

การทดสอบแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเล  
อ่าวไทยตอนบน

Oil Spill Trajectory Model Testing in the Upper Gulf of Thailand

นายชัชวาล จิรุปัทม์

Mr.Chatchawarn Jirupathum

#BK0080405

0797

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

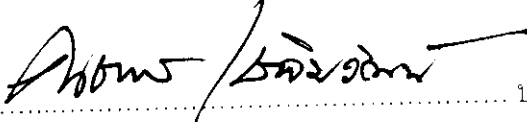
ปีการศึกษา 2543

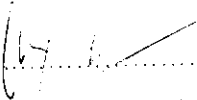
หัวข้อปัญหาพิเศษ      การทดสอบแบบจำลองทำนายนการเคลื่อนตัวของน้ำมันดิบที่รั่วไหลใน  
ทะเลอ่าวไทยตอนบน  
โดย                              นายชัชวาล จิรูปถัมภ์  
ภาควิชา                        วาริชศาสตร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา            อาจารย์อนุกุล บุรณประทีปรัตน์

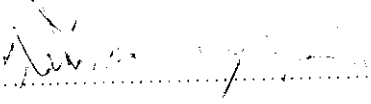
---

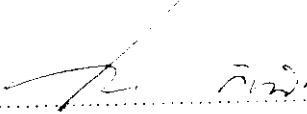
ภาควิชาวาริชศาสตร์ได้พิจารณาปัญหาพิเศษฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการตรวจสอบปัญหาพิเศษ

  
..... ประธาน  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชเชนทร เฉลิมวัฒน์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์อนุกุล บุรณประทีปรัตน์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.สุวรรณ ภาณุตระกูล)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์วิชา กั้นบัว)

หัวข้อวิจัย	การทดสอบแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบน
	Oil Spill Trajectory Model Testing in the Upper Gulf of Thailand
ชื่อผู้วิจัย	นายชัชวาล จิรูปัทม์ภัก
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
สาขาวิชา	วาริชศาสตร์
ภาควิชา	วาริชศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อนุกุล บุรณประทีปรัตน์
ปีการศึกษา	2543

### บทคัดย่อ

ได้มีการทดสอบแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบน โดยแบบจำลองนี้มีสมมติฐานว่า คราบน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลเปรียบเสมือนวัตถุลอยน้ำก้อนหนึ่ง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติตามเวลา มีการเคลื่อนที่ตามแรงผลักดันที่มากกระทำ ซึ่งพิจารณาจากแรงประกอบต่างๆ คือ กระแสน้ำเอคแมน (Ekman current), การเคลื่อนที่ที่เกิดจากคลื่น (Stokes drift), กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal current) และกระแสน้ำที่ไหลอย่างถาวร หรือกึ่งถาวรที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ (Background current) โดยในการทดสอบครั้งนี้ จะทดสอบแบบจำลองทั้งที่รวมและไม่รวม Background current

ทำการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ในภาคสนาม 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณที่ 1 ระหว่างเกาะสีชังกับศรีราชา, บริเวณที่ 2 กลางอ่าวไทยตอนบน, บริเวณที่ 3 ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และบริเวณที่ 4 ปากแม่น้ำบางปะกง โดยปล่อยแผ่นกระดาษเคลือบพลาสติก หรือ ดริฟการ์ด (Drift cards) ลงไปในทะเลแทนการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน จากนั้นนำผลมาเทียบกับผลการคำนวณโดยแบบจำลอง การทดสอบในบริเวณที่ 1 และ 2 ผลจากการคำนวณไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบภาคสนามเท่าใดนัก บริเวณที่ 3 และ 4 เมื่อทำการคำนวณโดยรวม Background current ผลที่ได้รายงานว่าบริเวณที่ทำการทดสอบนั้นเป็นแผ่นดิน แต่เมื่อทำการคำนวณโดยไม่รวม Background current แบบจำลองให้ผลการทดสอบที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงเพราะแบบจำลองแปรผลข้อมูลลมในทิศทางที่ไม่ตรงกับความเป็นจริง

Title	Oil Spill Trajectory Model Testing in the Upper Gulf of Thailand
Name	Mr.Chatchawan Jirupathum
Department	Aquatic Science
Advisor	Mr.Anukul Buranapratheprat
Academic Year	2000

### Abstract

An oil spill trajectory model was tested in the Upper Gulf of Thailand. This model has an assumption that spilled crude oil will act as a floating object which will not change its properties due to time, and move by net force consisting of Ekman current, Stokes drift, tidal current and background current. Two operational cases, with and without background current, were tested to see its influence in the study areas.

The field tests were conducted in four areas; between Sichang Island and Sriracha District, at the Middle of the Upper Gulf, near the Chaopraya Estuary, and near the Bangpakong Estuary. Drift cards (laminated paper sealed with plastic) were released to the sea surface instead of spilled crude oil. Thereafter, their motion was tracked by using GPS. Measured results were compared with the computational ones. In the first and the second tests, the results from computation did not show a strong correspondence with field results (both including and excluding background current). However, in the third and the fourth areas, the results with background current indicated that the computed areas were on land, while the other cases (without background current), mistaken results appeared because the model interpreted that wind direction data was incorrect.

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ เนื่องด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ดังจะขอขอบคุณ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ในทุก ๆ สิ่งที่อาจารย์ได้กรุณาเอื้อเฟื้อในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร เถลิมวัฒน์ หัวหน้าภาควิชาวาริชศาสตร์ สำหรับคำแนะนำในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สุวรรณา ภาณุตระกูล และ อาจารย์วิชญา กันบัว คณะกรรมการในการสอบปัญหาพิเศษ ทิกรุณาตรวจสอบ ให้คำแนะนำ และพิจารณาอนุมัติปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์เผชญิโชค จินตเศรณี สำหรับความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณ คุณสมภพ รุ่งสุภา, สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, เจ้าของเรือในการเก็บข้อมูลภาคสนามครั้งที่ 1, 3, 4 และ เจ้าหน้าที่บนเรือจุฬาวิจัยทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือเรื่องเรือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ สายสมุทรศาสตร์ วาริชศาสตร์ รุ่น 16 ได้แก่ นางสาวพรรณี วิเทห์, นายปรัชญา ประเสริฐผล และ นางสาวจิรภัทร์ นามศิริ สำหรับทุก ๆ สิ่ง

ขอขอบคุณ คุณรัตนภร วิภาตกลัศ และ น้อง ๆ วาริชศาสตร์ รุ่น 18 ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ นายวัชรพงษ์ เขื่อนนอก, นายบุญประเสริฐ เพ็งพันธ์, นางสาวเขษวัญ พันธุ์แจ่ม และ นายจตุรงค์ พิรุฬห์ภาวดี สำหรับความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณ เพื่อน พี่ น้องวาริชศาสตร์ทุกท่าน ที่ทำให้นางานวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยดี  
สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ และน้อง ที่ให้โอกาสในการเรียน และเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยด้วยดีตลอดมา

ชัชวาล จิรูปัทม์ภัก

22 กุมภาพันธ์ 2544

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ง
กิตติกรรมประกาศ .....	จ
สารบัญ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญภาพ .....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
วัตถุประสงค์ในการศึกษา .....	3
ขอบเขตของการศึกษา .....	3
สำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	3
2. ทฤษฎีและการทำงานของแบบจำลอง .....	6
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	6
การทำงานของแบบจำลอง .....	12
3. การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 1 .....	14
การทดสอบครั้งที่ 1 .....	15
การทดสอบครั้งที่ 2 .....	23
การทดสอบครั้งที่ 3 .....	30
การทดสอบครั้งที่ 4 .....	35
4. วิจัยและสรุปผลการทดสอบ .....	41
เอกสารอ้างอิง 1 .....	45
ภาคผนวก ก .....	47
ภาคผนวก ข .....	56

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตำแหน่งเริ่มต้นของการทดสอบภาคสนามทำ 4 ครั้ง .....	14
2	ผลการทดสอบภาคสนามครั้งที่ 1 เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจาก แบบจำลอง โดยรวมและไม่รวม Background current .....	17
3	ผลการทดสอบภาคสนามครั้งที่ 2 เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจาก แบบจำลอง โดยรวมและไม่รวม Background current .....	24
4	ผลการทดสอบภาคสนามครั้งที่ 3 เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจาก แบบจำลอง โดยรวมและไม่รวม Background current .....	31
5	ผลการทดสอบภาคสนามครั้งที่ 4 เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจาก แบบจำลอง โดยรวมและไม่รวม Background current .....	36

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับคราบน้ำมันดิบเมื่อรั่วไหลลงสู่ทะเล .....	6
2 กระแสน้ำเอคมาน (Ekman current) .....	8
3 การเลื่อนตำแหน่งของมวลน้ำที่มีผลมาจากคลื่น (Stokes drift) .....	10
4 การเคลื่อนที่ที่เกิดจากลม (Sailing effect) .....	10
5 ทิศทางของกระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลงแบบน้ำเดียวใน 1 วนรอบ น้ำขึ้นน้ำลง (Tidal ellipse : Diurnal Tide in 1 Tidal cycle) .....	11
6 ตำแหน่งเริ่มต้นของการทดสอบภาคสนามทั้ง 4 ครั้ง .....	15
7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อรวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 1 .....	18
8 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อไม่รวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 1 .....	19
9 เวกเตอร์ Background current เดือนกรกฎาคม .....	20
10 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 6:00 น. ....	20
11 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 9:00 น. ....	21
12 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 12:00 น. ....	21
13 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 15:00 น. ....	22
14 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 18:00 น. ....	22
15 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อรวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 2 .....	25



16	การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อไม่รวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 2 .....	26
17	เวคเตอร์ Background current เดือนตุลาคม .....	27
18	เวคเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวคเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 6:00 น. ....	27
19	เวคเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวคเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 9:00 น. ....	28
20	เวคเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวคเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 12:00 น. ....	28
21	เวคเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวคเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 15:00 น. ....	29
22	เวคเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวคเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 18:00 น. ....	29
23	การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อไม่รวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 3 .....	32
24	เวคเตอร์ Background current เดือนสิงหาคม .....	32
25	เวคเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวคเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 26 สิงหาคม 2543 เวลา 7:00 น. ....	33
26	เวคเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวคเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 26 สิงหาคม 2543 เวลา 10:00 น. ....	33
27	เวคเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวคเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 26 สิงหาคม 2543 เวลา 13:00 น. ....	34
28	เวคเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวคเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 26 สิงหาคม 2543 เวลา 16:00 น. ....	34
29	การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อไม่รวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 4 .....	37
30	เวคเตอร์ Background current เดือนกันยายน .....	38

ภาพที่	หน้า
31	เวกเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 7:00 น. .... 38
32	เวกเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 10:00 น. .... 39
33	เวกเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 13:00 น. .... 39
34	เวกเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์ กระแสลม (ขวา) วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 16:00 น. .... 40
35	เวกเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 19:00 น. .... 40

## บทที่ 1

### บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานมากขึ้น เนื่องจากการพัฒนาประเทศในด้านต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี เป็นต้น การพัฒนาประเทศเหล่านี้ จำเป็นต้องใช้พลังงานเพื่อเป็นตัวขับเคลื่อน ทั้งทางด้านการผลิตและการขนส่ง ความต้องการพลังงานของประเทศจึงมีมากขึ้น และแหล่งที่มาของพลังงานเกือบทั้งหมดมาจากน้ำมัน

เนื่องจากประเทศไทยไม่มีแหล่งน้ำมันขนาดใหญ่เพื่อสนองต่อความต้องการใช้น้ำมันของประเทศ ดังนั้น จึงต้องมีการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ น้ำมันที่นำเข้านี้ จะถูกส่งมาทางเรือบรรทุกน้ำมันผ่านทะเลอ่าวไทย โดยจะนำน้ำมันขึ้นฝั่งตามท่าเรือต่าง ๆ เช่น ท่าเรือคลองเตย หรือท่าเรือแหลมฉบัง เป็นต้น ท่าเรือเหล่านี้ เป็นท่าเรือขนาดใหญ่ระดับประเทศ นอกจากเรือบรรทุกน้ำมันแล้ว ยังมีเรือสินค้าอีกจำนวนมากที่ต่อขนถ่ายสินค้าขึ้นที่ท่าเรือเหล่านี้ ดังนั้น ความหนาแน่นของจำนวนเรือในแนวเส้นทางการเดินเรือ ทำให้มีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ซึ่งถ้าเกิดอุบัติเหตุกับเรือบรรทุกน้ำมันแล้ว เมื่อน้ำมันจะต้องมีน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเลเป็นจำนวนมาก

น้ำมันที่รั่วไหลลงสู่ทะเลเหล่านี้ ถ้าเป็นน้ำมันที่ผ่านการกลั่นแล้ว เช่น เบนซิน หรือดีเซล ก็จะสามารถระเหยไปได้ในเวลารวดเร็ว แต่ถ้าเป็นน้ำมันดิบที่ยังไม่ผ่านการกลั่นมาก่อนเลย จะมีคุณสมบัติระเหยช้ามาก (สุภัทธ์ วงศ์วิเศษสมใจ และ มหรรณพ บรรพพงศ์, 2539) และถ้าน้ำมันดิบเหล่านี้เคลื่อนตัวเข้าหาฝั่งซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยว หรือแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ก็ย่อมจะก่อให้เกิดปัญหาตามมามากมาย เช่น ทำให้แหล่งท่องเที่ยวเสื่อมโทรม ทำให้แหล่งเพาะเลี้ยงประมงชายฝั่งเกิดความเสียหายไม่สามารถผลิตผลผลิตออกมาได้ และทำลายสภาพแวดล้อมของชายฝั่งที่น้ำมันเคลื่อนตัวไปถึง เป็นต้น

ในกรณีที่เมื่อเกิดเหตุมีน้ำมันดิบรั่วไหลในทะเลเกิดขึ้น เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการกำจัดคราบน้ำมันต้องเสียเวลาทั้งการเตรียมการบนบก และในการเดินทางมากพอสมควร เนื่องจากการจราจรทางทะเลมีความล่าช้า และกว่าจะเดินทางไปถึงตำแหน่งที่เกิดเหตุ น้ำมันดิบที่รั่วไหลอาจจะเคลื่อนตัวไปอยู่ ณ ตำแหน่งอื่น ซึ่งคราบน้ำมันดิบอาจมีการกระจายตัวออกไปเป็นบริเวณกว้างแล้วทำให้การปฏิบัติการกำจัดคราบน้ำมันในทะเลเป็นไปอย่างยากลำบาก และอาจล้มเหลวได้

เมื่อปลายเดือนมกราคม พ.ศ. 2544 นี้ ได้มีข่าวการรั่วไหลของน้ำมันดิบครั้งใหญ่เกิดขึ้น ณ บริเวณเกาะกาลาปากอส หนึ่งในหมู่เกาะบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งเกาะกาลาปากอสนี้เป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยามาก เคยเป็นห้องทดลองทางนิเวศวิทยาของ Chales Darwin มาก่อน การเกิดเหตุรั่วไหลน้ำมันดิบครั้งนี้นี้ จึงทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศของเกาะนี้อย่างมาก

สำหรับประเทศไทย นับเป็นโชคดีที่ยังไม่เคยเกิดเหตุการณ์รั่วไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทยตอนบนในปริมาณมากมาก่อน แต่ถึงจะยังไม่เคยเกิดเหตุการณ์ขึ้น ปัญหาการรั่วไหลของน้ำมันดิบในประเทศไทยก็ไม่ได้ถูกละเลย โดยทางเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม หรือบริษัทเอกชนต่าง ๆ เป็นต้น ได้เตรียมแผนการรับมือกับปัญหานี้แล้ว โดยได้นำเอาระบบคอมพิวเตอร์และข้อมูลสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้ เป็นเครื่องมือในการคาดการณ์การเคลื่อนตัวของน้ำมันในทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) การนำแบบจำลองเข้ามาใช้ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการรั่วไหลในทะเลด้วย

แบบจำลองทำนายเส้นทางการเคลื่อนที่ของน้ำมันในทะเล (Oil Spill Trajectory Model) ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายเวลาและทิศทางของน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเล ซึ่งมีแนวความคิดว่าคราบน้ำมันดิบที่รั่วอยู่บนทะเลนั้นเปรียบได้เป็นวัตถุลอยน้ำก้อนหนึ่งที่ไม่สามารถแพร่กระจายไปในทิศทางต่าง ๆ ได้ (Buranapratheprat, 1997) การไม่รวมคุณสมบัติการแพร่กระจายเข้ามาในการคำนวณ ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณรวดเร็วขึ้น ทั้งนี้ก็จะช่วยให้การปฏิบัติหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ในการกำจัดการรั่วไหลน้ำมันในทะเลเป็นไปได้รวดเร็วยิ่งขึ้นเช่นกัน

การศึกษาในครั้งนี้ จะทำการตรวจสอบความถูกต้อง และหาข้อผิดพลาดของการคำนวณตำแหน่งของคราบน้ำมันดิบที่รั่วไหลเมื่อเวลาผ่านไป เพื่อจะได้นำข้อผิดพลาดเหล่านี้ไปทำการแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต

## วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบน
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของค่ากระแสน้ำที่ไหลอย่างถาวร หรือกึ่งถาวรที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ (Background current) ที่มีต่อผลการทำนายโดยแบบจำลอง

## ขอบเขตของการศึกษา

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการทำนายการเคลื่อนตัวของคราบน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบน โดยนำผลการทำนายไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองจากการวัดภาคสนามที่มีความแม่นยำเพียง 1๕ เปอร์เซ็นต์และไม่รวมปัจจัยที่มาจากกระแสน้ำที่ไหลอย่างถาวร หรือกึ่งถาวรที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ (Background current) ไว้ในการคำนวณ

## สำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงที่ผ่านมา ได้มีผู้ทำการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการเคลื่อนที่ของน้ำมันในอ่าวไทยซึ่งมีทั้งการศึกษาในพื้นที่ทั้งอ่าวไทย และเฉพาะอ่าวไทยตอนบน ดังจะกล่าวถึงดังนี้

Vongvisessomjai, Arbhahirama, and Fuh (1978) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันในบริเวณทะเลอ่าวไทยตอนบน โดยพัฒนาแบบจำลองไฮโดรไดนามิก (Hydrodynamic model : แบบจำลองพลศาสตร์ของของไหล) ในทะเลอ่าวไทยขึ้นมา แล้วนำผลลัพธ์มาเป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมัน โดยในส่วนของแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันนั้น ได้ใช้ข้อมูลนำเข้า คือ ผลการคำนวณกระแสจากแบบจำลองไฮโดรไดนามิก ตำแหน่งและปริมาณน้ำมันที่รั่ว คุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมัน เช่น การแพร่ การจม การระเหย การผสมกับน้ำ หรือการสลายตัวทางชีวภาพ เป็นต้น และในส่วนของแรงต่างๆ ที่เป็นแรงนำเข้าของแบบจำลองไฮโดรไดนามิกเพื่อใช้คำนวณค่ากระแสน้ำนั้น มีแรงนำเข้า คือ ค่ากำหนดชายฝั่ง ค่าความลึก ค่าแรงเสียดทานที่พื้นทะเล ค่า

กระแสลม โดยการนำค่าเหล่านี้มาคำนวณในสมการควบคุม (Governing Equation) ได้เป็น ค่า กระแสน้ำเอคแมน (Ekman current), ค่ากระแสที่ที่เกิดจากลม (Wind-driven current), ค่า กระแสที่ที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal current) และค่ากระแสที่ไหลลงมาจากแม่น้ำ (Fresh water current) ในการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตของอ่าวไทยตอนบนที่เส้นที่ลาก ระหว่าง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี และ อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ โดยผลลัพธ์ของแบบจำลองการ เคลื่อนตัวของน้ำมันในการทดลองครั้งนี้เป็นค่าพื้นที่การกระจายตัว ค่าความหนาของน้ำมัน และ ระยะเวลาในการเคลื่อนตัวของน้ำมันในบริเวณที่เกิดการรั่วไหล

Haug, Evensen, and Martinsen (1989) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อ ทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันในบริเวณทะเลจีนใต้ โดยพัฒนาแบบจำลองซึ่งมีการคำนวณแยก เป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการคำนวณหาตำแหน่งและเวลาที่เคลื่อนที่ไป โดยคำนวณจากการ เคลื่อนที่ที่เกิดจากคลื่น (Stokes drift), กระแสที่ผิวหน้าทะเล (Surface current) ซึ่งมาจาก การรวมกระแสเอคแมน (Ekman current) และกระแสที่ไหลอย่างถาวร หรือกึ่งถาวรที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ (Background current) และส่วนที่สอง เป็นการคำนวณหาปริมาณน้ำมันที่ เหลือ โดยคำนวณหาการระเหย และการกระจายตัว เพื่อกำหนดคุณสมบัติของน้ำมัน ในการ ทำงาน แบบจำลองจะคำนวณโดยใช้ข้อมูลทั้งคุณสมบัติการเคลื่อนตัวของน้ำมัน และ คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน (เช่น การระเหย การกระจายตัว ฯลฯ) เพื่อหาตำแหน่งของน้ำมันที่ เคลื่อนตัวไปถึง

สุภัทท์ วงศ์วิเศษสมใจ และ มหรรณพ บรรพพงศ์ (2539) ได้ทำการศึกษาแบบจำลอง คณิตศาสตร์เพื่อทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันในบริเวณอ่าวไทย โดยพัฒนาแบบจำลองขึ้น เป็น การคำนวณที่ไม่นำการแพร่กระจายของน้ำมัน และกระแสจากน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal current) มา รวมในแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญเป็น ค่าข้อมูลลม และค่า Background current ค่า ข้อมูลลมจะถูกนำมาคำนวณหากระแสเอคแมน (Ekman current) และ Stokes drift จากนั้นค่ากระแสที่ได้จะถูกนำมาคำนวณแบบเวกเตอร์กับค่า Background current เพื่อคำนวณ หากระแสผลลัพธ์ที่พัดพาคราบน้ำมันดิบให้เคลื่อนที่ไปในทะเล การศึกษาในครั้งนี้ได้มีการ ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยการนำผลการคำนวณจากแบบจำลองไปเทียบกับข้อมูล การทดลองที่ได้จากภาคสนาม ที่บริเวณใกล้กับเกาะสีชัง จ.ชลบุรี ผลปรากฏว่า เกิดความแตกต่างระหว่าง ผลการทดลองภาคสนาม กับผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลอง จึงได้รวมกระแสที่ เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลงเพิ่มเข้าไปในการคำนวณภายหลัง ผลการคำนวณที่ได้จึงมีความสอดคล้อง มากขึ้นกับข้อมูลที่ได้จากการวัดจริง

Wijayaratna (1997) ได้ทำการศึกษาระบบบริเวณอ่าวไทย โดยพัฒนาแบบจำลองไฮโดรไดนามิกขึ้นมาเพื่อคำนวณค่ากระแสน้ำเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าไปในแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมัน โดยในแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันนี้ ได้ใช้ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญ คือ ค่ากระแสน้ำเนื่องมาจากน้ำขึ้นน้ำลง ค่ากระแสน้ำที่เกิดจากคลื่น ค่ากระแสน้ำที่เกิดจากลม ค่าการกระจายตัวเนื่องมาจากความเฉื่อย ค่าความหนืด ค่าแรงตึงผิว และค่าการสูญเสียมวลอันเนื่องมาจากการระเหย โดยได้มีการตรวจสอบโดยการเทียบกับค่าที่ได้จากภาคสนาม พบว่ามีความสอดคล้องกัน

