



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทางทะเล)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ทางทะเล

วิทยาศาสตร์ทางทะเล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาความจุของหอยแมลงภู่งจากงบออกซิเจนที่ละลายน้ำในสภาวะปกติโดยใช้  
แบบจำลองเชิงตัวเลขในอำเภอสิรินธร จังหวัดชลบุรี  
Study on Stocking Capacity of Green Mussel from Dissolved Oxygen Budget in Normal  
Condition by Numerical Model in Ao Sriracha, Chon Buri Province

นามผู้วิจัย นางสาวสุนทรี ทารพันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล อนงค์พรยศกุล, ปร.ด.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ ไชจิศุกร, Ph.D.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์ภูวดล โดยดี, Ph.D.

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธรรม์ ชำรงนาวาสวัสดิ์, Ph.D.

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความจุของหอยแมลงภู่งจากงบออกซิเจนที่ละลายน้ำในสภาวะปกติ  
โดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

Study on Stocking Capacity of Green Mussel from Dissolved Oxygen Budget in Normal Condition  
by Numerical Model in Ao Sriracha, Chon Buri Province

โดย

นางสาวสุนทรี ทารพันธ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทางทะเล)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุนทรื ทารพันธ์ 2554: การศึกษาความจุของหอยแมลงภู่จากงบอกซิเจนที่ละลายน้ำในสภาวะปกติ โดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทางทะเล) สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล อนงค์พรยศกุล, ปร.ค. 90 หน้า

หอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่นิยมเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี การขยายพื้นที่การเลี้ยงหอยแมลงภู่มิเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการขยายการเลี้ยงหอยแมลงภู่มิมีขีดจำกัด ออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จในการเลี้ยงและคุณภาพของหอยแมลงภู่ การศึกษาความจุของหอยแมลงภู่จากงบอกซิเจนที่ละลายน้ำในสภาวะปกติโดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง POM (Princeton Ocean Model) 2 มิติ เพื่อจำลองการไหลของกระแสน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ 1458000 - 1464300 N และ 700800 - 709500 E โดยกำหนดเงื่อนไขให้มีน้ำขึ้นน้ำลงด้านเหนือและใต้ จำนวนกริดทั้งหมด 30 x 22 กริด ระยะทางระหว่างกริด 0.30 กิโลเมตร และใช้แบบจำลองคุณภาพน้ำศึกษาการแพร่กระจายของออกซิเจนที่ละลายน้ำ เพื่อประเมินความจุที่เหมาะสมของหอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง POM ขณะน้ำขึ้นมีทิศไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ และน้ำลงมีทิศไปทางตะวันตกเฉียงใต้ ขนานกับแนวชายฝั่ง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของเครื่องวัดกระแสน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำสูงสุด 1 เมตร/วินาที

การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันบริเวณที่มีแพหอยแมลงภู่มิมากกว่าบริเวณที่ไม่มีแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ โดยบริเวณที่มีแพหอยแมลงภู่นานแน่นมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในระดับต่ำสุด ช่วงเวลา 21:00 น. ในวันที่ 29 มกราคม 2553 ซึ่งเป็นช่วงวันน้ำเกิดมีระดับน้ำลงต่ำสุด มีการพาของน้ำน้อย อีกทั้งเป็นช่วงกลางคืนที่ไม่มีแสงสว่างทำให้แพลงก์ตอนพืชไม่มีการสังเคราะห์แสง จึงมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำสุด การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินการกระจายของออกซิเจนที่ละลายน้ำบริเวณพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแบบจำลอง ได้แก่ อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ อัตราการบริโภคออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ อัตราการบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน อัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่ และอัตราการผลิตออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของข้อมูลจริงถึงร้อยละ 80 การประเมินความจุที่เหมาะสมของหอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน พบว่าความจุของหอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา มีความหนาแน่นของหอยแมลงภู่ 0.18 แพงาน/ไร่ และสามารถเพิ่มจำนวนสายหอยแมลงภู่จาก 2,000 สาย/แพงานได้สูงสุดเป็น 2,050 สาย/แพงานทั้งนี้ภายใต้เงื่อนไขของแบบจำลอง การศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ช่วยเสริมให้ผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงและจัดการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นๆอย่างเหมาะสม และเพิ่มโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการลงทุน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Sunthari Tharapan 2011: Study on Stocking Capacity of Green Mussel from Dissolved Oxygen Budget in Normal Condition by Numerical Model in Ao Sriracha, Chon Buri Province. Master of Science (Marine Science), Major Field: Marine Science, Department of Marine Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Monton Anongponyoskun, Ph.D. 90 pages.

Green mussel is an economic animal for marine aquaculture especially in Ao Sriracha, Chon Buri Province. The expansions of green mussel farms are continually increasing. However it should have limited. Dissolved oxygen (DO) is an important factor that affects to the quantity and the quality of the green mussel. This study was conducted the capacity of the green mussel from DO budget in the normal condition by applying the POM (Princeton Ocean Model) 2-D to simulate the sea water circulation. The site located in Ao Sriracha (1458000-1464300 N and 700800-709500 E). The boundary condition was tide in the north and south of the model, while grid defined as 30 x 22 and the distance of the mesh was 0.30 km. The water quality model was simulated the diffusion of DO in Ao Sriracha. The appropriate capacity of green mussels was determined by predicted DO pattern. The output of POM, during flood tide, sea water was northeast flow while the ebb tide was southwest flow and parallel with the shoreline. The maximum speed of water current was 1 m/sec.

The diurnal fluctuation of DO in green mussel farms area was higher varying than the surrounding area. The DO in green mussel raft area was lowest at 9:00 pm on January 29, 2010 during spring tide at the low tide. The convection of water was lowest. Moreover, during the night time, while there was no photosynthesis thus the amount of DO was lowest. The factors of the DO diffusion model were: the exchange rate of oxygen between water and air, oxygen consumption rate of aquatic organisms in water, oxygen consumption rate of biochemical processes in soil, oxygen consumption rate of green mussel, and production rate of oxygen in the water. The predicted DO pattern was closed to 80% with DO pattern of observed data. The density of green mussels was 0.18 float raft /rai. The maximum number of green mussels can be increased from 2,000 up to 2,050 lines /float raft according to condition of the model. This study could be applied in aquaculture management. Furthermore, the farmers could apply this information to develop and manage their aquaculture in order to increase the chances of success in the investment.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล อนงค์พรยศกุล อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ โสจิสุภกร และอาจารย์ภูวดล โดยดี อาจารย์ที่  
ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถานีวิจัยประมงศรีราชา จังหวัดชลบุรี ฝ่าย  
สนับสนุนวิชาการ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และทุนวิจัยจากโครงการพัฒนาและ  
ส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) และขอกราบขอบพระคุณ  
คุณอลงกต อินทรชาติ หัวหน้าสถานีวิจัยประมงศรีราชา คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
และคุณกนกวรรณ ขาวค่อน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านสถานที่ เครื่องมืออุปกรณ์ สำหรับทำการ  
ทดลอง ขอขอบพระคุณ คุณอนันต์ เพ็ญพิทักษ์ และพี่ ๆ ที่สถานีวิจัยประมงศรีราชาสำหรับ  
คำแนะนำและความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณ คุณอภิรดี โชคสุชาติ พี่ ๆ และเพื่อนทุกคนจากสาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล  
สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง รวมถึงเพื่อนๆ คนอื่นๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำ เป็น  
กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลงด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ซึ่งมีพระคุณสูงสุด รวมทั้งทุกคนใน  
ครอบครัวที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนเป็นกำลังใจเสมอมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จ  
สมบูรณ์ลุล่วงด้วยดี

สุนทรี ทารพันธ์

พฤษภาคม 2554

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	74
สรุป	74
ข้อเสนอแนะ	76
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	77
ภาคผนวก	82
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	90

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความสามารถในการละลายได้ของออกซิเจนในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	4
2	คุณภาพน้ำทะเลบริเวณเกาะลอย จังหวัดชลบุรี	12
3	สถิติจำนวนฟาร์ม เนื้อที่เลี้ยงและผลผลิตหอยแมลงภู่มะพร้าวของประเทศไทยในระหว่างปี 2529-2539	16
4	ปริมาณและมูลค่าของหอยแมลงภู่มะพร้าวทั้งประเทศจากการเพาะเลี้ยงชายฝั่งจำนวนผู้เลี้ยง เนื้อที่การเลี้ยงหอยแมลงภู่มะพร้าว ความหนาแน่นเฉลี่ย และปริมาณหอยแมลงภู่มะพร้าวในจังหวัดชลบุรี (รวมผลผลิตจากปีกโป๊ะ)	17
5	ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลอง POM 2 มิติ	31
6	ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองการแพร่กระจายออกซิเจนที่ละลายน้ำ	35
7	พิกัดของทุ่นลอยในอ่าวศรีราชาขณะน้ำเกิดในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง	39
8	ความเค็ม อุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่าง ในวันที่ 29-30 มกราคม 2553 ที่เรือเกษตรศาสตร์ 1 (1458290 N, 707910 E)	51
9	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ในจุดเริ่มต้น ขวดมืด และขวดสว่าง ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ	54
10	อัตราการผลิตออกซิเจนและการใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่ช่วงเวลาต่าง ๆ	54
11	จำนวนและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนหอยแมลงภู่มะพร้าวที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในปี 2552	59
12	ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนบริเวณพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู่มะพร้าวในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี	60
13	สรุปปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนบริเวณพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู่มะพร้าวในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี	75

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอำเภอรามราช จังหวัดชลบุรี ในช่วงเวลา 11:00 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง 10:00 น. ของวันที่ 30 มกราคม 2553	86
2 อุณหภูมิ ความลึกน้ำ และความโปร่งแสง วันที่ 29-30 มกราคม 2553 ที่ 1458290 N, 707910 E (เรือเกษตรศาสตร์ 1)	87
3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตะกอนแขวนลอย ความเค็ม อุณหภูมิและ ความเป็นกรด-ด่าง ความลึก 3 เมตร ในวันที่ 29-30 มกราคม 2553 ที่ โซน A, B, C, และ D	88

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของหอยแมลงภู่ ( <i>Perna viridis</i> )	8
2	พื้นที่ที่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่ในอ่าวไทย	10
3	พื้นที่ศึกษา อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี	11
4	เหงือกของหอยแมลงภู่	13
5	จำนวนผู้เลี้ยง เนื่องจากการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่และปริมาณหอยแมลงภู่ใน จังหวัดชลบุรี (รวมผลผลิตจากปีไก่ไข่) ในปี พ.ศ. 2544 - 2551	17
6	พื้นที่ A, B, C, และ D ในพื้นที่ศึกษา อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี	28
7	แผนภูมิสายงานของแบบจำลอง POM	30
8	ชุดอุปกรณ์วัดอัตราการใช้ออกซิเจนของดิน	32
9	ชุดอุปกรณ์วัดอัตราการใช้ออกซิเจนของหอยแมลงภู่	33
10	แผนภูมิสายงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน	34
11	แผนที่แพหอยแมลงภู่ บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในปี 2552	37
12	ทิศทางของชุดหุ่นลอยในอ่าวศรีราชาขณะน้ำเกิดในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง	38
13	ความสูงของน้ำทำนายเป็นเมตรเหนือระดับน้ำลงต่ำที่สุด เกาะสีซัง (ชลบุรี) เวลา 15:00 น. วันที่ 30 มกราคม ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2553	40
14	แผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง ระหว่างวันที่ 27 มกราคม ถึง 11 กุมภาพันธ์ 2553	41
15	รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำขณะน้ำขึ้นและน้ำลงในอ่าวศรีราชา	42
16	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน บริเวณโซน A และความสูงน้ำเหนือ ระดับน้ำต่ำสุด ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	44
17	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน บริเวณโซน B และความสูงน้ำเหนือ ระดับน้ำต่ำสุด ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	44

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน บริเวณโซน C และความสูงน้ำเหนือระดับน้ำต่ำสุด ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	45
19	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน บริเวณโซน D และความสูงน้ำเหนือระดับน้ำต่ำสุด ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	45
20	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 11:00 น. 13:00 น. และ 15:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ตามลำดับ	46
21	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 17:00 น. 19:00 น. และ 21:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ตามลำดับ	47
22	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 0:00 น. 2:00 น. และ 4:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ตามลำดับ	48
23	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 6:00 น. 8:00 น. และ 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ตามลำดับ	49
24	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ปริมาณตะกอนแขวนลอย, และคลอโรฟิลล์ เอ ณ เรือเกษตรศาสตร์ 1 (1458290 N, 707910 E) ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 9:00 น. วันที่ 29 มกราคม ถึงเวลา 9:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ความลึก 3 เมตร เทียบกับ ความสูงระดับน้ำ ณ สถานีน้ำทำนายนายเกาะสีชัง ชลบุรี	52
25	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเมื่อเกิดกระบวนการชีวเคมีของดิน	53
26	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่หอยแมลงภูใช้ในการหายใจ	55
27	ลักษณะทั่วไปของสายหอยแมลงภูแบบแพแขวน	56

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง บริเวณ โซน A จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึงเวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	62
29	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง บริเวณ โซน B จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึงเวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2	62
30	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง บริเวณ โซน C จุดเก็บตัวอย่างที่ 11 ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึงเวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	63
31	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง บริเวณ โซน D จุดเก็บตัวอย่างที่ 16 ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึงเวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	63
32	ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนทั้ง 16 จุด ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึงเวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	64
33	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 11:00 น. 13:00 น. และ 15:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ตามลำดับ	65
34	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 17:00 น. 19:00 น. และ 21:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ตามลำดับ	66
35	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 0:00 น. 2:00 น. และ 4:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ตามลำดับ	67

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
36	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยง หอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 6:00 น. 8:00 น. และ 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ตามลำดับ	68
37	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยง หอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองกรณีที่ 1 ในช่วงเวลา 21:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553	70
38	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยง หอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองกรณีที่ 2 ในช่วงเวลา 21:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553	71
39	รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยง หอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองกรณีที่ 3 ในช่วงเวลา 21:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553	72
<b>ภาพผนวกที่</b>		
1	รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำรายชั่วโมงในอ่าวศรีราชา ตั้งแต่เวลา 11:00 น. ถึง 18:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553	83
2	รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำรายชั่วโมงในอ่าวศรีราชา ตั้งแต่เวลา 19:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง 2:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	84
3	รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำรายชั่วโมงในอ่าวศรีราชา ตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึง 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553	85

## การศึกษาความจุของหอยแมลงภู่ออกจากบออกซิเจนที่ละลายน้ำในสภาวะปกติโดยใช้ แบบจำลองเชิงตัวเลขในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

### Study on Stocking Capacity of Green Mussel from Dissolved Oxygen Budget in Normal Condition by Numerical Model in Ao Sriracha, Chon Buri Province

#### คำนำ

หอยแมลงภู่มิเป็นสัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่นิยมเพาะเลี้ยงกันมานานกว่า 60 ปี เนื่องจากหอยแมลงภู่มิเป็นสัตว์น้ำที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว โดยแต่เดิมชาวประมงได้อาศัยปักโป๊เป็นที่พักและเลี้ยงตัวอ่อนของลูกหอยที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จนเจริญเติบโตถึงขนาดที่ตลาดต้องการ ปัจจุบันการเลี้ยงหอยแมลงภู่มิแบบแพแขวนเป็นวิธีการเลี้ยงอีกรูปแบบหนึ่งที่ได้รับคานิยมและความสนใจจากผู้ประกอบการหรือเกษตรกร เนื่องจากสามารถเลี้ยงได้ในบริเวณที่มีคลื่นลมแรง รวมถึงในบริเวณพื้นดินแข็งที่ไม่สามารถเลี้ยงแบบวิธีปักไม้ได้ นอกจากนี้แพที่เลี้ยงยังมีความคงทน และมีอายุการใช้งานนานหลายปี วัสดุที่ใช้หาง่ายมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด (กรมประมง, 2543)

จากความต้องการหอยแมลงภู่มิของตลาดที่เพิ่มขึ้น ทำให้บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรีมีการขยายพื้นที่ในการเลี้ยงหอยแมลงภู่มิเพิ่มขึ้น (ชัยพร, 2549) โดยเฉพาะการเลี้ยงหอยแมลงภู่มิแบบแพเชือก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ปีพ.ศ. 2530-2551 ของสถิติการประมง (2551) ที่ได้สำรวจพบว่ามีปริมาณหอยแมลงภู่มิทั้งประเทศและในจังหวัดชลบุรีเพิ่มขึ้น และจากโครงการการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลในแปลงเลี้ยงหอยแมลงภู่มิและการติดตามผลกระทบของการระบายน้ำทิ้งที่มีต่อสภาพการเลี้ยงหอยแมลงภู่มิ (2545) พบว่า ผู้ประกอบการในจังหวัดชลบุรีที่เพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่มิจะนิยมเลี้ยงหอยแมลงภู่มิแบบแพเชือก

อย่างไรก็ตาม ศักยภาพของอ่าวศรีราชาที่จะรองรับต่อการขยายตัวของการเลี้ยงหอยแมลงภู่มิย่อมมีขีดจำกัด เนื่องจากอ่าวศรีราชาเป็นแหล่งทำมาหากินของผู้ประกอบการอาชีพทำการประมง และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ด้วย รวมทั้งได้รับปริมาณน้ำจืดจากแม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำเจ้าพระยา ตลอดจนเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียและของเสียจากกิจกรรมต่างๆ ที่อยู่โดยรอบอ่าวศรีราชา เช่น ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และท่าเรือพาณิชย์ขนาดใหญ่ (คณะประมง, 2522) ทำให้สภาวะแวดล้อมทางทะเล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่หอยแมลงภู่มิใช้ในการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงไป และส่งผลกระทบต่อผลผลิตหอยแมลงภู่มิและรายได้ของผู้ประกอบการอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพราะเมื่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงจะทำให้สัตว์น้ำเครียดหรือตายได้ ทำให้ได้ผลผลิตน้อยไม่คุ้มค่าในการลงทุน

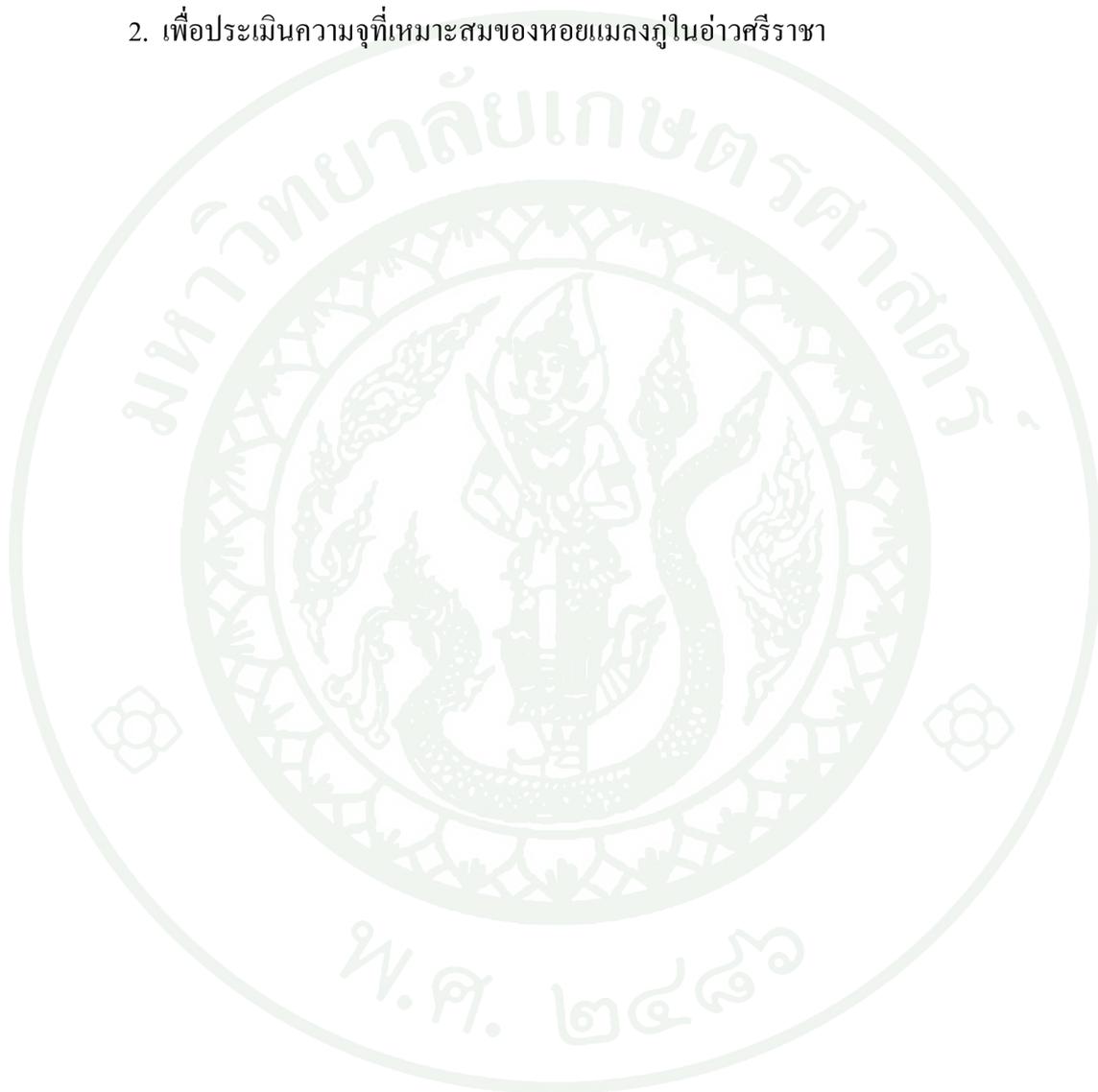
ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณความจุของหอยแมลงภู่จากบ่อออกซิเจนในสภาวะปกติในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้แบบจำลอง POM (Princeton Ocean Model) 2 มิติ เพื่อจำลองการไหลของกระแสน้ำ และใช้แบบจำลองคุณภาพน้ำศึกษาการแพร่กระจายของออกซิเจนในน้ำด้วยวิธี Finite Difference เพื่อจำลองการกระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในอำเภอศรีราชา

พื้นที่ที่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่หนาแน่นจะมีการบริโภคออกซิเจนมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่ ถ้าออกซิเจนถูกบริโภคมากจนปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงถึงระดับที่จำกัดการเจริญเติบโต การเลี้ยงหอยแมลงภู่ก็จะได้ผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในการประเมินจำนวนหอยแมลงภู่ที่เหมาะสมต่อพื้นที่นั้น

การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนเพื่อประเมินความจุที่เหมาะสมของหอยแมลงภู่ในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี จะเป็นประโยชน์ในการจัดการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป และผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงและจัดการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นๆให้เหมาะสม เพื่อเพิ่มโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการลงทุน

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน ของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา
2. เพื่อประเมินความจุที่เหมาะสมของหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา



## การตรวจเอกสาร

### 1. ออกซิเจน

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลักของอากาศโดยมีอยู่ในอากาศประมาณร้อยละ 20.95 เป็นอันดับสองรองจากก๊าซไนโตรเจนที่มีอยู่ร้อยละ 78.08 ถัดไป คือ ฮาตุอาร์กอนร้อยละ 0.934 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.032 และอื่น ๆ ร้อยละ 0.004 (ยนต์, 2539)

#### 1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ยนต์ (2539) กล่าวว่า ก๊าซออกซิเจนสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าก๊าซไนโตรเจน ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ

1) ความกดอากาศ ถ้าความกดอากาศเพิ่มขึ้นการละลายได้ของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าความกดอากาศลดลงความสามารถในการละลายได้ของออกซิเจนจะลดลง

2) อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นการละลายได้ของออกซิเจนจะลดลง แต่ถ้าอุณหภูมิลดลงการละลายได้ของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น

3) ความเค็ม ในน้ำที่มีความเค็มสูงการละลายได้ของออกซิเจนจะลดลงในขณะที่น้ำความเค็มต่ำการละลายได้ของออกซิเจนจะมากกว่า ความสามารถในการละลายได้ของออกซิเจนลดลงโดยประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น 9 ส่วนในพันส่วน

**ตารางที่ 1** ความสามารถในการละลายได้ของออกซิเจนในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)

อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)						
	0	5	10	15	20	25	30
20	9.08	8.81	8.56	8.31	8.06	7.83	7.56
21	8.90	8.64	8.39	8.15	7.91	7.68	7.46
22	8.73	8.48	8.23	8.00	7.77	7.54	7.33
23	8.56	8.32	8.08	7.85	7.63	7.41	7.20
24	8.40	8.16	7.93	7.71	7.49	7.28	7.07

ตารางที่ 1 (ต่อ)

อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)						
	0	5	10	15	20	25	30
25	8.24	8.01	7.79	7.57	7.36	7.15	6.95
26	8.09	7.87	7.65	7.44	7.23	7.03	6.83
27	7.95	7.73	7.51	7.31	7.10	6.91	6.72
28	7.81	7.59	7.38	7.18	6.98	6.79	6.61
29	7.67	7.46	7.26	7.06	6.87	6.68	6.50
30	7.54	7.33	7.14	6.94	6.75	6.57	6.39
31	7.41	7.21	7.02	6.83	6.65	6.47	6.29
32	7.29	7.09	6.90	6.72	6.54	6.36	6.19
33	7.17	6.98	6.79	6.61	6.44	6.26	6.10
34	7.05	6.86	6.68	6.51	6.33	6.17	6.01
35	6.93	6.75	6.58	6.40	6.24	6.07	5.92
36	6.82	6.65	6.47	6.31	6.14	5.98	5.83
37	6.72	6.54	6.37	6.21	6.05	5.89	5.74
38	6.61	6.44	6.28	6.12	5.96	5.81	5.66
39	6.51	6.34	6.18	6.03	5.87	5.72	5.58
40	6.41	6.25	6.09	5.94	5.79	5.64	5.50

ที่มา: Lawson (1995)

## 1.2 การรับออกซิเจนในแหล่งน้ำ

ยนต์ (2539) กล่าวว่า ในแหล่งน้ำทั่วไป การรับออกซิเจนมาจาก 3 ทาง คือ

1) ผิวสัมผัสกับอากาศ เนื่องจากในอากาศมีปริมาณออกซิเจนอยู่ในปริมาณสูง การที่ออกซิเจนจากอากาศแพร่ลงสู่แหล่งน้ำจึงเป็นแหล่งที่สำคัญ อย่างไรก็ตามการแพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำจะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำมีระดับต่ำกว่าจุดอิ่มตัวเท่านั้น

2) การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและพันธุ์ไม้น้ำ ในแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมีแพลงก์ตอนมาก การสังเคราะห์แสงเป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ

3) การพาของมวลน้ำที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ มวลน้ำที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำจะมีปริมาณออกซิเจนที่แตกต่างกันไปแล้วแต่สภาพน้ำในแต่ละแหล่งที่ไหลมา

### 1.3 การสูญเสียออกซิเจนออกไปจากแหล่งน้ำ

ยนต์ (2539) กล่าวว่า การสูญเสียออกซิเจนจากแหล่งน้ำเกิดจากหลายสาเหตุ

- 1) การใช้ออกซิเจนจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์
- 2) การใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ
- 3) การใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์บริเวณดินพื้นท้องน้ำ
- 4) การแพร่กลับสู่อากาศซึ่งจะเกิดขึ้นเฉพาะในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนในน้ำมีค่าสูงเกินจุดอิ่มตัวเท่านั้น

### 1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนของแหล่งน้ำในรอบวัน (Diurnal fluctuation)

ในแหล่งน้ำธรรมชาติ การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและพันธุ์ไม้น้ำเป็นแหล่งให้ออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ อัตราการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชขึ้นอยู่กับปริมาณแสงและช่วงความยาวช่วงแสง การเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงในรอบวันจึงมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและมีผลต่ออัตราการผลิตออกซิเจน โดยแพลงก์ตอน การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนในรอบวันในแหล่งน้ำมีรูปแบบที่แน่นอน คือ ปริมาณออกซิเจนจะอยู่ในระดับต่ำสุดตอนเช้ามืด และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มมีแสงสว่างเมื่อแพลงก์ตอนพืชเริ่มทำการสังเคราะห์แสง และจะเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงช่วงบ่าย ซึ่งจะมีปริมาณสูงสุดในช่วงบ่ายที่มีความเข้มข้นแสงสูงสุด หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงเมื่อความเข้มแสงลดลง และจะหยุดเมื่อหมดแสงสว่าง (ศราวุทธิ์, 2547)

### 1.5 ความสำคัญของออกซิเจนต่อสัตว์น้ำ

ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในน้ำ ระดับออกซิเจนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำจึงส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและคุณภาพน้ำ

### 1.5.1 ผลกระทบโดยตรงต่อสัตว์น้ำ

- 1) ทำให้สัตว์น้ำตายเมื่อน้ำมีปริมาณออกซิเจนต่ำเกินไป
- 2) ทำให้สัตว์น้ำตายเมื่อน้ำมีปริมาณออกซิเจนสูงเกินไป ที่ระดับออกซิเจนสูงเกินจุดอิ่มตัว 300 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดโรคฟองอากาศในสัตว์น้ำทำให้สัตว์น้ำตาย (มันสิน, 2536)
- 3) ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในระดับต่ำเกินไปถึงแม้ไม่ทำให้สัตว์น้ำตายแต่จะทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอ ติดโรคร่าง

### 1.5.2 ผลกระทบทางอ้อมต่อสัตว์น้ำ

- 1) ในสภาพที่ขาดออกซิเจนทำให้เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ
- 2) ในสภาพที่ขาดออกซิเจนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำจะช้าลงทำให้เกิดการสะสมสารอินทรีย์
- 3) ในสภาพที่ขาดออกซิเจนจะมีการสะสมของสารพิษพวกแอมโมเนียและไนไตรท์ที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

### 1.6 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ

ระดับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ ควรมีค่าประมาณ 5 มิลลิกรัม/ลิตรถึงจุดอิ่มตัว (ยนต์, 2539) พานิชย์ และจารุวัฒน์ (2538) รายงานว่าปริมาณออกซิเจนที่ระดับจำกัดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำอยู่ที่ 3.8 มิลลิกรัม/ลิตร ในกุ้งเข็ญอยู่ที่ 3.7 มิลลิกรัม/ลิตร ในปลากะพงขาวอยู่ที่ 2.4 มิลลิกรัม/ลิตร ในปลากะรังอยู่ที่ 3.5 มิลลิกรัม/ลิตร

จารุวัฒน์ และคณะ (2533) ศึกษาการบริโภคออกซิเจนของหอยแครง พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ระดับจำกัดการเจริญเติบโตอยู่ที่ 3.8 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำกว่านั้นหอยจะปิดฝาที่ 3.1 มิลลิกรัม/ลิตร จนถึงระดับความเป็นพิษที่ 0.8 มิลลิกรัม/ลิตร

## 2. หอยแมลงภู่

### 2.1 อนุกรมวิธานของหอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่ชนิดเปลือกสีเขียวมีชื่อสามัญทั่วไปเรียกว่า Green Mussel เป็นหอยสองฝาชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและได้รับความนิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เพราะหอยแมลงภู่เป็นสัตว์น้ำที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว โดยทั่วไปหอยแมลงภู่ที่มีความยาว 6-7 เซนติเมตร หรือมีอายุประมาณ 7-8 เดือน (ภาพที่ 1) โดยแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ที่สำคัญของประเทศไทยจะอยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกและภาคใต้ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530 และ คเชนทร, 2544)



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*)

Abbott and Dance (1991) มีการจัดจำแนกอนุกรมวิธานหอยแมลงภู่ ดังนี้

Phylum Mollusca

Class Bivalvia (Pelecypoda)

Subclass Pteriomorpha

Order Mytiloida

Superfamily Mytilacea

Family Mytilidae

Subfamily Mytilinae

Genus *Perna*

Species *Perna viridis*

## 2.2 แหล่งที่อยู่อาศัยของหอยแมลงภู

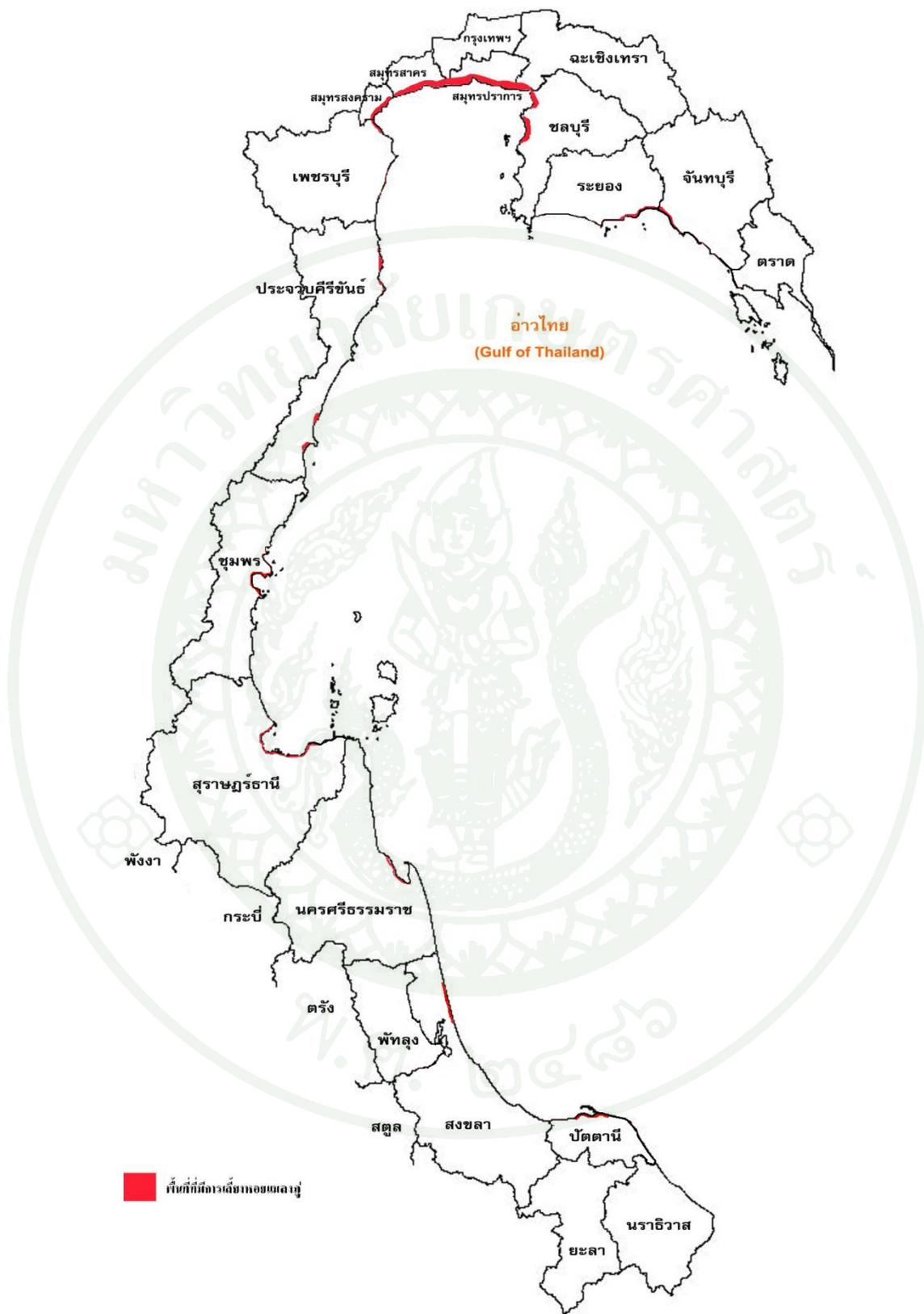
แหล่งที่อยู่อาศัยของหอยแมลงภูจะแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในเขตอบอุ่นและเขตร้อน ทั้งในทวีปยุโรป เอเชีย และอเมริกา ถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของหอยแมลงภู เป็นแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้ฝั่งบริเวณน้ำกร่อย บริเวณปากแม่น้ำ ลำคลอง อ่าวต่างๆ สภาพพื้นทะเลเป็นดิน โคลน และดินโคลนปนทราย ซึ่งมีแพลงก์ตอนและสารอินทรีย์อุดมสมบูรณ์ มีตะกอนแขวนลอยต่ำ

ประเทศไทยจะพบหอยแมลงภูแพร่กระจายอยู่ทุกจังหวัดชายฝั่งทะเล ทั้งชายฝั่งอันดามัน และอ่าวไทย จังหวัดที่นิยมเลี้ยงหอยแมลงภูและให้ผลผลิตเป็นปริมาณมาก ได้แก่ ชลบุรี ระยอง ภูเก็ต สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ และปัตตานี ส่วนจังหวัดอื่นๆ เลี้ยงกันไม่มากนัก (กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2536) แสดงดังภาพที่ 2

การแพร่กระจายของหอยแมลงภูในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้นจะกว้างขวาง เนื่องจากความสามารถพิเศษของลูกหอยแมลงภูในระยะที่เป็นแพลงก์ตอนที่สามารถคงสภาพความเป็นตัวอ่อน (pediveliger) ว่ายน้ำอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานานเป็นเดือน โดยไม่จำเป็นต้องยึดเกาะหากไม่พบพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับยึดเกาะ และเมื่อลูกหอยแมลงภูพบพื้นที่ที่เหมาะสมแล้วจะสามารถยึดเกาะได้ทันที (คเชนทร, 2544) สำหรับในการเลี้ยงหอยแมลงภูเชิงเศรษฐกิจ การเลือกสถานที่เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการประกอบอาชีพการเลี้ยงหอยแมลงภู ซึ่งกรมประมง (2536) ได้กล่าวไว้ว่าพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอยแมลงภู ควรพิจารณาดังนี้

- 1) เป็นแหล่งน้ำที่มีพันธุ์หอยแมลงภูเกิดชุกชุมตามธรรมชาติ
  - 2) เป็นแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มและสามารถคงสภาพความเค็มได้เป็นเวลานาน
- ประมาณ 7-9 เดือน
- 3) เป็นพื้นที่ที่ปลอดภัยจากกระแสน้ำและคลื่นลม
  - 4) เป็นแหล่งน้ำที่อยู่ห่างไกลจากโรงงานอุตสาหกรรม
  - 5) เป็นแหล่งน้ำตื้นชายฝั่งมีความลึกประมาณ 3-10 เมตร
  - 6) เป็นแหล่งเลี้ยงที่อยู่ใกล้ตลาด การคมนาคมสะดวก และห่างไกลจากแหล่ง

มิจฉาชีพ



ภาพที่ 2 พื้นที่ที่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู๋ในอ่าวไทย

### 2.2.1 อ่าวศรีราชา

อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี อยู่ทางตะวันออกของอ่าวไทยตอนบน

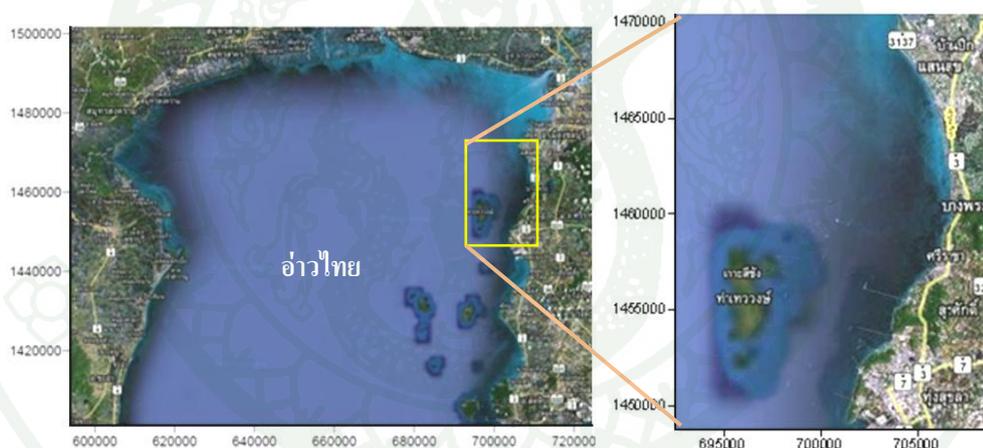
ทิศเหนือ คือ หาดวอนนภา

ทิศใต้ คือ เกาะลอย

ทิศตะวันออก คือ บางพระ และศรีราชา

ทิศตะวันตก คือ อ่าวไทยตอนใน

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมอ่าวศรีราชา 700800 – 709500 E และ 1458000 - 1464300 N ความลึกเฉลี่ยประมาณ 4 เมตร เนื่องจากอ่าวศรีราชาเป็นอ่าวเปิดขนาดเล็ก และมีเกาะสีชัง ทำให้อ่าวศรีราชาได้รับผลจากกระแสลมไม่มากนัก การเคลื่อนไหวของน้ำทะเลเป็นผลจากน้ำขึ้นน้ำลงเป็นหลัก และลักษณะของน้ำชายฝั่ง ในอ่าวศรีราชา มีลักษณะผสมผสานกันดี น้ำขึ้นน้ำจะไหลไปทางเหนือ และขณะน้ำลงน้ำจะไหลไปทางทิศใต้ โดยน้ำจะไหลเทียบขนานกับชายฝั่ง (มณฑล, 2550)



ภาพที่ 3 พื้นที่ศึกษา อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ที่มา: Google (2009)

อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอยแมลงภู่ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอินทรีย์และคุณภาพของดินตะกอนบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ในอ่าวศรีราชา โดยการศึกษาของอลงกตและคณะ (2542) พบว่า ค่าแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท และฟอสเฟตของน้ำระหว่างชั้นดิน บริเวณแหล่งที่มีการเลี้ยงหอยแมลงภู่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-169.68, 0.00-1.79, 0.00-2.62 และ 0.00-1.33 ไมโครโมล ตามลำดับ ส่วนค่าแอมโมเนียม, ไนไตรท์, ไนเตรท, และฟอสเฟตของน้ำระหว่างชั้นดินบริเวณแหล่งที่ไม่มีการเลี้ยง

หอยแมลงภู่มีค่า อยู่ระหว่าง 5.23-146.12, 0.00-17.95, 0.00-3.99 และ 0.00-11.16 ไมโครโมล  
ตามลำดับ คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณเกาะลอย จังหวัดชลบุรี ในรอบปี 2547 และ 2552 แสดงดัง  
ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำทะเลบริเวณเกาะลอย จังหวัดชลบุรี

เวลา (ว/ด/ป)	อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)	pH	DO (mg/L)
--/07/2547	30	23	8.5	5.0
--/08/2547	29	24	8.4	5.1
--/09/2547	29	16	8.5	5.5
--/10/2547	30	28	8.4	4.7
--/11/2547	32	30	8.4	5.1
--/12/2547	29	32	8.4	5.5
--/01/2548	26	32	8.2	5.9
--/02/2548	29	31	8.0	4.2
--/03/2548	30	31	8.2	3.6
--/04/2548	30	31	8.0	4.5
--/05/2548	32	31	8.0	4.3
--/06/2548	30	31	8.3	4.1
--/07/2548	30	23	8.5	5.0
12:21 12/01/2552	23	26	8.4	5.0
11:20 16/02/2552	29	29	8.0	4.0
11:35 16/03/2552	30	30	8.2	4.8
11:30 20/04/2552	33	28	8.4	6.3
10:36 18/05/2552	32	25	8.1	4.7
11:24 16/06/2552	32	13	8.2	4.0
11:35 13/07/2552	30	24	8.2	4.6
11:21 24/08/2552	31	20	7.4	1.0
12:09 19/10/2552	32	5	8.0	3.1
12:45 16/11/2552	32	24	8.2	3.4
11:52 16/12/2552	29	20	8.0	2.9
12:25 18/01/2553	27	30	8.5	5.0
12:05 08/02/2553	30	26	8.0	5.5

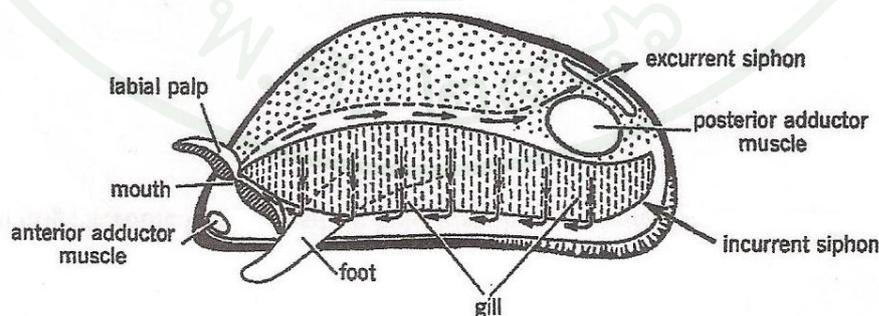
ที่มา: จากการสำรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสถานีวิจัยประมงศรีราชา (2547) และงานวิจัย  
สิ่งแวดล้อมทางทะเล สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล (2552)

คุณภาพน้ำทะเลบริเวณเกาะลอย จังหวัดชลบุรี ในรอบปี มีอุณหภูมิ ความเค็ม ความ เป็นกรด-ด่าง และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน โดยส่วนใหญ่จะมี ค่าต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอยแมลงภู แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำใน รอบปี 2552 มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบปี 2547

### 2.3 การหายใจ

สัตว์ทะเลหน้าดินเกือบทุกชนิดต้องการออกซิเจนในกระบวนการเมแทบอลิซึม ความ ต้องการออกซิเจนของสัตว์ทะเลหน้าดินแต่ละชนิดวัดได้จากอัตราการหายใจ ซึ่งวัดในรูปปริมาณ ออกซิเจนที่ใช้บริโภค คิดเป็นมิลลิลิตรที่ใช้ต่อหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยเวลา (ml/g/hr) ตามปกติสัตว์ ที่มีขนาดใหญ่จะมีความต้องการบริโภคออกซิเจนมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็กในกลุ่มสัตว์ชนิด เดียวกัน นอกจากนี้แล้วสัตว์ทะเลที่เคลื่อนที่เร็ว หรือมีการว่ายน้ำตลอดเวลาจะใช้ออกซิเจนมากกว่า พวกที่อยู่กับที่ เช่น พวกฟองน้ำ เพรียงหัวหอมและหอยสองฝาส่วนใหญ่จะใช้ออกซิเจนน้อยกว่า พวกกุ้งและปู นอกจากนี้ยังน้อยกว่าปลาหมึกและปลาชนิดต่างๆ ช่วงอายุต่างๆ ที่เป็นตัวอ่อนและตัว แก่ของสัตว์ทะเลหน้าดินก็จะมีอิทธิพลที่ทำให้ความต้องการในการบริโภคออกซิเจนต่างกัน

การหายใจของหอย เมื่อน้ำไหลผ่าน Ventral inhalent siphon เข้าไปข้างในตัวหอย Cilium บน Mantle และเหงือกจะพัดโบกให้น้ำนั้นผ่านผิวเหงือกเข้าไปในช่องว่างระหว่าง Gill filament แล้วผ่าน Water pore เข้าสู่ Water tube และไปเปิดออกที่ ท่อเหนือเหงือก (Suprabranchial or Epibranchial chamber) เพื่อไหลเข้าออกนอกทางช่อง Cloaca และ Dorsal exhalent siphon อีกที่ หนึ่ง ในขณะที่น้ำไหลออกเข้าไปภายในแผ่นเหงือกนั้น จะมีการคายออกซิเจนให้กับเลือด และนำ คาร์บอนไดออกไซด์จากเลือดไปยัง Suprabranchial chamber ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เหงือกของหอยแมลงภู

หอยสองฝาจะตอบสนองต่อสภาพความเครียดจากการลดลงของปริมาณออกซิเจน โดยการปิดฝา Ghiretti (1966) พบว่าหอยหลายชนิดจะไม่บริโภคออกซิเจนในระยะที่จัดว่าเป็นระยะพักตัว ซึ่งเป็นช่วงการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) หลังจากนั้นถ้าปริมาณออกซิเจนลดลงอีกหรือไม่เพิ่มขึ้น หอยจะตายเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงถึงระดับเป็นพิษ และน้ำหนักจะลดลงเรื่อยๆ เพราะต้องดึงพลังงานจากเนื้อเยื่อไปใช้ในกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนกระทั่งตาย

แม้ว่าการปิดฝาจะเป็นมาตรการที่ทำให้หอยสองฝาสสามารถทนทานต่อภาวะที่ขาดออกซิเจนได้ก็ตาม แต่ก็จะเป็นไปได้ในระยะเวลาจำกัด เพราะในช่วงเวลาดังกล่าวเท่ากับหอยต้องกักขังตัวเองไว้จากการได้กินอาหาร (ซึ่งทำให้น้ำหนักลดลงแทนที่จะเจริญเติบโตเพิ่มน้ำหนักขึ้น) การสืบพันธุ์ การหายใจโดยใช้ออกซิเจน (aerobic metabolism) ตลอดจนการขับถ่ายของเสียที่ออกไปจากตัว Akberali และ Trueman (1985) รายงานว่า แม้ฝาจะปิดแต่หอยสองฝาก็ยังรักษาการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมโดยเปิดช่องแคบๆ ไว้ในเนื้อเยื่อบางส่วนได้สัมผัสน้ำเพื่อเป็นการตรวจสอบสถานการณ์ หรือคุณภาพน้ำตลอดเวลาสำหรับที่จะตื่นตัวกลับขึ้นมาอีกครั้งเมื่อสภาพแวดล้อมดีขึ้น

เมื่อปริมาณออกซิเจนกลับสู่สภาพปกติ หอยจะเพิ่มอัตราการบริโภคออกซิเจนอย่างรวดเร็ว (oxygen debt phenomenon) และอัตราการบริโภคออกซิเจนจะขึ้นถึงจุดสูงสุด Ghiretti (1966) หลังจากนั้นจึงลดลงทีละน้อยจนเป็นปกติ

#### 2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่

การเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่จะช้าหรือเร็วขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น

1) ความขุ่น ความขุ่นของน้ำเป็นอันตรายต่อการเลี้ยงหอยแมลงภู่ ถ้าน้ำขุ่นมาก ตะกอนและโคลนตมจะเกาะเหงือกของหอยแมลงภู่ทำให้หอยหายใจไม่ออกและตายได้ นอกจากนี้ความขุ่นยังทำให้ประสิทธิภาพในการกรองอาหารต่ำลง เป็นผลให้หอยเจริญเติบโตช้าและขาดอาหาร (จิตรา, 2541 และ ภาควิชาการจัดการประมง, 2545) อีกทั้งความขุ่นของน้ำยังส่งผลต่อปริมาณแพลงก์ตอนที่เป็นอาหารของหอยแมลงภู่มีปริมาณลดลง ทำให้หอยขาดอาหารและเป็นการชะงักการเจริญเติบโต (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)

2) ความหนาแน่นของหอยที่เกาะวัสดุที่ใช้เลี้ยง พื้นที่ยึดเกาะมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต ซึ่งไม่ควรมีความหนาแน่นมากจนเกินไปจะเป็นผลทำให้หอยเติบโตช้าและมีอัตราการตายสูง (ภาควิชาการจัดการประมง, 2545) ซึ่งวิธีที่จะเป็นการดูแลความหนาแน่นของหอยแมลงภู่

นั้น กรมประมง (2543) กล่าวว่า ผู้ประกอบการควรจะนำหอยที่มีขนาด 2-3 เซนติเมตร ซึ่งมีความหนาแน่นมากไปจำหน่ายเป็นอาหารเลี้ยงเบ็ด หรืออาจนำไปเลี้ยงด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การเลี้ยงแบบแขวนเลี้ยงในกระบะ เพื่อลดความหนาแน่นของหอยที่เกาะวัสดุใช้เลี้ยง

3) กระแสน้ำและคลื่นลม หอยแมลงภู่เป็นหอยที่อยู่กับที่ ต้องอาศัยกระแสน้ำพัดพาอาหารมาให้ ซึ่งกระแสน้ำที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่ไม่ควรไหลช้าๆ และสม่ำเสมอ (จิตรรา, 2541)

4) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีผลต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่ ถ้าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยกว่า 2.4 มิลลิกรัม/ลิตร นานกว่า 7 วัน ลูกหอยจะเป็นอันตราย (ภาควิชาการจัดการประมง, 2545)

5) ภาวะน้ำจืดไหลลงทะเล เป็นผลทำให้น้ำทะเลมีความเค็มต่ำเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของอาหารที่มีอยู่ลดลงและสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป และถ้าหากหอยแมลงภู่อยู่ในน้ำที่มีความเค็มต่ำเป็นเวลานานจะทำให้หอยแมลงภู่มีการเจริญเติบโตชะงักและอัตราการตายสูงขึ้น (สถานีวิจัยประมงศรีราชา, 2545)

