไหลเข้าอ่าวไทยบริเวณชายฝั่ง จะเกิดการไหลออกของน้ำทะเลบริเวณกลางอ่าวในทางตรงข้าม ขณะเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลไหลออกจากอ่าวไปตามชายฝั่ง น้ำทะเลจะเคลื่อนที่เข้ามาในอ่าวบริเวณกลางอ่าวไทยเพื่อชดเชยปริมาณน้ำทะเลที่หายไปพร้อมกับเกิดปรากฏ eddy ในหลายพื้นที่ของอ่าวไทย

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. 2555. *ธรณีวิทยากายรูปพื้นทะเลอ่าวไทยตอนบน*. รายงานวิชาการ เลขที่ สทธ. 9/2555. ส่วนธรณีวิทยาทางทะเล สำนักเทคโนโลยีธรณี. 89 หน้า

กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. 2540. *สรุปข้อมูลทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์และรายงานสรุปอากาศและสรุปสมุทรศาสตร์ มกราคม-ธันวาคม 2539*. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 248 หน้า

George L. Mellor. 2004. *Users Guide for A Three-Dimensional, Primitive Equation, Numerical Ocean Model*. Program in Atmospheric and Oceanic Sciences. Princeton University. Princeton. NJ 08544-0710.