Buranapratheprat (1997) ได้ทำการศึกษาระบบบริเวณอ่าวไทย โดยพัฒนาแบบจำลองไฮโดรไดนามิกเพื่อใช้ค่ากระแสน้ำที่คำนวณได้นี้ เป็นข้อมูลนำเข้าไปในแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมัน ซึ่งใช้ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญ คือ ค่า Background current ค่ากระแสลมที่ได้จากการวัดจริง ตำแหน่งและเวลาที่เกิดน้ำมันรั่ว โดยในแบบจำลองจะทำการคำนวณ Ekman current และ Stokes drift โดยใช้ข้อมูลลมเป็นข้อมูลนำเข้า ค่า Ekman current จะถูกนำไปรวมกับค่า Background current ก่อนผลลัพธ์ที่ได้นี้จะถูกนำไปรวมกับค่า Stokes drift เพื่อคำนวณหาตำแหน่งใหม่ของคราบน้ำมันดิบ ในช่วงเวลาทุก 3 ชั่วโมง ได้มีการทดสอบภาคสนามในบริเวณใกล้กับเกาะสีชัง ปรากฏว่า ผลที่ได้ไม่สอดคล้องกัน จึงได้ทำการแก้ไขโดยใส่ค่ากระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลงเพิ่มเติมลงไปเป็นข้อมูลนำเข้า แล้วทำการคำนวณใหม่ ในครั้งนี้ ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับผลจากการวัดภาคสนามมากขึ้น

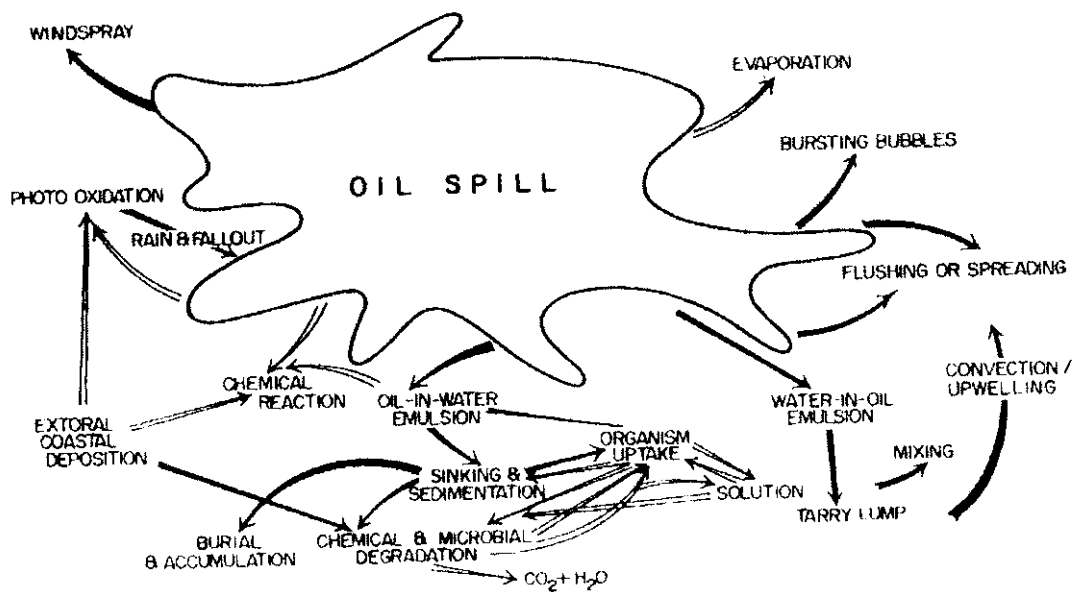
อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ (2542) ได้ทำการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันที่ได้ทำการศึกษามาแล้ว ในบริเวณอ่าวไทยตอนบน 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ระหว่างเกาะสีชังกับศรีราชา ครั้งที่ 2 บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน ครั้งที่ 3 บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และครั้งที่ 4 บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ผลปรากฏว่า ครั้งที่ 1 นั้นแบบจำลองให้ผลการทำนายที่ใกล้เคียงกับผลจากการวัดในภาคสนามมาก ครั้งที่ 2 แบบจำลองให้ผลการทำนายที่ไม่ค่อยใกล้เคียงกับผลจากการวัดในภาคสนามเท่าใดนัก ครั้งที่ 3 และ 4 แบบจำลองให้ผลการทำนายว่าบริเวณที่ทำการทดสอบเป็นแผ่นดิน

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและการทำงานของแบบจำลอง

#### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เมื่อเกิดเหตุมีน้ำมันดิบรั่วไหลในทะเล จะเกิดการเปลี่ยนแปลงมากมายต่อคราบน้ำมันดิบนั้น ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับคราบน้ำมันดิบเมื่อรั่วไหลลงสู่ทะเล

(Vongvisessomjai et al., 1978)

การเปลี่ยนแปลงของคราบน้ำมันดิบเมื่อรั่วไหลลงสู่ทะเลที่เกิดขึ้นมีมากมายทั้งทางด้านฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา เช่น ถูกพัดไปกับลมและกระแสน้ำ ถูกทำให้ระเหยโดยความร้อนจากดวงอาทิตย์ เกิดการกระจายตัว ผสมกับน้ำบางส่วนจนทำให้เกิดการจมตัว เกิดการดูดซึมของสิ่งมีชีวิตต่างๆ และถูกย่อยโดยจุลินทรีย์บางชนิด เป็นต้น

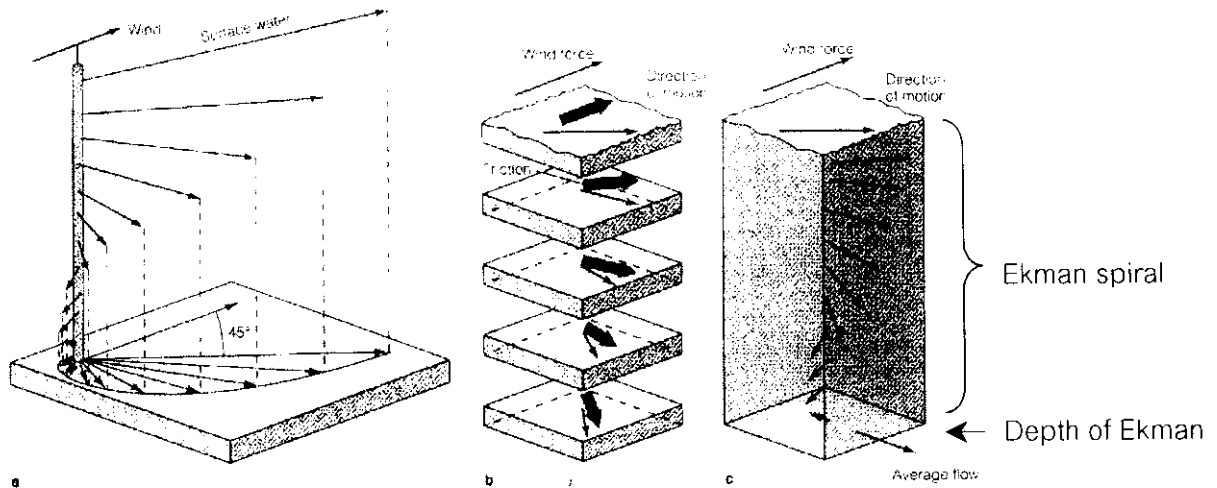


ในแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันดิบสำหรับการศึกษาคั้งนี้ เราต้องการเพียงผลลัพธ์คือ ทิศทางของคราบน้ำมันดิบส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นผลจากแรงที่มากระทำ เช่น ทิศทางที่มาจาก การเคลื่อนที่โดยกระแสพื้นผิว (Surface current) ทิศทางที่มาจาก การเคลื่อนที่ของกระแสน้ำที่มีอิทธิพลจากลม (Ekman current) เป็นต้น และในแบบจำลองนี้ เราต้องการให้มีการคำนวณที่รวดเร็วและแม่นยำ (มี algorithm ที่ดี) เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว ใช้เวลาในการคำนวณ (Runtime) น้อย และเพื่อไม่ให้มีการคำนวณที่สลับซับซ้อนเกินไป จึงไม่นำผลกระทบทางด้านเคมี และชีววิทยา มารวมในแบบจำลอง

แบบจำลองที่จะทำการทดสอบนี้ ใช้หลักการว่า เมื่อน้ำมันดิบรั่วไหลลงในทะเลเกิดขึ้น ก็เปรียบเสมือนวัตถุก้อนหนึ่ง ที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ และจะเคลื่อนที่ไปตามแรงต่างๆ ที่มากระทำ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละสถานที่ ซึ่งแรงทั้งหมดที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

## 1. กระแสน้ำเอคมาน (Ekman current)

เอคมาน (Ekman, 1965) ได้ทำการหาความสัมพันธ์ ระหว่างความเร่งโคริโอลิส (Coriolis acceleration) กับแรงเค้นที่เกิดที่ผิวน้ำทะเลจากลม (Wind stress) ซึ่งพบว่า กระแสน้ำเอคมานที่ผิวน้ำทะเลจะมีทิศทางทำมุมประมาณ  $45^\circ$  ไปทางขวาของทิศทางลมในซีกโลกเหนือ และทางซ้ายของทิศทางลมในซีกโลกใต้ และในที่ลึกลงไป กระแสน้ำเอคมานก็จะมีทิศทางเบนออกพร้อมกับความเร็วที่ลดลง จนถึงระดับ ความลึกหนึ่ง ที่กระแสน้ำเอคมานมีทิศทางตรงข้ามกับกระแสน้ำเอคมานที่ผิวน้ำทะเล เรียกความลึกนี้ว่า ความลึกเอคมาน (Depth of Ekman) และเรียกรูปแบบการเปลี่ยนแปลงลักษณะของมุมกระแสน้ำตามความลึกแบบนี้ว่า เกลียวเอคมาน (Ekman spiral) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระแสน้ำเอดมาน (Ekman current) (Garrison, 1993)

ทฤษฎีของเอดมานจะใช้ได้ดีในกรณีที่ทะเลมีความลึกที่ไม่จำกัด (Infinite depth) หรือไม่มีแรงเสียดทานจากพื้นทะเล (Bottom friction) แต่สำหรับในทะเลที่มีความลึกจำกัด (Finite depth sea) นั้น มุมระหว่างทิศทางลมกับกระแสน้ำที่ผิวหน้าทะเล จะไม่ใช่  $45^\circ$  แต่จะขึ้นอยู่กับความลึกของทะเลและละติจูด ซึ่งมุมนี้คำนวณได้จากสมการ (1)

$$\alpha = \tan^{-1} \left[ \frac{\sinh\left(2\pi \frac{h}{d}\right) - \sinh\left(2\pi \frac{h}{d}\right)}{\sinh\left(2\pi \frac{h}{d}\right) + \sinh\left(2\pi \frac{h}{d}\right)} \right] \quad (1)$$

เมื่อ

$\alpha$  = มุมของกระแสน้ำเอดมานที่ความลึกใด ๆ ณ ทะเลที่มีความลึกจำกัด (Finite sea)

$h$  = ความลึก

$d$  = ความลึกเอดมาน (Depth of Ekman, Depth of frictional influence =  $\pi \sqrt{\frac{2A}{\rho f}}$ )

$A$  = Vertical eddy viscosity

$\rho$  = ความหนาแน่นของมวลน้ำ

$f$  = Coriolis parameter (=  $2\Omega \sin\phi$ )

$\Omega$  = ความเร็วเชิงมุมการหมุนของโลก ( $= 7.29 \times 10^{-5}$  Radian / s)

$\phi$  = ละติจูด

ในแบบจำลองนี้ จะกำหนดแรงของกระแสน้ำเอคมานประมาณ 1.3 - 1.4% ของความเร็วลม และมีมุมที่แปรตามละติจูด ในพื้นที่ที่อยู่เหนือ  $10^\circ\text{N}$  และใต้  $10^\circ\text{S}$  จะมีมุมที่คงที่  $\alpha_{10} = 33^\circ$  ไปทางขวาของทิศทางลมในซีกโลกเหนือ และทางซ้ายของทิศทางลมในซีกโลกใต้ ส่วนในพื้นที่ที่อยู่ระหว่าง  $10^\circ\text{N}$  และ  $10^\circ\text{S}$  ขนาดของมุมจะแปรผันตามละติจูดดังสมการ (2)

$$\alpha = \alpha_{10} \frac{\phi}{10} \quad (2)$$

เมื่อ  $\phi$  = ละติจูด

## 2. การเคลื่อนที่ที่เกิดจากคลื่น (Wave-induced current : Stokes drift)

เป็นการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่บริเวณผิวทะเลที่เกิดจากคลื่น เมื่อคลื่นมีการเคลื่อนตัวไปยังทิศทางใด มวลน้ำบริเวณนั้นจะเคลื่อนตัวไปในทิศทางเดียวกับคลื่น ทำให้เกิดการเลื่อนตำแหน่งของมวลน้ำ (Displacement) เกิดเป็นระยะทางขึ้นดังภาพที่ 3 ในทะเลลึก จะมีการเลื่อนตำแหน่งของผลลัพธ์จากการเคลื่อนที่ของมวลน้ำไปข้างหน้าเป็นระยะทางไม่มากนัก แต่ในทะเลตื้น เนื่องมาจากแรงเสียดทานของพื้นทะเล ทำให้การเลื่อนตำแหน่งนี้มีมากขึ้น

ในอ่าวไทยตอนบน เป็นพื้นที่ที่ตื้น ดังนั้น การเคลื่อนที่ที่เกิดจากคลื่นจึงเป็นปัจจัยที่จำเป็นจะต้องใส่ในแบบจำลอง ดังสมการ (3)

$$U_s = \pi^2 \left( \frac{H}{L} \right)^2 C \quad (3)$$

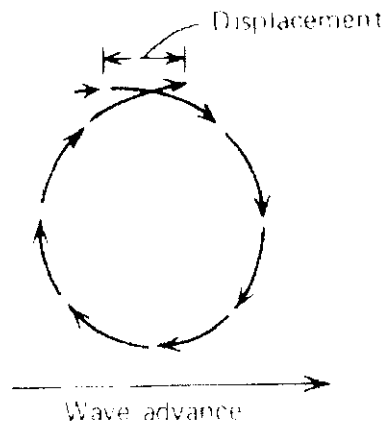
เมื่อ

$U_s$  = อัตราเร็วของคราบน้ำมันที่เคลื่อนตัวโดยคลื่น

$H$  = ความสูงคลื่น

$L$  = ความยาวคลื่น

$\frac{H}{L}$  = ความชันของคลื่น (Wave steepness)  
 $C$  = ความเร็วคลื่น

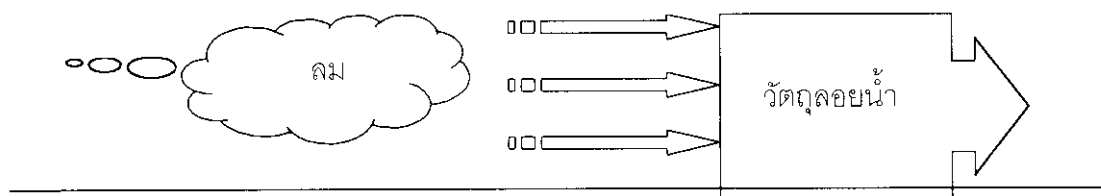


ภาพที่ 3 การเคลื่อนตำแหน่งของมวลน้ำที่มีผลมาจากคลื่น (Stokes drift) (Gross, 1976)

ในแบบจำลองนี้ จะกำหนดแรง Stokes drift มีทิศทางกับลม และมีขนาดเป็น 1.7% ของความเร็วลม

### 3. การเคลื่อนที่ที่เกิดจากลม (Sailing effect)

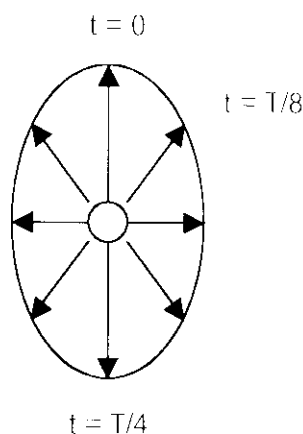
เป็นการเคลื่อนที่ที่เกิดจากอิทธิพลของลมเหนี่ยวนำให้วัตถุที่ลอยน้ำเคลื่อนที่ไปโดยตรง ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเคลื่อนที่ที่เกิดจากลม (Sailing effect)

#### 4. กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal current)

เป็นกระแสน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของมวลน้ำ ตามอิทธิพลการหมุนรอบจุดหมุนร่วมของโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ เมื่อเราอยู่ในทะเล เราจะสังเกตเห็นทิศทางของกระแสน้ำไปทางหนึ่ง ณ เวลาเริ่มต้น เมื่อเวลาผ่านไป ทิศทางของกระแสน้ำจะเปลี่ยนไป และจะมีทิศกลับมาเป็นทิศเดิม เมื่อครบ 1 วงจรน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal cycle : 1 Tidal cycle = 24 ชั่วโมง 50 นาที) การเคลื่อนที่ของกระแสน้ำเป็นวงรอบนี้ เรียกว่า Tidal ellipse ดังภาพที่ 5 ในทะเลเปิด เนื่องจากมีอิทธิพลอื่น ๆ น้อยมากทำให้ Tidal ellipse เกือบครบวง คือ มีระยะทางสู่ทิวน้ำน้อยมาก แต่ในทะเลกึ่งปิดนั้น มีอิทธิพลอื่นที่มาทำให้ Tidal ellipse ไม่ครบวง เช่น แรงเสียดทานที่พื้นทะเลและแรงดันน้ำจืดที่ลงมาจากแผ่นดิน เป็นต้น ทำให้ในทะเลตื้น อิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลน้ำเกิดเป็นระยะทางสู่ทิวที่มีค่ามากขึ้น ดังนั้น ในแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำ มันนี้ จึงต้องใส่กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลงด้วย



ภาพที่ 5 ทิศทางของกระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลงแบบน้ำเดียวใน 1 วงรอบน้ำขึ้นน้ำลง

(Tidal ellipse : Diurnal Tide in 1 Tidal cycle)

#### 5. กระแสน้ำที่ไหลอย่างถาวร หรือกึ่งถาวร ที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ (Background current)

เป็นกระแสน้ำที่ไหลอยู่อย่างถาวร หรือกึ่งถาวร ในพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถคำนวณขนาดและทิศทางได้ ต้องอาศัยการเฉลี่ยค่าข้อมูลกระแสน้ำเป็นเวลานานๆ เพื่อกำจัดอิทธิพลอื่นๆ ที่อาจปะปนเข้ามาในระบบกระแสน้ำ เช่น อิทธิพลจากลม อิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง เป็นต้น

## 6. การเคลื่อนที่ของมวลน้ำอื่นๆ ที่ไม่สามารถคาดเดาได้ (Other stochastic motion)

เป็นแรงที่ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ในรูปสมการทางฟิสิกส์ได้ และไม่ทราบที่มาที่แน่นอน

จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาทำให้ในการศึกษาครั้งนี้ มีแรงบางแรงที่เราสามารถตัดทิ้งได้ คือ

1. การเคลื่อนที่ที่เกิดจากลม (Sailing effect) เพราะยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดเกี่ยวกับแรงนี้ และเป็นแรงที่มีขนาดน้อยมากเมื่อเทียบกับอิทธิพลที่มาจากแรงอื่นๆ (สุภัทธ์ วงศ์วิเศษสมใจ และ มหรรณพ บรรพพงศ์, 2539)
2. การเคลื่อนที่ของมวลน้ำอื่นๆ ที่ไม่สามารถคาดเดาได้ (Other stochastic motion) เป็นแรงที่ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ในรูปสมการทางฟิสิกส์ได้ และไม่ทราบที่มาที่แน่นอน จึงต้องตัดออกไปจากแบบจำลอง

### การทำงานของแบบจำลอง

การทำงานของแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันนี้ ขั้นตอนแรก จะต้องเตรียมข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลองก่อน ประกอบด้วย

- ข้อมูล Background current โดยใช้ข้อมูลเดียวกันกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาแบบจำลองของ Buranapratheprat (1997)
- ข้อมูล Tidal current ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองไฮโดรไดนามิกซึ่งเป็นแบบจำลองเดียวกับการศึกษาของ พรรณี วิเทห์ (2543)
- ข้อมูลลม ใช้ข้อมูลที่ได้จากการวัดจริงในภาคสนาม

การทำงานของแบบจำลองจะเริ่มจากการอ่านข้อมูลลมทุก 6 ชั่วโมง ซึ่งจะถูกนำไปคำนวณค่า Ekman current กับค่า Stokes drift ค่า Ekman current ที่ได้จะถูกนำไปรวมแบบเวกเตอร์กับ Background current ถ้าเวกเตอร์ทั้งสองมีทิศทางไปทางเดียวกัน ค่าที่มากกว่าจะถูกนำมาใช้และตัดค่าที่น้อยกว่าทิ้ง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในพื้นที่อ่าวไทยตอนบนได้รับอิทธิพลของลมมรสุม จึงถือว่า Ekman current อาจจะรวมอยู่ใน Background current แล้ว (Haug et al, 1989) จากนั้นเวกเตอร์ลัพท์ที่ได้จะถูกนำมารวมแบบเวกเตอร์กับ Stokes drift และ Tidal current ผลลัพท์ที่ได้จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการคำนวณหาตำแหน่งของคราบน้ำมันดิบที่จะถูก

ตัดพาไป แบบจำลองนี้จะทำการคำนวณหาตำแหน่งของคราบน้ำมันดิบทุก 3 ชั่วโมง จนกว่าแบบจำลองจะให้ผลว่าคราบน้ำมันถูกตัดพาขึ้นฝั่ง หรือไม่มีข้อมูลลมซึ่งเป็นข้อมูลนำเข้าอีก