## 2.5 สถานการณ์ของการเลี้ยงหอยแมลงภู่

กรมประมง (2543) ได้จัดทำสถิติจำนวนฟาร์ม เนื้อที่เลี้ยงและผลผลิตหอยแมลงภู่ทั่วประเทศไทยในระหว่างปี 2529-2539 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนฟาร์ม เนื้อที่ ปริมาณ และมูลค่าของการเลี้ยงหอยแมลงภู่ (ตารางที่ 3)

จากการศึกษาจำนวนผู้ประกอบการและพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู่ทั่วประเทศของงานสถิติการประมง (2543) ที่ได้ดำเนินจัดทำสำมะโนประมงทะเลในระหว่างปี พ.ศ. 2538-2543 พบว่าจำนวนครัวเรือนของผู้ประกอบการเลี้ยงหอยแมลงภู่ทั่วประเทศในปี 2538 มีทั้งสิ้น 1,023 ราย คิดเป็นร้อยละ 35.1 ของผู้ประกอบการเลี้ยงหอยเศรษฐกิจทั้งหมด โดยมีพื้นที่การเลี้ยงจำนวน 3,995 ไร่ หรือร้อยละ 25.7 ของพื้นที่การเลี้ยงหอยเศรษฐกิจทั้งหมด ส่วนในปี 2543 ได้สำรวจพบว่า จำนวนครัวเรือนของผู้ประกอบการเลี้ยงหอยแมลงภู่มีทั้งสิ้น 732 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 34.5 มีพื้นที่การเลี้ยงจำนวน 4,277 ไร่ หรือร้อยละ 22.4 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังนั้นจะเห็นได้ว่า จำนวนครัวเรือนของผู้ประกอบการเลี้ยงหอยแมลงภู่ลดลงร้อยละ 28.5 แต่พื้นที่การเลี้ยงเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.1

ตารางที่ 3 สถิติจำนวนฟาร์ม เนื้อที่เลี้ยงและผลผลิตหอยแมลงภู่มูลงภูของประเทศไทยในระหว่างปี 2529-2539

ปี	จำนวนฟาร์ม (ราย)	เนื้อที่ (ไร่)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (บาท)
2529	301	1,227	11,095	19,462,000
2530	205	2,942	23,949	43,908,000
2531	171	2,194	44,237	93,499,000
2532	236	3,103	58,669	131,298,000
2533	205	2,978	58,380	136,100,000
2534	191	1,878	35,455	88,308,000
2535	250	1,266	14,032	43,899,000
2536	358	1,449	24,391	74,345,000
2537	607	2,105	43,082	149,632,000
2538	833	3,608	51,184	140,536,000
2539	947	3,542	35,489	159,470,000

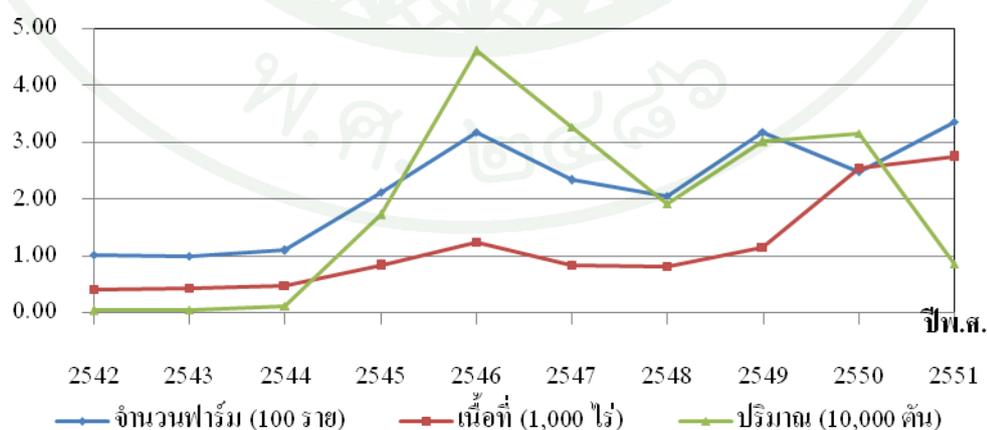
ปริมาณสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ปี 2542-2551 จากสถิติการประมง (2553) พบว่าเนื้อที่การเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่มูลงภูในจังหวัดชลบุรีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณหอยแมลงภู่มูลงภูในจังหวัดชลบุรีกลับลดลงในปี 2551 (ตารางที่ 4 และภาพที่ 5) และโครงการเพิ่มศักยภาพการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่กลุ่มจังหวัดที่ 7 (สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์) ได้รายงานสถิติจำนวนผู้เลี้ยงและเนื้อที่การเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่มูลงภูทั่วประเทศ (กรมประมง, 2549) พบว่าในปี 2542 – 2549 จำนวนผู้เลี้ยงและเนื้อที่การเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่มูลงภูทั่วประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ชัยพร สีขาว (2549) ได้สำรวจข้อมูลระยะไกลในการจัดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอยแมลงภู่มูลงภูแบบแพแขวน ในบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบว่า ในช่วงปี 2545, 2547 และ 2548 มีแพเลี้ยงหอยแมลงภู่มูลงภูเพิ่มขึ้น และจากสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2551 เนื้อที่สำหรับการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่มูลงภูในจังหวัดชลบุรีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ปริมาณหอยแมลงภู่มูลงภูในจังหวัดชลบุรีกลับลดลงในปี 2551 ดังภาพที่ 5 ความหนาแน่นเฉลี่ยของแพเลี้ยงหอยแมลงภู่มูลงภู 0.12 แพ/ไร่

ตารางที่ 4 ปริมาณและมูลค่าของหอยแมลงภู่ทั้งประเทศจากการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง จำนวนผู้เลี้ยง เนื้อที่การเลี้ยงหอยแมลงภู่ ความหนาแน่นเฉลี่ย และปริมาณหอยแมลงภู่ในจังหวัดชลบุรี (รวมผลผลิตจากปีกโป๊ะ)

ปี	ปริมาณหอยแมลงภู่ ทั้งประเทศ (1,000 ตัน)	มูลค่าทั้ง ประเทศ (ล้านบาท)	จังหวัดชลบุรี			ปริมาณ หอยแมลงภู่ (ตัน)
			จำนวน ฟาร์ม (ราย)	เนื้อที่ (ไร่)	ความหนาแน่น เฉลี่ย (แพ/ไร่)	
2542	73.9	292.7	102	415	0.25	415
2543	129.9	521.7	100	432	0.23	432
2544	148.5	449.1	110	480	0.23	1,150
2545	291.0	856.1	212	826	0.26	17,269
2546	263.9	842.6	318	1240	0.26	46,131
2547	261.7	890.9	234	845	0.28	32,703
2548	270.7	714.2	205	820	0.25	19,201
2549	229.7	780.6	319	1153	0.28	30,138
2550	228.3	773.7	248	2,558	0.10	31,608
2551	203.2	591.6	337	2,742	0.12	8,579

ที่มา: หนังสือสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2551 , กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง, เอกสารฉบับที่ 12/2553



ภาพที่ 5 จำนวนผู้เลี้ยง เนื้อที่การเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่และปริมาณหอยแมลงภู่ในจังหวัดชลบุรี (รวมผลผลิตจากปีกโป๊ะ) ในปี พ.ศ. 2544 - 2551

### 3. แบบจำลอง

ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับความจุของหอยแมลงภู่น้ำในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีจากงบออกซิเจนในสภาวะปกติ โดยใช้แบบจำลอง POM และแบบจำลองคุณภาพน้ำด้วยวิธี Finite Difference

#### 3.1 แบบจำลอง POM

แบบจำลอง POM พัฒนามาจากสมการพื้นฐาน คือ สมการอนุรักษ์มวลหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าสมการความต่อเนื่อง (Conservation of Mass หรือ Continuity Equation) สามารถแสดงดังสมการที่ 1 (George, 2004) ด้วยวิธี Finite Difference

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

และสมการโมเมนตัม (Momentum Equation) ในแนวตะวันออก-ตะวันตก และเหนือ-ใต้ แสดงดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

$$\begin{aligned} & \frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial x} + \frac{\partial UV D}{\partial y} + \frac{\partial U \omega}{\partial \sigma} - fVD + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \\ & \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^0 \left[ \frac{\partial \rho'}{\partial x} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial x} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[ \frac{K_M}{D} \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right] + F_x \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UV D}{\partial x} + \frac{\partial V^2 D}{\partial y} + \frac{\partial V \omega}{\partial \sigma} - fUD + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \\ & \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^0 \left[ \frac{\partial \rho'}{\partial y} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial y} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[ \frac{K_M}{D} \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right] + F_y \end{aligned} \quad (2.2)$$

- เมื่อ U, V = ความเร็วในแนวแกน x และ y ตามลำดับ
- $\omega$  = ความเร็วในแนวตั้ง
- $\sigma$  = sigma coordinate ในแนวตั้ง
- D = ความลึกน้ำทั้งหมด
- $\eta$  = ระดับผิวน้ำที่สูงขึ้นจากจุดอ้างอิง
- f = Coriolis Parameter

$g$  = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ( $9.806 \text{ m/s}^2$ )

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

$K_M$  = vertical kinematic viscosity

$\rho'$  = fluctuated density

$F_x, F_y$  = horizontal viscosity ซึ่งนิยามว่า

$$\text{เมื่อ } F_x \equiv \frac{\partial}{\partial x} [H\tau_{xx}] + \frac{\partial}{\partial y} [H\tau_{xy}] \quad (2.2a)$$

$$F_x \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left[ 2H \left( A_M \frac{\partial U}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ HA_M \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] \quad (2.2b)$$

$$F_y \equiv \frac{\partial}{\partial x} [H\tau_{xy}] + \frac{\partial}{\partial y} [H\tau_{yy}] \quad (2.2c)$$

$$F_y \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left[ 2H \left( A_M \frac{\partial V}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ HA_M \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] \quad (2.2d)$$

โดยที่  $A_M$  = horizontal viscosity

สมการทรงมวลของสารและสมการโมเมนตัมเป็นสมการที่สามารถนำมาใช้เป็นสมการพื้นฐานเพื่อคำนวณการไหลของน้ำแบบ 2 มิติ เมื่อแหล่งน้ำที่ศึกษามีค่าระดับความลึกเฉลี่ยเป็นแบบน้ำตื้น (รัชตวรรณ, 2547)

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

$$\Delta t_E \leq \frac{1}{C_t} \left| \frac{1}{\delta x^2} + \frac{1}{\delta y^2} \right|^{-1/2} \quad (3.1a)$$

$$\text{เมื่อ } C_t = 2(gH)^{1/2} + U1_{\max} \quad (3.1b)$$

$U1_{\max}$  = ความเร็วที่เป็นไปได้มากที่สุด (maximum velocity)

และจังหวะเวลาภายในถูกกำหนดด้วย

$$\Delta t_i \leq \frac{1}{C_T} \left| \frac{1}{\delta x^2} + \frac{1}{\delta y^2} \right|^{-1/2} \quad (3.2a)$$

$$\text{เมื่อ } C_T = 2C + U_{2_{\max}} \quad (3.2b)$$

$C$  = อัตราเร็วของ internal gravity wave ค่ามากที่สุด  
กำหนดให้เป็น 2 เมตร/วินาที

$U_{2_{\max}}$  = อัตราเร็วการพามาที่มากที่สุด (maximum advective speed)

$\delta x$  และ  $\delta y$  คือ ระยะห่างระหว่างช่องกริดในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

### 3.2 แบบจำลองคุณภาพน้ำ

แบบจำลองคุณภาพน้ำ (Water quality model) เป็นแบบจำลองที่ใช้อธิบายคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การลดลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เนื่องจากมีการระบายสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำ แบบจำลองคุณภาพน้ำสามารถจำแนกเป็น 2 ประเภทหลักคือ Steady State Model ใช้สำหรับกรณีที่ตัวแปรด้านคุณภาพและปริมาณน้ำซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และ Dynamic และ Transient model ใช้กับปรากฏการณ์ที่ตัวแปรมีการผันแปรไปตามเวลา ซึ่งการศึกษานี้ใช้แบบจำลองคุณภาพน้ำแบบ Dynamic model

Leendertse (1970) ได้พัฒนาแบบจำลอง 2 มิติ แบบเฉลี่ยตามความลึกเพื่อคำนวณการแพร่กระจายของความเค็ม และดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) และค่า DO (dissolved oxygen) ในบริเวณปากแม่น้ำและทะเลบริเวณชายฝั่ง โดยมีพื้นฐานมาจากสมการสมดุลมวลของความเค็ม และดัชนีคุณภาพน้ำ ซึ่งการแพร่กระจายเกิดจากการพัดพา การฟุ้งกระจาย และ การกำเนิดและการสลายตัว ในการคำนวณได้ใช้ค่าความเร็วที่คำนวณจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่ได้พัฒนาไว้ก่อนหน้านี้ โดยนำมาเป็นข้อมูลขาเข้าของแบบจำลองคุณภาพน้ำ ผลงานของ Leendertse ได้กระตุ้นความสนใจและเป็นต้นแบบของการพัฒนาแบบจำลองคุณภาพน้ำโดยการเชื่อมโยงแบบจำลองอุทกพลศาสตร์และแบบจำลองคุณภาพน้ำในเวลาต่อมา

Potapirom (1985) ได้ทำการศึกษากระแสน้ำขึ้นลงและปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบริเวณอ่าว Fukaura และช่องแคบ Wakamatsu ประเทศญี่ปุ่น โดยการจำลองกระแสน้ำขึ้นลงวิธี Finite difference โดยใช้สมการ Navier - stoke และสมการต่อเนื่องมาประยุกต์ใช้โดยแบ่งเป็นกริดขนาดเล็ก และกริดขนาดใหญ่ ส่วนแบบจำลองทางออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ ได้ใช้

แบบจำลองของ Horiguchi มาพัฒนาจากแบบจำลองทั้งสองสามารถหาความสัมพันธ์ของจำนวนปลา และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ปลาต้องใช้ ซึ่งจากผลดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ศึกษาความจุที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลาในอ่าวได้ และจัดการกับการเลี้ยงปลา ในกระชังให้มีปริมาณที่เหมาะสมในบริเวณอ่าว

สมการพื้นฐาน

$$\frac{dS}{dt} = U \frac{\partial S}{\partial x} + V \frac{\partial S}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial S}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial S}{\partial y} + R$$

เมื่อ	$S$	=	ปริมาณของออกซิเจนเฉลี่ยตลอดแนวตั้ง
	$U \frac{\partial S}{\partial x}, V \frac{\partial S}{\partial y}$	=	การพาของน้ำตามแนวแกน x และ y ตามลำดับ
	$\frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial S}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial S}{\partial y}$	=	การแพร่กระจายในน้ำตามแนวแกน x และ y ตามลำดับ
	$R$	=	ปัจจัยที่มีผลต่อออกซิเจนที่ละลายน้ำในแหล่งน้ำ ได้แก่ อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ อัตราการบริโภคออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ อัตราการบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน และ อัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้โมเดลการแพร่กระจายของออกซิเจนในการประเมิน stocking capacity จากสมการอนุพันธ์ของ DO กับ Finite Difference (Potapirom, 1985) แสดงดังสมการ

$$\frac{\partial S}{\partial t} = (S_{i,j}^{n+1} - S_{i,j}^n) / \Delta t$$

$$U \cdot \frac{\partial S}{\partial x} = U_{i,j}^{n+1} \cdot [(S_{i,j+1}^{n+1} - S_{i,j-1}^{n+1}) / 2 \cdot \Delta x]$$

$$V \cdot \frac{\partial S}{\partial y} = V_{i,j}^{n+1} \cdot [(S_{i-1,j}^{n+1} - S_{i+1,j}^{n+1}) / 2 \cdot \Delta y]$$

$$\frac{1}{h} \cdot \frac{\partial (K_x \cdot h \cdot \frac{\partial S}{\partial X})}{\partial X} = \frac{1}{h_{i,j}} \cdot \Delta S \cdot \left[ \frac{K_{i,j+1} + K_{i,j}}{2} \cdot \frac{h_{i,j+1} + h_{i,j}}{2} \cdot \frac{S_{i,j+1}^{n+1} - S_{i,j}^{n+1}}{\Delta s} - \frac{K_{i,j} + K_{i,j-1}}{2} \cdot \frac{h_{i,j} + h_{i,j-1}}{2} \cdot \frac{S_{i,j}^{n+1} - S_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta s} \right]$$

$$\frac{1}{h} \cdot \frac{\partial (K_y \cdot h \cdot \frac{\partial S}{\partial Y})}{\partial Y} = \frac{1}{h_{i,j}} \cdot \Delta S \cdot \left[ \frac{K_{i-1,j} + K_{i,j}}{2} \cdot \frac{h_{i-1,j} + h_{i,j}}{2} \cdot \frac{S_{i-1,j}^{n+1} - S_{i,j}^{n+1}}{\Delta s} - \frac{K_{i,j} + K_{i+1,j}}{2} \cdot \frac{h_{i,j} + h_{i+1,j}}{2} \cdot \frac{S_{i,j}^{n+1} - S_{i+1,j}^{n+1}}{\Delta s} \right]$$

ดังนั้น  $S_{i,j}^n = AS_{i,j}^{n+1} + BS_{i,j+1}^{n+1} + CS_{i,j-1}^{n+1} + DS_{i+1,j}^{n+1} + ES_{i-1,j}^{n+1} + RS_{i,j}^{n+1}$

เมื่อ  $A = 1 + \left(1/(h_{i,j} \cdot 4)\right) \cdot (K_{i,j+1} + K_{i,j}) \cdot (h_{i,j+1} + h_{i,j}) \cdot \Delta t / \Delta s^2$   
 $+ \left(1/(h_{i,j} \cdot 4)\right) \cdot (K_{i,j} + K_{i,j-1}) \cdot (h_{i,j} + h_{i,j-1}) \cdot \Delta t / \Delta s^2$   
 $+ \left(1/(h_{i,j} \cdot 4)\right) \cdot (K_{i,j-1} + K_{i,j}) \cdot (h_{i-1,j} + h_{i,j}) \cdot \Delta t / \Delta s^2$   
 $+ \left(1/(h_{i,j} \cdot 4)\right) \cdot (K_{i,j} + K_{i,j+1}) \cdot (h_{i,j} + h_{i+1,j}) \cdot \Delta t / \Delta s^2$

$$B = (\Delta t / 2 \cdot \Delta s) \cdot U_{i,j}^{n+1} - \left(1/(4 \cdot h_{i,j})\right) \cdot (K_{i,j+1} + K_{i,j}) \cdot (h_{i,j+1} + h_{i,j}) \cdot \Delta t / \Delta s^2$$

$$C = (-\Delta t / 2 \cdot \Delta s) \cdot U_{i,j}^{n+1} - \left(1/(4 \cdot h_{i,j})\right) \cdot (K_{i,j} + K_{i,j-1}) \cdot (h_{i,j} + h_{i,j-1}) \cdot \Delta t / \Delta s^2$$

$$D = (\Delta t / 2 \cdot \Delta s) \cdot V_{i,j}^{n+1} - \left(1/(4 \cdot h_{i,j})\right) \cdot (K_{i-1,j} + K_{i,j}) \cdot (h_{i-1,j} + h_{i,j}) \cdot \Delta t / \Delta s^2$$

$$E = (-\Delta t / 2 \cdot \Delta s) \cdot V_{i,j}^{n+1} - \left(1/(4 \cdot h_{i,j})\right) \cdot (K_{i,j} + K_{i+1,j}) \cdot (h_{i,j} + h_{i+1,j}) \cdot \Delta t / \Delta s^2$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

โดยที่  $R_1 =$  อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ

$R_2 =$  อัตราการบริโภคออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ

$R_3 =$  อัตราการบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน

$R_4 =$  อัตราการบริโภคออกซิเจนของสัตว์น้ำเป้าหมาย

การคำนวณเสถียรภาพของแบบจำลองการแพร่กระจายพิจารณาความเร็ว และจังหวะเวลา (Horiguchi, 1969) ถูกกำหนดด้วย

$$4 \frac{\Delta t}{\Delta s} \left( \frac{U}{2} - \frac{k}{\Delta s} \right) < 1$$

เมื่อ  $U$  = ความเร็วที่เป็นไปได้มากที่สุด (เช่นติเมตร/วินาที)

### 3.2.1 การรับและการใช้ออกซิเจนของแบบจำลอง

#### 1) อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ

จากการศึกษาของ Thames Survey Committee (1964) อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำกับอากาศเกิดขึ้น โดยการแพร่ของ โมเลกุล เมื่อน้ำเคลื่อนไหวอัตราการแพร่จะเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\frac{dS}{dt} = \frac{K_1}{H} (S_s - S_{i,j}) = R_1$$

เมื่อ  $R_1$  = อัตราการแลกเปลี่ยนของออกซิเจน (มิลลิกรัม/ลิตร/วินาที)

$K_1$  = exchange coefficient (เช่นติเมตร/วินาที)

$S_s$  = ความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดอิ่มตัว (มิลลิกรัม/ลิตร)

$S$  = ความเข้มข้นของออกซิเจนที่เวลา  $t$  (มิลลิกรัม/ลิตร)

$H$  = depth (เช่นติเมตร)

เราอาจหา  $S_s$  ได้จากความสัมพันธ์

$$S_s = 14.161 - 0.3943T + 0.007716T^2 - 0.0000646T^3 \\ - Sa(0.0841 - 0.00256T + 0.0000354T^2)$$

เมื่อ  $T$  = อุณหภูมิน้ำ (°C)

$Sa$  = ความเค็ม (กรัม/1000 กรัม)

และ Thames Survey Committee กำหนดความสัมพันธ์ของค่า  $K_1$  ด้วยความเร็วลม ซึ่งค่า  $K_1$  มีค่าประมาณ 0.0011 เซนติเมตร/วินาที และ  $S_2$  ประมาณ 6.47 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 28 °C

## 2) อัตราการผลิตและใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ

ใช้วิธี Light and Dark Bottle (APHA *et al.*, 1980) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราการผลิตออกซิเจนและการใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำดังนี้

$$\text{อัตราการผลิตออกซิเจน} = (DO_{\text{light}} - DO_{\text{dark}}) / \Delta t$$

$$\text{อัตราการใช้ออกซิเจน (R}_2\text{)} = (DO_{\text{init}} - DO_{\text{dark}}) / \Delta t$$

การใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำในช่วงกลางคืน ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้ออกซิเจนมากที่สุด เนื่องจากไม่มีการเพิ่มของออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสง

## 3) อัตราการบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน

ดัดแปลงจากวิธีการของ จารุวัฒน์ และคณะ (2533) วัดอัตราการใช้ออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดินโดยใช้ชุดอุปกรณ์ซึ่งประกอบด้วย กล่องพลาสติกที่ด้านบนของกล่องมีช่องสำหรับต่อกับเครื่องวัดออกซิเจน บันทึกปริมาณออกซิเจนที่ลดลงทุก 1 นาที จนค่า DO ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตรหรือปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำค่อนข้างคงที่ นำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน

$$R_3 = \frac{R_s \cdot h}{H} \text{ มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง}$$

เมื่อ  $R_s$  = อัตราการบริโภคออกซิเจนของดินในชุดอุปกรณ์ (มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง)  
 $h$  = ความสูงของน้ำในชุดอุปกรณ์ (m)

## 4) อัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่

ดัดแปลงจากวิธีการของ จารุวัฒน์ และคณะ (2533) นำหอยแมลงภู่ทั้งสายมาพักในน้ำที่เตรียมไว้เพื่อลดความเครียด แล้วใส่ลงใน respiration chamber เก็บข้อมูลโดยใช้

เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน สอดลงใน chamber แล้วทำการปิดผนึกด้วยแผ่นพลาสติก จดบันทึก  
 ทุกๆ 1 นาที จนค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงเหลือ 2 มิลลิกรัม/ลิตรหรือปริมาณออกซิเจน  
 ที่ละลายน้ำค่อนข้างคงที่ แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหนึ่งสาย  
 หอย

$$R_4 = \frac{V_E}{1000 \cdot D \cdot \Delta s^2} N \cdot R_E \quad \text{มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง/สายหอย}$$

เมื่อ  $R_E$  = อัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่ต่อหนึ่งสายหอย (มิลลิกรัม/ลิตร/  
 ชั่วโมง/สายหอย)

$V_E$  = ปริมาตรน้ำใน chamber (ลิตร)

$N$  = จำนวนสายหอย (สาย)

$\Delta s^2$  = พื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู่ (ตารางเมตร)

$D$  = ความลึกพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู่ (เมตร)

การเลี้ยงหอยแมลงภู่ในอำเภอรราชานิยมเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือก เนื่องจาก  
 สามารถเลี้ยงได้ในบริเวณคลื่นลมแรงพอสมควร พื้นดินเป็นดินแข็งบริเวณที่ปักไม้ไม่ลงก็สามารถ  
 เลี้ยงได้ ส่วนตัวแพที่เลี้ยงมีความคงทนมีอายุการใช้งานนานหลายปี วัสดุที่ใช้หาง่ายมีตามท้องตลาด  
 ทั่วไปและเป็นการนำเศษวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (กรมประมง, 2543) ซึ่งแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ขนาด 1 ไร่  
 (40x40 ตารางเมตร) มีจำนวนสายหอย เท่ากับ 8,000 สาย และแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ขนาด 1 งาน  
 (20x20 ตารางเมตร) มีจำนวนสายหอย เท่ากับ 2,000 สาย

การหาค่าตอบโดยประมาณโดยวิธี Successive over relaxation method (S.O.R) เป็น  
 วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการหาค่าตอบ โดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์ และสมการอินทิกรัล ซึ่งใช้  
 วิธีแทนค่าฟังก์ชันที่แท้จริงด้วยฟังก์ชันโดยประมาณลงในสมการหลัก จากนั้นหาค่าสัมประสิทธิ์ที่  
 จะทำให้ค่าคลาดเคลื่อน (error) ที่เกิดขึ้นจากการประมาณมีค่าน้อยที่สุด แสดงดังสมการ

$${}^{n+1}S_{ij}^{t+1} = {}^nS_{ij}^{t+1} + \alpha_2 \cdot {}^nR_{ij}^{t+1}$$

เมื่อ	$\alpha_2$	=	acceleration parameter ( $1 < \alpha_2 < 2$ )
	${}^n S_{ij}^{t+1}$	=	n th iterated value
	${}^n R_{ij}^{t+1}$	=	displacement or specified accuracy

สำหรับการศึกษานี้ ใช้  $\alpha_2 = 1.3$ ,  ${}^n R_{ij}^{t+1} = 0.1$

ความคลาดเคลื่อน (Error) ที่เกิดขึ้นของแบบจำลองเป็นการแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด การหาค่าความผิดพลาดคำนวณได้จากสมการ

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{ค่าที่วัดได้จริง} - \text{ค่าที่ได้จากแบบจำลอง}}{\text{ค่าที่วัดได้จริง}} \times 100$$

ค่าที่วัดได้จริง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล พร้อมระบบปฏิบัติการ
2. โปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
3. แผนที่ภูมิประเทศ, กล้องถ่ายภาพ, และภาพถ่ายดาวเทียม
4. ชุดอุปกรณ์วัดความเร็วกระแสน้ำ
5. ชุดหุ่นลอย
6. เครื่องบอกพิกัดบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS)
7. เครื่องวัดคุณภาพน้ำ DO-SCT รุ่น YSI 85
8. อุปกรณ์วัดความโปร่งใส (Secchi disc)
9. ชุดอุปกรณ์วัดอัตราการใช้ออกซิเจนของดิน
10. ชุดอุปกรณ์การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนในน้ำ
11. ชุดอุปกรณ์การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนของสัตว์น้ำ
12. ขวดบีโอดี (BOD) ขนาด 300 มิลลิลิตร
13. ขวดพลาสติกสำหรับเก็บน้ำตัวอย่างขนาด 1 ลิตร
14. บีกเกอร์ขนาด 50, 100, 250 และ 1,000 มิลลิลิตร
15. กระดาษฟอยล์ (Aluminium foil)
16. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
17. ชุดกรองสูญญากาศ (Buthner chanal)
18. กระดาษกรอง GF/C (Glass microfibre filters) ยี่ห้อ Whatman
19. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
20. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

## วิธีการ

### พื้นที่ศึกษา

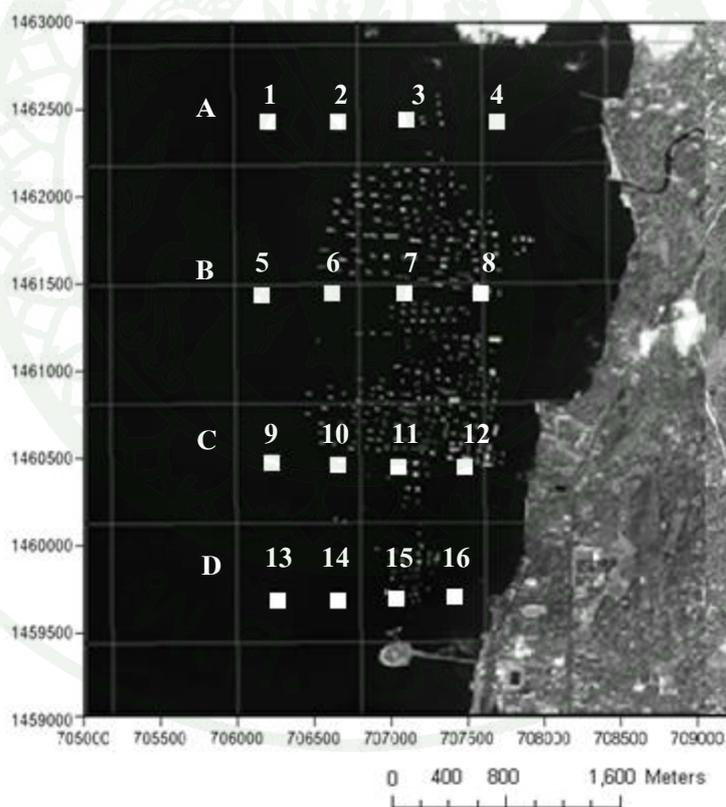
สถานที่ทำการวิจัย คือ อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี (1458000-1464300 N และ 700800-709500 E) แบ่งเป็น 4 พื้นที่ คือ พื้นที่ A, B, C, และ D ดังภาพที่ 6 โดย

พื้นที่ A เป็นพื้นที่เลี้ยงหอยแบบเชือกด้านเหนือ (หาดวนนนภา)

พื้นที่ B เป็นพื้นที่เลี้ยงหอยแบบเชือกตรงกลาง (บางพระ)

พื้นที่ C เป็นพื้นที่เลี้ยงหอยแบบเชือกตรงกลาง (ศรีราชา)

พื้นที่ D เป็นพื้นที่เลี้ยงหอยแบบเชือกด้านใต้ (เกาะลอย)



ภาพที่ 6 พื้นที่ A, B, C, และ D ในพื้นที่ศึกษา อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (2552)

การศึกษาแบ่งออกเป็น

1. การศึกษาการแพร่กระจายพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู๋ ในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี จากภาพถ่ายดาวเทียม THEOS ระบบบันทึกภาพแบบ Panchromatic ซึ่งมีค่า Spatial resolution  $2 \times 2$  เมตร<sup>2</sup> มีค่า Geodetic datum: WGS 84 และ Map project: N UTM 47

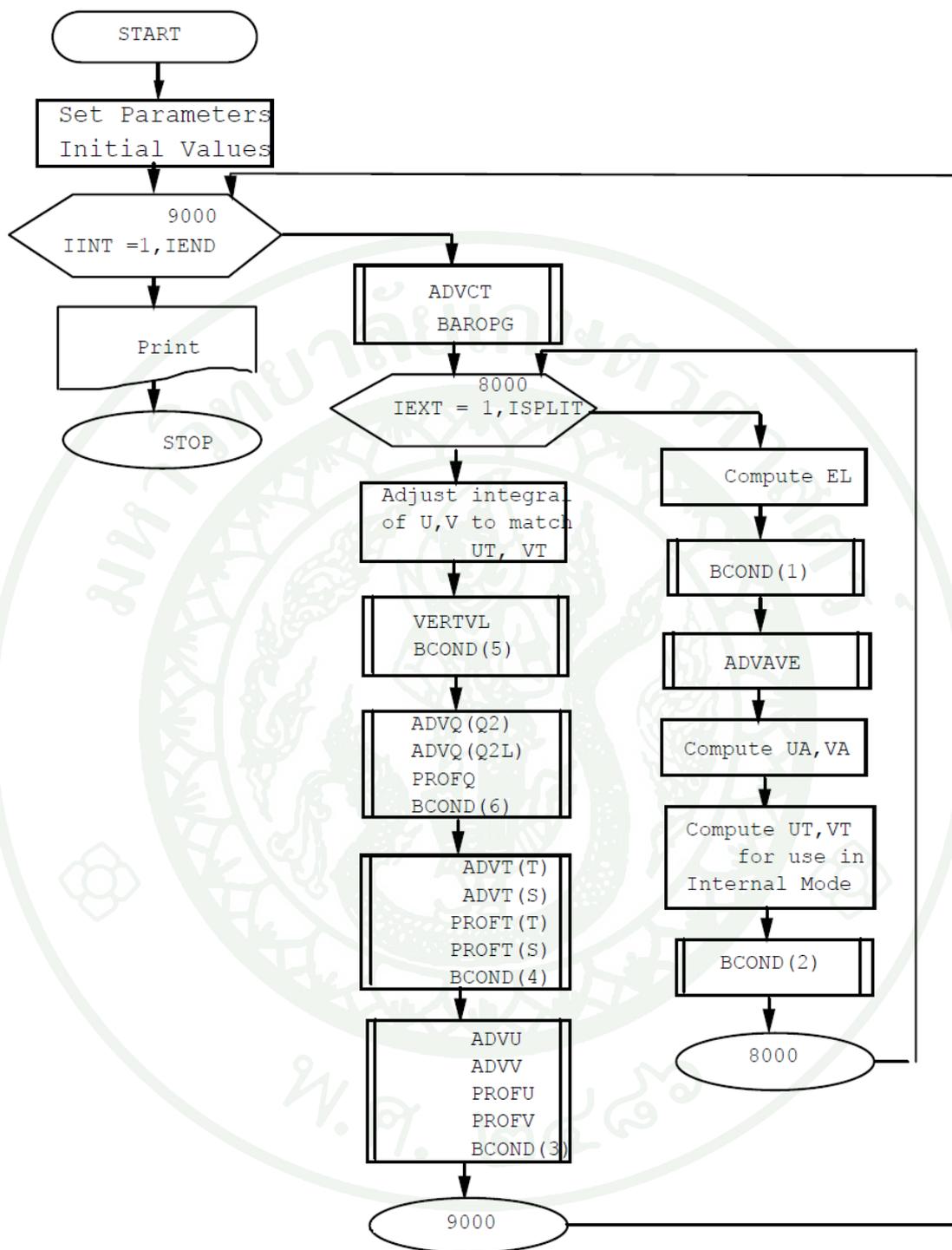
ประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อศึกษาและตีความหมายภาพ และหาว่าพื้นที่ใดเป็นแพเลี้ยงหอย พร้อมสำรวจพื้นที่ศึกษาเพื่อนับจำนวนแพ และพื้นที่เลี้ยงหอย อีกทั้งทำการประเมินพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู๋ บริเวณอำเภอศรีราชา โดยสร้างรูปพื้นที่หลายเหลี่ยม (polygon) เพื่อแสดงพื้นที่เลี้ยงหอย

2. การศึกษาภาพถ่ายการเคลื่อนที่ของน้ำในพื้นที่ศึกษา

2.1 การศึกษากระแสน้ำในอำเภอศรีราชา โดยเก็บข้อมูลความเร็วกระแสน้ำทุก 10 นาที ในวันที่ 25 มกราคม 2553 เป็นเวลา 20 วัน โดยติดตั้งเครื่องวัดกระแสน้ำรุ่น SD 6000 ที่ความลึกประมาณ 2 เมตร บริเวณพื้นที่ C (ศรีราชา) และลอยชุดทุ่นลอย จำนวน 2 ชุด ซึ่งประกอบด้วยโครงเหล็กกรงสี่เหลี่ยมขนาด  $12 \times 12$  นิ้ว ประกอบเป็นลักษณะคล้ายใบพัด ผูกโยงกับทุ่นลอยความลึกประมาณ 1 เมตร ขณะน้ำเกิด ในช่วงน้ำลงเวลา 19:00 น. – 22:00 น. ในวันที่ 31 มกราคม 2553 และน้ำขึ้นเวลา 2:00 น. – 5:00 น. ในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2553

2.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการเคลื่อนที่ของน้ำในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้แบบจำลอง POM

แบบจำลองครอบคลุมพื้นที่อำเภอศรีราชา  $700800 - 709500$  E และ  $1458000 - 1464300$  N โดยกำหนดเงื่อนไขขอบให้มีน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณด้านเหนือและใต้ของแบบจำลอง แผนภูมิสายงานของแบบจำลอง POM แสดงผังภาพที่ 7 และปัจจัยต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5



ภาพที่ 7 แผนภูมิสายงานของแบบจำลอง POM

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลอง POM 2 มิติ

Description	Unit	Symbol	Value
Outer limits of horizontal grid index		im,jm	30, 22
External mode time step	sec	dte	3
Internal mode time step	sec	dti	45
Grid spacing	m	dx,dy	300
Coefficient of Smagorinsky diffusivity		horcon	0.2
Von Karman's constant		kappa (K)	0.4
Horizontal kinematic viscosity	$m^2 s^{-1}$	aam	80
Default density	$kg/m^3$	rhoref	1025
Boundary conditions tide	m/degree	H/K	$K_1, O_1, M_2, S_2$ (สุนทรี และมณฑล, 2553)

2.3 การปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการเคลื่อนที่ของน้ำในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยสร้างแผนภาพจำลองการไหลของน้ำกำหนดด้วยลูกศรแสดงความเร็ว กระแสน้ำ ซึ่งขนาดความยาวของลูกศรแสดงอัตราเร็วของกระแสน้ำ และทิศของลูกศรแสดงทิศทาง

### 3. การศึกษาการแพร่กระจายของออกซิเจนที่ละลายน้ำ

3.1 วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน โดยจากพื้นที่ศึกษา อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี จะวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำทุก 2 ชั่วโมง ที่ระดับ 1 เมตร ในพื้นที่ A, B, C, และ D พื้นที่ละ 4 จุด

3.2 วัดความเค็ม อุณหภูมิ และ ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำ DO-SCT รุ่น YSI 85 และความโปร่งแสง โดยใช้ Secchi disc บริเวณเรือเกษตรศาสตร์ 1 ทุก 2 ชั่วโมง จำนวน 13 ครั้ง

3.3 เก็บตัวอย่างน้ำที่เรือเกษตรศาสตร์ 1 ระดับกลางน้ำ ทำ 3 ซ้ำ ทุก 2 ชั่วโมง จำนวน 13 ครั้ง เก็บตัวอย่างน้ำใส่ในขวดปริมาตร 500 มิลลิลิตร แช่เย็นที่ 4°C นำกลับไปห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และตะกอนแขวนลอย

4. การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน คัดแปลงจากวิธีการของ จารุวัฒน์ และคณะ (2533) โดยเก็บตัวอย่างดินประมาณ 10 เซนติเมตร บริเวณพื้นที่ C แล้ววัดอัตราการใช้ออกซิเจนของดินโดยใช้ชุดอุปกรณ์ (ภาพที่ 8) ซึ่งประกอบด้วย กล่องพลาสติกที่ด้านบนของกล่องมีช่องสำหรับต่อกับเครื่องวัดออกซิเจน ต่อเครื่องวัดออกซิเจนกับกล่องซึ่งมีน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร โดยไม่ให้ในกล่องมีฟองอากาศเหลืออยู่ วัดปริมาณออกซิเจนที่ลดลงในกล่องทดลอง บันทึกปริมาณออกซิเจนที่ลดลงทุก 1 นาที จนปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร หรือก่อนข้างคองที่ นำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนของดิน



ภาพที่ 8 ชุดอุปกรณ์วัดอัตราการใช้ออกซิเจนของดิน

5. การศึกษาอัตราการผลิตและใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยใช้วิธี Light and Dark Bottle (APHA *et al.*, 1980) โดยเก็บน้ำตัวอย่างที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นระดับที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชอาศัยอยู่มากที่สุด จึงเป็นตัวแทนได้ดีที่สุด เก็บน้ำที่ได้ใส่ในขวดบีโอดี ขนาดบรรจุ 300 มิลลิลิตร โดยไม่ให้เกิดฟองอากาศ ในแต่ละจุดจะนำน้ำใส่ขวดบีโอดี 3 ขวด โดยขวดแรกคือขวดที่ทำ การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ( $DO_{init}$ ) ด้วยเครื่องวัดปริมาณออกซิเจน ขวดที่สองเป็นขวดมืดวัดการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $DO_{dark}$ ) ห่อขวดด้วยฟอยล์เพื่อไม่ให้มีแสงเข้า ขวดที่สามเป็นขวดสว่าง ( $DO_{light}$ ) วัดการสังเคราะห์แสงของสิ่งมีชีวิตในน้ำไม่ห่อฟอยล์ นำขวดที่ 2 และ 3 ไปแขวนบริเวณพื้นที่ B เพื่อให้สภาวะแวดล้อมเหมือนกัน ทั้ง

ไว้เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยเก็บข้อมูล 3 ช่วงเวลา คือ 3:00-6:00 น, 10:30-13:30 น และ 18:00-21:00 น ทำ 3 ซ้ำ โดยนำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราการผลิตและใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำดังนี้

$$\text{อัตราการผลิตออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ} = (DO_{\text{light}} - DO_{\text{dark}}) / \Delta t$$

$$\text{อัตราการใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ} = (DO_{\text{init}} - DO_{\text{dark}}) / \Delta t$$

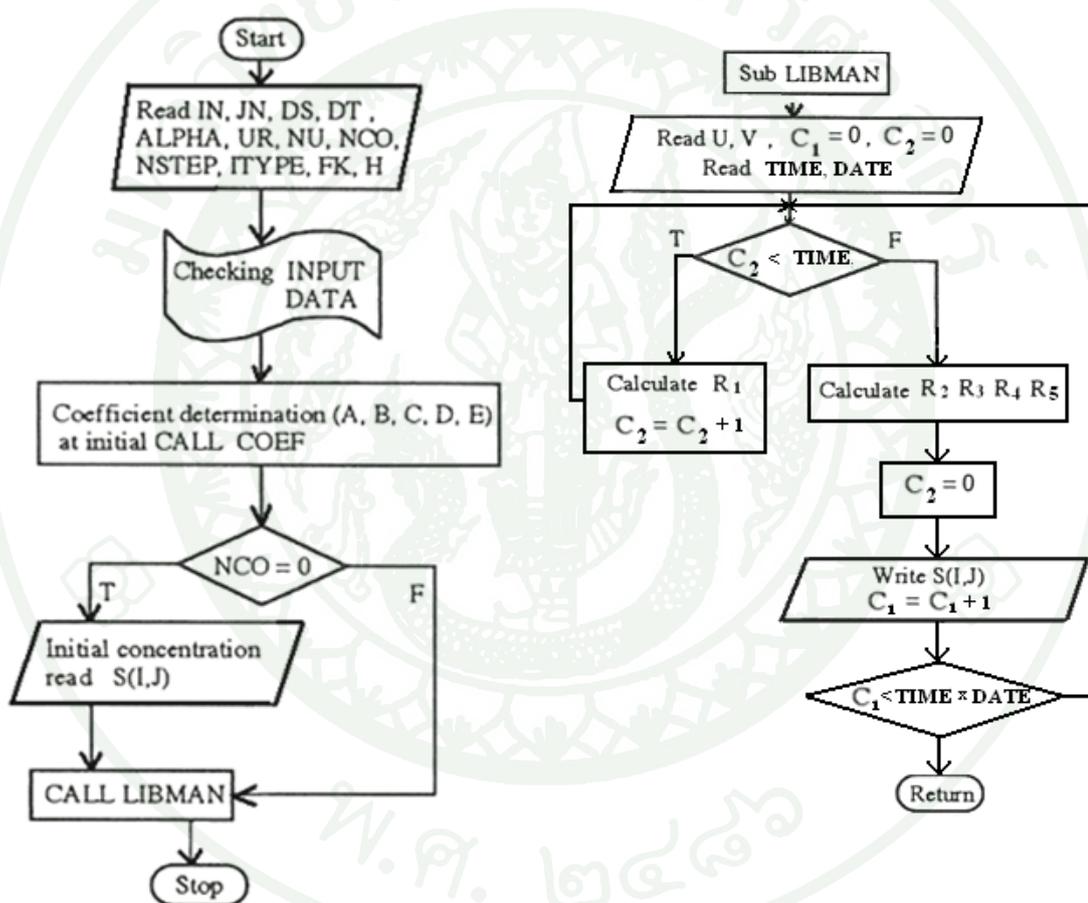
6. การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของหอยแมลงภู่ โดยดัดแปลงจากวิธีการของ จารุวัฒน์ และคณะ (2533) นำหอยแมลงภู่ทั้งสายมาพักในน้ำที่เตรียมไว้เพื่อลดความเครียด แล้วใส่ลงใน respiration chamber เก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน สอดลงใน chamber (ภาพที่ 9) แล้วทำการปิดผนึกด้วยแผ่นพลาสติก จดบันทึกทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงเหลือ 2 มิลลิกรัม/ลิตรหรือก่อนข้างคงที่ แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล อัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหนึ่งสายหอย



ภาพที่ 9 ชุดอุปกรณ์วัดอัตราการใช้ออกซิเจนของหอยแมลงภู่

7. การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนของพื้นที่เลี้ยง  
หอยแมลงภู่

แบบจำลองการแพร่กระจายออกซิเจนที่ละลายน้ำครอบคลุมพื้นที่อ่าวศรีราชา 700800 –  
709500 E และ 1458000 - 1464300 N โดยกำหนดปัจจัยต่างๆ แสดงดังตารางที่ 6 และมีลำดับการ  
คำนวณดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แผนภูมิสายงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน

หมายเหตุ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้สามารถเลือกวิเคราะห์ได้หลายแบบโดยเลือกจากการ  
กำหนดค่า NCO ในการวิเคราะห์การกระจายของออกซิเจนนี้จะเลือกให้ค่า NCO = 0

ตารางที่ 6 ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองการแพร่กระจายออกซิเจนที่ละลายน้ำ

Description	Unit	Symbol	Value
Time step	sec	$\Delta t$	120
Grid spacing	m	dx,dy	300
Acceleration parameter		$\alpha_2$	1.3
Displacement or specified accuracy		R	0.1
Eddy diffusion coefficient	cm <sup>2</sup> /sec	K	10 <sup>5</sup>
Exchange coefficient	cm/sec	K <sub>1</sub>	0.0011
Saturation oxygen concentration at 28°C	mg/l	S <sub>s</sub>	6.47
Initial dissolved oxygen	mg/l		7.00

#### 8. การประเมินความจุที่เหมาะสมของหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

- 1) กรณีศึกษาวันที่ 29–30 มกราคม 2553 จำนวนแพหอยแมลงภูกระจายตามความหนาแน่นจริง และมีจำนวนสายหอย 2,000 สาย/แพ
- 2) กรณีที่การกระจายความหนาแน่นของแพเลี้ยงหอยแมลงภูเท่ากัน เพื่อกระจายการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภูให้เท่ากัน และมีจำนวนสายหอย 2,000 สาย/แพ
- 3) กรณีที่เกิดจากการกระจายความหนาแน่นของแพเลี้ยงหอยแมลงภูให้เท่ากัน และเพิ่มจำนวนสายหอยแมลงภู (N) ให้มากที่สุด โดยหอยแมลงภูจะไม่ถูกจำกัดการเจริญเติบโต ซึ่งประมาณการจากการทดลองคำนวณสายหอยที่เหมาะสมต่อการบริโภคออกซิเจนในน้ำที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 3.00 มิลลิกรัม/ลิตร

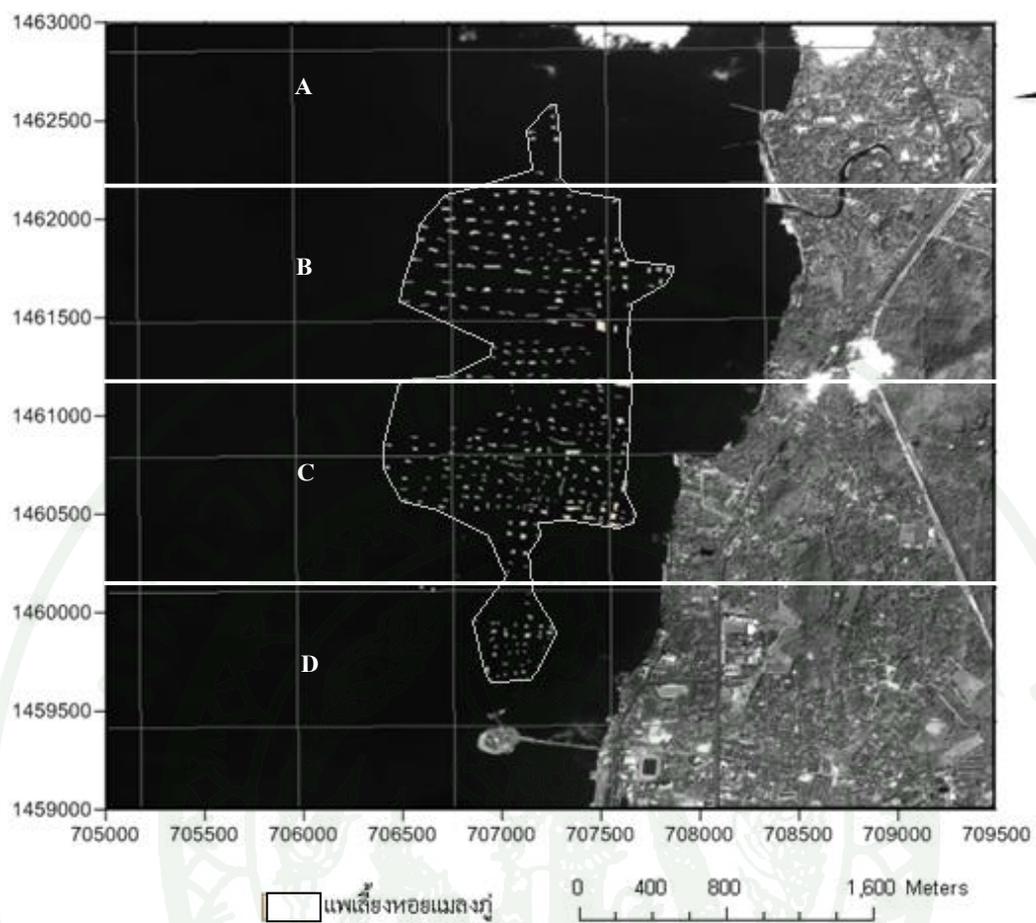
## ผลและวิจารณ์

### 1. การศึกษาการแพร่กระจายของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี จากภาพถ่ายดาวเทียม THEOS ระบบบันทึกภาพแบบ Panchromatic

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะโครงสร้างแบบราสเตอร์ (Raster structure) ซึ่งการวิเคราะห์เบื้องต้นใช้โปรแกรม ENVI 4.0 โดยวิธี Adding color to image ซึ่งผลที่ได้จะทำให้สามารถจำแนกสีของแพหอยแมลงภูได้ดีขึ้น จากนั้นทำการประมวลผลและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในลักษณะโครงสร้างแบบเวกเตอร์ (Vector structure) โดยใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสร้าง polygon ให้กับแพหอยแมลงภูด้วยวิธี Screen digitizing

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS ระบบบันทึกภาพแบบ Panchromatic พบว่ามีแพเลี้ยงหอยแมลงภูในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ทั้งหมด 376 แพ พื้นที่ของแพหอยแมลงภู 85 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ในอำเภอ 2,750 ไร่ (ภาพที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกัน เมื่อเทียบผลที่ได้กับปี พ.ศ. 2545, 2547 และ 2548 ในการสำรวจข้อมูลระยะไกลในการจัดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอยแมลงภูแบบแพแขวน ในบริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีของชัยพร (2549) ที่พบว่ามีจำนวนแพเลี้ยงหอยแมลงภูเพิ่มขึ้น และมีการกระจายตัวของแพเลี้ยงหอยแมลงภูครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่เขตบริเวณหน้าวัดเขาบางพระ ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จนถึงบริเวณหน้าโรงเรียนเทศบาลบ้านศรีราชา อำเภอศรีราชา โดยจะพบแพเลี้ยงหอยแมลงภูหนาแน่นที่สุดที่บริเวณแหลมอีสง ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา หรือในบริเวณกลุ่มชอยมะขามหนู