### บทที่ 3

#### การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

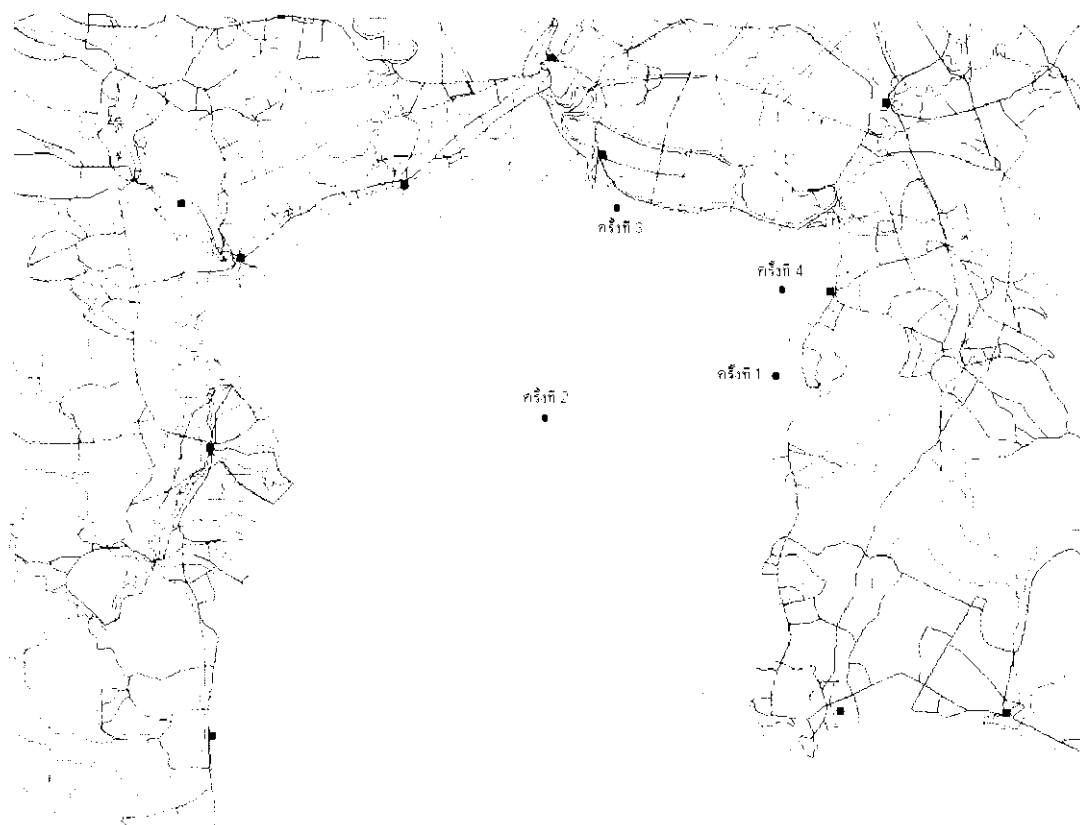
การทดสอบความถูกต้องของผลการทำนายกระทำได้โดยการปล่อยดริฟการ์ด (Drift card : แผ่นกระดาษเคลือบพลาสติก) ลงไปบนทะเลในจุดที่สมมติให้มีการรั่วไหลของน้ำมันจำนวนประมาณ 1,000 แผ่น ทำการบันทึกข้อมูลตำแหน่งที่ปล่อยโดยใช้เครื่องอ่านพิกัดภูมิศาสตร์โลก หรือ GPS (Global Positioning System) และข้อมูลกระแสลมโดยใช้เครื่องวัดกระแสลม เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการคำนวณของแบบจำลอง จากนั้นจึงทำการติดตามการเคลื่อนที่ของดริฟการ์ดในทะเล โดยทำการบันทึกตำแหน่งดริฟการ์ด ทิศทางและความเร็วของกระแสลมทุกชั่วโมง จนกว่าจะไม่สามารถติดตามดริฟการ์ดได้ เช่น ไม่สามารถสังเกตดริฟการ์ดด้วยสายตาได้ หรือ ดริฟการ์ดกระจายตัวกันมากเกินไปจนไม่สามารถหาตำแหน่งที่แน่นอนได้ เป็นต้น

การทดสอบความถูกต้องในครั้งนี้ จะทำการทดสอบ 4 ครั้งในบริเวณต่าง ๆ กัน คือ บริเวณระหว่างเกาะสีชังกับอำเภอศรีราชา บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 6

ตารางที่ 1 ตำแหน่งเริ่มต้นของการทดสอบภาคสนามทั้ง 4 ครั้ง

บริเวณ	ละติจูด	ลองจิจูด
ระหว่างเกาะสีชังกับอำเภอศรีราชา	13°13.96' N	100°52.84' E
กลางอ่าวไทยตอนบน	13°09.90' N	100°30.24' E
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	13°29.02' N	100°37.10' E
ปากแม่น้ำบางปะกง	13°22.60' N	100°55.49' E





ภาพที่ 6 ตำแหน่งเริ่มต้นของการทดสอบภาคสนามทั้ง 4 ครั้ง

### การทดสอบครั้งที่ 1

การทดสอบครั้งแรกเกิดขึ้นเมื่อวันเสาร์ที่ 3 กรกฎาคม 2542 ที่บริเวณระหว่างเกาะสี่ซังกับอำเภอศรีราชา ผลการทดสอบได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณดังตารางที่ 2 และภาพที่ 7, 8

จากผลการทดสอบภาคสนามดังภาพที่ 7 และ 8 พบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดสอบในเวลาประมาณ 6:00 น. ดริฟการ์ดมีการเคลื่อนที่ลงมาทางทิศใต้ จากนั้นจึงเปลี่ยนการเคลื่อนที่ขึ้นไปเป็นทิศเหนือในเวลาประมาณ 14:00 น. แล้วเคลื่อนที่ต่อไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือในเวลาประมาณ 16:00 น. จนสิ้นสุดการทดสอบในเวลาประมาณ 18:00 น.

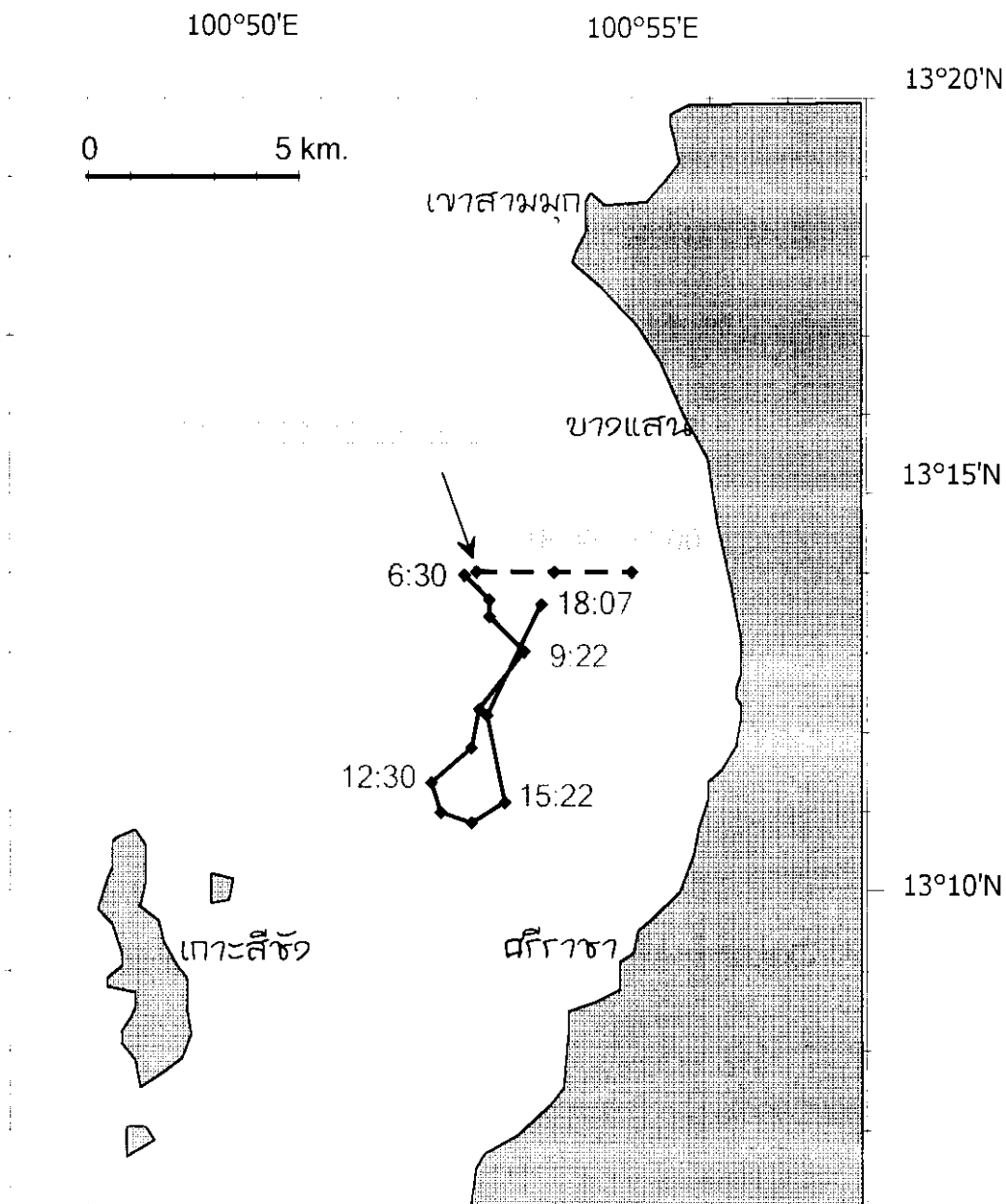
ผลการคำนวณโดยรวม Background current ได้ถูกนำมาเปรียบกับผลการทดสอบภาคสนามดังภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าผลการคำนวณไม่สอดคล้องกับผลที่ได้จากการวัดภาคสนามเท่าใดนัก จากผลการคำนวณ ดริฟการ์ดมีการลอยอยู่กับที่ตั้งแต่เวลาเริ่มต้น แล้วจึงมีการเคลื่อนที่ไปทาง

ตะวันออกในเวลาประมาณ 15:00 น. ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบภาคสนาม แต่อย่างไรก็ดี ตำแหน่งดริฟการ์ดจากการคำนวณในเวลาประมาณ 18:00 น. มีระยะทางใกล้กับตำแหน่งจากการทดสอบภาคสนามมากที่สุด อย่างไรก็ตามตำแหน่งดริฟการ์ดจากการคำนวณยังคงเคลื่อนที่ต่อไปทางตะวันออกจนถึงเวลาประมาณ 21:00 น. ซึ่งเป็นเวลาสิ้นสุดของการคำนวณ

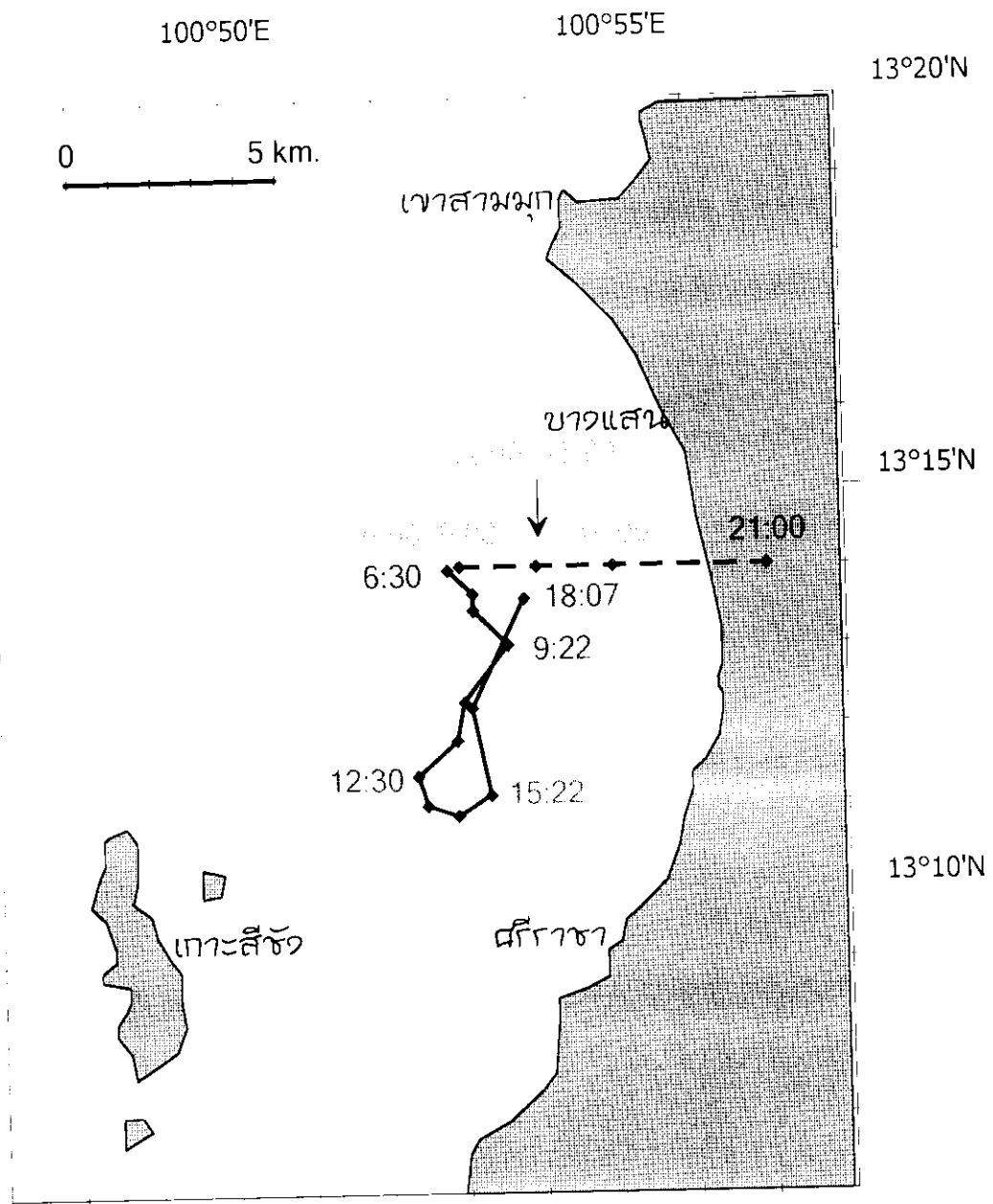
ผลการคำนวณโดยไม่รวม Background current ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบภาคสนามดังภาพที่ 8 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ดริฟการ์ดลอยอยู่กับที่ตั้งแต่เวลาเริ่มต้น แล้วเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกในเวลาประมาณ 9:00 น. แล้วไปหยุดอยู่กับที่อีกในเวลาประมาณ 12:00 น. จนถึงเวลาประมาณ 15:00 น. ดริฟการ์ดจึงมีการเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกอีกครั้ง จนถึงเวลาประมาณ 21:00 น. ซึ่งเป็นเวลาสิ้นสุดของการคำนวณ ปรากฏว่าตำแหน่งของดริฟการ์ดในเวลาประมาณ 21:00 น. เป็นตำแหน่งที่อยู่บนฝั่งแล้ว จะสังเกตได้ว่าผลจากการคำนวณและผลจากการทดสอบภาคสนามก็ยังไม่มีความสอดคล้องกัน แต่ในเวลาประมาณ 18:00 น. ตำแหน่งดริฟการ์ดจากการคำนวณก็เป็นตำแหน่งที่มีระยะทางใกล้ที่สุดกับตำแหน่งจากการทดสอบภาคสนาม แต่ก็ยังไกลกว่าผลที่ได้จากการคำนวณโดยรวม Background current

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบภาคสนามครั้งที่ 1 เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากแบบจำลอง โดยรวมและไม่รวม Background current

เวลา	ตำแหน่งจากการทดสอบภาคสนาม		ตำแหน่งจากการคำนวณโดยรวม Background current		ตำแหน่งจากการคำนวณโดยไม่รวม Background current		ความเร็วลม (มุมจากทิศเหนือ)	
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ขนาด (เมตรวินาที)	ทิศทาง (องศา)
06:00 น.	13°13.96' N	100°52.84' E	13°14.00' N	100°53.00' E	13°14.00' N	100°53.00' E	2.5	55
09:00 น.	13°13.00' N	100°52.97' E	13°14.00' N	100°53.00' E	13°14.00' N	100°53.00' E	2.9	30
12:00 น.	13°11.35' N	100°52.25' E	13°14.00' N	100°53.00' E	13°14.00' N	100°54.00' E	3.5	15
15:00 น.	13°11.10' N	100°52.82' E	13°14.00' N	100°53.00' E	13°14.00' N	100°54.00' E	5.0	5
18:00 น.	13°13.59' N	100°53.50' E	13°14.00' N	100°54.00' E	13°14.00' N	100°55.00' E	7.0	7



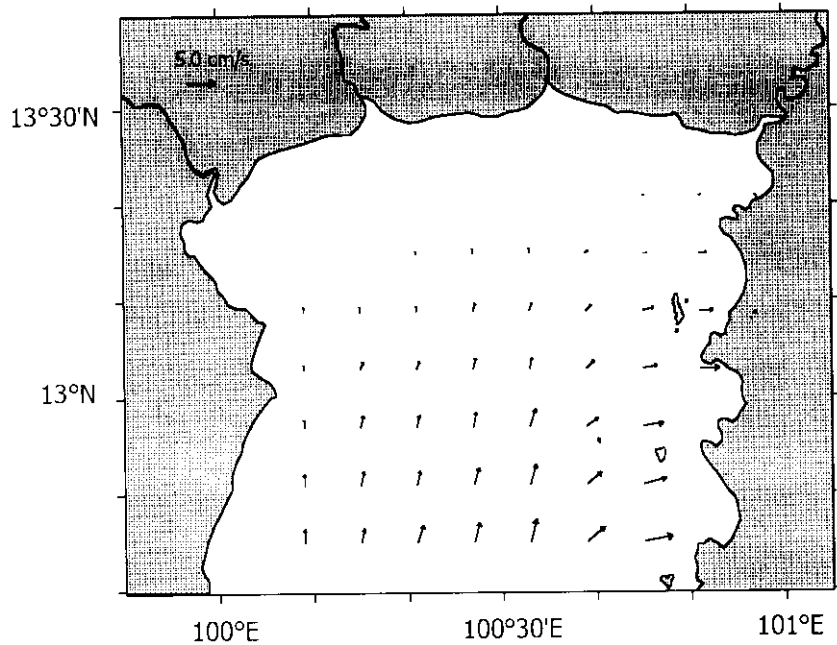
ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อรวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 1



ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่ไม่รวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 1

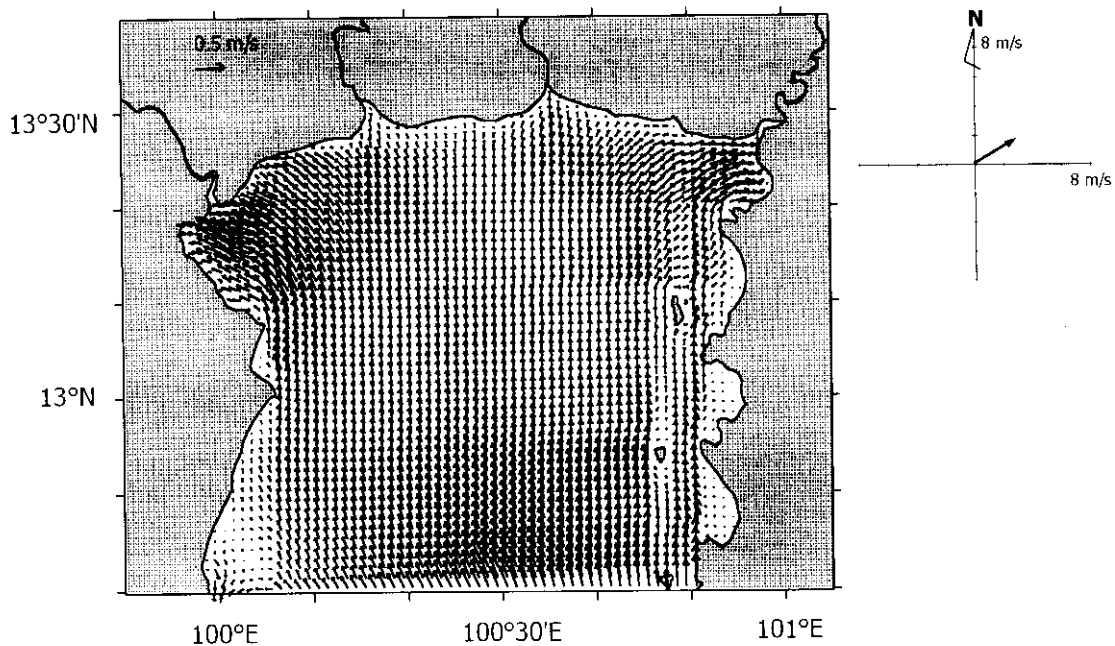
ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองในการทดสอบครั้งที่ 1

- Background current เดือนกรกฎาคม



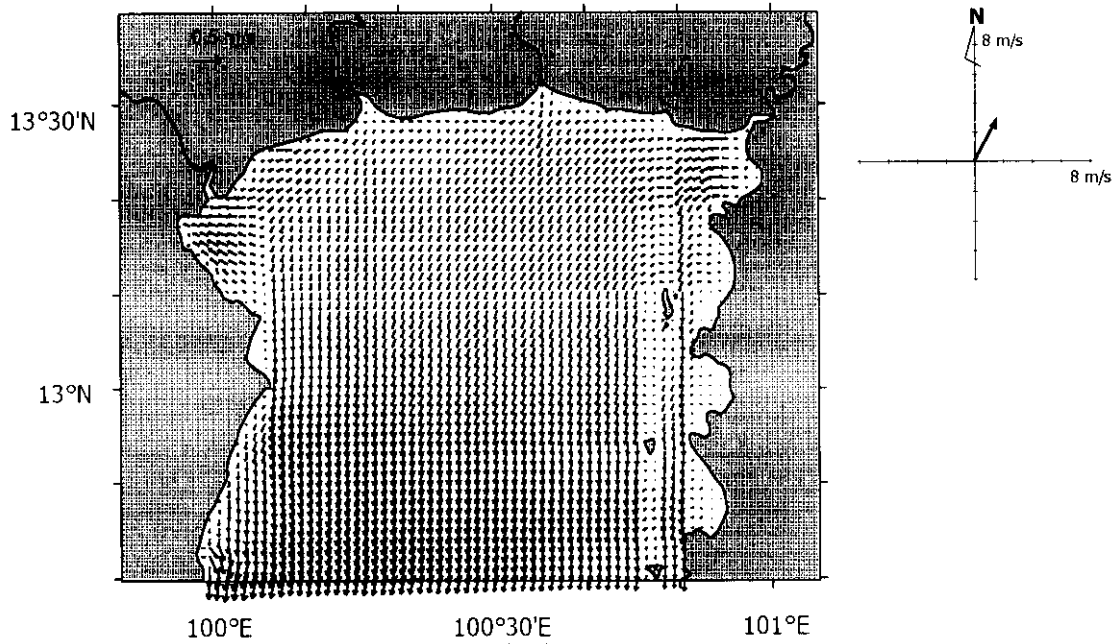
ภาพที่ 9 เวกเตอร์ Background current เดือนกรกฎาคม

- กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง วันที่ 3 กรกฎาคม 2542

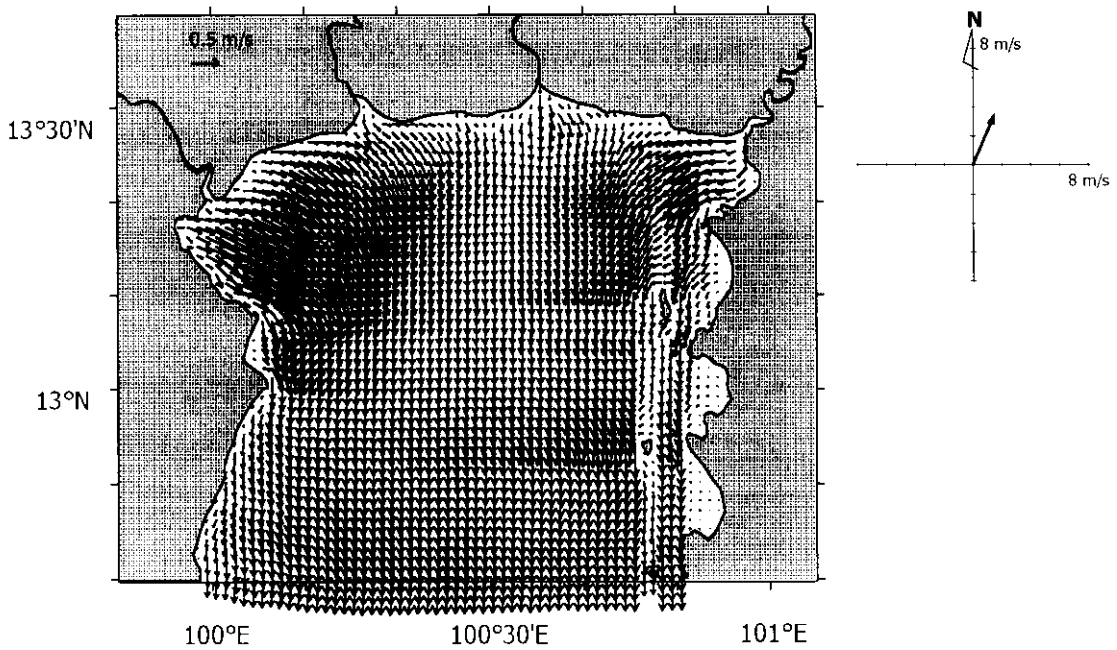


ภาพที่ 10 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)

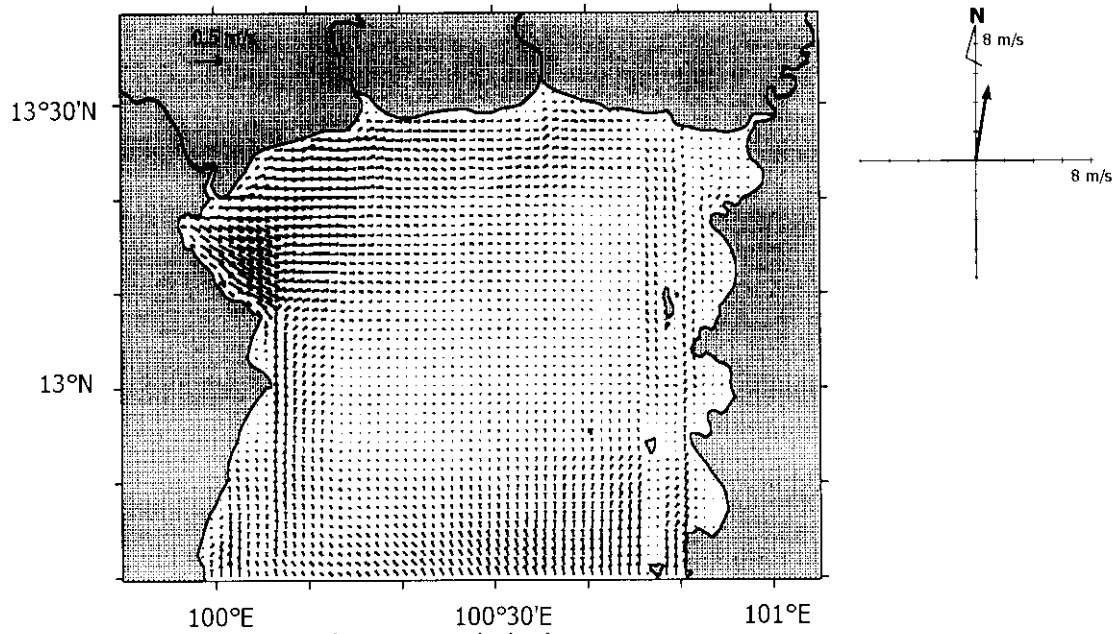
วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 6:00 น.



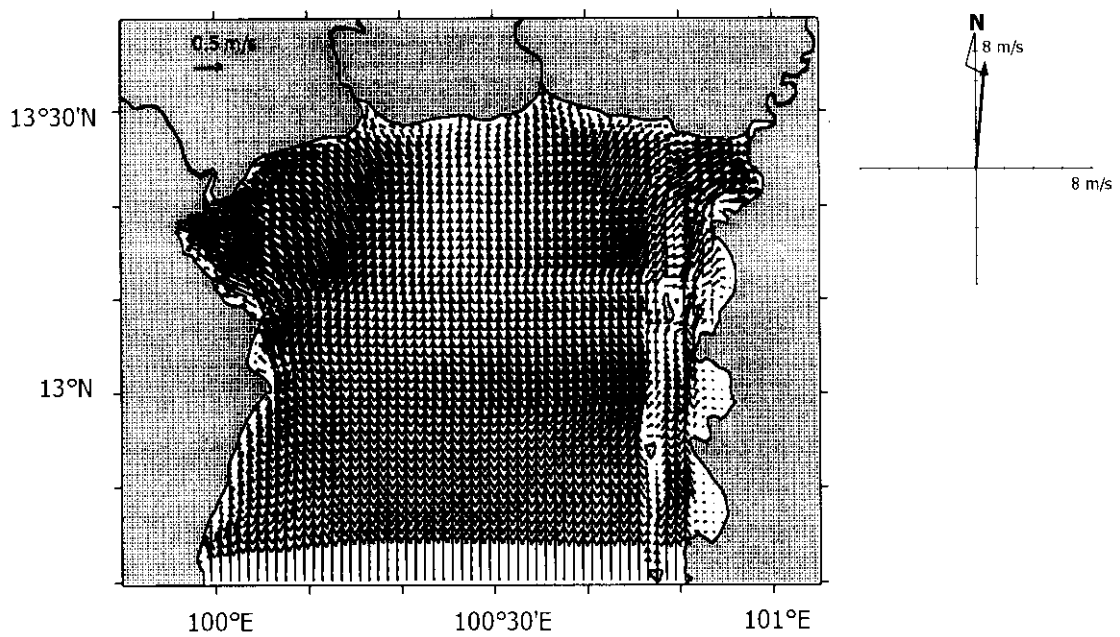
ภาพที่ 11 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 9:00 น.



ภาพที่ 12 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 12:00 น.



ภาพที่ 13 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 15:00 น.



ภาพที่ 14 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 3 กรกฎาคม 2542 เวลา 18:00 น.



## การทดสอบครั้งที่ 2

การทดสอบครั้งที่ 2 เกิดขึ้นเมื่อวันอาทิตย์ที่ 10 ตุลาคม 2542 ที่บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน ผลการทดสอบได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณดังตารางที่ 3 และภาพที่ 15, 16

ผลการทดสอบภาคสนามดังแสดงในภาพที่ 15 และ 16 เห็นได้ว่า หลังจากเริ่มต้นการทดสอบ ดริฟการ์ดมีการเคลื่อนที่ขึ้นไปทางเหนือ ต่อมาได้เปลี่ยนการเคลื่อนที่ลงมาทางใต้ในเวลาประมาณ 9:00 น. จนถึงเวลาประมาณ 14:00 น. ดริฟการ์ดได้มีการเคลื่อนที่กลับขึ้นไปทางเหนือ จนถึงเวลาประมาณ 18:00 น. ซึ่งเป็นเวลาสิ้นสุดการคำนวณ ตำแหน่งดริฟการ์ดสุดท้ายใกล้กับตำแหน่งที่ปล่อยดริฟการ์ดมาก

สังเกตผลการคำนวณโดยรวม Background current ดังภาพที่ 15 และผลการคำนวณโดยไม่รวม Background current ดังภาพที่ 16 ผลการคำนวณทั้งสองมีลักษณะที่เหมือนกัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบภาคสนาม จะเห็นว่า หลังจากเริ่มต้นการทดสอบ ดริฟการ์ดมีการเคลื่อนที่ขึ้นไปทางตะวันออกเฉียงเหนือเป็นระยะทางไกลมาก และได้เคลื่อนที่ต่อไปทางเหนือในเวลาประมาณ 9:00 น. จนต่อมาในเวลาประมาณ 12:00 น. ดริฟการ์ดได้เปลี่ยนการเคลื่อนที่ลงมาทางตะวันออกเฉียงใต้ และเคลื่อนที่ต่อไปทางใต้จนถึงเวลาประมาณ 18:00 น. จึงได้เคลื่อนที่กลับขึ้นมาทางเหนือจนถึงเวลาประมาณ 21:00 น. ซึ่งตำแหน่งสุดท้ายนั้นเป็นตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งดริฟการ์ดในเวลาประมาณ 15:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามกับผลการคำนวณทั้งรวมและไม่รวม Background current ปรากฏผลว่า ผลจากการคำนวณทั้งรวมและไม่รวม Background current สอดคล้องกับผลการทดสอบภาคสนาม คือ มีแนวโน้มในการเคลื่อนที่ใกล้เคียงกัน แต่มีข้อผิดพลาด คือ การเหลื่อมล้ำของเวลา ผลจากภาคสนามมีการเปลี่ยนทิศจากขึ้นเหนือเป็นลงใต้ที่เวลาประมาณ 9:00 น. และจากลงใต้เป็นขึ้นเหนือในเวลาประมาณ 14:00 น. แต่ผลจากการคำนวณมีการเปลี่ยนทิศจากขึ้นเหนือเป็นลงใต้ที่เวลาประมาณ 12:00 น. และจากลงใต้เป็นขึ้นเหนือในเวลาประมาณ 18:00 น. และการเคลื่อนที่ของดริฟการ์ดจากการคำนวณในช่วง Time step แรก มีการเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางที่ไกลมาก ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบภาคสนาม

ยว

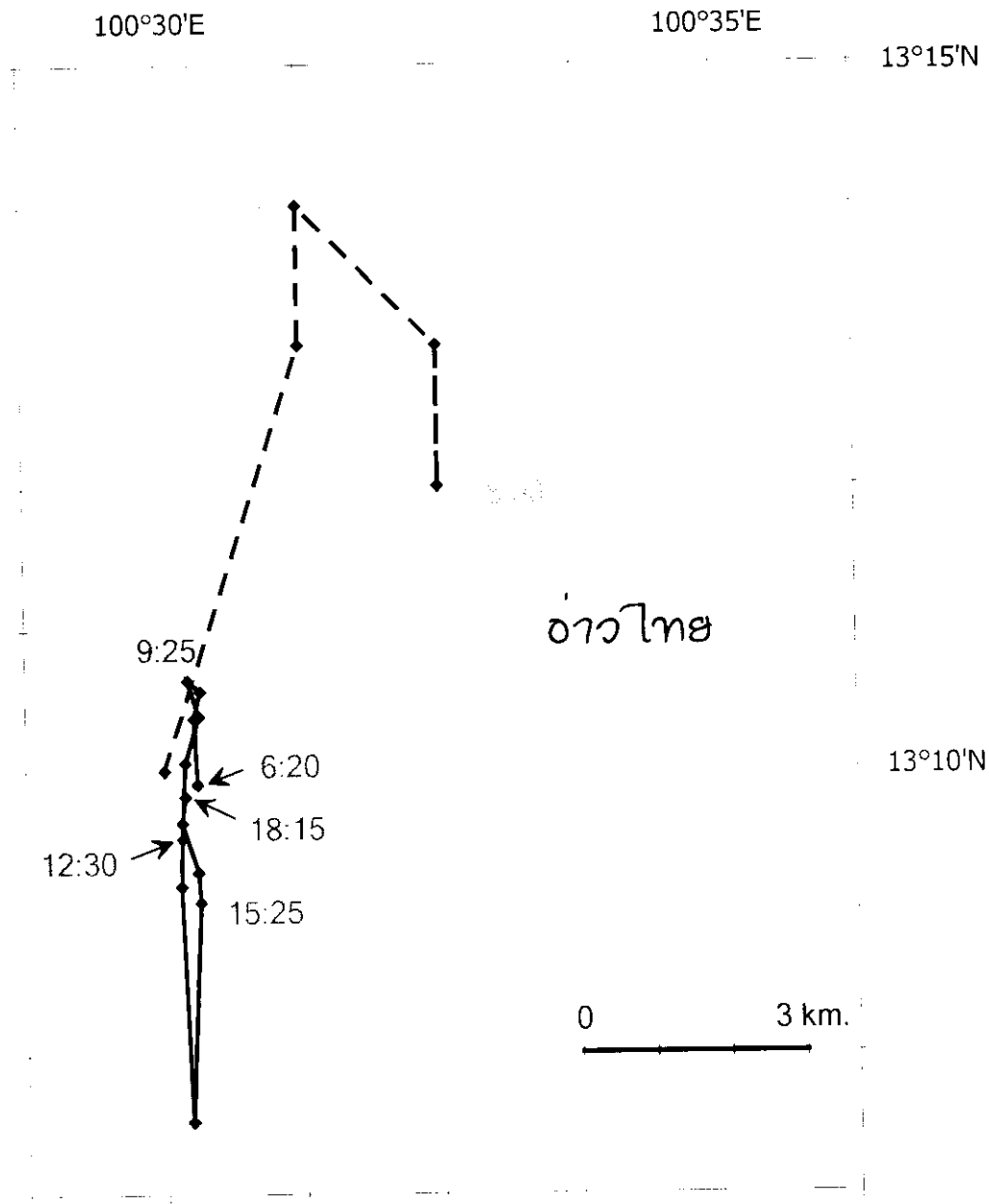
๕๖๘๐

๑๕๕

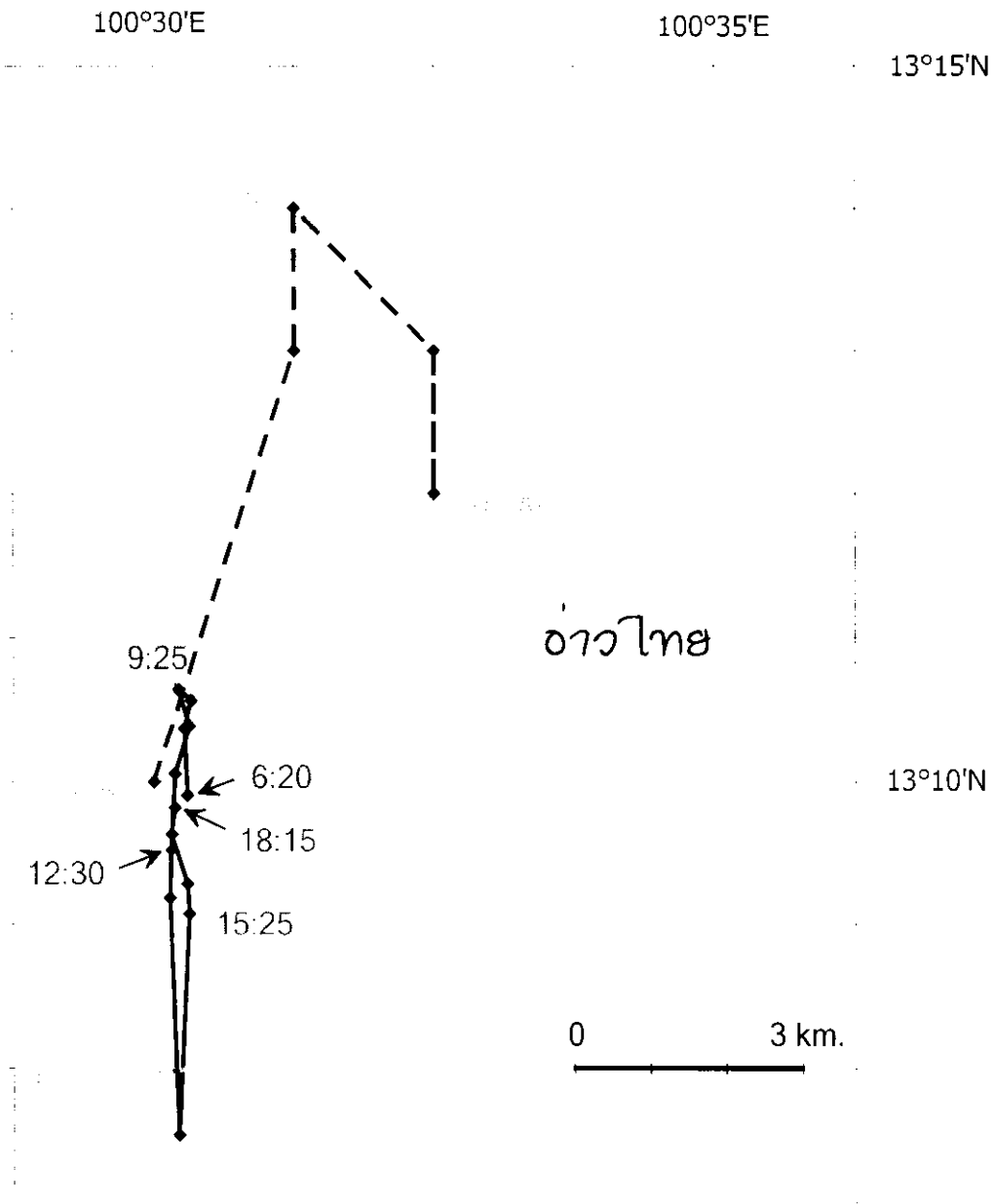
0797

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบภาคสนามครั้งที่ 2 เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากแบบจำลอง โดยรวมและไม่รวม Background current

เวลา	ตำแหน่งจากการทดสอบภาคสนาม		ตำแหน่งจากการคำนวณโดยรวม		ตำแหน่งจากการคำนวณโดยไม่รวม Background current		ความเร็วลม (มุมจากทิศเหนือ)	
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ขนาด (เมตร/วินาที)	ทิศทาง (องศา)
06:00 น.	13°09.90' N	100°30.24' E	13°10.00' N	100°30.00' E	13°10.00' N	100°30.00' E	4.0	45
09:00 น.	13°10.64' N	100°30.17' E	13°13.00' N	100°31.00' E	13°13.00' N	100°31.00' E	5.0	110
12:00 น.	13°09.51' N	100°30.13' E	13°14.00' N	100°31.00' E	13°14.00' N	100°31.00' E	4.0	350
15:00 น.	13°09.07' N	100°30.25' E	13°13.00' N	100°32.00' E	13°13.00' N	100°32.00' E	1.0	20
18:00 น.	13°09.81' N	100°30.15' E	13°12.00' N	100°32.00' E	13°12.00' N	100°32.00' E	0.0	10



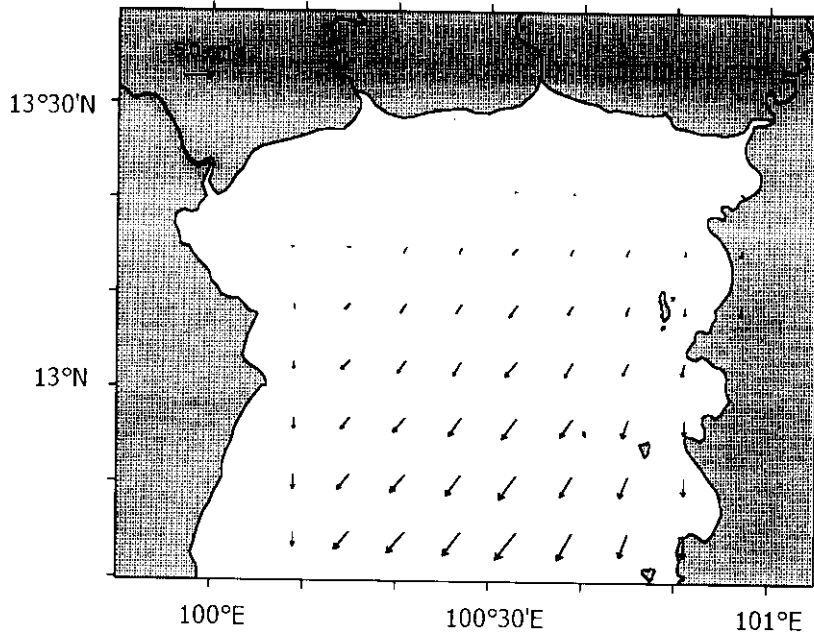
ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อรวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 2



ภาพที่ 16 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อไม่รวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 2

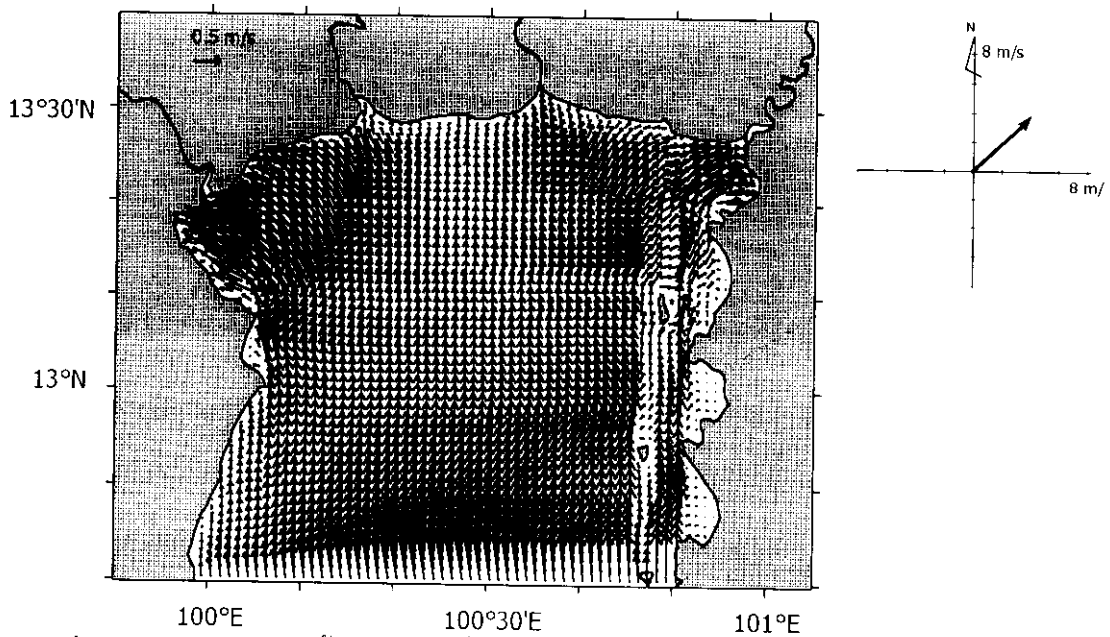
ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองในการทดสอบครั้งที่ 2