บริเวณที่มีการเลี้ยงหอยแมลงภูในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในปี พ.ศ. 2552 มีตั้งแต่บางพระเรื่อยมาจนถึงเกาะลอย แบ่งเป็น โซน A (หาดวนนภา), B (บางพระ), C (ศรีราชา), และ D (เกาะลอย) พบว่าโซน A เป็นพื้นที่ด้านเหนือของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูแพเลี้ยงหอยแมลงภูกระจายตัวน้อย และหนาแน่นเฉพาะบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 เท่านั้น ซึ่งมีความหนาแน่น 0.16 แพงาน/ไร่ โซน B และ C การกระจายตัวของแพหอยแมลงภูมาก ความหนาแน่นของแพเลี้ยงหอยแมลงภูมากที่สุด 0.25 แพงาน/ไร่ โดยมีแพเลี้ยงหอยแมลงภูกระจายอยู่ทั่วไป ส่วนโซน D เป็นพื้นที่ด้านใต้ของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู การกระจายตัวของแพหอยแมลงภูน้อย ความหนาแน่นของแพเลี้ยงหอยแมลงภูเท่ากับโซน B และ C คือ 0.25 แพงาน/ไร่



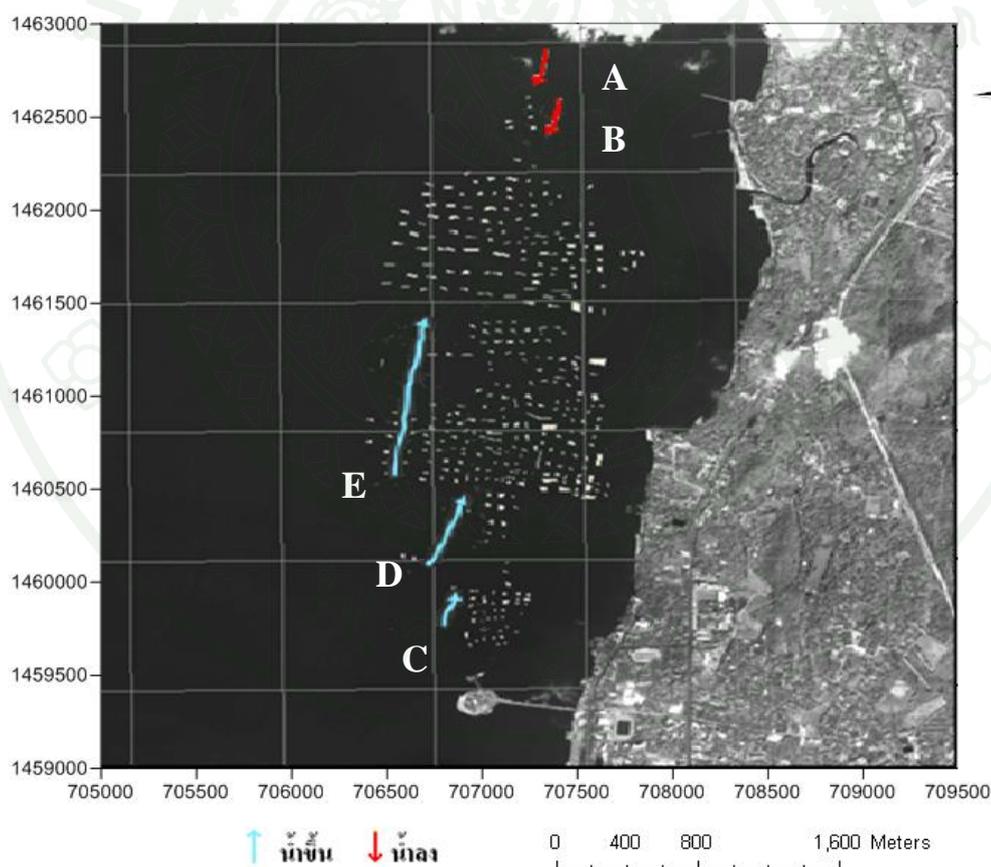
ภาพที่ 11 แผนที่แพะเสียงหอยแมลงงู บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในปี 2552

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (2552)

## 2. การศึกษาภาพถ่ายการเคลื่อนที่ของน้ำในพื้นที่ศึกษา

2.1 การศึกษากระแสในอ่าวศรีราชา จากการเก็บข้อมูลความเร็วกระแสโดยติดตั้งเครื่องวัดกระแสน้ำรุ่น SD 6000 ระหว่างวันที่ 25 มกราคม 2553 ถึงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2553 ความลึกประมาณ 2 เมตรจากผิวน้ำ บริเวณพื้นที่ C9 (ศรีราชา) พบว่าขณะน้ำขึ้น กระแสน้ำมีทิศทางการไหลไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ( $10^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ) และน้ำลง กระแสน้ำมีทิศทางการไหลไปทางตะวันตกเฉียงใต้ ( $190^{\circ}$ - $220^{\circ}$ ) ขนานกับแนวชายฝั่ง ความเร็วสูงสุดของกระแสน้ำประมาณ 1 เมตร/วินาที ซึ่งสอดคล้องกับ มณฑล (2549) ที่ศึกษาน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเกาะลอย อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

การลอยชุดทุ่นลอย จำนวน 2 ชุด ขณะน้ำเกิด ในช่วงน้ำลงเมื่อเวลา 19:00 น. – 22:00 น. ในวันที่ 31 มกราคม 2553 และน้ำขึ้นเวลา 2:00 น. – 5:00 น. ในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2553 ทิศทางของชุดทุ่นลอยแสดงดังภาพที่ 12 และพิกัดของทุ่นลอยแสดงดังตารางที่ 7



ภาพที่ 12 ทิศทางของชุดทุ่นลอยในอ่าวศรีราชาขณะน้ำเกิดในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง

หมายเหตุ ลูกศรแสดงทิศทางของทุ่นลอยซึ่งความยาวของลูกศรไม่ได้แสดงอัตราเร็วของกระแสน้ำ

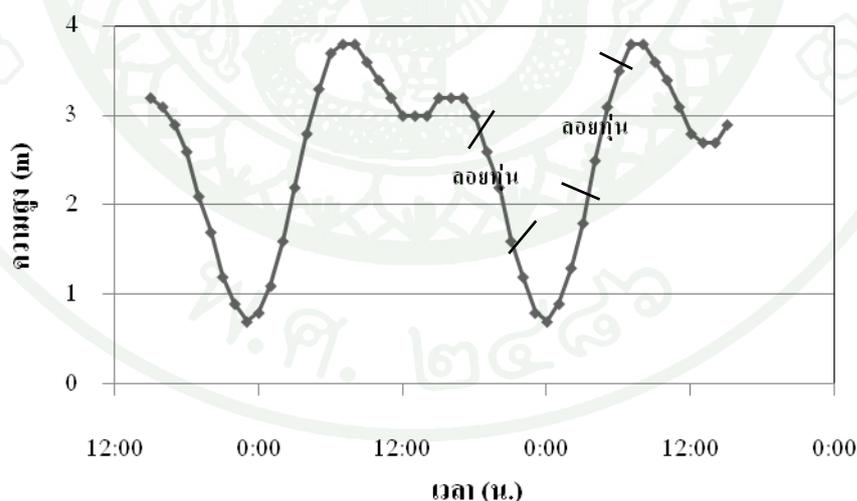
ตารางที่ 7 พิกัดของทุ่นลอยในอ่าวศรีราชาขณะน้ำเกิดในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง

Float (Time dd/mm/yy)	Position		Time	Velocity (cm/sec)
	UTM Northing	UTM Easting		
A (19:00 น.– 22:00 น. 31/01/53)	1461765	708357	20:00	0
	1461737	708368	20:10	5
	1461715	708357	20:20	2
	1461688	708359	20:30	2
	1461644	708354	20:40	2
	1461607	708344	20:50	1
	1461586	708329	21:00	1
	1461566	708308	21:10	1
B (19:00 น.–22:00 น. 31/01/53)	1461828	708294	20:00	0
	1461797	708275	20:10	6
	1461770	708269	20:20	2
	1461724	708253	20:30	3
	1461692	708274	20:40	2
	1461659	708260	20:50	1
	1461638	708243	21:00	1
C (2:00 น. – 5:00 น. 01/02/53)	1457994	707640	2:10	0
	1458100	707668	2:15	37
	1458201	707710	2:20	18
D (2:00 น. – 5:00 น. 01/02/53)	1458389	707591	2:30	0
	1458393	707589	2:40	1
	1458404	707580	2:50	1
	1458548	707634	3:00	9
	1458685	707680	3:10	6
	1458814	707718	3:20	4
E (2:00 น. – 5:00 น. 01/02/53)	1459053	707399	3:35	0
	1459191	707424	3:45	23
	1459320	707453	3:55	11
	1459436	707455	4:05	6
	1459556	707483	4:15	5
	1459670	707486	4:25	4
	1459799	707517	4:35	4
	1459908	707528	4:45	3
	1460008	707528	4:55	2

หมายเหตุ น้ำลงต่ำสุด 0.7 เมตร เวลา 0:00 น. และน้ำขึ้นสูงสุด 3.8 เมตร เวลา 7:00 น. ในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2553

เนื่องจากอ่าวศรีราชาเป็นอ่าวเปิดขนาดเล็ก และมีเกาะสี่ซัง ทำให้อ่าวศรีราชาได้รับผลจากกระแสนมไม่มากนัก การเคลื่อนไหวยของน้ำทะเลเป็นผลจากน้ำขึ้นน้ำลงเป็นหลัก และลักษณะของน้ำชายฝั่ง ในอ่าวศรีราชา มีลักษณะผสมผสานเสมอกันดี (มณฑล, 2550) ทิศทางของชุดท่อนลอยในช่วงน้ำเกิดซึ่งมีพิสัยของน้ำมาก (ภาพที่ 13) ขณะน้ำขึ้นมีทิศไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ และน้ำลงมีทิศไปทางตะวันตกเฉียงใต้ ขนานกับแนวชายฝั่ง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของเครื่องวัดกระแสน้ำ

ชายฝั่งทะเลในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 4-5 เมตร เป็นชายฝั่งทะเลน้ำตื้น และจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมพบว่ามิแพเฉียงหอยแมลงงูกระจายตัวอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการเลี้ยงหอยแมลงงูกีดขวางทางเดินของกระแสน้ำ ทำให้การเคลื่อนตัวของมวลน้ำบริเวณนี้ไม่สะดวก กระแสน้ำค่อนข้างอ่อน จากการลอยท่อนขณะน้ำลงเมื่อเวลา 19:00 –22:00 น. ในวันที่ 31 มกราคม 2553 ได้แก่ ท่อน A และ B มีความเร็วของกระแสน้ำมากที่สุดคือ 5 และ 6 เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ และขณะน้ำขึ้นเมื่อเวลา 2:00–5:00 น. ในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2553 ได้แก่ C, D และ E มีความเร็วของกระแสน้ำมากที่สุด 37, 9, และ 23 เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ



ภาพที่ 13 ความสูงของน้ำทำนายเป็นเมตรเหนือระดับน้ำลงต่ำที่สุด เกาะสี่ซัง (ชลบุรี) เวลา 15:00 น. วันที่ 30 มกราคม ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2553

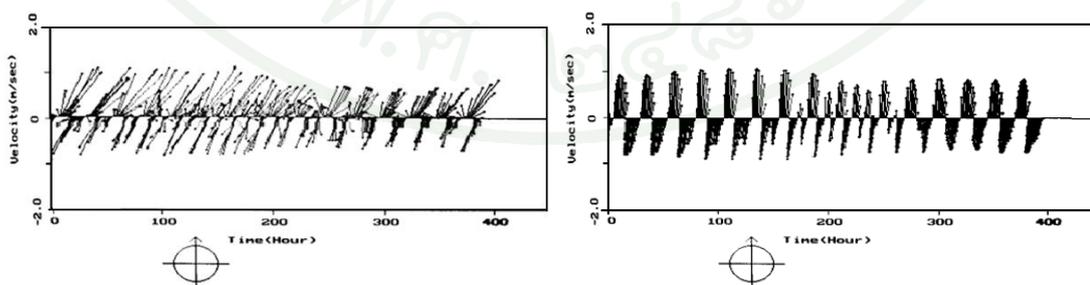
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ (2553)

## 2.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการเคลื่อนที่ของน้ำในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้แบบจำลอง POM

แบบจำลอง POM สำหรับการเคลื่อนที่ของน้ำในอ่าวศรีราชาซึ่งครอบคลุม 700800 – 709500 E และ 1458000 - 1464300 N ได้กำหนดเงื่อนไขขอบเขต คือ ระดับน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณของด้านเหนือและใต้ โดยใช้ค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงหลัก 4 ตัว คือ  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $M_2$  และ  $S_2$  โดยแต่ละองค์ประกอบเป็นผลจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์ ( $M_2$ ,  $O_1$ ) ดวงอาทิตย์ ( $S_2$ ) และ ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ ( $K_1$ ) ซึ่งมีผลต่อระดับน้ำขึ้นน้ำลงมากกว่าค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงตัวอื่น (Yanagi *et al.*, 1997)

ข้อมูลระดับน้ำของกรมอุทกศาสตร์ (2552) นำมาคำนวณหาค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Least Square Method โดยแยกตามองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง พบว่า ค่า F factor =  $\frac{(K_1+O_1)}{(M_2+S_2)}$  จากรายงานของมณฑล (2549) พบว่า F factor ของแอมพลิจูดน้ำขึ้นน้ำลงของสถานีน้ำท่านายเกาะสีชัง มีค่าเป็น 1.52 แสดงว่าน้ำขึ้นน้ำลงเป็นแบบน้ำผสม (Mixed tide) ซึ่งตามรายงานของ Gerhard and Pierson (1966) น้ำผสมจะมีค่า 0.5-2 โดยค่า F factor ตามรายงานของ สุนทรี และมณฑล (2553) ของอ่าวศรีราชามีค่า F factor เท่ากับ 1.54

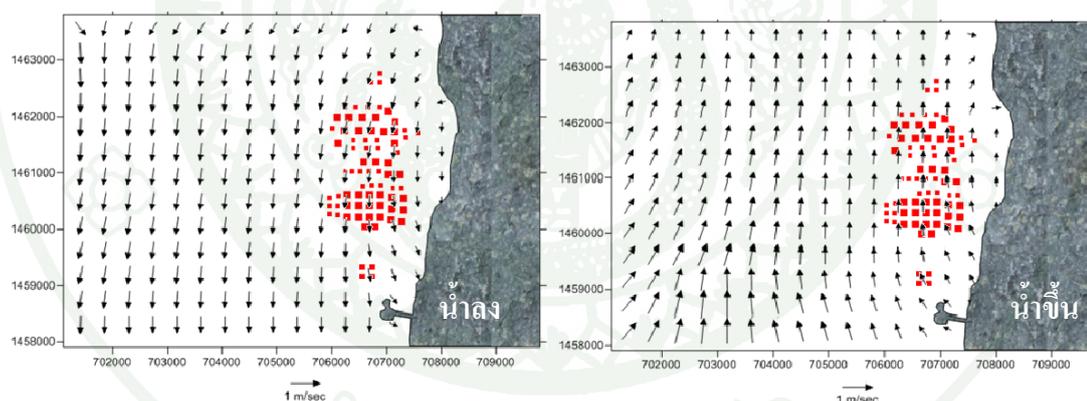
2.3 การเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการเคลื่อนที่ของน้ำในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาพจำลองการไหลของน้ำกำหนดด้วยลูกศรแสดงความเร็วกระแสน้ำ ซึ่งขนาดความยาวของลูกศรแสดงอัตราเร็วของกระแสน้ำ และทิศของลูกศรแสดงทิศทาง โดยเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วกระแสน้ำจากเครื่องวัดกระแสน้ำ SD 6000 ที่เก็บรวบรวมเมื่อวันที่ 25 มกราคม ถึง 11 กุมภาพันธ์ 2553 แสดงด้วยแผนภาพได้ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของกระแสน้ำที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง ระหว่างวันที่ 25 มกราคม ถึง 11 กุมภาพันธ์ 2553

การเปรียบเทียบความเร็วกระแสน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ณ ตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งเก็บข้อมูลจริงบริเวณเกาะลอยซึ่งอยู่ในอ่าวศรีราชาให้มีความสอดคล้องกัน โดยกระแสน้ำที่บันทึกได้ขณะน้ำขึ้น กระแสน้ำมีทิศทางการไหลไปทางทิศเหนือ - ตะวันออกเฉียงเหนือ ( $10^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ) และน้ำลง กระแสน้ำมีทิศทางการไหลไปทางทิศใต้ - ตะวันตกเฉียงใต้ ( $190^{\circ}$ - $220^{\circ}$ ) ขนานกับแนวชายฝั่ง ความเร็วสูงสุดของกระแสน้ำประมาณ 1 เมตร/วินาที ซึ่งสอดคล้องกับผลการคำนวณกระแสน้ำจากแบบจำลอง โดยการไหลของกระแสน้ำขณะน้ำขึ้นมีทิศทางการไหลไปทางทิศเหนือ - ตะวันออกเฉียงเหนือ ( $5^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ) และขณะน้ำลงจะมีทิศทางการไหลไปทางทิศใต้ - ตะวันตกเฉียงใต้ ( $180^{\circ}$ - $200^{\circ}$ ) ความเร็วสูงสุดของกระแสน้ำประมาณ 1 เมตร/วินาที

ทิศทางและขนาดความเร็วของกระแสน้ำจากข้อมูลจริงเทียบกับข้อมูลจากแบบจำลองนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะเฟสของกระแสน้ำสอดคล้องกันในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน และขนาดของความเร็วที่ใกล้เคียงข้อมูลจริง การประมวลผลแบบจำลองกระแสน้ำบริเวณอ่าวศรีราชาสามารถแสดงรูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำขณะน้ำขึ้นน้ำลงจะไหลขึ้นไปทางเหนือและน้ำลงน้ำจะไหลลงสู่ทิศใต้ ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำขณะน้ำขึ้นและน้ำลงในอ่าวศรีราชา

หมายเหตุ สีเหลี่ยมใหญ่สีแดงแสดงแพหอยแมลงภู่ที่หนาแน่นกว่าสีเหลี่ยมเล็กสีแดง

แบบจำลองจำเป็นต้องปรับให้เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ การปรับเปลี่ยนเงื่อนไขขอบเขตซึ่งได้แก่องค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง สามารถทำให้ได้ค่าความเร็วกระแสน้ำที่ใกล้เคียงกับข้อมูลความเร็วกระแสน้ำจริงมากขึ้นโดยการเพิ่มค่าแอมพลิจูดของ  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $M_2$  และ  $S_2$  ในทำนองเดียวกัน การปรับค่าเฟสขององค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง ยังเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่ควรพิจารณาปรับค่า เพื่อให้ได้ค่าความเร็วกระแสน้ำจากแบบจำลองเข้าใกล้ค่าจริงมากขึ้น (สุนทรี และมณฑล, 2553)

### 3. การศึกษาการแพร่กระจายของออกซิเจนที่ละลายน้ำ

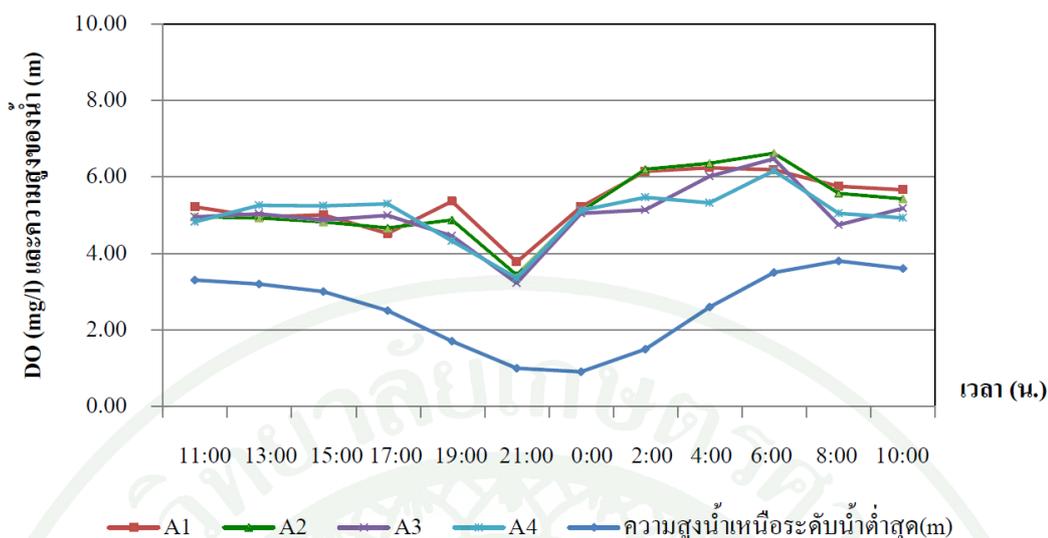
#### 3.1 วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน

การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำทุก 2 ชั่วโมง บริเวณพื้นที่ A, B, C, และ D พื้นที่ละ 4 จุด สามารถแสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี เวลา 11:00 น. ในวันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. ในวันที่ 30 มกราคม 2553 ดังภาพที่ 16 – 19

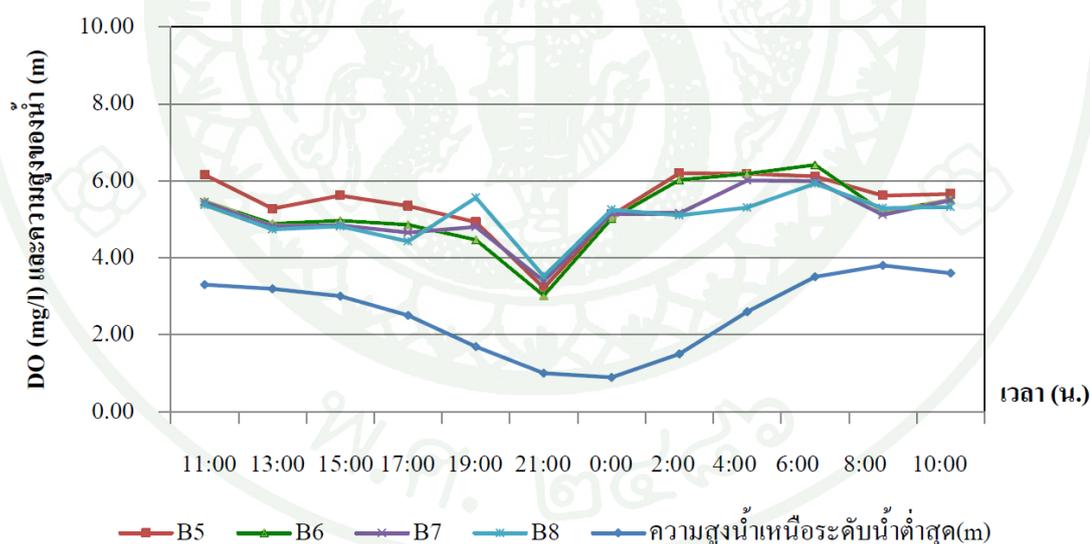
การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันของอ่าวศรีราชา มีการพาของน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลงเป็นปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และขึ้นอยู่กับคลื่นที่ผิวน้ำ โดยอ่าวศรีราชาน้ำขึ้นน้ำลงมีผลอย่างยิ่งต่อการไหลเวียนของกระแสน้ำ (มณฑล, 2550)

การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันของอ่าวศรีราชาในวันที่ 29 มกราคม 2553 บริเวณ โชน A, B, C, และ D มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน โดยเริ่มจากเวลา 11:00 น. ถึง 17:00 น. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำค่อนข้างคงที่ หลังจากนั้นเมื่อไม่มีแสงสว่างปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีแนวโน้มลดลง จนมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำสุดที่เวลา 21:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำลดต่ำสุด และความต้องการใช้ออกซิเจนในน้ำยังมีอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับน้ำลดต่ำสุดและไม่เคลื่อนที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ต่อมาน้ำเริ่มขึ้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงเวลา 6:00 น. เนื่องจากเป็นเวลาน้ำขึ้นมีการพาของน้ำใหม่ที่มีปริมาณออกซิเจนมากทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งน้ำขึ้นสูงสุดเวลา 7:00 น.