- Background current เดือนตุลาคม



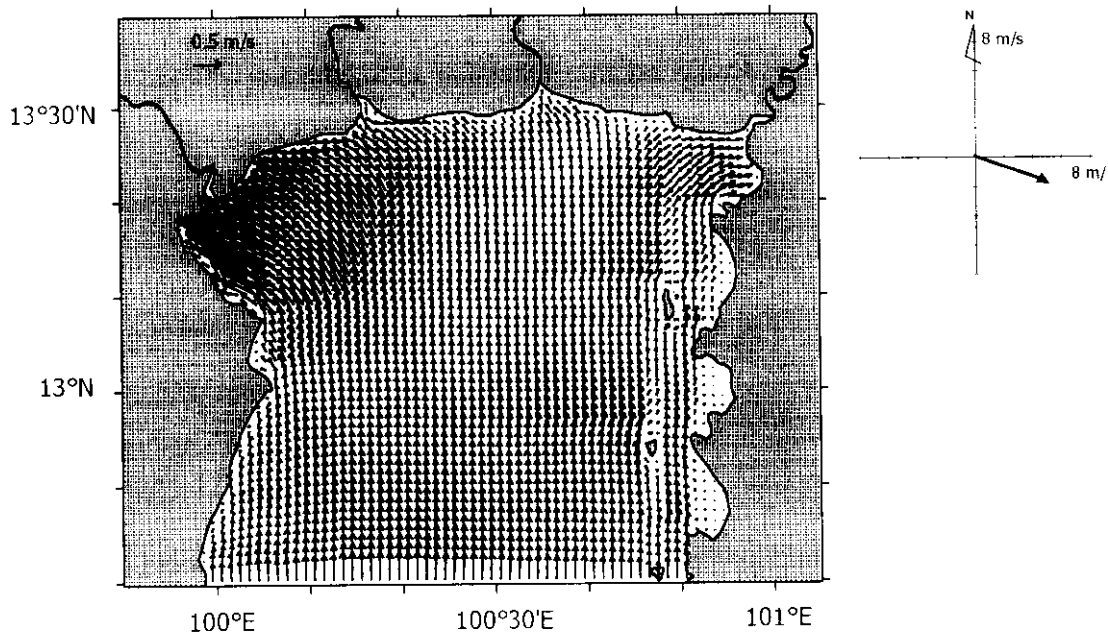
ภาพที่ 17 เวกเตอร์ Background current เดือนตุลาคม

- กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง วันที่ 15 ตุลาคม 2542

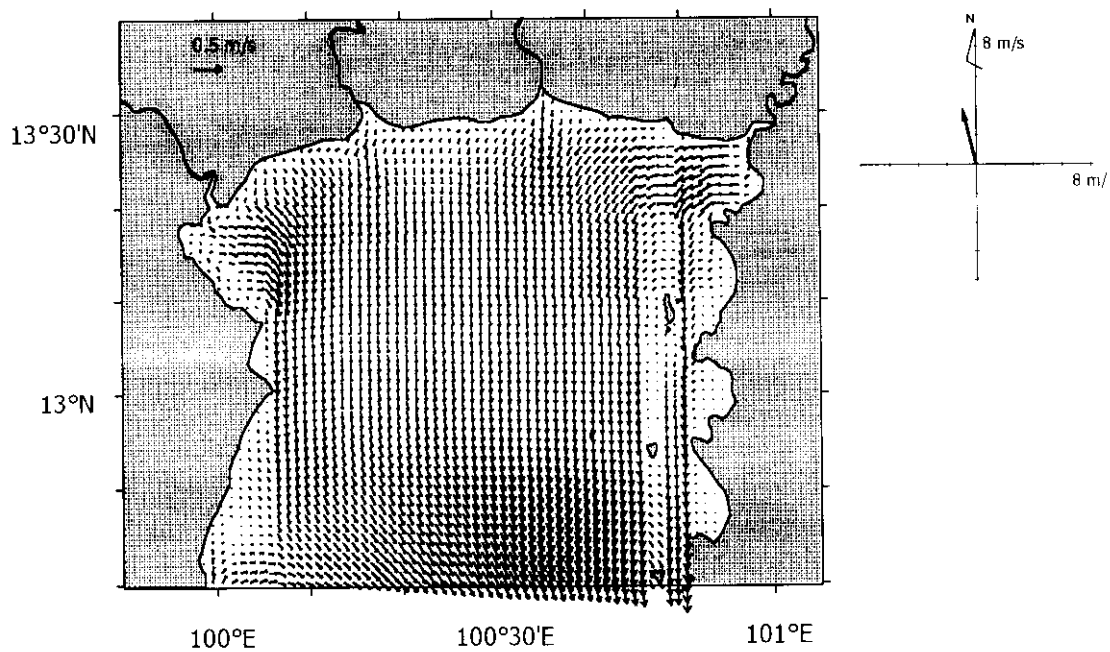


ภาพที่ 18 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสนม (ขวา)

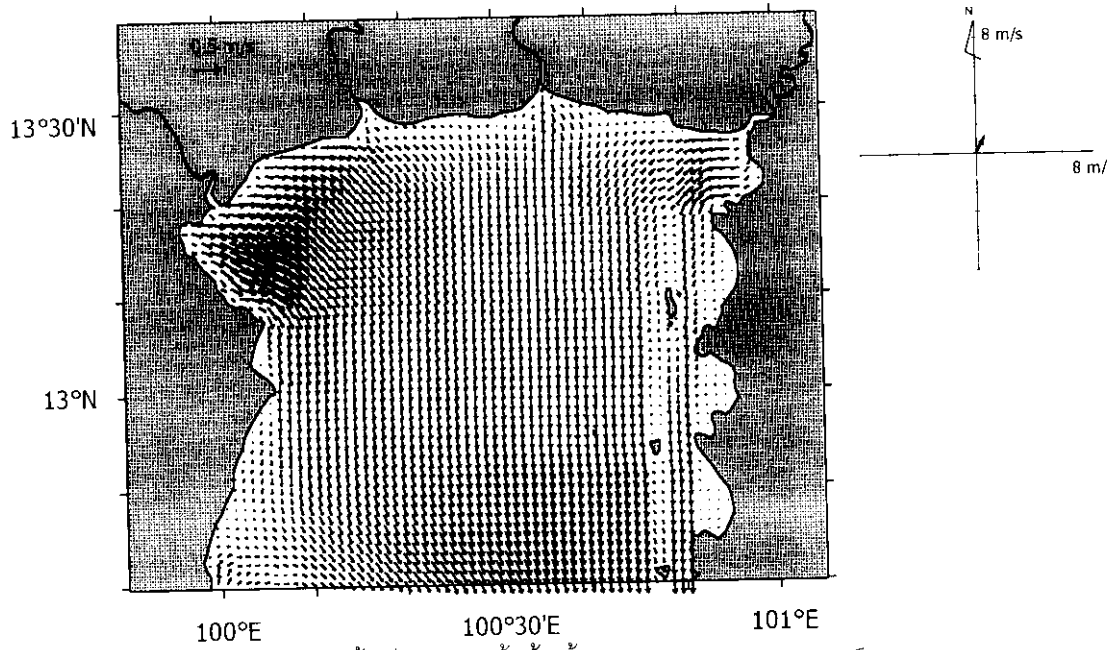
วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 6:00 น.



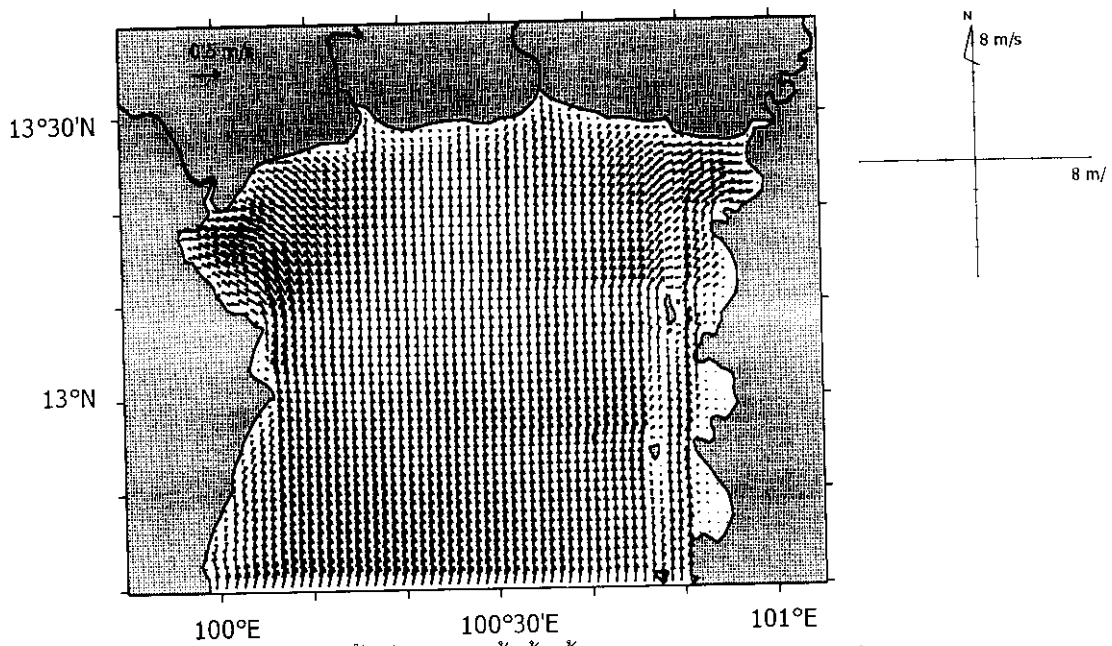
ภาพที่ 19 เวกเตอร์กระแสที่ก่ตจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย). และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 9:00 น.



ภาพที่ 20 เวกเตอร์กระแสที่ก่ตจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 12:00 น.



ภาพที่ 21 - เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 15:00 น.



ภาพที่ 22 - เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 15 ตุลาคม 2542 เวลา 18:00 น.

### การทดสอบครั้งที่ 3

การทดสอบครั้งที่ 3 เกิดขึ้นเมื่อวันเสาร์ที่ 26 สิงหาคม 2543 ที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ผลการทดสอบได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณดังตารางที่ 4 และภาพที่ 23 จากผลการทดสอบภาคสนาม พบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดสอบในเวลาประมาณ 7:00 น. ดริฟการ์ดมีการเคลื่อนที่ลงมาทางใต้ ต่อมาในเวลาประมาณ 8:00 น. ดริฟการ์ดได้เปลี่ยนการเคลื่อนที่ขึ้นไปทางเหนือจนถึงเวลาประมาณ 11:00 น. และเคลื่อนที่ต่อไปทางตะวันตกเฉียงเหนือจนถึงเวลาประมาณ 16:00 น. ซึ่งเป็นเวลาสิ้นสุดการทดสอบ

แต่เมื่อทำการคำนวณโดยรวม Background current ผลการคำนวณกลับแจ้งว่าตำแหน่งที่ทำการทดสอบเป็นแผ่นดิน ทำให้ไม่สามารถทำการคำนวณการเคลื่อนที่ของดริฟการ์ดได้

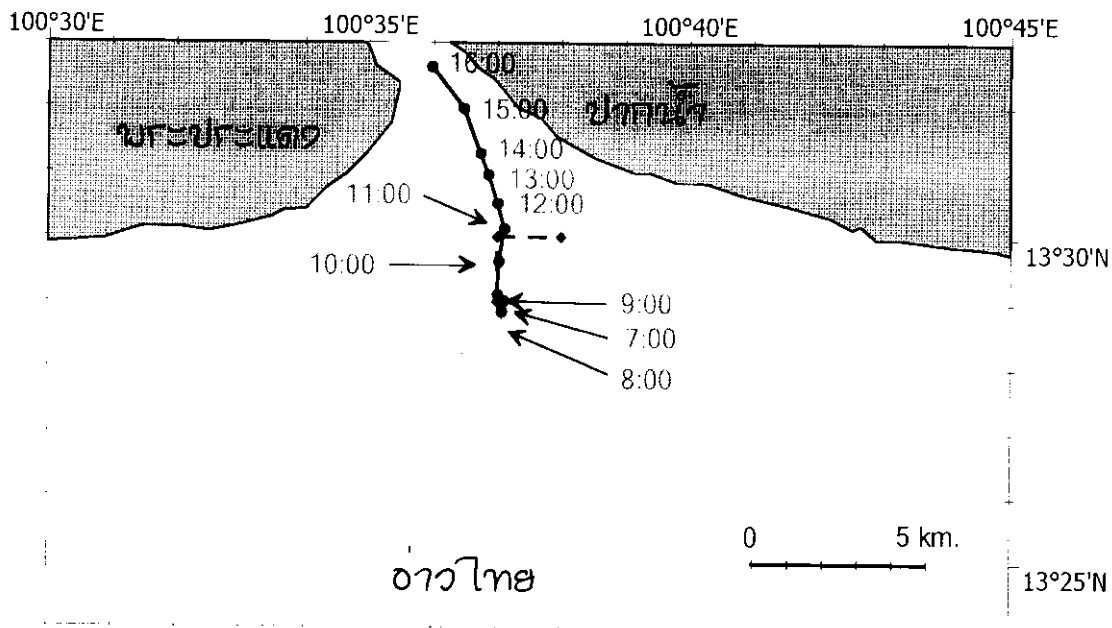
ต่อมา ได้ทำการคำนวณโดยไม่รวม Background current พบว่า ผลการคำนวณเมื่อไม่รวม Background current ดริฟการ์ดอยู่กับที่ตั้งแต่เวลาเริ่มต้น ต่อมาจึงได้มีการเคลื่อนที่ไปทางเหนือในเวลาประมาณ 10:00 น. หลังจากนั้นเวลาประมาณ 13:00 น. ดริฟการ์ดได้มีการเปลี่ยนทิศทางไปทางตะวันออก จนสิ้นสุดการคำนวณในเวลาประมาณ 16:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามกับผลการคำนวณโดยไม่รวม Background current ปรากฏผลว่า ผลจากการคำนวณโดยไม่รวม Background current สอดคล้องกับผลการทดสอบภาคสนามในช่วงเวลา 7:00 น. – 13:00 น. และไม่สอดคล้องในช่วงเวลา 13:00 น. – 16:00 น. ในช่วงแรก ตำแหน่งดริฟการ์ดจากการทดสอบและจากการคำนวณมีการเคลื่อนที่ไปทางเหนือ จนถึงเวลาประมาณ 13:00 น. ตำแหน่งดริฟการ์ดจากการทดสอบมีการเคลื่อนที่ไปทางเหนือก่อนไปทางทิศตะวันตก ในขณะที่ตำแหน่งดริฟการ์ดจากการคำนวณมีการเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกจนถึงเวลาประมาณ 16:00 น. ซึ่งเป็นเวลาสิ้นสุดของการทดสอบ



ตารางที่ 4 ผลการทดสอบภาคสนามครั้งที่ 3 เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากแบบจำลอง โดยรวมและไม่รวม Background current

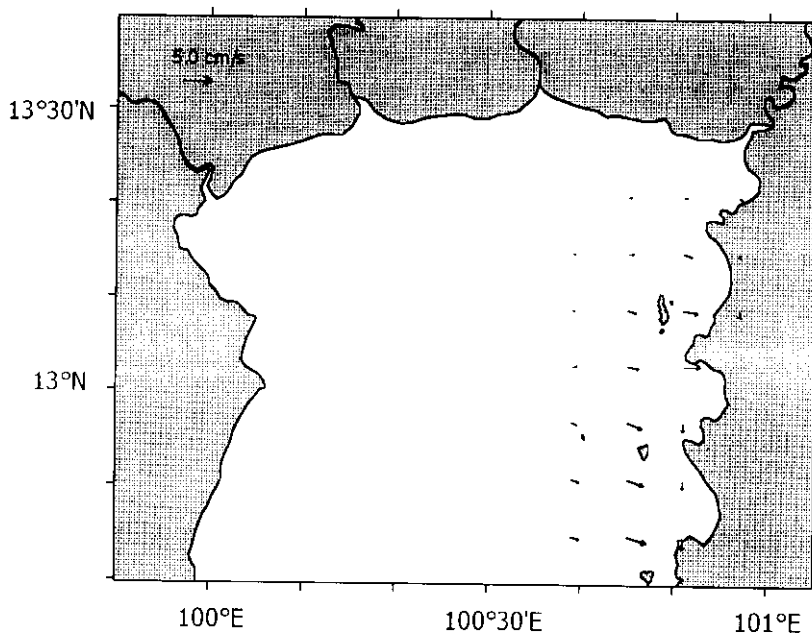
เวลา	ตำแหน่งจากการทดสอบภาคสนาม		ตำแหน่งจากการคำนวณโดยรวม		ตำแหน่งจากการคำนวณโดยไม่รวม Background current		ความเร็วลม (มุมจากทิศเหนือ)	
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ขนาด (เมตรวินาที)	ทิศทาง (องศา)
07:00 น.	13°29.02' N	100°61.84' E	13°29.00' N	100°37.00' E	13°29.00' N	100°37.00' E	3.5	190
10:00 น.	13°29.62' N	100°37.03' E	-	-	13°29.00' N	100°37.00' E	4.0	345
13:00 น.	13°30.95' N	100°36.86' E	-	-	13°30.00' N	100°37.00' E	4.0	355
16:00 น.	13°32.62' N	100°35.98' E	-	-	13°30.00' N	100°38.00' E	5.5	355



ภาพที่ 23 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อไม่รวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 3

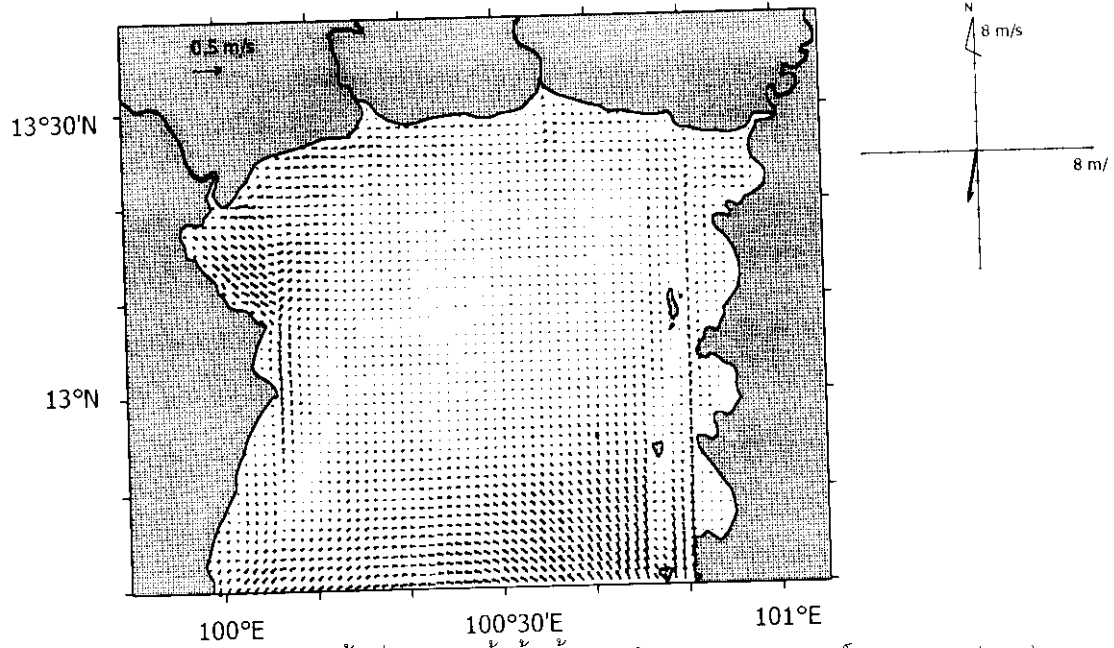
ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองในการทดสอบครั้งที่ 3

- Background current เดือนสิงหาคม

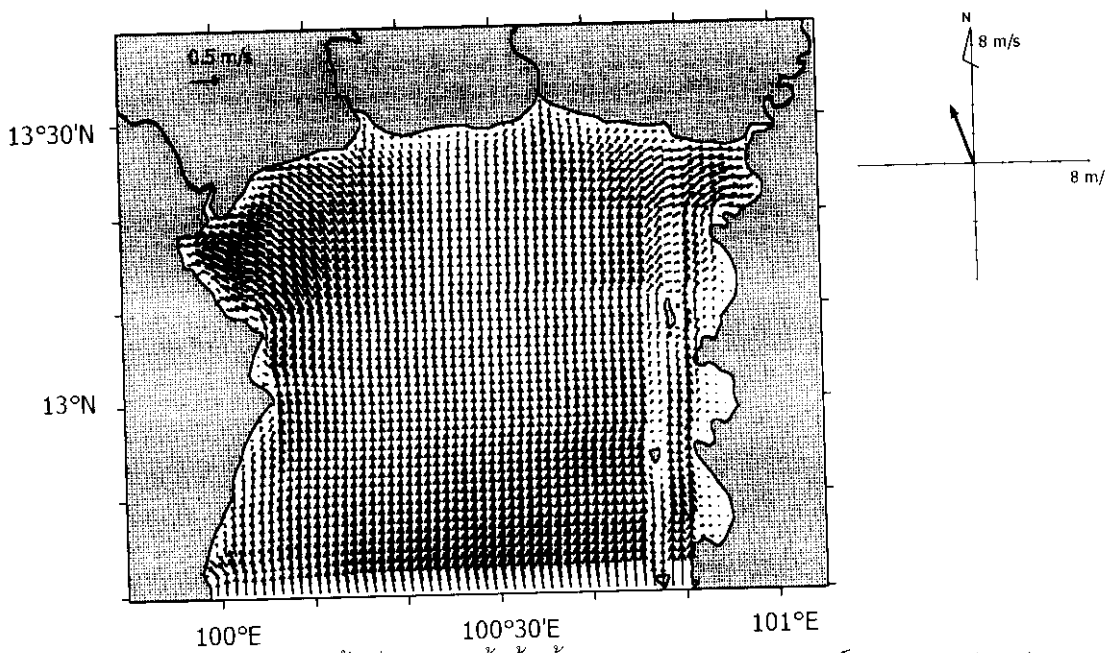


ภาพที่ 24 เวกเตอร์ Background current เดือนสิงหาคม

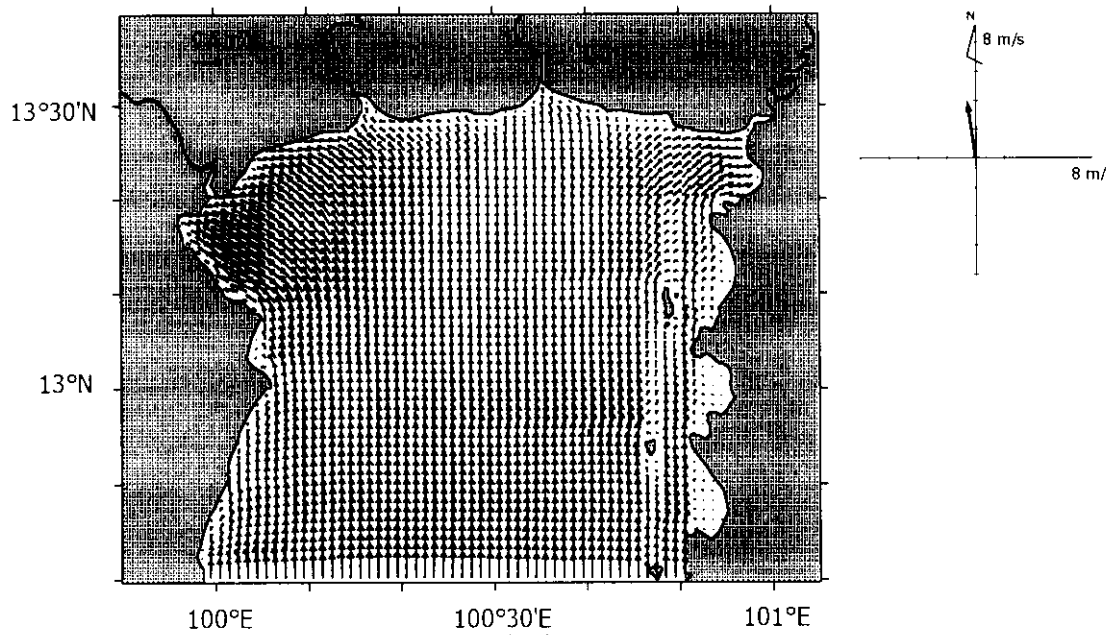
- กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง วันที่ 26 สิงหาคม 2543



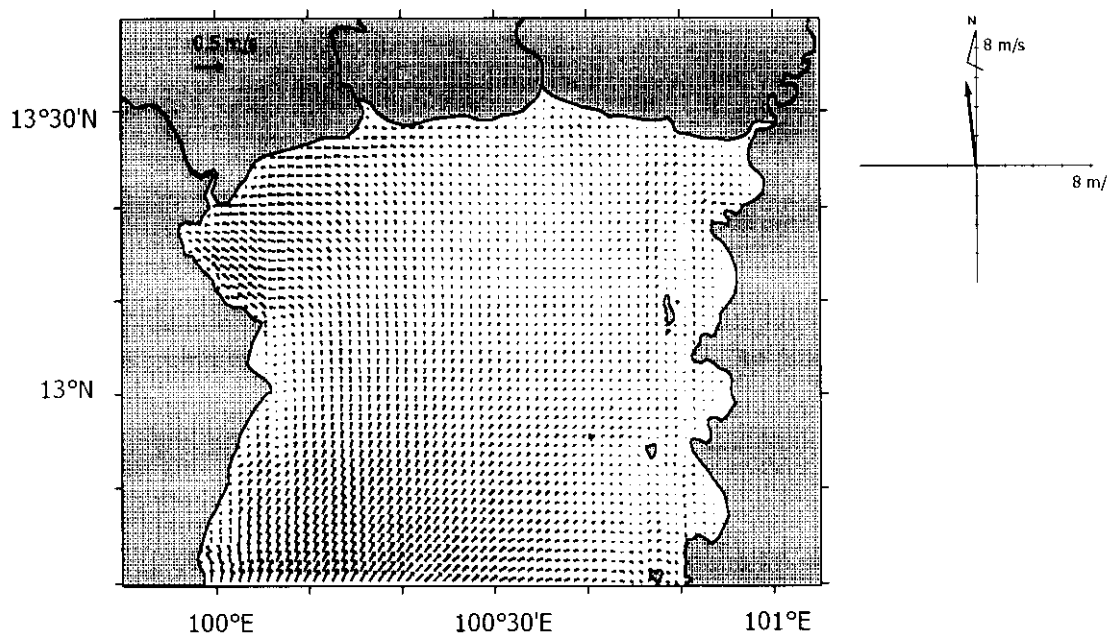
ภาพที่ 25 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ข้าม), และเวกเตอร์กระแสนม (ขวา)  
วันที่ 26 สิงหาคม 2543 เวลา 7:00 น.



ภาพที่ 26 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ข้าม), และเวกเตอร์กระแสนม (ขวา)  
วันที่ 26 สิงหาคม 2543 เวลา 10:00 น.



ภาพที่ 27 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสนลม (ขวา)  
วันที่ 26 สิงหาคม 2543 เวลา 13:00 น.



ภาพที่ 28 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสนลม (ขวา)  
วันที่ 26 สิงหาคม 2543 เวลา 16:00 น.

#### การทดสอบครั้งที่ 4

การทดสอบครั้งที่ 4 เกิดขึ้นเมื่อวันเสาร์ที่ 2 กันยายน 2543 ที่บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ผลการทดสอบได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณดังตารางที่ 5 และภาพที่ 29

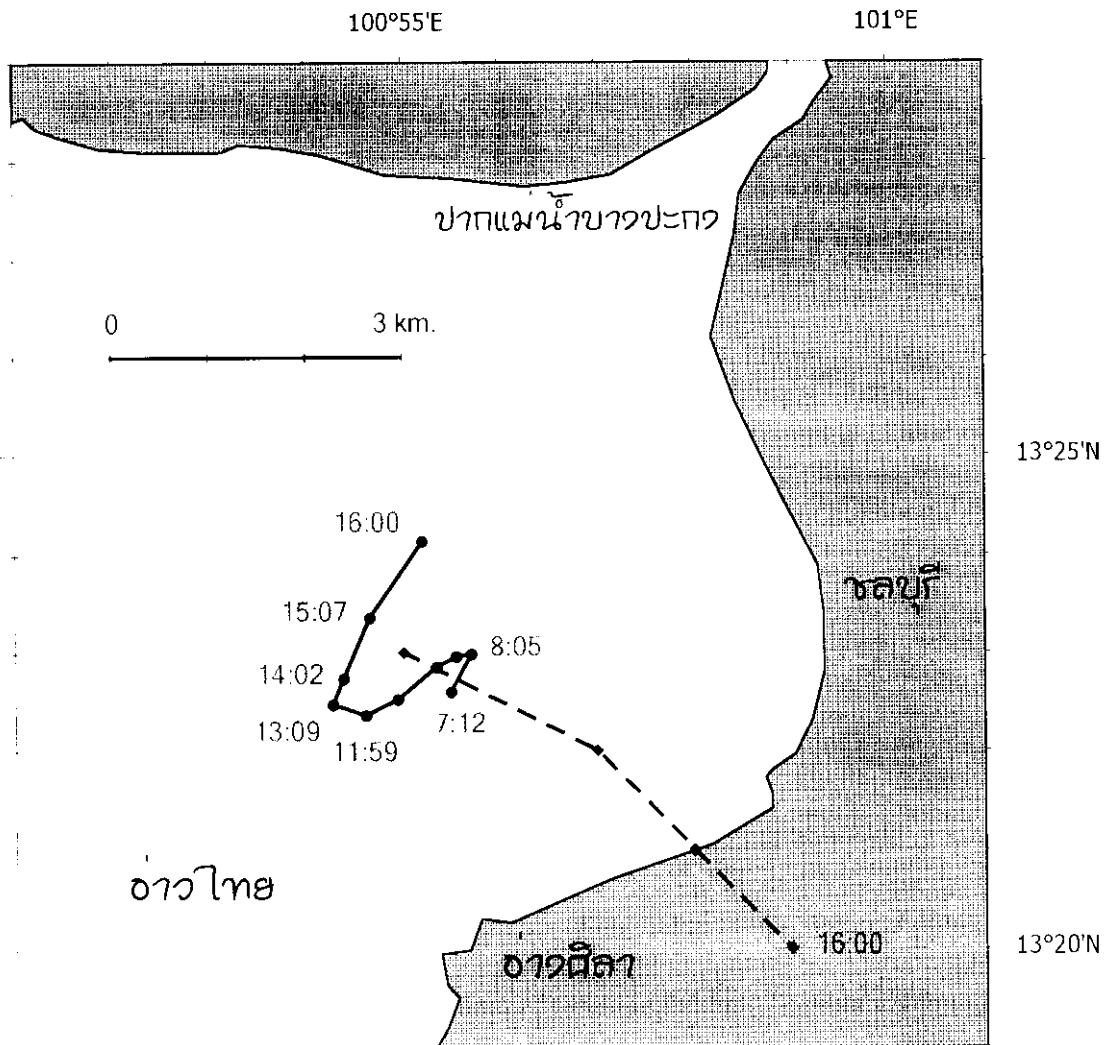
จากผลการทดสอบภาคสนาม พบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดสอบ ดริฟการ์ดมีการเคลื่อนที่ขึ้นไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ต่อมาเวลาประมาณ 8:00 น. ดริฟการ์ดได้เปลี่ยนการเคลื่อนที่ลงมาทางตะวันตกเฉียงใต้จนถึงเวลาประมาณ 12:00 น. หลังจากนั้น ดริฟการ์ดได้เคลื่อนที่ต่อไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ แล้วจึงเคลื่อนที่ต่อไปทางตะวันออกเฉียงเหนือในเวลาประมาณ 13:00 น. จนสิ้นสุดการทดสอบในเวลาประมาณ 16:00 น.

ในการคำนวณครั้งนี้ ผลการคำนวณโดยรวม Background current เช่นเดียวกับการคำนวณครั้งที่ 3 ผลการคำนวณแสดงว่าตำแหน่งที่ทำการทดสอบเป็นแผ่นดินจึงทำให้ไม่สามารถทำการคำนวณได้ ส่วนผลการคำนวณโดยไม่รวม Background current บ่งชี้ว่า ดริฟการ์ดมีการเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกเฉียงใต้ด้วยความเร็วสูง เคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดการคำนวณที่เวลาประมาณ 16:00 น. เมื่อนำผลจากการคำนวณมาซ้อนทับแผนที่ (Overlay) ปรากฏว่าตำแหน่งดริฟการ์ดที่เวลาประมาณ 16:00 น. ได้อยู่บนแผ่นดินแล้ว

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบภาคสนามกับผลการคำนวณโดยไม่รวม Background current จะสังเกตเห็นได้ว่า ผลจากการคำนวณโดยไม่รวม Background current ไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบภาคสนามเลย จากผลการทดสอบภาคสนามแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงอย่างชัดเจน แต่จากผลการคำนวณ ไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง การเคลื่อนที่ของดริฟการ์ดมีการเคลื่อนที่ที่เร็วมาก และยังมี การขึ้นฝั่งในช่วงเวลา 13:00 น. - 16:00 น.

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบภาคสนามครั้งที่ 4 เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากแบบจำลอง โดยรวมและไม่รวม Background current

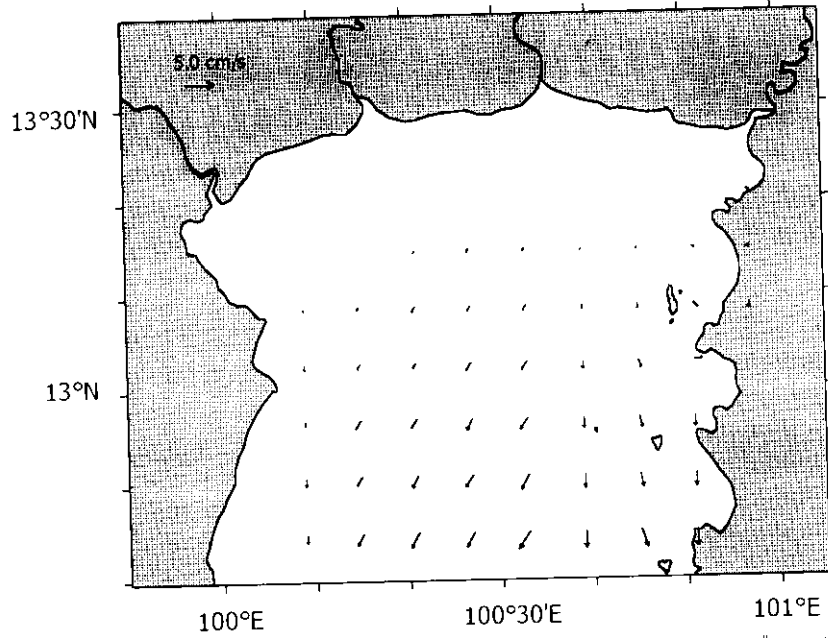
เวลา	ตำแหน่งจากการทดสอบภาคสนาม		ตำแหน่งจากการคำนวณโดย		ตำแหน่งจากการคำนวณโดยไม่		ความเร็วลม	
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ขนาด (เมตร/วินาที)	ทิศทาง (องศา)
07:00 น.	13°22.60' N	100°55.49' E	13°23.00' N	100°55.00' E	13°23.00' N	100°55.00' E	6.0	335
10:00 น.	13°22.85' N	100°55.34' E	-	-	13°22.00' N	100°57.00' E	9.0	10
13:00 น.	13°22.47' N	100°54.27' E	-	-	13°21.00' N	100°58.00' E	8.0	330
16:00 น.	13°24.13' N	100°55.20' E	-	-	13°20.00' N	100°59.00' E	10.5	310



ภาพที่ 29 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อไม่รวม Background current (เส้นประ) กับผลจากการทดสอบภาคสนาม (เส้นทึบ) ของการทดสอบครั้งที่ 4

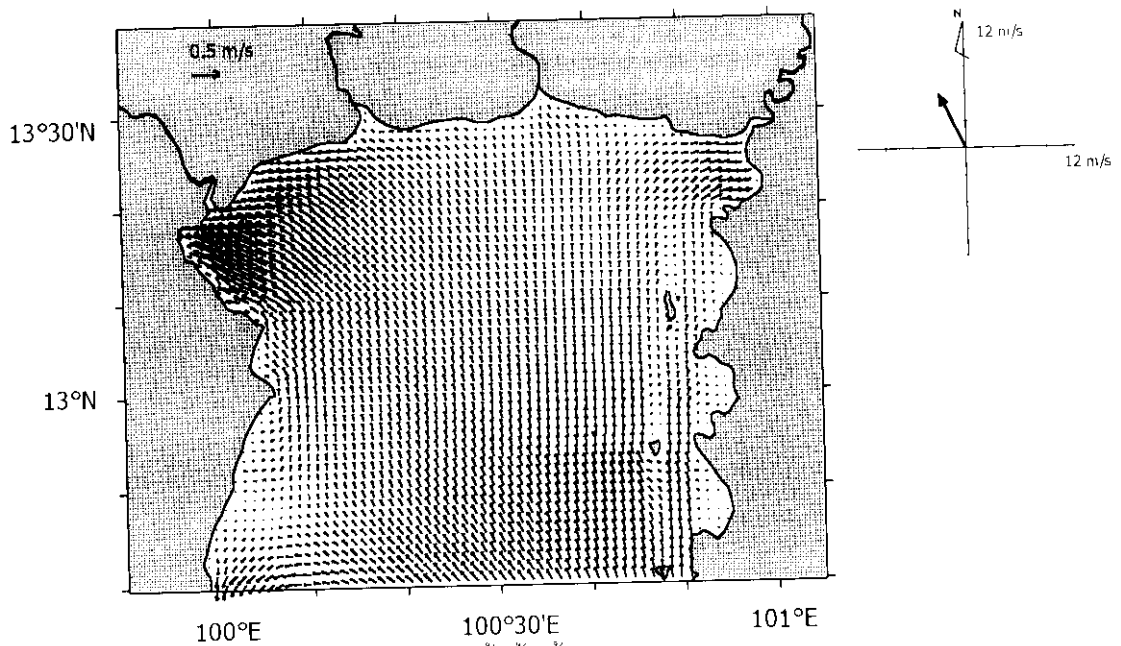
ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองในการทดสอบครั้งที่ 4

- Background current เดือนกันยายน



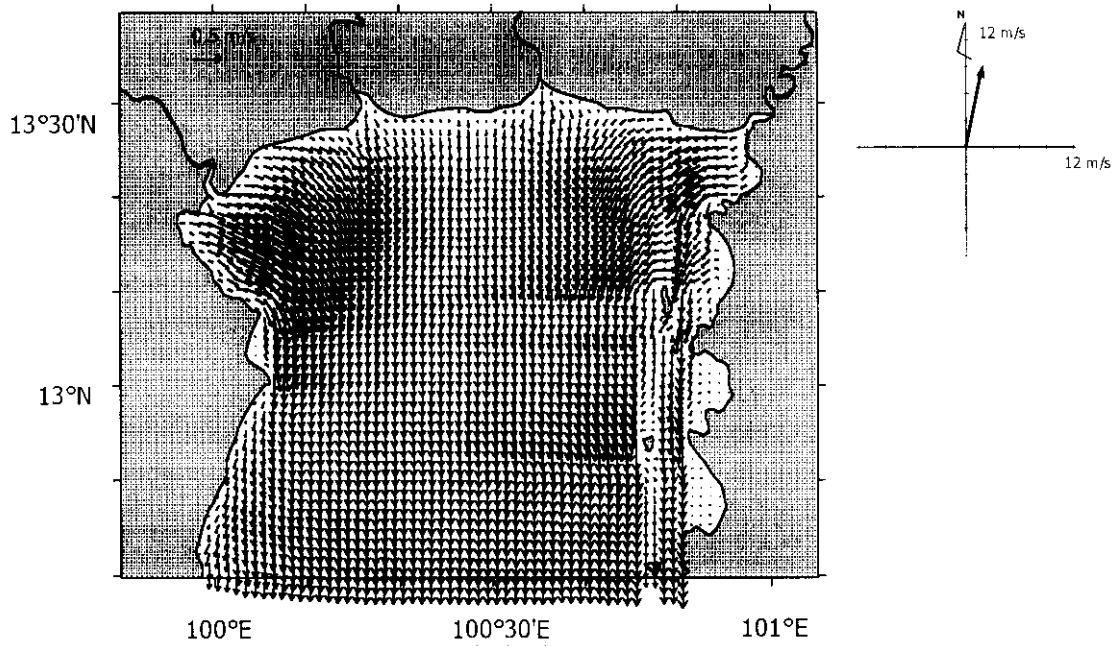
ภาพที่ 30 เวกเตอร์ Background current เดือนกันยายน

- กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง วันที่ 2 กันยายน 2543

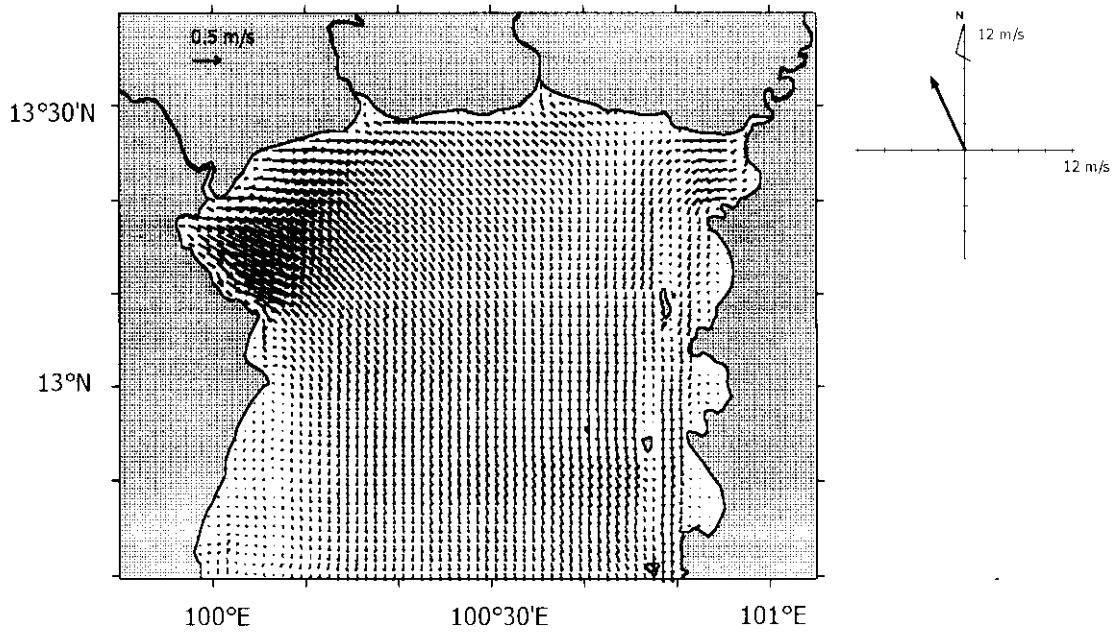


ภาพที่ 31 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย). และเวกเตอร์กระแสนลม (ขวา) วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 7:00 น.

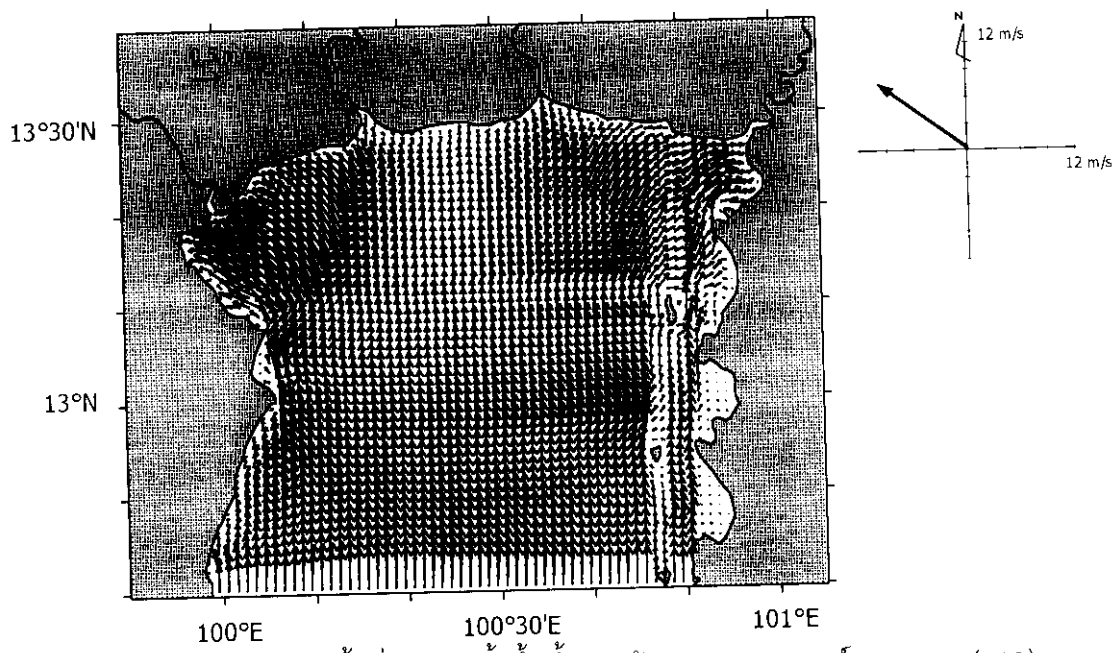




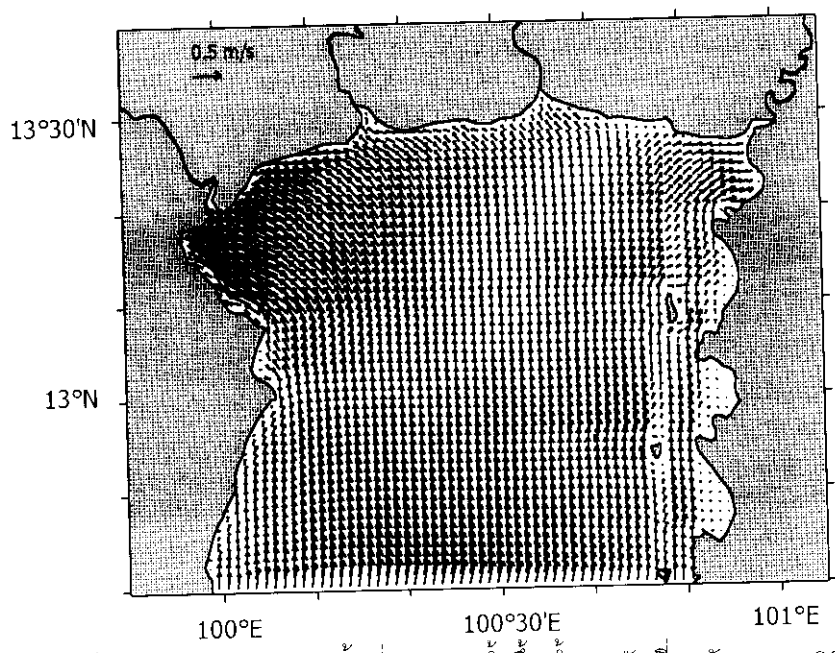
ภาพที่ 32 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 10:00 น.