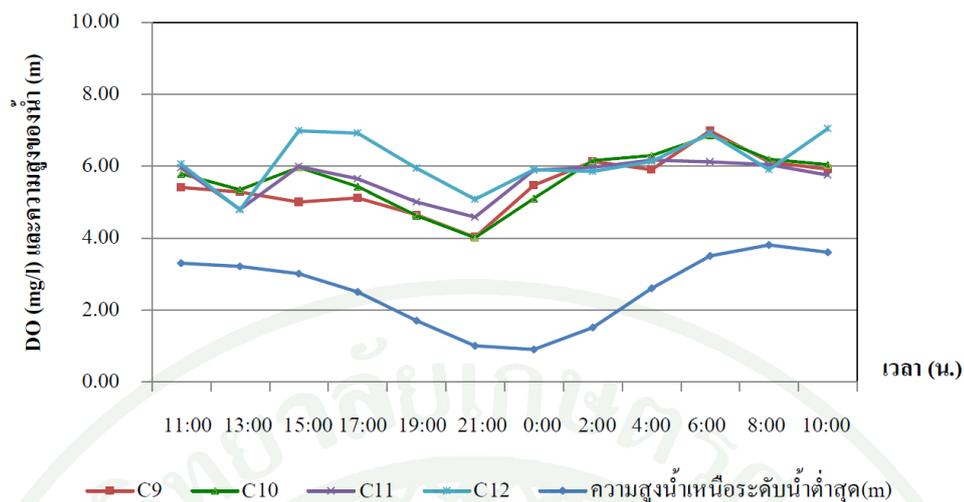
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำบริเวณ โชน D จุดเก็บตัวอย่างที่ 13 ซึ่งเป็นจุดเก็บตัวอย่างที่ห่างจากชายฝั่งมากที่สุด มีคลื่นที่ผิวน้ำและความเร็วของกระแสน้ำมากกว่าจุดเก็บตัวอย่างด้านในที่อยู่ใกล้ชายฝั่ง การพาของน้ำจึงมากกว่า ส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำบริเวณใกล้ฝั่งจึงมากกว่าบริเวณใกล้ฝั่ง อีกทั้ง โชน D ซึ่งอยู่ใกล้ปากอ่าวมากกว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจึงมากกว่า โชน A, B, และ C ที่อยู่ใกล้บริเวณกันอ่าวมากกว่า น้ำใหม่จากปากอ่าวจะไหลผ่านพื้นที่ D, C, B, และ A ก่อนจะไหลไปสู่กันอ่าวขณะน้ำขึ้น ขณะน้ำลงน้ำจะไหลจากกันอ่าวผ่านพื้นที่ A, B, C, และ D ตามลำดับ ทำให้ โชน D มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมากกว่า โชน A, B, และ C



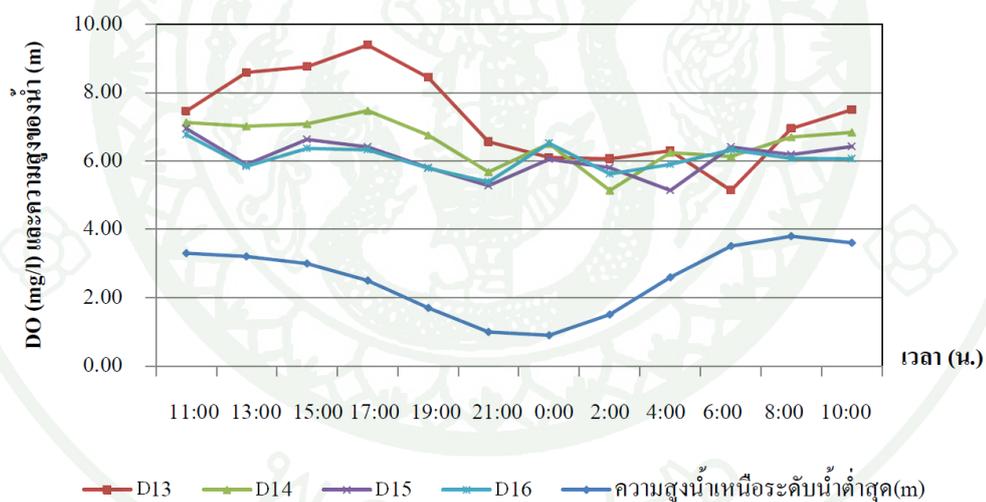
ภาพที่ 16 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน บริเวณ โซน A และความสูงน้ำเหนือระดับน้ำต่ำสุด ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553



ภาพที่ 17 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน บริเวณ โซน B และความสูงน้ำเหนือระดับน้ำต่ำสุด ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553

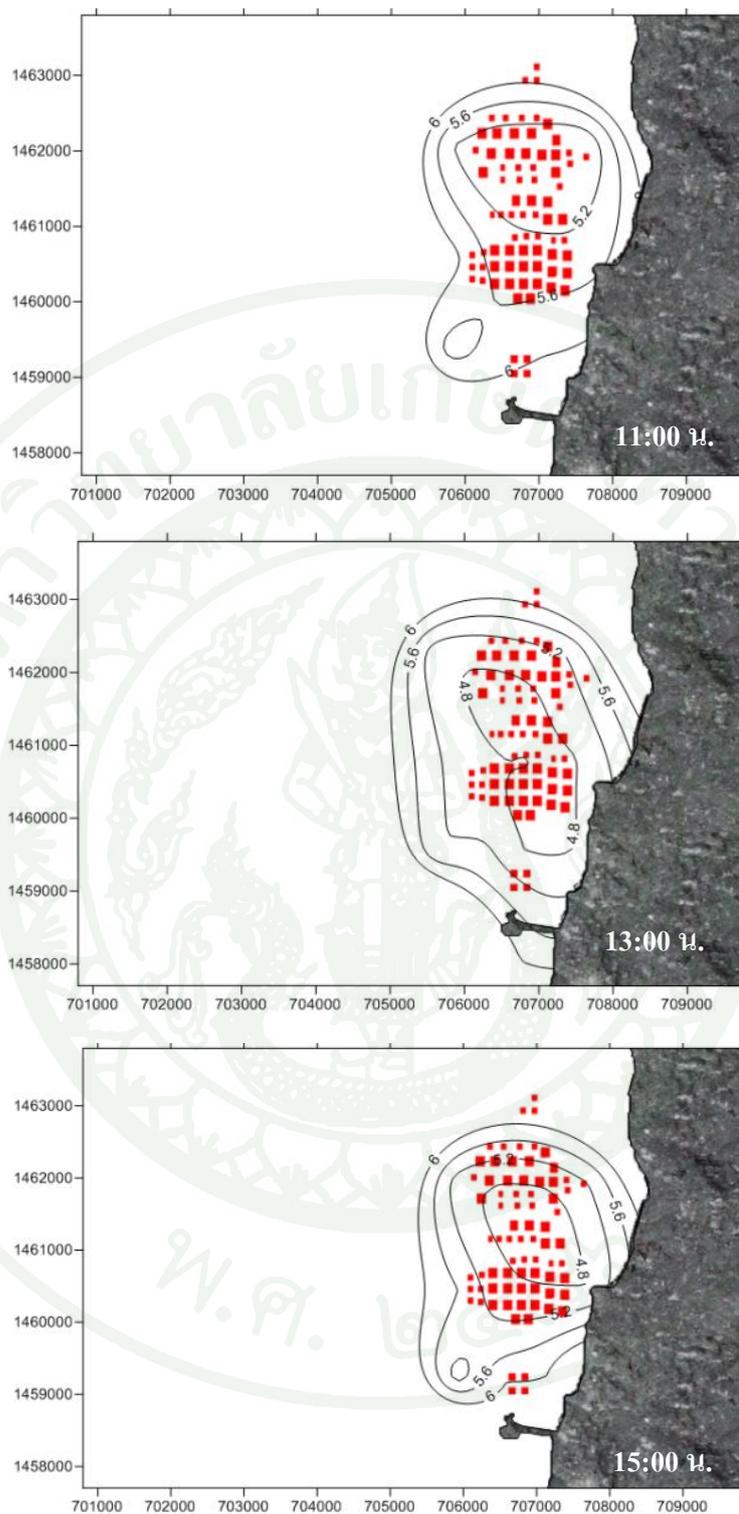


ภาพที่ 18 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน บริเวณโซน C และความสูงน้ำเหนือระดับน้ำต่ำสุด ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553

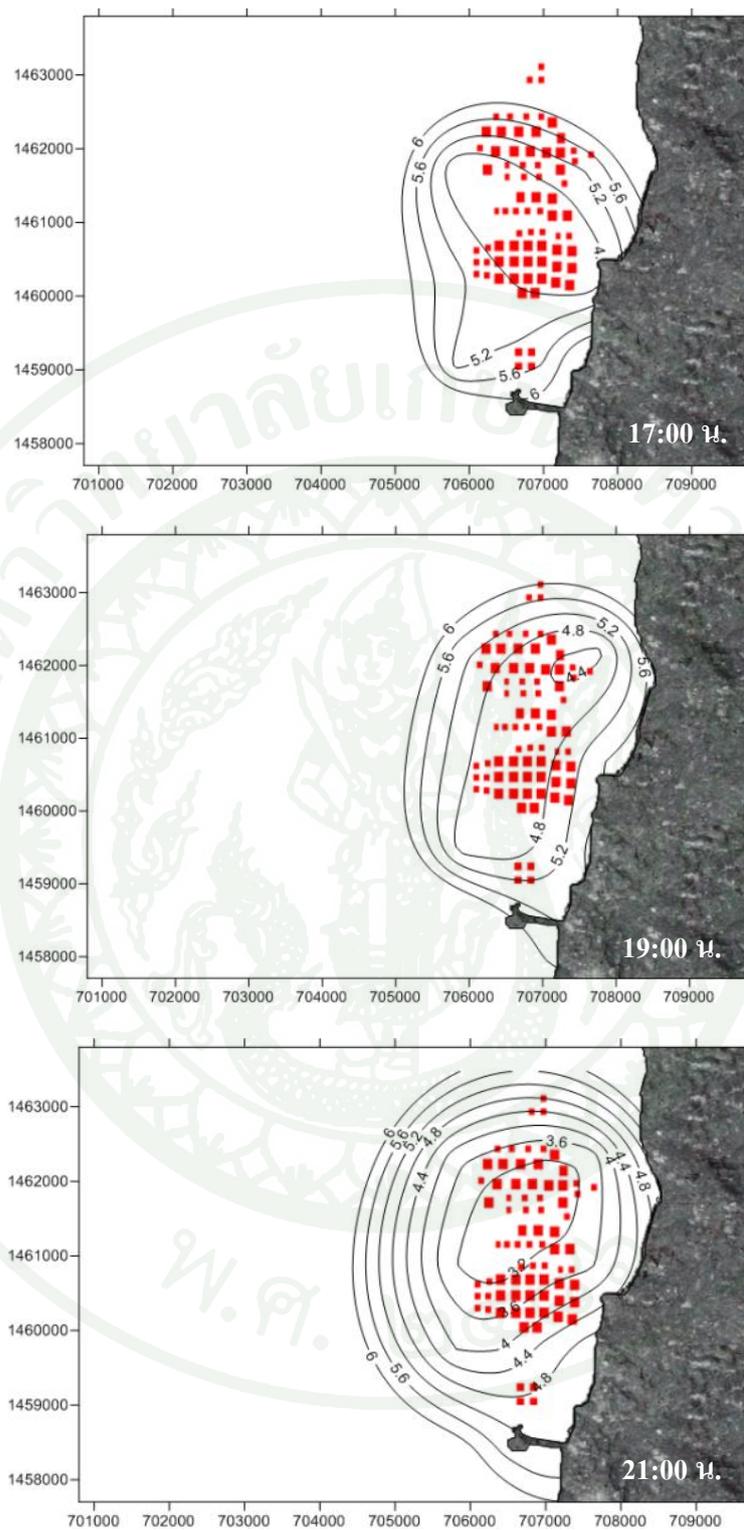


ภาพที่ 19 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน บริเวณโซน D และความสูงน้ำเหนือระดับน้ำต่ำสุด ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553

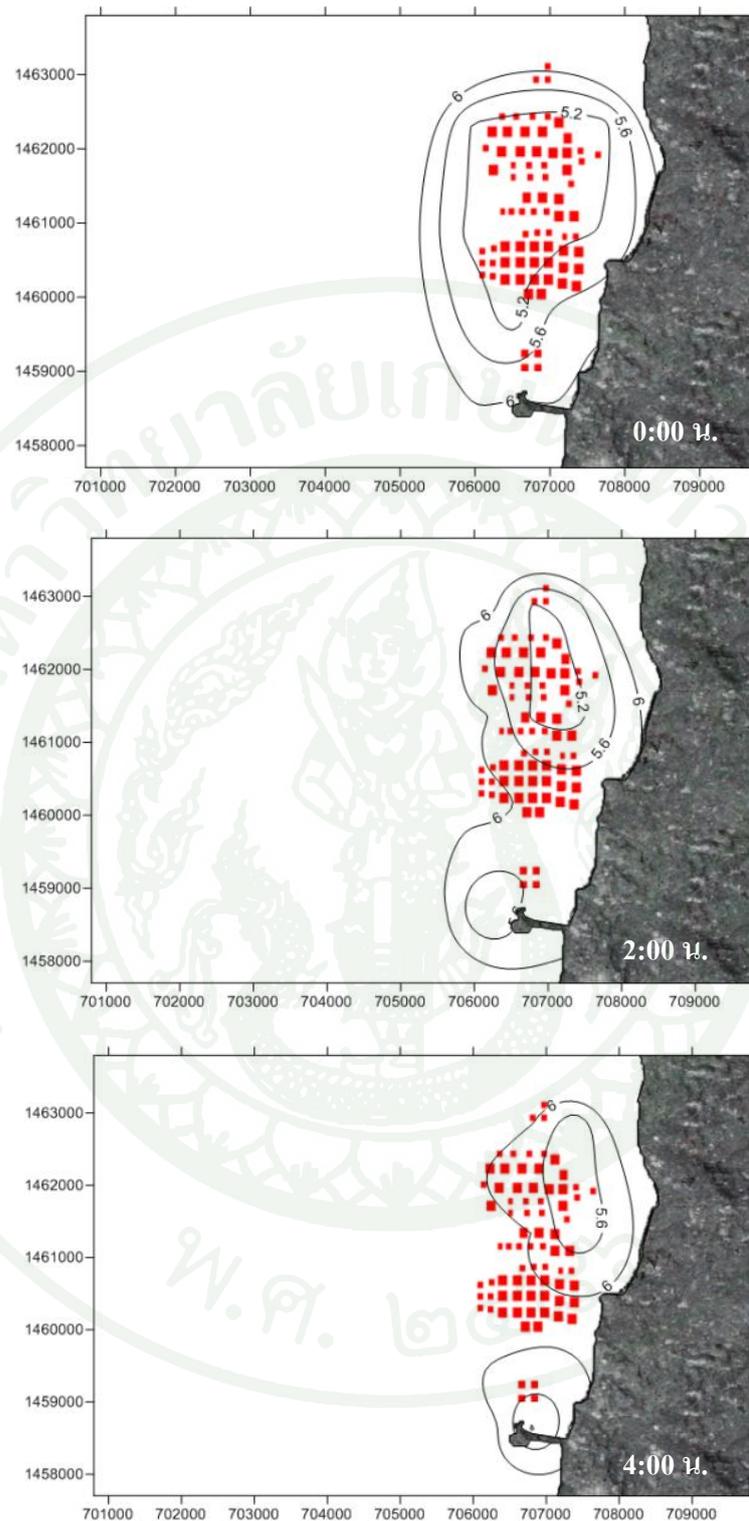
การเก็บข้อมูลปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในอ่าวศรีราชา 16 จุด แสดงการกระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ดังภาพที่ 20 – 23



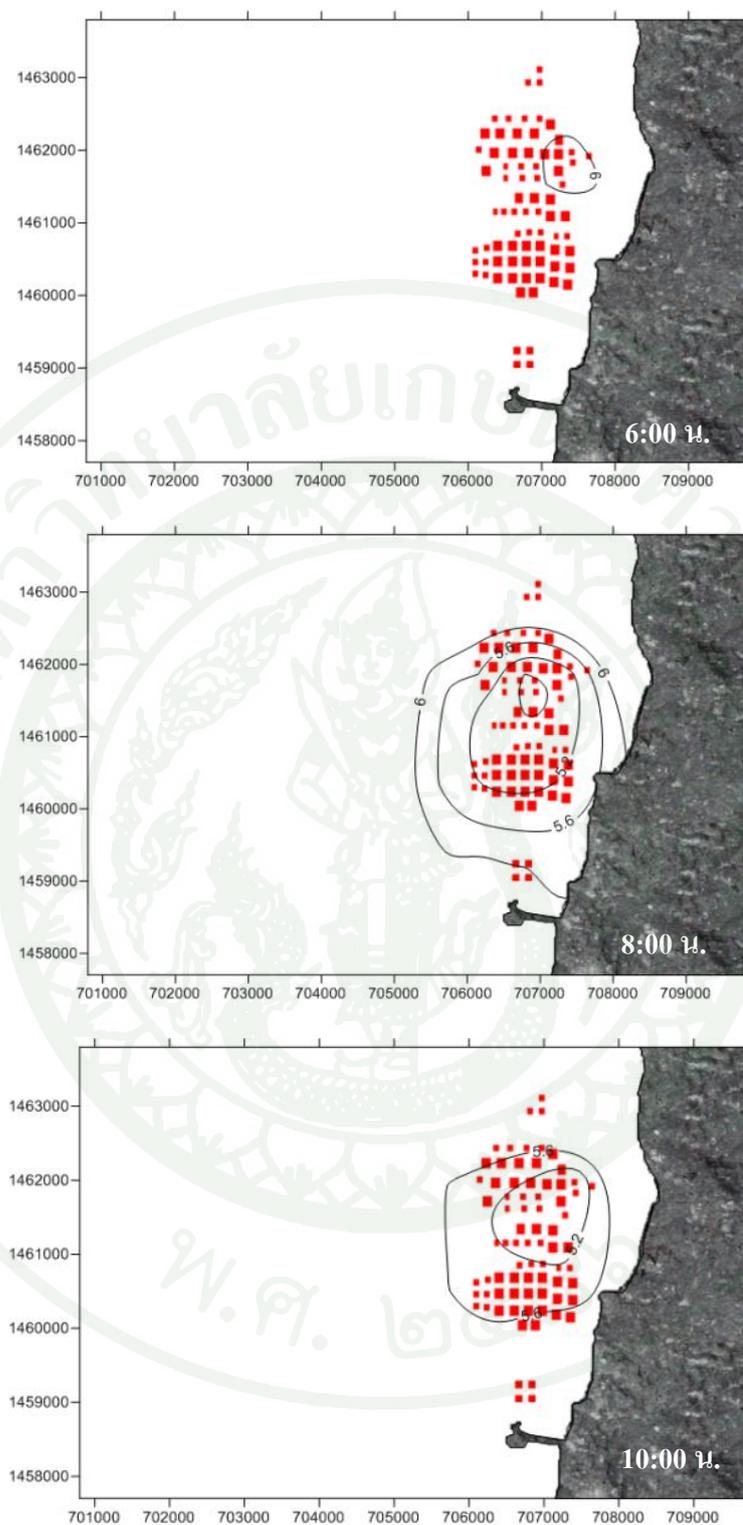
ภาพที่ 20 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 11:00 น. 13:00 น. และ 15:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ตามลำดับ



ภาพที่ 21 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 17:00 น. 19:00 น. และ 21:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ตามลำดับ



ภาพที่ 22 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 0:00 น. 2:00 น. และ 4:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ตามลำดับ



ภาพที่ 23 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 6:00 น. 8:00 น. และ 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ตามลำดับ

การกระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา โดยจากการวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันในอ่าวศรีราชา ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำที่สุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 เวลา 21:00 น. เท่ากับ 3.02 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อให้ง่ายสำหรับการเปรียบเทียบกับภาพอื่น ๆ จึงกำหนดระดับแสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตั้งแต่ 3.00 - 6.00 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ละเส้นต่างกัน 0.40 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำสุดเริ่มกระจายจากบริเวณกลางอ่าวศรีราชาที่มีแพเลี้ยงหอยแมลงภู โดยจะขยับขึ้นลงเล็กน้อยไปตามกระแสน้ำขึ้นน้ำลง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำที่สุดในเวลา 21:00 น. ในวันที่ 29 มกราคม 2553 เนื่องจากเป็นช่วงที่น้ำลงต่ำสุด มีการพาของน้ำน้อยที่สุด อีกทั้งเป็นช่วงกลางคืนที่ไม่มีแสงสว่าง (แพลงก์ตอนพืชไม่มีการสังเคราะห์แสง) ทำให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำสุด ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงที่สุดในเวลา 6:00 น. ในวันที่ 30 มกราคม 2553 เนื่องจากเป็นช่วงที่น้ำขึ้นสูงสุด มีการพาของน้ำใหม่จากพื้นที่ D มาสู่พื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู ทำให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูง ช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาที่ไม่มีแสง แต่สามารถพบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงที่สุด แสดงว่าปัจจัยหลักของการละลายของออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับการพาที่เกิดจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงเป็นหลัก

### 3.2 วัดความเค็ม อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และความโปร่งแสง

การวัดความเค็ม อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และความโปร่งแสงทุก 2 ชั่วโมง จำนวน 13 ครั้ง บริเวณเรือเกษตรศาสตร์ 1 (1458290 N, 707910 E) ในอ่าวศรีราชา เวลา 9:00 น. ในวันที่ 29 มกราคม 2553 ถึงเวลา 9:00 น. ในวันที่ 30 มกราคม 2553 แสดงดังตารางที่ 8

ความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของหอยแมลงภู ความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู คือ 25-33 ส่วนในพันส่วน (วิทยาและสิริพร, 2542) สำหรับความเค็มของน้ำทะเลในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในช่วงวันที่ 29-30 มกราคม 2553 ประมาณ 32 ส่วนในพันส่วน ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู

อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู ในฤดูร้อนอุณหภูมิระหว่าง 31–32°C และฤดูหนาวอยู่ระหว่าง 26–28°C นับเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู (จิตรรา, 2541) อุณหภูมิของน้ำทะเลในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในช่วงวันที่ 29-30 มกราคม 2553 เท่ากับ 28°C จึงมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู

ตารางที่ 8 ความเค็ม อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่างในวันที่ 29-30 มกราคม 2553 ที่เรือ

เกษตรศาสตร์ 1 (1458290 N, 707910 E)

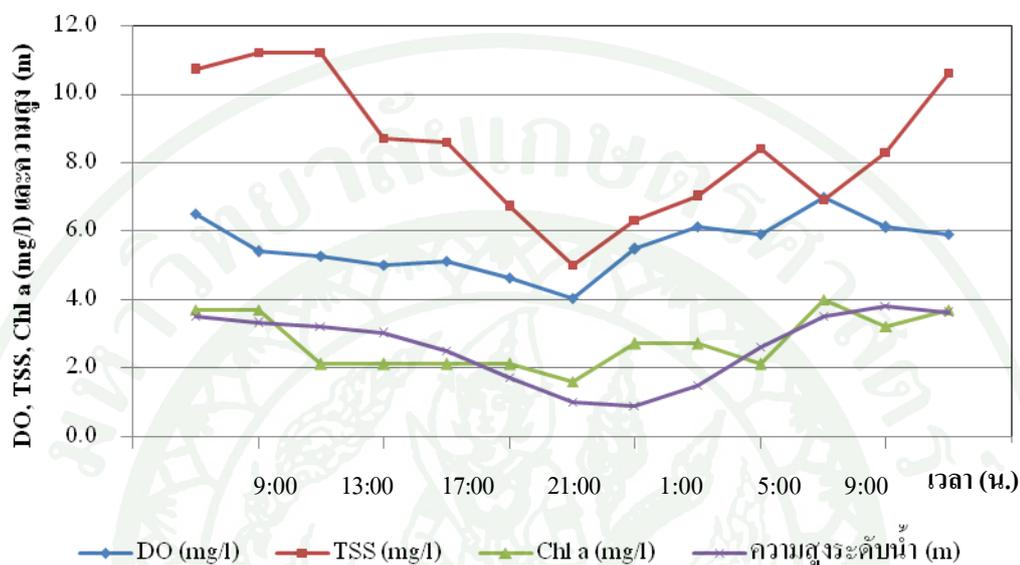
เวลา	ความเค็ม (ppt)	อุณหภูมิ (°C)	pH
9:00 น.	32.1	28.2	7.89
11:00 น.	32.2	28.3	7.73
13:00 น.	32.2	28.6	7.69
15:00 น.	32.2	28.8	7.68
17:00 น.	32.2	28.9	7.93
19:00 น.	32.2	28.8	8.07
21:00 น.	32.1	28.8	8.08
23:00 น.	31.9	28.7	8.11
1:00 น.	31.9	28.5	8.10
3:00 น.	32.0	28.4	8.12
5:00 น.	32.0	28.4	8.18
7:00 น.	32.0	28.3	8.12
9:00 น.	32.1	28.4	7.93

ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ คือ 6.5-9.0 ความเป็นกรด-ด่างที่มีค่าต่ำกว่า 6.5 ลงมาจะทำให้ปลาหรือสัตว์น้ำที่ได้รับการสัมผัสเป็นเวลานาน เกิดสภาวะการเจริญเติบโตช้า (สุขศรีและพงษ์ธร, 2543) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำทะเลในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในช่วงวันที่ 29-30 มกราคม 2553 อยู่ในช่วง 7.7 – 8.2 จึงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่ ดังนั้นปัจจัยทางกายภาพของน้ำในอ่าวศรีราชาในวันที่ 29-30 มกราคม 2553 เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยแมลงภู่อย่างยิ่ง

### 3.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และตะกอนแขวนลอย

การเก็บตัวอย่างน้ำในอ่าวศรีราชา ณ เรือเกษตรศาสตร์ 1 ที่ระดับความลึก 3 เมตร ทุก 2 ชั่วโมง จำนวน 13 ครั้ง ใส่น้ำในขวดปริมาตร 500 มิลลิลิตร แช่เย็นที่ 4°C นำกลับไปห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และตะกอนแขวนลอย พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ เออยู่ในช่วง 1.6 – 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร และตะกอนแขวนลอยอยู่ในช่วง 5 - 11 มิลลิกรัม/

ลิตร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ, ตะกอนแขวนลอย, คลอโรฟิลล์ เอ, และความสูงระดับน้ำจากมาตราน้ำ ปี 2553 ของสถานีน้ำท่านายเกาะสีชัง ชลบุรี (1455350 N, 696330 E) กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือแสดงดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ปริมาณตะกอนแขวนลอย, และ คลอโรฟิลล์ เอ ณ เรือเกษตรศาสตร์ 1 (1458290 N, 707910 E) ในอำเภอรามราช จังหวัด ชลบุรี ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 9:00 น. วันที่ 29 มกราคม ถึงเวลา 9:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ความลึก 3 เมตร เทียบกับความสูงระดับน้ำ ณ สถานีน้ำท่านาย เกาะสีชัง ชลบุรี

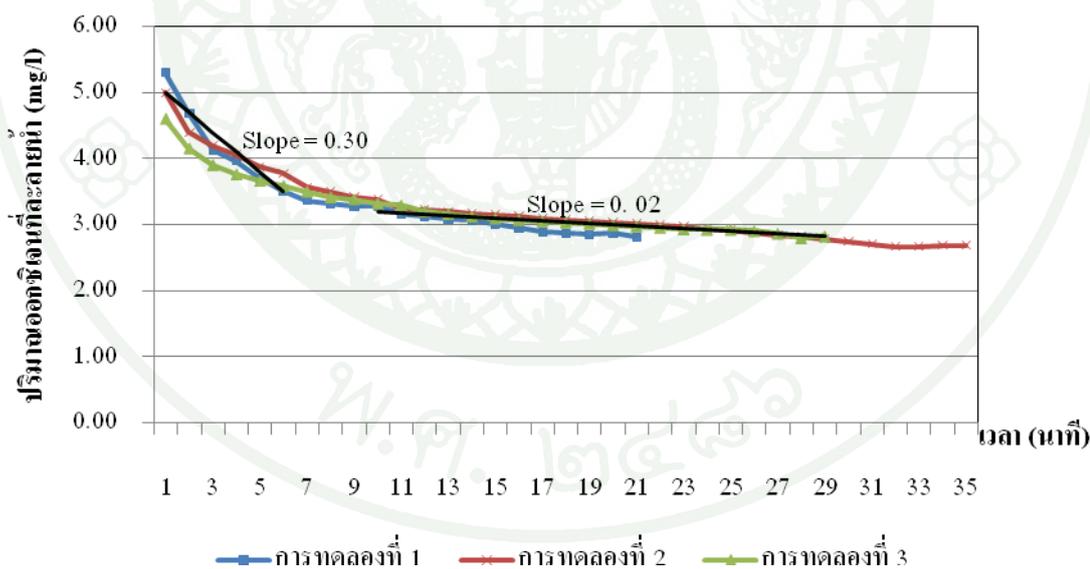
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ การสังเคราะห์แสงของ แพลงก์ตอนพืชที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้เวลา 9:00 น. และ 11:00 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2553 ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูง มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ สูงด้วย

แสงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการใช้อาหาร ของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชแสงเป็นตัวกระตุ้นให้ คาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนรูปไปเป็นสารอินทรีย์ (เป็ทมา, 2547) ทำให้ช่วงเวลาที่ไม่มีแสงสว่าง (9:00 น. และ 11:00 น.) จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่าช่วงที่ไม่มีแสงสว่าง (21:00 น.)

ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีความสัมพันธ์กับระดับความสูงของน้ำ โดยระดับน้ำสูงขึ้น ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีแนวโน้มสูงขึ้น และเมื่อระดับน้ำต่ำลง ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีแนวโน้มต่ำลง นอกจากนี้ปริมาณตะกอนแขวนลอยขึ้นอยู่กับกิจกรรมของมนุษย์และคลื่นน้ำทะเล ทำให้เวลา 7:00 – 13:00 น. มีปริมาณตะกอนแขวนลอยสูง และเวลา 19:00 – 1:00 น. มีปริมาณตะกอนแขวนลอยต่ำ

#### 4. อัตราการใช้ออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน

การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดินตัดแปลงจากวิธีการของ จารุวัฒน์ และคณะ (2533) โดยวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำทุก 1 นาที จนปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตรหรือค่อนข้างคงที่ สามารถแสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเมื่อเกิดกระบวนการชีวเคมีของดินดังกล่าวที่ 25 เมื่อคำนวณอัตราการบริโภคออกซิเจนของดินในชุดอุปกรณ์ พบว่าในช่วง 5 นาทีแรกมีอัตราการใช้ออกซิเจนหรือความชันของการใช้ออกซิเจน (slope) เท่ากับ 0.30 มิลลิกรัม/ลิตร/นาที หลังจากการนั้นอัตราการบริโภคออกซิเจนของดินจะค่อนข้างคงที่เท่ากับ 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร/นาที



ภาพที่ 25 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเมื่อเกิดกระบวนการชีวเคมีของดิน

## 5. อัตราการผลิตและใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ

การศึกษาอัตราการผลิตและใช้ออกซิเจนของน้ำโดยใช้วิธี Light and Dark Bottle (APHA *et al.*, 1980) แสดงดังตารางที่ 9 ค่าที่ได้เมื่อกำหนดหาอัตราการผลิตออกซิเจนและการใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ในขวดเริ่มต้น ขวดมืด และขวดสว่าง ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ

ช่วงเวลา	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)		
	ขวดเริ่มต้น	ขวดมืด	ขวดสว่าง
10:30-13:30 น.	6.2	5.8	7.9
18:00-21:00 น.	6.8	6.2	7.0
3:00-6:00 น.	6.4	5.8	5.8

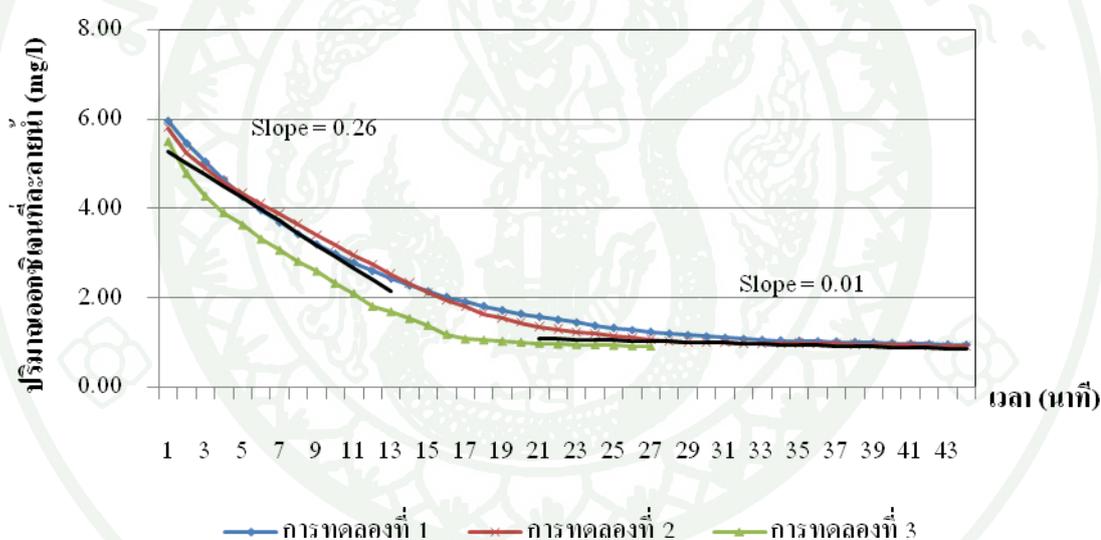
ตารางที่ 10 อัตราการผลิตออกซิเจนและการใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่ช่วงเวลาต่าง ๆ

ช่วงเวลา	อัตราการผลิตและใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง)	
	การผลิต	การใช้
10:30-13:30 น.	0.70	0.13
18:00-21:00 น.	0.27	0.20
3:00-6:00 น.	0.00	0.20

อัตราการผลิตออกซิเจนของน้ำนั้นแสดงถึงกำลังผลิตของแหล่งน้ำ เมื่อมองถึงปริมาณออกซิเจนเป็นหลักมักจะสอดคล้องกับปริมาณแสงที่ตกในแหล่งนั้นๆ (ศรายุทธ์, 2547) พบว่าอัตราการผลิตออกซิเจนของน้ำมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 12.00 น. จากการทดลองค่าอัตราการผลิตออกซิเจนของน้ำสูงสุด 0.70 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง และอัตราการใช้ออกซิเจนของน้ำในช่วงกลางวันมีค่าเท่ากับ 0.20 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง

## 6. อัตราการใช้ออกซิเจนของหอยแมลงภู่

การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่โดยดัดแปลงจากวิธีการของ จารุวัฒน์ และคณะ (2533) บันทึกปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในภาชนะปิดที่เลี้ยงสายหอยหนึ่งสายในน้ำทะเลทุกๆ 1 นาที จนค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงเหลือ 2 มิลลิกรัม/ลิตรหรือปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำค่อนข้างคงที่ สามารถแสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเมื่อเกิดการบริโภคออกซิเจนของสายหอยแมลงภู่คงภาพที่ 26 เมื่อคำนวณอัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่ในชุดอุปกรณ์ พบว่าในช่วง 15 นาทีแรกมีอัตราการใช้ออกซิเจนหรือความชันของการใช้ออกซิเจนของหอยแมลงภู่เท่ากับ 0.26 มิลลิกรัม/ลิตร/นาที/สาย หลังจากการนั้นอัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่จะลดลงและคงที่ที่ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร/นาที/สาย



ภาพที่ 26 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่หอยแมลงภู่ใช้ในการหายใจ

ปัจจุบันการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพแขวน ผู้ประกอบการต้องใช้เวลาเลี้ยงไม่ต่ำกว่า 8 เดือน จึงสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตหอยแมลงภู่ออกจำหน่ายได้ในขนาด 6-8 เซนติเมตร (ภาควิชาการจัดการประมง, 2545) โดยช่วงที่เก็บข้อมูลในเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ หอยแมลงภู่มิขนาดประมาณ 3-4 เซนติเมตร (ภาพที่ 27) ปริมาณออกซิเจนที่หอยแมลงภู่บริโภคจะไม่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลา ในแบบจำลองนี้ได้กำหนดให้หอยแมลงภู่มิการบริโภคออกซิเจนเท่ากันตลอดเวลาและให้มีจำนวนสายหอยแมลงภู่อะลี่ย 2,000 สาย/แพขนาด 400 ตารางเมตร



ภาพที่ 27 ลักษณะทั่วไปของสายหอยแมลงภู่มอบแพแฉวน

ที่มา: สถานีวิจัยประมงศรีราชา (2553)

## 7. การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนบริเวณพื้นที่เลี้ยง หอยแมลงภู

7.1 ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนบริเวณพื้นที่เลี้ยง  
หอยแมลงภูในอำเภอสรรพยา จังหวัดชัยภูมิ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยคงที่ และปัจจัยผันแปร

7.1.1 ปัจจัยคงที่ ได้แก่ อัตราการบริโภคออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $R_2$ ) และอัตรา  
การบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน ( $R_3$ )

### 1) อัตราการบริโภคออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $R_2$ )

มีค่าอยู่ในช่วง 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง จากแผนภูมิสายงานของ  
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน อัตราการบริโภคออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตใน  
น้ำ ถูกคำนวณทุกๆ 2 ชั่วโมง ( $\Delta t$ ) จึงคูณด้วย 7200 วินาที

### 2) อัตราการบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน ( $R_3$ )

$R_3 = 0.09$  มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง จากแผนภูมิสายงานของแบบจำลองทาง  
คณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน อัตราการบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน  
ถูกคำนวณทุกๆ 2 ชั่วโมง ( $\Delta t$ ) จึงคูณด้วย 7200 วินาที

7.1.2 ปัจจัยผันแปร ได้แก่ อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ( $R_1$ )  
การผลิตออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และอัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู ( $R_4$ ) ซึ่งปัจจัย  
ผันแปรมีความสำคัญต่อการคำนวณของสมการในแบบจำลอง

### 1) อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ( $R_1$ )

เนื่องจากอุณหภูมิ และความเค็มซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่  
ละลายในน้ำอิ่มตัวมีค่าค่อนข้างคงที่ คือ  $28^\circ\text{C}$  และ 32 ส่วนในพันส่วน ดังนั้นออกซิเจนที่ละลายน้ำ  
อิ่มตัว ( $S_s$ ) จึงมีค่าเท่ากับ 6.47 มิลลิกรัม/ลิตร จากสมการอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำ  
และอากาศของ Thames Survey Committee (1964) จึงได้  $R_1 = \frac{0.0011}{400} (6.47 - S_{ij})$  มิลลิกรัม/

ลิตร/วินาที จากแผนภูมิสายงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศถูกคำนวณทุกๆ 2 นาที ( $\Delta t$ ) จึงคูณด้วย 120 วินาที

### 2) อัตราการผลิตออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $R_3$ )

เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้นในขณะที่มีแสง เป็นปัจจัยผันแปรมีค่าอยู่ในช่วง 0.27-0.70 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง จากแผนภูมิสายงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน อัตราการผลิตออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ถูกคำนวณในช่วงที่มีแสงทุก 2 ชั่วโมง ( $\Delta t$ ) จึงคูณด้วย 7200 วินาที

### 3) อัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่ ( $R_4$ )

การศึกษาอัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่ ค่าอัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่อยู่ในช่วง 0.01-0.26 มิลลิกรัม/ลิตร/นาฬิกา/สาย ในแบบจำลองเลือกใช้ค่า 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร/นาฬิกา/สาย (2.4 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง/สาย) เนื่องจากช่วงแรกหอยแมลงภู่ต้องปรับตัวจึงบริโภคออกซิเจนมาก

$R_4 = 0.03$  มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง จากแผนภูมิสายงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน อัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่ ถูกคำนวณทุกๆ 2 ชั่วโมง ( $\Delta t$ ) จึงคูณด้วย 7200 วินาที

เนื่องจากพื้นที่ 1 ทริน (300×300 เมตร) ครอบคลุมหลายแพ ซึ่งแต่ละทรินมีจำนวนแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ 2-14 แผงงาน/ทริน (ความหนาแน่นของแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ 0.04-0.25 แผงงาน/ไร่) และแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ขนาด 1 งาน (20×20 ตารางเมตร) มีจำนวนสายหอย เท่ากับ 2,000 สาย ดังนั้นในแต่ละทรินจึงมีจำนวนและความหนาแน่นของแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 จำนวนและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในอ่าวศรีราชา  
จังหวัดชลบุรีในปี 2552

พิกัด	จำนวน (แพ/พื้นที่ 1 กริด), และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ (แพ/ไร่)					
	705600 E	705900 E	706200 E	706500 E	706800 E	707100 E
1462800 N	0, 0	0, 0	0, 0	9, 0.16	0, 0	0, 0
1462500 N	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0
1462200 N	0, 0	0, 0	8, 0.14	12, 0.21	8, 0.14	0, 0
1461900 N	0, 0	8, 0.14	12, 0.21	12, 0.21	12, 0.21	8, 0.14
1461600 N	0, 0	13, 0.23	13, 0.23	12, 0.21	12, 0.21	8, 0.14
1461300 N	0, 0	0, 0	3, 0.05	2, 0.04	2, 0.04	2, 0.04
1461000 N	0, 0	0, 0	0, 0	10, 0.18	10, 0.18	2, 0.04
1460700 N	0, 0	4, 0.07	7, 0.12	13, 0.23	13, 0.23	13, 0.23
1460400 N	3, 0.05	12, 0.21	13, 0.23	13, 0.23	14, 0.25	14, 0.25
1460100 N	0, 0	4, 0.07	8, 0.14	13, 0.23	13, 0.23	0, 0
1459800 N	0, 0	0, 0	0, 0	2, 0.04	0, 0	0, 0
1459500 N	0, 0	0, 0	0, 0	14, 0.25	0, 0	0, 0
1459200 N	0, 0	0, 0	14, 0.25	14, 0.25	0, 0	0, 0

ตารางที่ 12 ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนบริเวณพื้นที่เลี้ยง  
หอยแมลงภู่นิวอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ปัจจัย	หน่วย	เวลาคำนวณ ( $\Delta t$ )	ช่วงเวลา	ค่า
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เริ่มต้น	มิลลิกรัม/ ลิตร			7.00
อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจน ระหว่างน้ำและอากาศ ( $R_1$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/วินาที	120 วินาที	ตลอด 24 ชั่วโมง	$\frac{0.0011}{400} (6.47 - S_{i,j})$
อัตราการบริโภคออกซิเจนของ สิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $R_2$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	ตลอด 24 ชั่วโมง	0.15
อัตราการบริโภคออกซิเจนใน กระบวนการชีวเคมีของดิน ( $R_3$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	ตลอด 24 ชั่วโมง	0.09
อัตราการบริโภคออกซิเจนของ หอยแมลงภู่นิวอ่าว ( $R_4$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	ตลอด 24 ชั่วโมง	0.03
อัตราการผลิตออกซิเจนของ สิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $R_5$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	8:00, 10:00, และ 12:00 น.	0.45
			6:00, 14:00, และ 16:00 น.	0.29

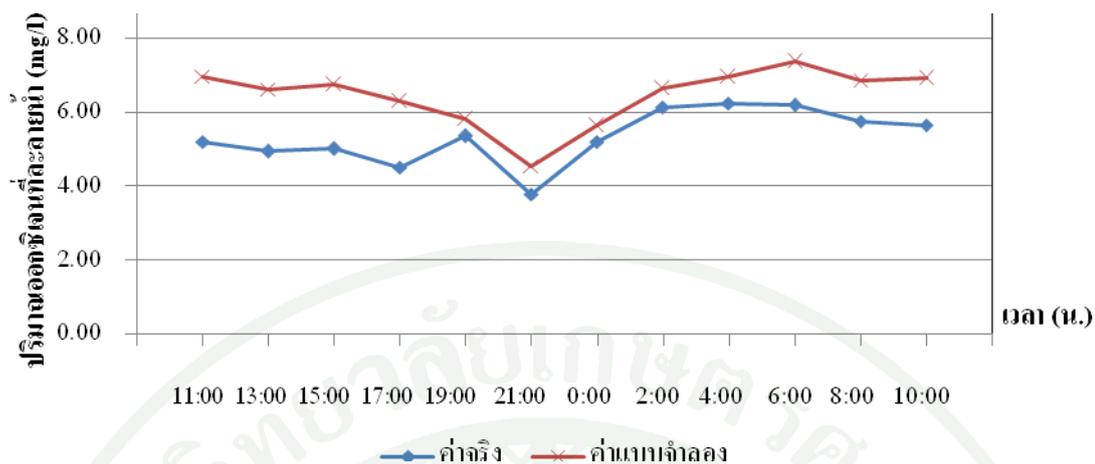
## 7.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนบริเวณพื้นที่เลี้ยง หอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

แบบจำลองสำหรับการแพร่กระจาย ใช้สมการอนุกรมมวลร่วมกับแหล่งรับและจ่ายออกซิเจน คือ การพาและการแพร่กระจายของออกซิเจนในน้ำทะเล ซึ่งขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนที่ของน้ำ การแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ การบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน การผลิตและบริโภคออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ การหายใจของหอยแมลงภู

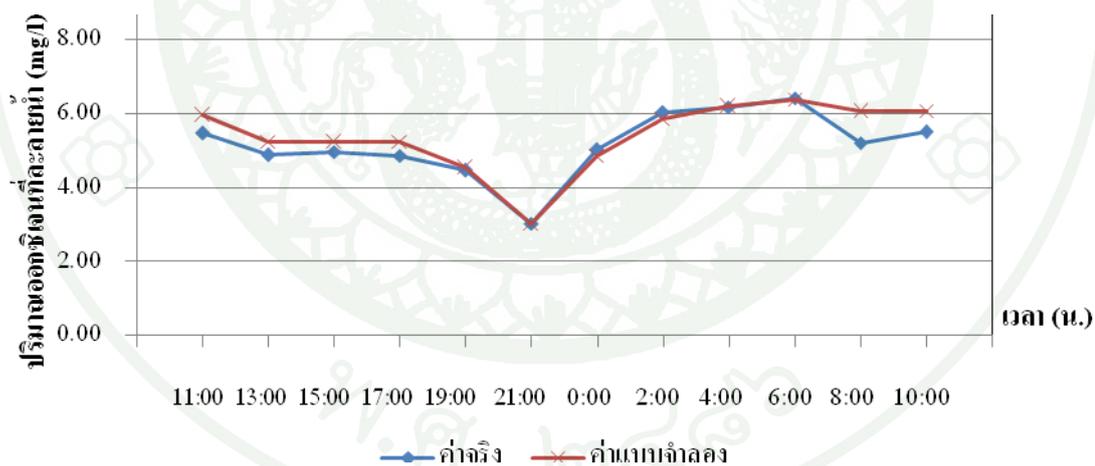
การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการแพร่กระจายของออกซิเจนที่ละลายน้ำในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี กำหนดเงื่อนไข (condition) ให้กับสมการระบบ คือ

- 1) แหล่งน้ำมีการผสมเข้ากันดี
- 2) อิทธิพลหลักที่ทำให้ น้ำเคลื่อนที่ ได้แก่ น้ำขึ้นน้ำลง
- 3) แหล่งรับและจ่ายออกซิเจน คือ การพาและการแพร่กระจายของออกซิเจนในน้ำทะเล จะขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนที่ของน้ำ การแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ การบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน การผลิตและบริโภคออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และการหายใจของหอยแมลงภู
- 4) แพ้เลี้ยงหอยแมลงภูแต่ละแพมีขนาดเท่ากัน หอยแมลงภูมีขนาดใกล้เคียงกัน มีการบริโภคออกซิเจนตลอดเวลาและต่อเนื่อง
- 5) ผู้บริโภคออกซิเจนหลัก ได้แก่ หอยแมลงภู

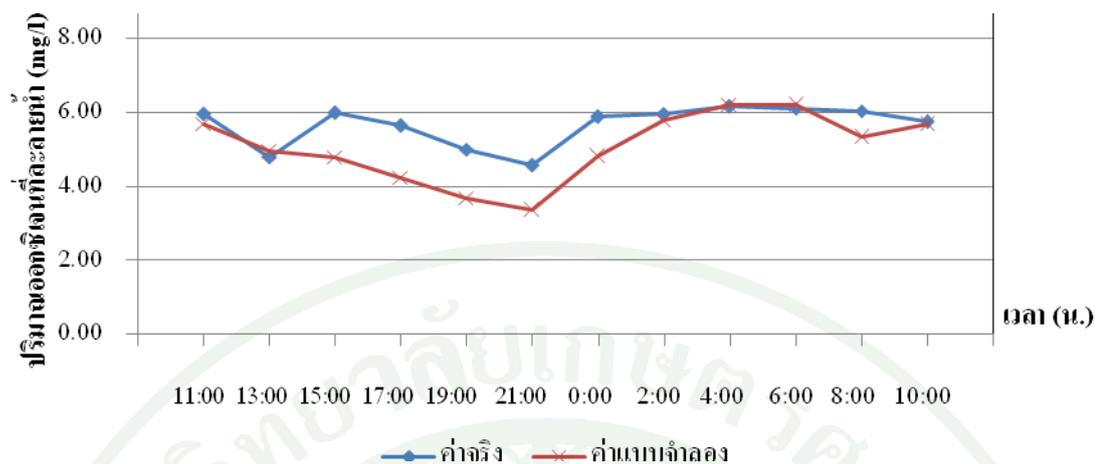
จากการทดลองพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันจากแบบจำลองใกล้เคียงกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันจากข้อมูลจริง ค่าพิสัยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรีจากแบบจำลองอยู่ในช่วง 3.00 – 7.38 มิลลิกรัม/ลิตร โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงแสดงดังภาพที่ 28-31 ซึ่งมีความใกล้เคียงกัน ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของข้อมูลจริงถึงร้อยละ 80 (ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 20 ดังภาพที่ 32)



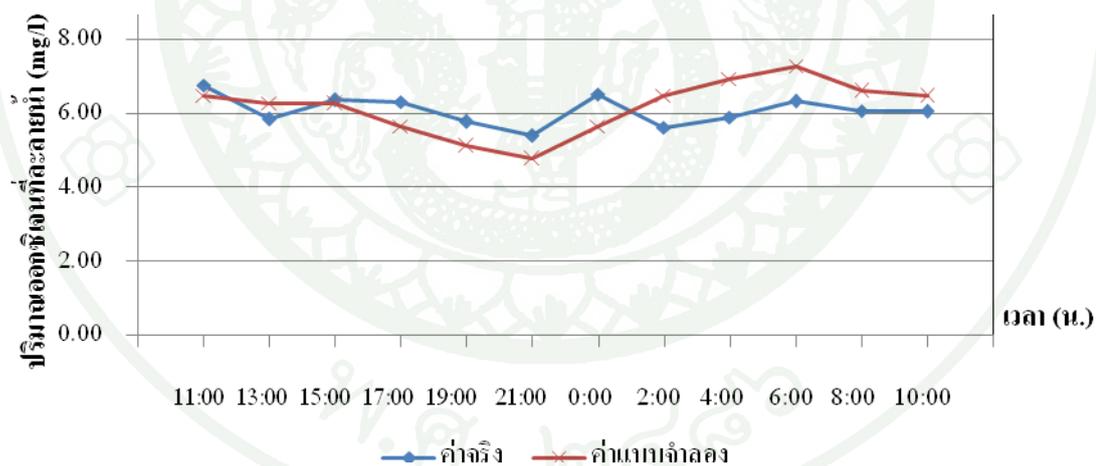
ภาพที่ 28 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง บริเวณ โชน A จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553



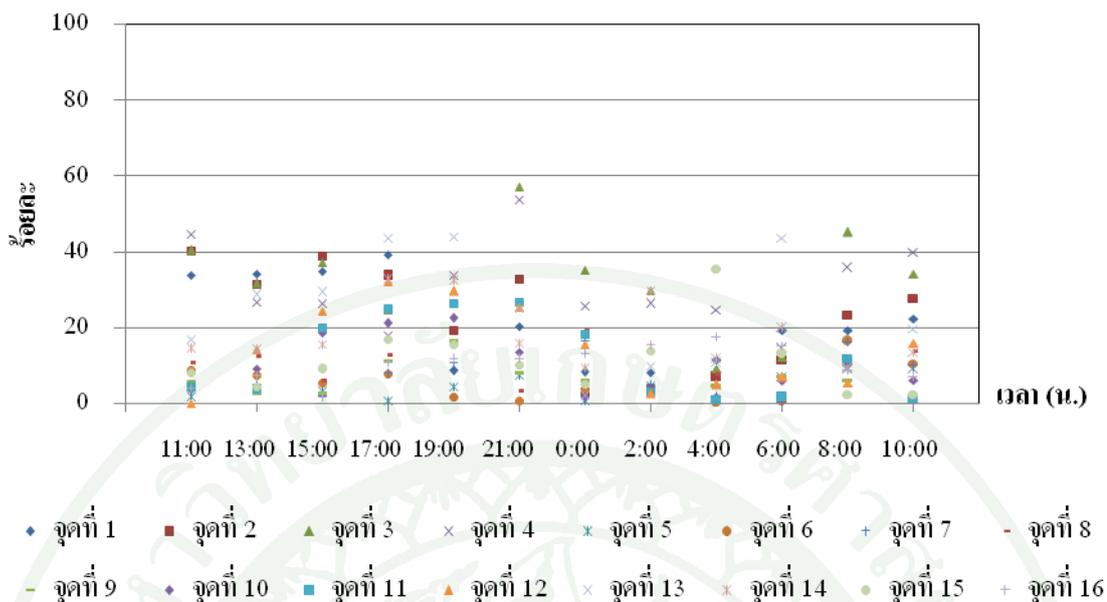
ภาพที่ 29 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง บริเวณ โชน B จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึงเวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553



ภาพที่ 30 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง บริเวณ โชน C จุดเก็บตัวอย่างที่ 11 ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553