ภาพที่ 33 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 13:00 น.



ภาพที่ 34 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (ซ้าย), และเวกเตอร์กระแสลม (ขวา)  
วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 16:00 น.



ภาพที่ 35 เวกเตอร์กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง วันที่ 2 กันยายน 2543 เวลา 19:00 น.

## บทที่ 4

### วิจารณ์และสรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันที่ผ่านมา จะเห็นได้ทั้งความแม่นยำและไม่แม่นยำในการคำนวณของแบบจำลอง ดังจะนำมาวิเคราะห์ได้ดังนี้

#### การทดสอบครั้งที่ 1

ผลการทดสอบครั้งที่ 1 บริเวณระหว่างเกาะสีชังกับอำเภอสรีราชา ทั้งที่รวมและไม่รวม Background current ดังภาพที่ 7 และ 8 ไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบภาคสนามเท่าใดนัก การเคลื่อนที่ของดริฟท์การ์ดในการทดสอบภาคสนามมีแนวโน้มเคลื่อนที่ตามอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ผลการคำนวณทั้งที่รวมและไม่รวม Background current การเคลื่อนที่ของดริฟท์การ์ดกลับเคลื่อนที่ไปทางขวาหรือตะวันออกเท่านั้น ไม่มีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง เหตุผลอาจจะเนื่องมาจาก ความเร็วกระแสน้ำที่เกิดจากลมมีขนาดมากกว่าความเร็วกระแสน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้การเคลื่อนที่ไม่เป็นไปตามอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลง

เมื่อสังเกตผลการคำนวณโดยไม่รวม Background current ดังภาพที่ 8 พบว่าผลที่ได้เกิดการเคลื่อนที่ไปได้ไกลกว่าผลการคำนวณที่รวม Background current (ภาพที่ 7) เนื่องจากบริเวณที่ทำการทดสอบเป็นบริเวณที่ใกล้ฝั่ง แบบจำลองจึงมีการปรับทิศทางของกระแสน้ำ Background current จากทิศเข้าหาฝั่ง ให้เป็นทิศทางที่ขนานกับฝั่ง ซึ่งกระแสน้ำที่ปรับทิศทางแล้วนั้น มีความแรงพอที่จะไปลดทอนความเร็วของกระแสน้ำสุทธิให้ลดลง แต่ไม่แรงพอที่จะทำให้ดริฟท์การ์ดเกิดการเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 1 กริด (Grid : ช่องการคำนวณ) ในแนวเหนือ-ใต้ และนี่ก็เป็นเหตุผลที่ทำให้ผลการคำนวณที่รวม Background current มีการเคลื่อนที่ช้าลงกว่าผลการคำนวณที่ไม่รวม Background current

## การทดสอบครั้งที่ 2

ผลการทดสอบครั้งที่ 2 บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน ทั้งที่รวมและไม่รวม Background current ให้ผลการคำนวณที่เหมือนกัน ดังภาพที่ 15 และ 16 แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของ Background current ไม่มีผลต่อผลการคำนวณในพื้นที่นี้ และจากผลการทดสอบทั้งในภาคสนาม และจากการคำนวณ สามารถสังเกตเห็นอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงได้ชัดเจน แต่พบว่ามี การเหลื่อมล้ำของช่วงเวลาการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของดริฟท์การ์ด เช่น ผลการทดสอบภาคสนามบอก ว่า ดริฟท์การ์ดมีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากทิศเหนือลงไปทางทิศใต้ที่เวลาประมาณ 9:00 น. แต่ผลจากการคำนวณกลับรายงานว่า ดริฟท์การ์ดมีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากทิศเหนือลงไปทางทิศใต้ที่เวลาประมาณ 12:00 น. เป็นต้น สาเหตุของความคลาดเคลื่อนนี้เนื่องมาจากการ เหลื่อมล้ำของข้อมูลกระแส น้ำขึ้นน้ำลงที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้า นอกจากนี้ผลการคำนวณยังให้ผล ทำนายว่าดริฟท์การ์ดมีการเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือเป็นระยะทางมากเกินไปจนเกินความเป็นจริง ซึ่งอาจเป็น เพราะข้อมูลนำเข้า (ลมและกระแส น้ำขึ้นน้ำลง) มีการเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยกันทั้งคู่ จึงอาจ ทำให้ระยะทางลัพท์มีค่ามากเกินไปจริง

## การทดสอบครั้งที่ 3 และ 4

ผลการทดสอบครั้งที่ 3 และ 4 บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และบริเวณปากแม่น้ำ- บางปะกง สามารถแสดงผลได้เฉพาะผลการคำนวณโดยไม่รวม Background current เท่านั้น ส่วนการคำนวณโดยรวม Background current ให้ผลการทำนายที่ผิดพลาด โดยแสดงผลว่าพื้นที่ ที่ทำการทดสอบเป็นแผ่นดิน และเนื่องจากแบบจำลองจะทำการอ้างอิงถึงบริเวณที่เป็นแผ่นดิน จากข้อมูล Background current ดังนั้น การทำงานผิดพลาดในครั้งนี้อาจมาจากการอ้างอิงบริเวณ แผ่นดินจากข้อมูล Background current ที่ผิดพลาด

ส่วนผลการคำนวณโดยไม่รวม Background current ในการทดสอบครั้งที่ 3 (ภาพที่ 23) มีความสอดคล้องกับผลการทดสอบภาคสนามในช่วงเวลา 7:00 น. – 13:00 น. หลังจากนั้นจนถึง เวลา 16:00 น. ผลการคำนวณกับผลการทดสอบภาคสนามกลับไม่สอดคล้องกัน และในการ ทดสอบครั้งที่ 4 ผลการคำนวณที่ได้กับผลการทดสอบภาคสนามไม่มีความสอดคล้องกันตลอด ระยะเวลาการทดสอบ (ภาพที่ 29) อีกทั้งผลการคำนวณที่ได้ยังแสดงการเคลื่อนที่ของดริฟท์การ์ดที่ เร็วมาก และเคลื่อนที่จนขึ้นแผ่นดินซึ่งเป็นไปไม่ได้ในความเป็นจริง สาเหตุของความผิดพลาดใน

การคำนวณทั้ง 2 ครั้งอาจเกี่ยวกับส่วนของารคำนวณทิศทางกระแสลม เพราะจากผลที่รายงานออกมา (ดังแสดงในภาคผนวก ก) พบว่า มีการรายงานทิศทางของข้อมูลลมที่ผิดพลาด โดยรายงานทิศทางลมที่ตรงข้ามกับความเป็นจริง ซึ่งสาเหตุของความผิดพลาดนี้ยังไม่ทราบสาเหตุที่มาที่แน่ชัด

จะสังเกตได้ว่า ในบริเวณที่ทำการทดสอบทั้ง 4 ครั้ง บริเวณที่ใกล้ฝั่ง เช่น บริเวณในการทดสอบครั้งที่ 1 (บริเวณระหว่างเกาะสี่ซั้งกับอำเภอศรีราชา), ครั้งที่ 3 (บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา), และครั้งที่ 4 (บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง) นั้น แบบจำลองให้ผลการคำนวณที่ไม่ถูกต้องกับความเป็นจริงเท่าใดนัก เพราะในบริเวณใกล้ฝั่งนั้น ค่ากระแสน้ำขึ้นน้ำลงไม่มีความแรงมากพอที่จะทำให้ดริฟท์เคลื่อนที่ไปตามอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงได้ จึงทำให้ดริฟท์มีการเคลื่อนที่ไปตามอิทธิพลของลมเป็นหลัก ซึ่งบางช่วงของการทดสอบครั้งที่ 3 และทุกช่วงของการทดสอบครั้งที่ 4 นั้น ค่ากระแสลมมีการคำนวณที่ผิดพลาด ทำให้ผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบภาคสนาม

การทดสอบครั้งที่ 2 ในบริเวณที่ใกล้ฝั่ง (ภาพที่ 15 และ 16) แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงที่มีความแรงพอที่จะทำให้ดริฟท์เคลื่อนที่ไปตามอิทธิพลของมันมากกว่าอิทธิพลที่มาจากกระแสลม ดังนั้น ยิ่งค่ากระแสน้ำขึ้นน้ำลงมีความถูกต้องมากเท่าใด การคำนวณการเคลื่อนที่ของดริฟท์ยิ่งมีความถูกต้องมากขึ้นเท่านั้น

การทดสอบในครั้งนี้ สามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. ค่าลม และค่ากระแสน้ำขึ้นน้ำลง มีบทบาทต่อการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมัน ในขณะที่ Background current แทบจะไม่มีบทบาทเลย
2. ข้อมูลแผ่นดินที่ทำการอ้างอิงจากข้อมูล Background current มีความสำคัญต่อการคำนวณในพื้นที่ใกล้ฝั่ง

นอกจากนี้ การทดสอบครั้งนี้ยังทำให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองทำนายการเคลื่อนตัวของน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนในอนาคตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังจะขอเสนอแนะได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ปรับปรุงการอ้างอิงถึงแผ่นดินจากข้อมูล Background current ให้มีความละเอียดมากกว่านี้ ซึ่งจะทำให้สามารถทำนายการเคลื่อนที่ของน้ำมันดิบในบริเวณใกล้ฝั่ง เช่น ในการทดสอบครั้งที่ 3, 4 ได้
2. ทำการปรับปรุงแบบจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำให้มีความถูกต้องมากขึ้น เพราะจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ผลการคำนวณจากแบบจำลองที่ได้นั้นจะมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับข้อมูลกระแสน้ำขึ้นน้ำลงว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใดด้วย
3. ทำการพัฒนาแบบจำลองทำนายกระแสลม เพื่อที่เวลาเกิดเหตุน้ำมันดิบรั่วไหลขึ้นมาจริง ๆ จะได้ไม่ต้องออกไปทำการวัดค่ากระแสลม ซึ่งอาจทำให้เสียเวลาในการดำเนินการกำจัดคราบน้ำมันดิบได้
4. เพิ่มคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น การระเหย การกระจายตัว เป็นต้น และเพิ่มกระแสน้ำท้องถิ่น (Local current) ลงไปในการคำนวณขอแบบจำลอง ซึ่งน่าจะทำให้ผลการคำนวณที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
5. จากการทดสอบครั้งที่ 3 และ 4 แบบจำลองทำการคำนวณโดยใช้ข้อมูลลมที่มีทิศทางตรงข้ามกับความเป็นจริง ซึ่งควรที่จะหาสาเหตุที่แน่นอน แก้ไข แล้วทำการรันแบบจำลองใหม่ ผลการคำนวณน่าจะมีความถูกต้องมากขึ้น

ข้อมูลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนนี้ หวังว่าจะเป็นส่วนที่จะช่วยตรวจสอบความผิดพลาดขอแบบจำลอง เพื่อพัฒนาให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต ซึ่งจะทำให้แผนการรับมือกับปัญหาน้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2543. *แผนปฏิบัติการฉุกเฉินสำหรับกรมควบคุมมลพิษ (PCD Oil Spill Emergency Plan)*. พิมพ์ครั้งที่ 1. โครงการพัฒนาและทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คาดการณ์แนวทางการเคลื่อนตัวของคราบน้ำมันในทะเล เล่มที่ คพ.02-037. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 85 หน้า.
- จัดการคุณภาพน้ำ, กอง. 2539. *แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำมันรั่วไหลลงแหล่งน้ำ*. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 89 หน้า.
- พรณี วิเทห์. 2543. *การศึกษาลักษณะการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองไฮโดรไดนามิก*. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)
- สุภัทท์ วงศ์วิเศษสมใจ และ มหรรณพ บรรพพงศ์. 2539. *แบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำมันในอ่าวไทย*. เอกสารรายงานผลการวิจัยโครงการ "Oceanographic Features of the East Asian Seas Region : Development of Oil Spill Trajectory Models". สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. 46 หน้า.
- อนุกุล บูรณประทีปรัตน์. 2542. *การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันที่รั่วไหลในอ่าวไทยตอนบน*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ หุ่นอดหนุนการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 40 หน้า.
- Buranapratheprat, A. 1997. *Hydrodynamic Model for Investigation of Oil Spill in the Gulf of Thailand*. Master's Thesis Chulalongkorn University.
- Ekman, V.W. 1905. On the Influence of the Earth's Rotation on Ocean-Currents. in *Arkiv for Matematik, Och Fysik*, Band 2, No.11.
- Garrison, T. 1993. *Oceanography : An Invitation to Marine Science*. Wadsworth, The United States of America.
- Gross, M.G. 1976. *Oceanography*. Charles E. Merrill Publishing, The United States of

America.

- Haug, O., Evensen, P., and Martinsen, E.A. 1989. Oil drift models for the South China Sea. *Technical Report No. 70*. Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo. 106 pp.
- Vongvisessomjai, S. 1996. *Advection Dispersion Analysis In The Upper Gulf of Thailand*. [Online]. Available: <http://hammerhead.nrct.go.th/TDBOC/seafront/seminar/ApplyBuoyData96/supat/supat.html>
- Vongvisessomjai, S., Arbhahirama, A., and Fuh, Y. 1978. A Mathematical Model Of Oil Spill Movement Upper Gulf Of Thailand. *Research Report No.73*. for National Environment Board Of Thailand. The Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Water Quality Bureau. 2000. *International Workshop on the Environmental Sensitivity Index (ESI) Mapping for Oil Spills ~ Experiences in Southeast Asian Seas ~*. 179 pp.
- Wijayaratna, T. 1997. *Oil Spill Trajectory Model For The Gulf Of Thailand*. Master's Thesis. The Asian Institute of Technology.



ภาคผนวก ก

ผลการคำนวณตำแหน่งของดริฟการ์ดโดยแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบ  
น้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนโดยรวม Background current

การทดสอบครั้งที่ 1 ณ บริเวณระหว่างเกาะสีชังและอำเภอสัตหีบ

1PRINT-OUT OF COMPUTED OIL DRIFT TRAJECTORY.

PARAMETERS.

LAT, LONG: LATITUDE AND LONGITUDE IN UNITS DEGREES AND MINUTES.

WIND: WIND DIRECTION AND SPEED IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(WIND DIRECTION IS THE DIRECTION FROM FROM WHICH THE WIND IS BLOWING).

CURR: DIRECTION AND SPEED OF COMBINED BACKGROUND- AND EKMAN CURRENT

IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(CURRENT DIRECTION IS THE DIRECTION IN WHICH THE CURRENT IS MOVING).

DATE	LAT	LONG	WIND	CURR
3 7 99 6	13.14	100.53	21/ 5	0/ .0
3 7 99 9	13.14	100.53	25/ 7	18/ .0
3 7 99 12	13.14	100.53	25/ 7	18/ .0
3 7 99 15	13.14	100.53	26/14	18/ .1
3 7 99 18	13.14	100.54	26/14	18/ .1
3 7 99 21	13.14	100.55	**/**	**/**

ผลการคำนวณตำแหน่งของดริฟท์การ์ดโดยแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบ  
น้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนโดยไม่รวม Background current

การทดสอบครั้งที่ 1 ณ บริเวณระหว่างเกาะสีชังและอำเภอสัตหีบ

1 PRINT-OUT OF COMPUTED OIL DRIFT TRAJECTORY.

PARAMETERS.

LAT, LONG: LATITUDE AND LONGITUDE IN UNITS DEGREES AND MINUTES.

WIND: WIND DIRECTION AND SPEED IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(WIND DIRECTION IS THE DIRECTION FROM FROM WHICH THE WIND IS BLOWING).

CURR: DIRECTION AND SPEED OF COMBINED BACKGROUND- AND EKMAN CURRENT  
IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(CURRENT DIRECTION IS THE DIRECTION IN WHICH THE CURRENT IS MOVING).

DATE	LAT	LONG	WIND	CURR
3 7 99 6	13.14	100.53	21/ 5	7/ .1
3 7 99 9	13.14	100.53	25/ 7	11/ .1
3 7 99 12	13.14	100.54	25/ 7	11/ .1
3 7 99 15	13.14	100.54	26/14	12/ .2
3 7 99 18	13.14	100.55	26/14	12/ .2
3 7 99 21	13.14	100.57	**/**	**/**

ผลการคำนวณตำแหน่งของดริฟท์การ์ดโดยแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบ  
น้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนโดยรวม Background current

การทดสอบครั้งที่ 2 ณ บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน

1 PRINT-OUT OF COMPUTED OIL DRIFT TRAJECTORY.

PARAMETERS.

LAT, LONG: LATITUDE AND LONGITUDE IN UNITS DEGREES AND MINUTES.

WIND: WIND DIRECTION AND SPEED IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(WIND DIRECTION IS THE DIRECTION FROM FROM WHICH THE WIND IS BLOWING).

CURR: DIRECTION AND SPEED OF COMBINED BACKGROUND AND EKMAN CURRENT  
IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(CURRENT DIRECTION IS THE DIRECTION IN WHICH THE CURRENT IS MOVING).

DATE	LAT	LONG	WIND	CURR
15 10 99 6	13.10	100.30	23/ 8	10/ .1
15 10 99 9	13.13	100.31	28/ 8	15/ .1
15 10 99 12	13.14	100.31	28/ 8	15/ .1
15 10 99 15	13.13	100.32	0/ 0	22/ .0
15 10 99 18	13.12	100.32	0/ 0	22/ .0
15 10 99 21	13.13	100.32	**/**	**/**

ผลการคำนวณตำแหน่งของดริฟท์การ์ดโดยแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบ  
น้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนโดยไม่รวม Background current

การทดสอบครั้งที่ 2 ณ บริเวณกลางอ่าวไทยตอนบน

1 PRINT-OUT OF COMPUTED OIL DRIFT TRAJECTORY.

PARAMETERS.

LAT, LONG: LATITUDE AND LONGITUDE IN UNITS DEGREES AND MINUTES.

WIND: WIND DIRECTION AND SPEED IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(WIND DIRECTION IS THE DIRECTION FROM FROM WHICH THE WIND IS BLOWING).

CURR: DIRECTION AND SPEED OF COMBINED BACKGROUND- AND EKMAN CURRENT

IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(CURRENT DIRECTION IS THE DIRECTION IN WHICH THE CURRENT IS MOVING).

DATE	LAT	LONG	WIND	CURR
15 10 99 6	13.10	100.30	23/ 8	8/ .1
15 10 99 9	13.13	100.31	28/ 8	13/ .1
15 10 99 12	13.14	100.31	28/ 8	13/ .1
15 10 99 15	13.13	100.32	0/ 0	0/ .0
15 10 99 18	13.12	100.32	0/ 0	0/ .0
15 10 99 21	13.13	100.32	**/**	**/**

ผลการคำนวณตำแหน่งของดริฟท์การ์ดโดยแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบ  
น้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนโดยรวม Background current

การทดสอบครั้งที่ 3 ณ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

1 PRINT-OUT OF COMPUTED OIL DRIFT TRAJECTORY.

PARAMETERS.

LAT, LONG: LATITUDE AND LONGITUDE IN UNITS DEGREES AND MINUTES.

WIND: WIND DIRECTION AND SPEED IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(WIND DIRECTION IS THE DIRECTION FROM WHICH THE WIND IS BLOWING).

CURR: DIRECTION AND SPEED OF COMBINED BACKGROUND- AND EKMAN CURRENT

IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(CURRENT DIRECTION IS THE DIRECTION IN WHICH THE CURRENT IS MOVING).

DATE	LAT	LONG	WIND	CURR
26 8 0 7	13.29	100.37	0/0	0/.0

ENTER COAST

ผลการคำนวณตำแหน่งของดริฟท์การ์ดโดยแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบ  
น้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนโดยไม่รวม Background current

การทดสอบครั้งที่ 3 ณ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

1PRINT-OUT OF COMPUTED OIL DRIFT TRAJECTORY.

PARAMETERS.

LAT, LONG: LATITUDE AND LONGITUDE IN UNITS DEGREES AND MINUTES.

WIND: WIND DIRECTION AND SPEED IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(WIND DIRECTION IS THE DIRECTION FROM WHICH THE WIND IS BLOWING).

CURR: DIRECTION AND SPEED OF COMBINED BACKGROUND AND EKMAN CURRENT

IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(CURRENT DIRECTION IS THE DIRECTION IN WHICH THE CURRENT IS MOVING).

DATE	LAT	LONG	WIND	CURR
26 8 0 7	13.29	100.37	8/ 7	29/ .1
26 8 0 10	13.29	100.37	28/ 8	13/ .1
26 8 0 13	13.30	100.37	28/ 8	13/ .1
26 8 0 16	13.30	100.38	**/**	**/**

ผลการคำนวณตำแหน่งของดริฟท์การ์ดโดยแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบ  
น้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนโดยรวม Background current

การทดสอบครั้งที่ 4 ณ บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

1PRINT-OUT OF COMPUTED OIL DRIFT TRAJECTORY

PARAMETERS.

LAT, LONG: LATITUDE AND LONGITUDE IN UNITS DEGREES AND MINUTES.

WIND: WIND DIRECTION AND SPEED IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(WIND DIRECTION IS THE DIRECTION FROM FROM WHICH THE WIND IS BLOWING).

CURR: DIRECTION AND SPEED OF COMBINED BACKGROUND- AND EKMAN CURRENT

IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(CURRENT DIRECTION IS THE DIRECTION IN WHICH THE CURRENT IS MOVING).

DATE	LAT	LONG	WIND	CURR
2 9 0 7	13.23	100.55	0/0	0/.0

ENTER COAST



ผลการคำนวณตำแหน่งของดริฟท์การ์ดโดยแบบจำลองทำนายการเคลื่อนที่ของคราบ  
น้ำมันดิบที่รั่วไหลในทะเลอ่าวไทยตอนบนโดยไม่รวม Background current

การทดสอบครั้งที่ 4 ณ บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง

1PRINT-OUT OF COMPUTED OIL DRIFT TRAJECTORY.

PARAMETERS.

LAT, LONG: LATITUDE AND LONGITUDE IN UNITS DEGREES AND MINUTES.

WIND: WIND DIRECTION AND SPEED IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(WIND DIRECTION IS THE DIRECTION FROM FROM WHICH THE WIND IS BLOWING).

CURR: DIRECTION AND SPEED OF COMBINED BACKGROUND- AND EKMAN CURRENT

IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS.

(CURRENT DIRECTION IS THE DIRECTION IN WHICH THE CURRENT IS MOVING).

DATE	LAT	LONG	WIND	CURR
2 9 0 7	13.23	100.55	29/12	15/ .2
2 9 0 10	13.22	100.57	30/16	15/ .2
2 9 0 13	13.21	100.58	30/16	15/ .2
2 9 0 16	13.20	100.59	**/**	**/**

ภาคผนวก ข

## PROGRAM TRAJECTORY

```

C.....
C.. OPERATIONAL PROGRAM FOR COMPUTATION OF A SINGLE OIL
C.. DRIFT TRAJECTORY
C.. INPUT DATA INCLUDING START POSITION, DRIFT-FACTOR,
C.. DATE OF START AND A SERIES OF WIND DATA (U AND V
C.. COMPONENTS) FOR EVERY 6 HRS TIMESTEPS AHEAD, ARE
C.. STORED ON FILE WINPUT.CHA
C.. BEFORE PROGRAM START, THE INPUT DATA MUST BE PUNCHED AND
C.. STORED ON FILE WINPUT.CHA WITH THE PROGRAM WINDIN
C.. DETAILED DESCRIPTIONS OF THE COMPUTATION PROCEDURE ARE
C.. GIVEN IN THE DIFFERENT SUBROUTINES.
C.....
COMMON:BL1 MAT(2,101,101),CU(63,53),CV(63,53)
COMMON:BL2 IDT(7),TRACK(7,162)
COMMON:BL3 NDT(4),NUV(2,29,35)
OPEN:40,FILE 'D OIL SPILL MODEL INPUT WINPUT3.CHA' MODE 'READ'
C OPEN:70,FILE 'OPTRACK.DAT',ACCESS 'DIRECT' RECL 4550
DO 1 J = 1,162
DO 1 I = 1,7
1 TRACK(I,J) = 999
IDT(5) = 0
IDT(6) = 0
IDT(7) = 0
READ(40,2) FI0,PSI0,DR
FI0 = 10.*FI0
PSI0 = 10.*PSI0
2 FORMAT(2F8.2,F8.3)
READ(40,20)(IDT(I),I=1,4),DIR,SPD
20 FORMAT(4I3,3X,2F5.1)
C CALL CURROPI(IDT(2))
TRACK(1,1) = FI0
TRACK(2,1) = PSI0
TRACK(3,1) = 0
TRACK(4,1) = 0
TRACK(5,1) = 0
TRACK(6,1) = 0
TRACK(7,1) = 0
CALL READMAT(FI0,PSI0)
NR = 1
ISTOP = 0
C---- NUB MENTIONS TO RECORD READ FOR COMPUTED CURRENT
NUB = 12
GOTO 4
3 READ(40,20)(NDT(I),I=1,4),DIR,SPD
IF(DIR) 8,4,4

```

```

C .....
C Wind Direction in deka degrees
C 4 ARG=0.174533*NDD
C      NU=NINT(10*SIN(ARG)*NFF)
C      NV=NINT(10*COS(ARG)*NFF)
C .....
C Wind Direction in Degrees
C Wind speed in knots
C 4 ARG=0.0174533*DP
C From m/s to knot
C SPD=SPD*1.9455252
C      NU=NINT(10*SIN(ARG)*SPD)
C      NV=NINT(10*COS(ARG)*SPD)
C DO 5 J=1,35
C DO 5 I=1,29
C      NUV(1,I,J)=NU
C 5 NUV(2,I,J)=NV
C CALL DRIFT(FI0,PSI0,DR,NR,ISTOP)
C CALL DRIFT(DR,NR,ISTOP)
C IF(ISTOP) 3,3,8
C WRITE(70,REC=1) IDT,TRACK
C 8 CONTINUE
C CALL TRACKOUT(DR)
C END
C.....
SUBROUTINE READMAT(FI0,PSI0)
COMMON/BL1/ MAT(2,101,101),CU(63,53),CV(63,53)
DIMENSION MATR(2,281)
OPEN(50,FILE='D:\OIL SPILL\MODEL\INPUT\BGINPUT\CURR8.DAT',
&ACCESS='DIRECT',MODE='READ',RECL=1124)
C.....E IS C:\THESIS\OILSPILL\CURR
C.....
C.....READS FROM DISC TO ARRAY MAT PART OF LAND/SEA CURRENT
C.....MATRIX (101X101 GRIDPOINTS) CENTERED AROUND TRACK START
C.....POSITION (FI0,PSI0).
C.....PARAMETER NDSI IS THE UNIT NUMBER GIVEN IN OPEN-STATEMENT
C.....OF LAND SEA CURRENT FILE FOR THE RELEVANT MONTH
C.....
C.....
      NBL=FI0-42.5
      DO 11 J=1,131
      IF(NBL-1) 1,1,2
1 READ(50,REC=2) MATR
      GOTO 5
2 IF(NBL-342) 4,4,3
3 READ(50,REC=342) MATR
      GOTO 5
4 READ(50,REC=NBL) MATR

```

```

5 NBL = NBL + 1
   IX = PSI0-1039
   DO 11 I = 1, 101
     :FIX( 6 6, )
!           --- normal condition - remove ! & comment c --
c           --- no background condition - remove c & comment - ---
c     ---- Background = 0 ----
6 MAT(1,I,J) = 0
   MAT(2,I,J)=0.
!     ---- Normal Background ( ne. 0) ----
! 6 MAT(1,I,J) = MATR(1,I)
!   MAT(2,I,J)=MATR(2,I)
   GOTO 10
7 IF(IX-281) 9,9,8
8 MAT(1,I,J) = 0.
   MAT(2,I,J)=0.
! 8 MAT(1,I,J) = MATR(1,281)
!   MAT(2,I,J) = MATR(2,281)
   GOTO 10
9 MAT(1,I,J) = 0.
   MAT(2,I,J) = 0.
! 9 MAT(1,I,J)=MATR(1,IX)
!   MAT(2,I,J)= MATR(2,IX)
10 IX = IX + 1
11 CONTINUE
C   DO 44 J = 1,79
C   READ(55,66)(U1(1,I,J),I = 1,37)
C 44 CONTINUE
C   DO 33 J = 1,79
C   READ(55,66)(U1(2,I,J),I = 1,37)
C 33 CONTINUE
C 66 FORMAT('0F8.4)
   RETURN
   END
C.....
C   SUBROUTINE DRIFT(FI0,PSI0,DR,NR,ISTOP)
   SUBROUTINE DRIFT(DR,NR,ISTOP)
C.....
C...
C... COMPUTES THE POSITIONS OF TRAJECTORY 3-HRS TIMESTEPS
C... TWO TIMESTEPS SENTRED AROUND EVERY 6-HRS TIME-STEP
C... FOR THE INPUT WIND DATA.
C... EXEPTION THE FIRST 3-HRS TIMESTEP IS NONCENTRED WITH
C... THE INITIAL WIND DATA.
C...
COMMON BL1 MAT(2 *101,101) CU(63,53) CV(63,53)
COMMON BL2 IDT(7) TRACK(7,162)

```

```

COMMON/BL3, NDT(4), NUV(2,29,35)
DIMENSION COSFI(35), FACT(2,35)
DATA COSFI/0.9877,0.9903,0.9925,0.9945,0.9962,0.9976
*0.9986,0.9994,0.9998,1.,0.9998,0.9994,
*0.9986,0.9976,0.9962,0.9945,0.9925,0.9903,0.9877,0.9848
*0.9816,0.9781,0.9744,0.9703,0.9659,0.9610,0.9565,0.9511
*0.9455,0.9397,0.9336,0.9272,0.9205,0.9135,0.9063
DATA FACT/0.4055,-0.2313,0.4115,-0.2043,0.4167,-0.1777
*0.4211,-0.1516,0.4247,-0.1258,0.4276,-0.1003
*0.4298,-0.0750,0.4314,-0.0499,0.4323,-0.0249,
*0.4328,0.0000,0.4323,0.0249,0.4314,0.0499,0.4298,0.0750,
*0.4276,0.1003,0.4247,0.1258,0.4211,0.1516,0.4167,0.1777
*0.4115,0.2043,0.4055,0.2313
*0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,
*0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,
*0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,
*0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,0.3985,0.2588,0.3985,0.2588
C.....
C.. PARAMETERS
C... F(0,PSI0) : STARTPOS.(LAT, LONG) IN UNIT 1/10 DEGREE
C.. DR : DRIFT-FACTOR (FRACTION OF WIND SPEED) : 0.03
C.. NR : SEQUENCE NUMBER OF THE TIME-STEPS OF THE TRAJECTOR,
C... UPDATED BY THE SUBROUTINE.
C.. ISTOP : VALUE 1 IF END OF TRAJECTORY ELSE VALUE 0
C... UPDATED BY THE SUBROUTINE
C..
C.. COMMON ARRAYS.
C.. MAT : SUBSET OF DATA FIELD CONTAINING BACKGROUND CURRENT
C... IN UNIT 1/100 KNOTS AND DISTRIBUTION OF LAND/SEA
C... POINTS, CENTERED AROUND START POSITISON.
C... TRACK : RESULTING DRIFT-TRACK POSITIONS EVERY 3 HOURS.
C... LAT, LONG :N UNIT 1/10 DEGREE
C... NUV : WIND FIELD :U, V FOR EVERY DEGREE LAT, LONG IN UNIT
C... 1/10 KNOTS
C...
C.. DIMENSION ARRAYS.
C.. COSFI : COSINE TO LATITUDE
C.. FACT : FUNCTIONS OF DEVIATION ANGLE BETWEEN DRIFT
C... DIRECTION AND WIND DIRECTION FOR USE TO COMPUTE
C... U- AND V-COMPONENTS OF EKMAN CURRENT, ASSUMING
C... THAT THE DEVIATION ANGLE IS 33 DEGR. NORTH OF
C... AND INCLUDING 10 DEGR. NORTH, AND VARIES LINEARLY
C... TO ZERO AT EQUATOR.
C.....
C.....
OPEN(55,FILE='D:\OIL SPILL\MODEL\INPUT\NCUR8.DAT')
c      open(990, file='d:\tide.dat')
DY=0.5

```

```

NX=2
IF(NR-1) 2,2,3
2 NX=1
3 DO 6 NN=1,NX
  I2=NINT(TRACK(2, NR))
  I3=NINT(TRACK(2, 1))
  II=I2-I3
  J2=NINT(TRACK(1, NR))
  J3=NINT(TRACK(1, 1))
  JJ=J2-J3
  I=II+51
  J=JJ+51
      IF(MAT(1, J)-999) 4,7,7
4 M=TRACK(2, NR)*0.1-97.5
  N=TRACK(1, NR)*0.1-10.5
  DX=0.5*COSFI(N)
  NR=NR+1
  USTOK=0.05674*DR*NUV(1, M, N)
  VSTOK=0.05674*DR*NUV(2, M, N)
  UEKMA=0.1*(FACT(1, N)*NUV(1, M, N)-FACT(2, N)*NUV(2, M, N))*DR
  VEKMA=0.1*(FACT(1, N)*NUV(2, M, N)-FACT(2, N)*NUV(1, M, N))*DR
      CALL ADJEKMA(UEKMA, VEKMA, I, J)
C---- READ COMPUTATIONAL CURRENT -----
C   START AT REC 1 FOR 0:00 AM ON 30 MARCH 1995
C   REC 13 FOR 6:00 IN THE MORNING
5 NUB=NUB+1
c   --- this line skip the 5th tidal (18:00) ---
c   IF(NUB.EQ.5) GOTO 11
c   .....
DO IY=53.1,-1
  READ(55,*) (CU(IX,IY), IX=1,63)
  END DO
DO IY=53.1,-1
  READ(55,*) (CV(IX,IY), IX=1,63)
  END DO
      do iy=53.1,-1
        do ix=1,63
          if (cu(ix,iy).eq.9999) then
            cu(ix,iy)=0.
          end if
        end do
      end do
do iy=53.1,-1
  do ix=1,63
    if (cv(ix,iy).eq.9999) then
      cv(ix,iy)=0.
    end if
  end do

```

```

        end do
    end do
c      do iy = 53, 1, -1
c      write (990, *) (CV(IY, IX), IX = 1, 63)
c      end do
c      do iy = 53, 1, -1
c      write (990, *) (CV(IY, IX), IX = 1, 63)
c      end do
c      --- this line skip first tidal ---
c      --- & use next tidal in ---
c --- present time ---
c IF(NUB.EQ.1) GOTO 5
c .....
REFLAT=12.67
REFLON =99.93
KX = ((I2-REFLON*10) / 0.1666) - 1
KY = ((J2-REFLAT*10) / 0.1666) - 1
C WR 1E(11,NR) (I2,KX,KY)
c WRITE(*,*)KX,KY
AU=CV(KX,KY) / 0.514*100.
AV = CV(KX,KY) / 0.514*100.
C WRITE(*,*)AU,AV,MAT(1,I,J),MAT(2,I,J)
UBACK=-0.01*MAT(1,I,J)
VBACK = 0.01*MAT(2,I,J)
IF(DR) 10,11,11
10 UBACK =-UBACK
VBACK =-VBACK
11 CONTINUE
CALL COMBCURR:UERMA,VEKMA,UBACK,VBACK,UCURR,VCURR.
TRACK(2,NR) = TRACK(2,NR-1) + DX*(USTOK + UCURR + AU)
TRACK(1,NR) = TRACK(1,NR-1) + DY*(VSTOK + VCURR + AV)
U = NUV(1,M,N)
V = NUV(2,M,N)
CALL WDDFF(U, TRACK(3,NR-1), TRACK(4,NR-1))
IF(DR) 20,21,21
20 UCURR=-UCURR
VCURR =-VCURR
21 CONTINUE
CALL CDDFF(UCURR,VCURR,TRACK(5,NR-1),TRACK(6,NR-1))
TRACK(7,NR-1) = 0
6 CONTINUE
RETURN
7 NR = NR - 1
TRACK(1,NR) = 999.
TRACK(2,NR) = 0.
TRACK(3,NR) = 0
TRACK(4,NR) = 0

```



```

TRACK(5,NR) 0.
TRACK(6,NR) 0
TRACK(7,NR) 0
ISTOP 1
RETURN
END

```

```

C.....
SUBROUTINE TRACKOUT(DR)
C.....
C... OUTPUT OF RESULTS ON DISPLAY AND PRINTER
C.....
COMMON/BL2 IDT(7),TRACK(7,162)
DIMENSION NTR(3)
C OPEN(10,FILE 'LPT1',MODE 'WRITE')
OPEN(10,FILE 'D:\OIL_SPILL MODEL OUTPUT C-TRAJECT DAT',
ISTEP 3
IF(DR) 50,51,51
50 ISTEP =-3
51 CONTINUE
NR=1
WRITE(*,1)
WRITE(10,1)
1 FORMAT(1H1,'PRINT-OUT OF COMPUTED OIL DRIFT TRAJECTORY ',
IF(DR) 20,22,22
20 WRITE(10,21)
WRITE(*,21)
21 FORMAT(1X,'TRACKING ORIGIN OF OIL SPILL...')
22 CONTINUE
WRITE(10,10)
WRITE(* 10)
10 FORMAT(1X,'PARAMETERS:')
WRITE(10 11)
WRITE(* 11)
11 FORMAT(1X,'LAT, LONG: LATITUDE AND LONGITUDE IN UNITS DEGREES'
** AND MINUTES.')
WRITE(10,12)
WRITE(*,12)
12 FORMAT(1X,'WIND: WIND DIRECTION AND SPEED IN UNITS DEKA-',
**DEGREES AND KNOTS. ')
WRITE(10,13)
WRITE(*,13)
13 FORMAT(1X,' (WIND DIRECTION IS THE DIRECTION FROM',
** WHICH THE WIND IS BLOWING) ')
WRITE(10,14)
WRITE(* 14)
14 FORMAT(1X,'CURR: DIRECTION AND SPEED OF COMBINED BACKGROUND',
** AND EKMAN CURRENT')

```

```

WRITE(10,15)
WRITE(*,15)
15 FORMAT(1X,'    IN UNITS DEKA-DEGREES AND KNOTS ')
WRITE(10,16)
WRITE(*,16)
16 FORMAT(1X,'    (CURRENT DIRECTION IS THE DIRECTION IN WHICH
" THE CURRENT IS MOVING). ')
WRITE(10,17)
WRITE(*,17)
17 FORMAT(1X,8X,'DATE',10X,'LAT',4X,'LONG',7X,'WIND',8X,'CURR' )
2 FI=TRACK(1,NR)*0.1
PSI=TRACK(2,NR)*0.1
CALL DTOM(FI)
CALL DTOM(PSI)
NTR(1)=TRACK(3,NR)*0.5
NTR(2)=TRACK(4,NR)*0.1*0.5
NTR(3)=TRACK(5,NR)*0.5
WRITE(*,3)(IDT(I),I=1,4),FI,PSI,(NTR(I),I=1,3),TRACK(6,NR)
WRITE(10,3)(IDT(I),I=1,4),FI,PSI,(NTR(I),I=1,3),TRACK(6,NR)
3 FORMAT(1X,4I3,5X,2F8,2,6X,I2,1,1,2,6X,I2,1,1,F3,1)
CALL DATE=IDT(1),IDT(2),IDT(3),IDT(4),ISTEP)
NR=NR+1
IF(TRACK(1,NR)-999.) 2,4,4
4 IF(NR-162) 5,32,32
5 IF(TRACK(2,NR)) 30,30,32
30 WRITE(*,31)
WRITE(10,31)
31 FORMAT(1X,21X,'ENTER COAST')
32 CONTINUE
RETURN
END
C.....
SUBROUTINE DATE(ID,IM,IY,IH,ISTEP)
C.....
C... INPUT PARAMETERS: DAY, MONTH, YEAR, HOUR, TIMESTEP
C... OUTPUT PARAMETERS: NEW DAY, MONTH, YEAR, HOUR AFTER ONE TIMESTEP
C.....
DIMENSION MO(12)
DATA MO:/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
IF(ISTEP) 60,50,50
50 IMO=MO(IM)
IF(IM-2) 3,1,3
1 IF((IY-4)*4-IY) 3,2,3
2 IMO=-29
3 IH=IH+ISTEP
IF(IH-24) 7,4,4
4 IH=IH-24

```

```

ID=ID-1
IF(ID=0) 7,7,5
5 ID=1
IM=IM-1
IF(IM=0) 7,7,5
6 IM=1
IY=IY+1
7 CONTINUE
RETURN
60 IH=IH+1STEP
IF(IH=11,18,18)
11 IH=IH+24
ID=ID-1
IF(ID=0) 12,12,18
12 IM=IM-1
IF(IM=0) 13,13,14
13 IY=IY-1
IM=IM-1
ID=ID-1
GOTO 18
14 IF(IM=0) 15,15,16
15 IF(IY=4*4-IY) 15,17,16
16 ID=ID-1
GOTO 18
17 ID=ID-29
18 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C-----
SUBROUTINE WDDFF(U,V,DD,FF)
C.....
C... COMPUTES WIND DIRECTION AND SPEED FROM U- AND V-COMPONENTS.
C.....
IF(U) 10,20,10
20 IF(V) 10,21,10
21 DD=0.
FF=0.
GOTO 30
10 DD=5.7296*ATAN2(V,U)
IF(DD) 1,2,2
1 DD=DD+18
2 IF(U) 4,5,3
5 IF(V) 6,4,3
3 DD=DD+18
GOTO 4
6 DD=0.
4 FF=SQRT(U**2+V**2)

```

```
30 CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
C.....
```

```
SUBROUTINE CDDFF(U,V,DD,FF)
```

```
C.....
```

```
C... COMPUTES CURRENT DIRECTION AND SPEED FROM U- AND V-COMPONENTS.
```

```
C.....
```

```
IF(U) 10,20,10
```

```
20 IF(V) 10,21,10
```

```
21 DD = 0
```

```
FF = 0
```

```
GOTO 30
```

```
10 DD = 5.7296*ATAN2(U,V)
```

```
IF(DD) 1,2,2
```

```
1 DD=DD+18.
```

```
2 IF(U) 3,4,4
```

```
3 DD = DD-18.
```

```
4 FF = SQRT(U**2+V**2)
```

```
30 CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
C.....
```

```
SUBROUTINE DTOM(A)
```

```
C.....
```

```
C... CONVERTS ONE GEOGRAPHICAL COORDINATE FROM DEGREES-N-DECIMAL
```

```
C... FORM TO DEGREES-MINUTES (EXAMPLE, 10.75 DEGREES CONVERTS TO
```

```
C... 10.45 DEGREES-MINUTES)
```

```
C.....
```

```
N = 1
```

```
IF(A) 1,2,2
```

```
1 N = -1
```

```
A = -A
```

```
2 NA = A
```

```
DA = 0.6*(A-NA)
```

```
IF(DA-0.595) 4,3,3
```

```
3 NA = NA-1
```

```
DA = 0.
```

```
4 A = N*(NA-DA)
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
C.....
```

```
SUBROUTINE ADJEKMA(UEKMA,VEKMA,I,J)
```

```
C.....
```

```
C... ADJUSTS THE EKMAN CURRENT IN GRID-POINTS NEXT TO SHORE BY
```

```
C... ELIMINATING THE ONSHORE COMPONENT
```

```
C.....
```

```

COMMON/BL1/ MAT(2,101,101),CU(63,53),CV(63,53)
IF(UEKMA) 50,51,52
50 ID =-1
   GOTO 53
51 ID=0
   GOTO 53
52 ID=1
53 IF(VEKMA) 54,55,56
54 JD =-1
   GOTO 57
55 JD =0
   GOTO 57
56 JD =-1
57 IND=0
   IF(MAT(1,I-ID,J)-999) 59,58,58
58 UEKMA =0
   IND =1
59 IF(MAT(1,I,J+JD)-999) 61,60,60
60 VEKMA =0
   IND =1
61 IF(IND) 62,62,66
62 IF(MAT(1,I+ID,J-JD)-999) 66,63,63
63 IF(ID*JD) 64,66,65
64 UEKMA =0.5*(UEKMA+VEKMA)
   VEKMA= UEKMA
   GOTO 66
65 UEKMA =0.5*(UEKMA-VEKMA)
   VEKMA=-UEKMA
66 CONTINUE
   RETURN
   END
C.....
SUBROUTINE COMBCURR(UEKMA,VEKMA,UBACK,VBACK,UCURR,VCURR)
C.....
C... COMBINES EKMAN CURRENT AND BACKGROUND CURRENT TO RESULTING
C... CURRENT UCURR, VCURR
C... IF UEKMA AND UBACK HAVE SAME SIGN, UCURR IS PUT EQUAL TO
C... THE LARGEST OF THE TWO.
C... CORRESPONDING FOR THE V-COMPONENTS
C... THE REASON FOR THIS PROCEDURE IS THAT, DUE TO DOMINATING
C... PREVAILING MONSOON WINDS IN THE REGION, PART OF THE EKMAN
C... CURRENT MAY ALREADY BE CONTAINED IN THE BACKGROUND CURRENT
C... IN THIS CASE
C... OTHERWISE, THE COMPONENTS OF EKMAN- AND BACKGROUND CURRENT
C... ARE ADDED.
C.....
IF(UEKMA*UBACK) 13,13,10

```

```
10 IF(ABS(UEKMA)-ABS(UBACK)) 11,12,12
11 UCURR=UBACK
   GOTO 14
12 UCURR=UEKMA
   GOTO 14
13 UCURR=UBACK-UEKMA
14 IF(VEKMA*VBACK) 18,18,15
15 IF(ABS(VEKMA)-ABS(VBACK)) 16,17,17
16 VCURR=VBACK
   GOTO 19
17 VCURR=VEKMA
   GOTO 19
18 VCURR=VBACK-VEKMA
19 CONTINUE
   RETURN
   END
```

0797

## ประวัติผู้เขียน

นายชัชวาล จิรูปัทม์ภัก์ เกิดเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2523 ที่เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน โรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม กรุงเทพมหานคร จากนั้น จึงศึกษาต่อระดับปริญญาตรีที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ในวิชาเอกวาริชศาสตร์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2540 จนถึงปัจจุบัน