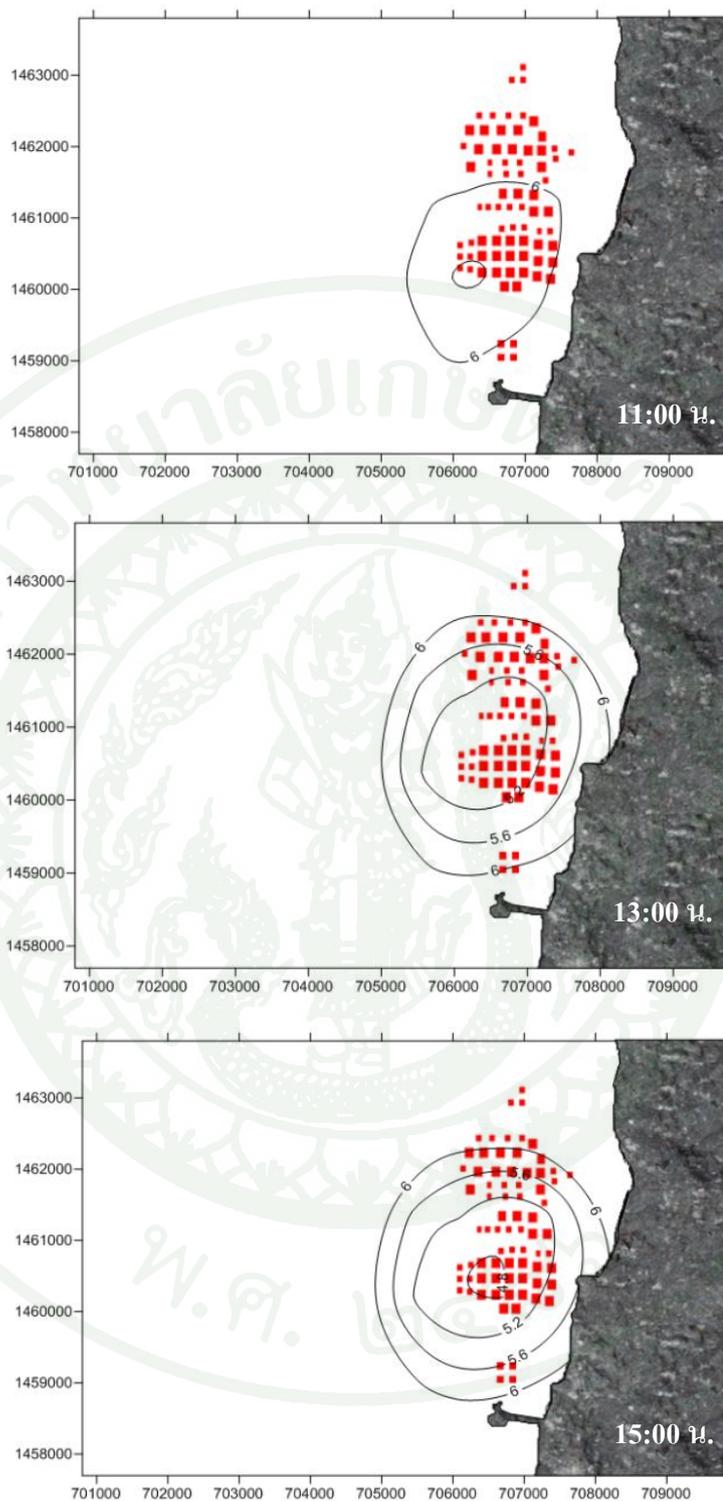


ภาพที่ 31 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง บริเวณ โชน D จุดเก็บตัวอย่างที่ 16 ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553

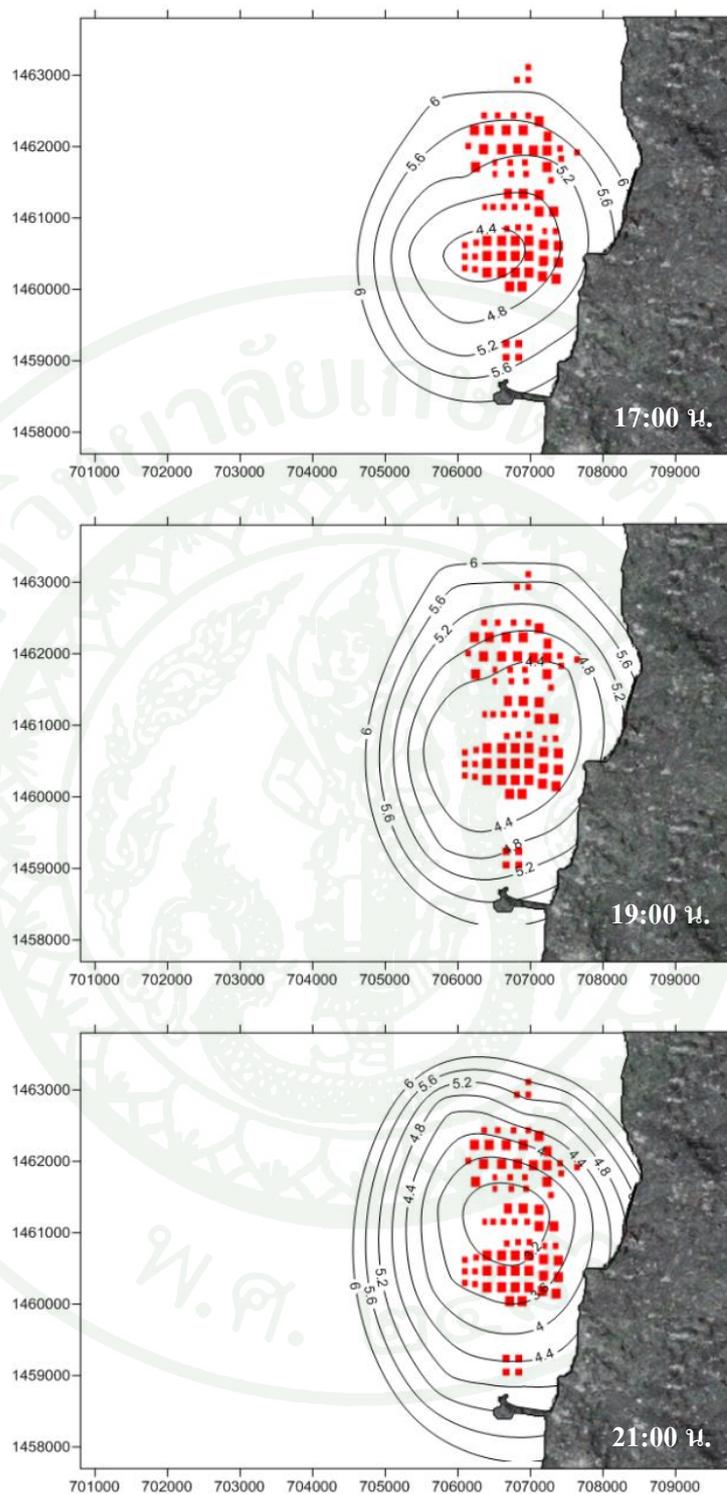


**ภาพที่ 32** ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนทั้ง 16 จุด  
ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึงเวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553

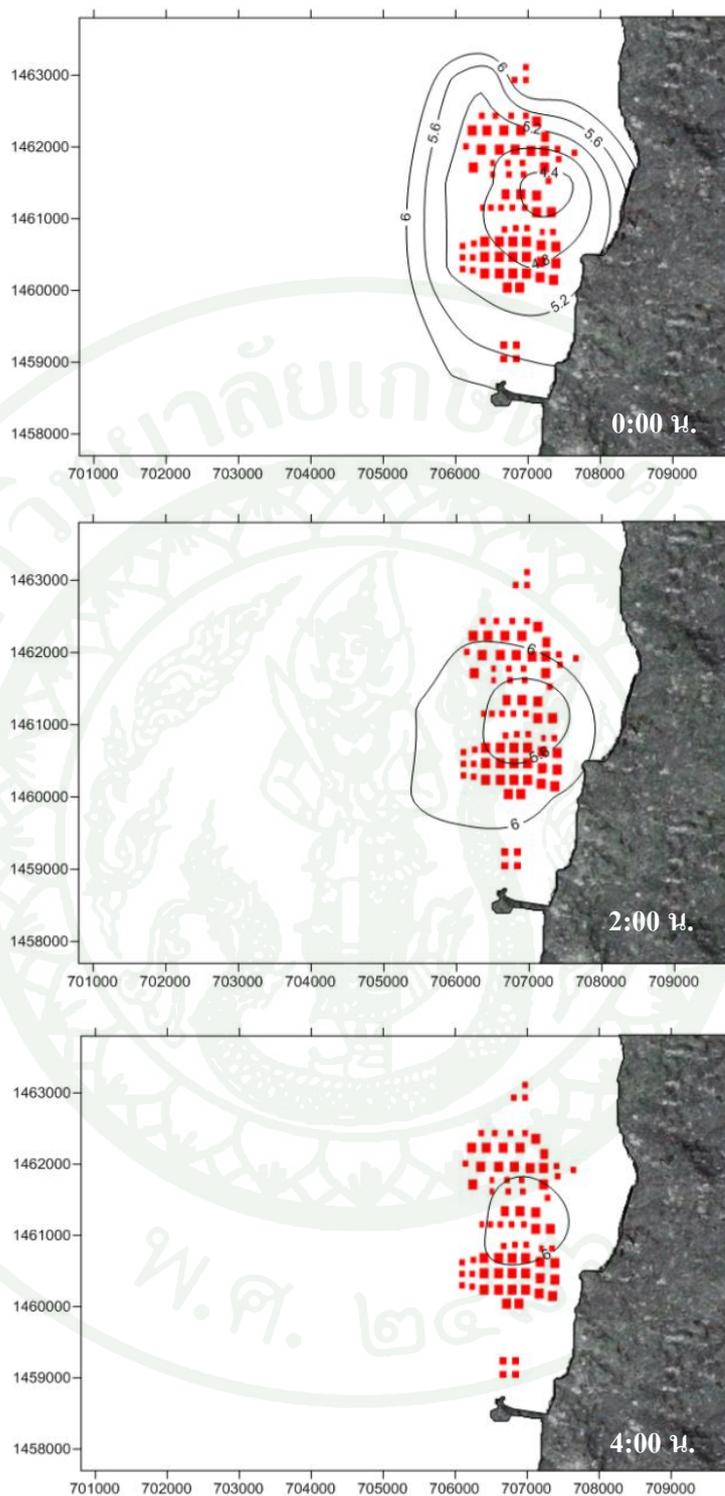
ค่าที่ได้จากแบบจำลองสามารถแสดงการกระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของ  
พื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ระหว่างเวลา 11:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553  
ถึง เวลา 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ดังภาพที่ 33 – 36



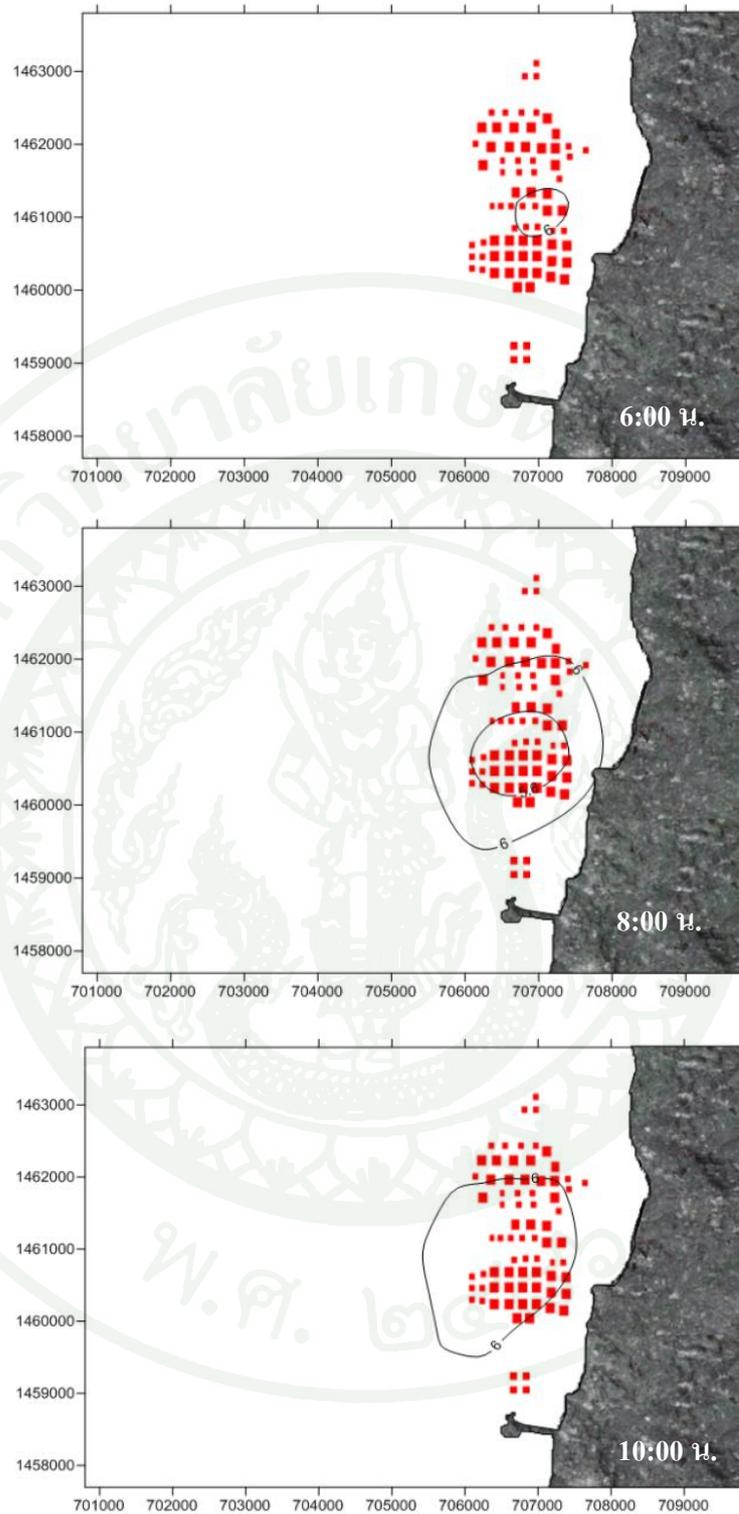
ภาพที่ 33 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน  
อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 11:00 น. 13:00 น. และ  
15:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ตามลำดับ



ภาพที่ 34 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน  
อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 17:00 น. 19:00 น. และ  
21:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ตามลำดับ



ภาพที่ 35 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน  
อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 0:00 น. 2:00 น. และ 4:00  
วันที่ 30 มกราคม 2553 ตามลำดับ



ภาพที่ 36 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน  
อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 6:00 น. 8:00 น. และ 10:00  
น. วันที่ 30 มกราคม 2553 ตามลำดับ

การกระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของแบบจำลองในอ่าวศรีราชากำหนด  
 เส้นไขให้แสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตั้งแต่ 3.00 - 6.00 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ละเส้นต่างกัน  
 0.40 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งใช้เกณฑ์เดียวกันกับการกระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ได้จาก  
 การเก็บข้อมูล ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำสุดเริ่มกระจายจากบริเวณกลางอ่าวศรีราชาที่มีแพ  
 เลี้ยงหอยแมลงภู่ โดยจะขยับขึ้นลงเล็กน้อยไปตามกระแสน้ำขึ้นน้ำลง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ  
 ต่ำที่สุดในเวลา 21:00 น. ในวันที่ 29 มกราคม 2553 เนื่องจากเป็นช่วงที่น้ำลงต่ำสุด มีการพาของน้ำ  
 น้อยที่สุด อีกทั้งเป็นช่วงกลางคืนที่ไม่มีแสงสว่าง (แพลงก์ตอนพืชไม่มีการสังเคราะห์แสง) ทำให้มี  
 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำสุด ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงที่สุดในเวลา 6:00 น. ในวันที่  
 30 มกราคม 2553 เนื่องจากเป็นช่วงที่น้ำขึ้นสูงสุด มีการพาน้ำใหม่จากพื้นที่ D (ด้านปากอ่าวไทย)  
 เข้ามา เกิดการผสมกันของน้ำ ทำให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น

#### 8. การประเมินความจุที่เหมาะสมของหอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี

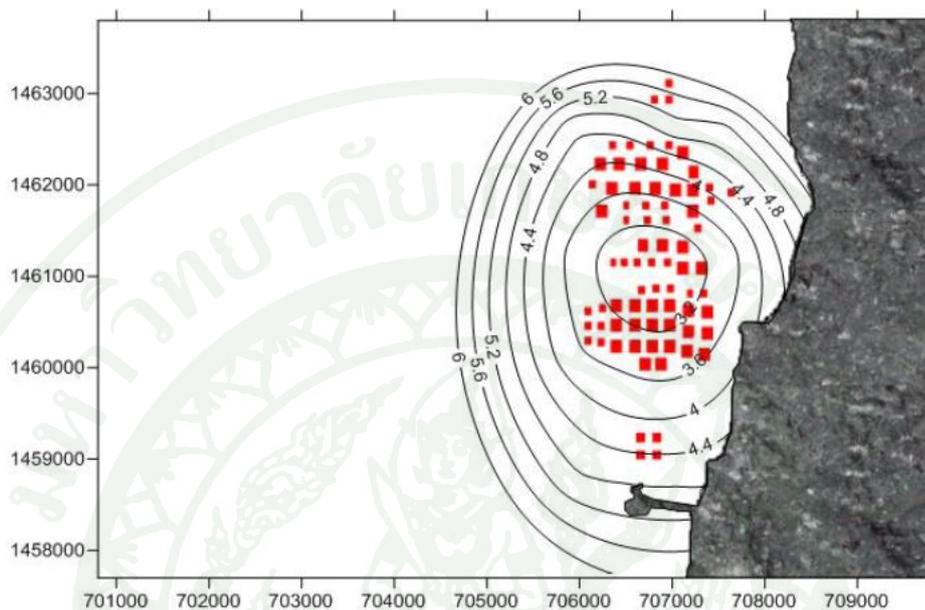
การประเมินความจุที่เหมาะสมของหอยแมลงภู่ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรีได้แบ่ง  
 กรณีศึกษาเป็น 3 กรณี คือ

1) กรณีศึกษาวันที่ 29-30 มกราคม 2553 จำนวนแพหอยแมลงภู่กระจายตามความ  
 หนาแน่นจริงจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม THEOS พบว่ามีการกระจายตัวของแพเลี้ยง  
 หอยแมลงภู่ไม่เท่ากัน คือ 0.04-0.25 แพงาน/ไร่ แต่ละกริดมีจำนวน 2-14 แพงาน มีจำนวนสายหอย  
 2,000 สาย/แพ รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลองเวลา  
 21:00 น. แสดงดังภาพที่ 37

2) กรณีนี้ความหนาแน่นของแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ถูกกำหนดให้เท่ากัน คือ 0.18 แพงาน/ไร่  
 (แต่ละกริดมีจำนวน 10 แพงาน) มีจำนวนสายหอย 2,000 สาย/แพ เพื่อกระจายการบริโภคออกซิเจน  
 ของหอยแมลงภู่ให้เท่า ๆ กันในแต่ละกริดที่มีแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ รูปแบบการแพร่กระจายของ  
 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลองเวลา 21:00 น. แสดงดังภาพที่ 38

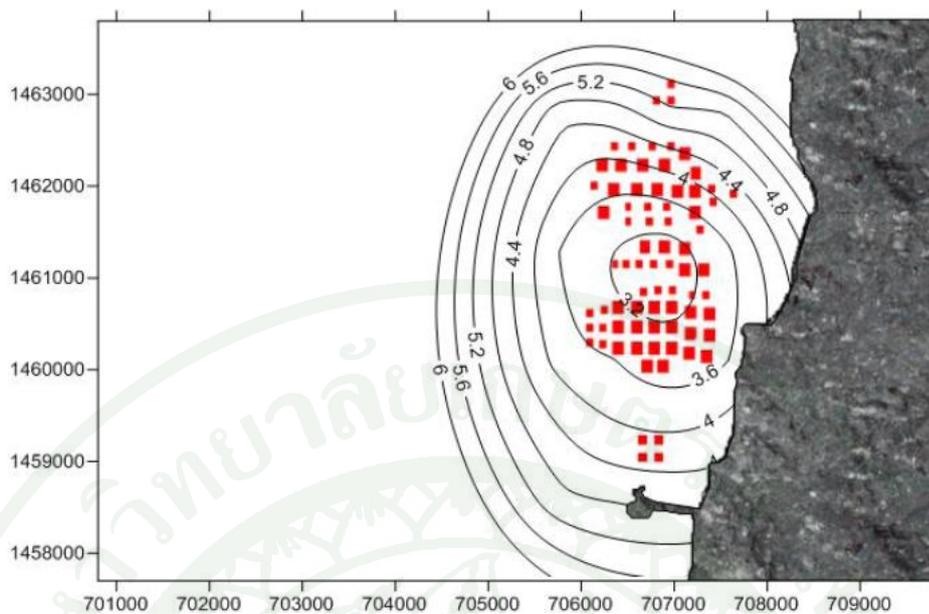
3) กรณีนี้ความหนาแน่นของแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ถูกกำหนดให้เท่ากัน คือ 0.18 แพงาน/ไร่  
 (แต่ละกริดมีจำนวน 10 แพงาน) และเพิ่มจำนวนสายหอยแมลงภู่ (N) ให้มากที่สุด โดยหอยแมลงภู่  
 จะไม่ถูกจำกัดการเจริญเติบโต ซึ่งประมาณการจากการทดลองคำนวณสายหอยที่เหมาะสมต่อการ  
 บริโภคออกซิเจนในน้ำที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 3.00 มิลลิกรัม/ลิตร คือ 2,050

สาย/แพ รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลองเวลา 21:00 น. แสดงดังภาพที่ 39



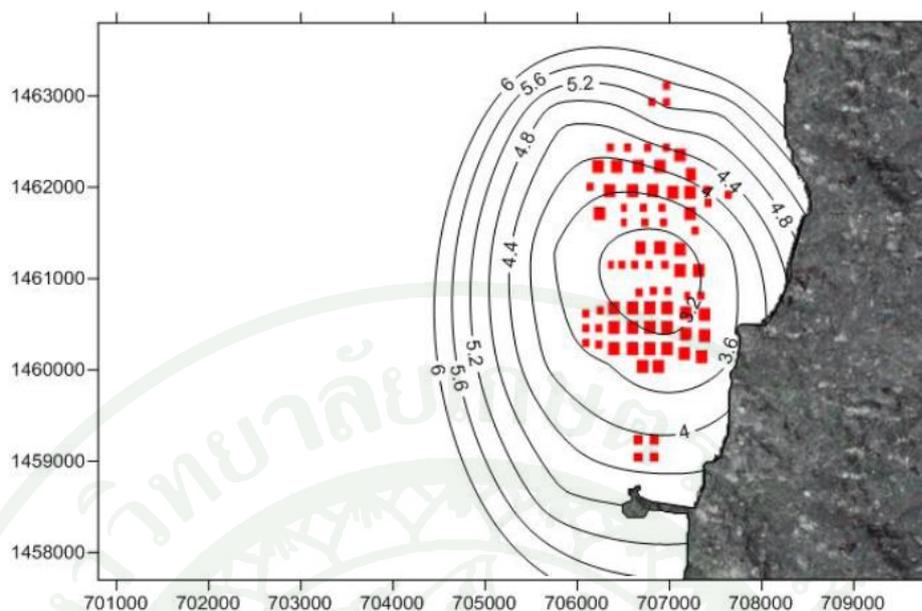
ภาพที่ 37 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองกรณีที่ 1 ในช่วงเวลา 21:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553

1) ภายใต้เงื่อนไขกรณีที่ 1 พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำที่สุดเวลา 21:00 น. มีค่าเท่ากับ 3.00 มิลลิกรัม/ลิตร ในบริเวณพื้นที่เชื่อมต่อระหว่าง B และ C ซึ่งเป็นระดับที่จำกัดการเจริญเติบโต (3.1 มิลลิกรัม/ลิตร หอยจะปิดฝา ตามที่รายงานโดยจาร์วัดน์ และคณะ, 2533) แม้ว่าการปิดฝาจะเป็นมาตรการที่ทำให้หอยสองฝาสามารถทนทานต่อภาวะที่ขาดออกซิเจนได้ก็ตาม แต่ก็จะเป็นไปได้ในระยะเวลาจำกัด เพราะในช่วงเวลาดังกล่าวเท่ากับหอยต้องกักขังตัวเองไว้จากการได้กินอาหาร ซึ่งส่งผลกระทบต่ออัตราการเติบโตของหอยแมลงภู อีกทั้งยังส่งผลถึงเกษตรกรผู้เลี้ยงหอยแมลงภูในทางอ้อมอีกด้วย ดังนั้นการเลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชาที่ความหนาแน่นมากในบริเวณ B และ C คือ หนาแน่น 0.25 แผงงาน/ไร่ จำนวนสายหอยแมลงภู 2,000 สาย/แพ (400 ตารางเมตร) หรือ 5 สาย/ตารางเมตร ได้ผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร



ภาพที่ 38 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูใน  
อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองกรณีที่ 2 ในช่วงเวลา 21:00 น. วันที่ 29  
มกราคม 2553

2) ภายใต้เงื่อนไขกรณีที่ 2 ที่กำหนดให้ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์เท่ากัน คือ 0.18 แพลงก์ตอน/ไร่ (แต่ละกริดมีจำนวน 10 แพลงก์ตอน) มีจำนวนสายหอย 2,000 สาย/แพ เพื่อกระจายการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภูในแต่ละกริดที่มีแพลงก์ตอนสัตว์ พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำที่สุดเวลา 21:00 น. มีค่าเท่ากับ 3.05 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของกริดนี้เพิ่มขึ้นจากกริดแรก 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร และมีช่วงเวลาที่หอยปิดฝาน้อยลง ส่งผลให้หอยแมลงภูเติบโตได้ดีขึ้น



ภาพที่ 39 รูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จากแบบจำลองกรณีที่ 3 ในช่วงเวลา 21:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553

3) ภายใต้เงื่อนไขกรณีที่ 3 ที่กำหนดให้ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์เหมือนกัน คือ 0.18 แพลงก์ตอน/ไร่ (แต่ละกริดมีจำนวน 10 แพลงก์ตอน) และเพิ่มจำนวนสายหอยแมลงภูเพื่อหาจำนวนสายที่เหมาะสมเพื่อให้หอยแมลงภูไม่ถูกจำกัดการเจริญเติบโต ซึ่งจำนวนสายหอยแมลงภูที่เหมาะสมคือ 2,050 สาย/แพ พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำที่สุดเวลา 21:00 น. มีค่าเท่ากับ 3.00 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเท่ากับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำที่สุดของแบบจำลองกรณีแรก

การเพิ่มความหนาแน่นของหอยแมลงภูในอ่าวศรีราชาทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความต้องการของหอยแมลงภู ในทำนองเดียวกันการเพิ่มสายหอยแมลงภูจะมีผลต่อการลดลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

แนวทางที่น่าพิจารณาเพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงหอยแมลงภูได้ประสบความสำเร็จและได้ผลตอบแทนคุ้มค่า ได้แก่ การกระจายพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูให้มีความหนาแน่นเท่ากัน โดยลดความหนาแน่นของหอยแมลงภูดังเช่นในกรณีที่ 2 พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีเพิ่มขึ้น

ดังนั้นความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอยแมลงภูในอำวศรีราชาจึงไม่ควรเกิน 0.18 แพงาน/ไร่ ขณะเดียวกันเมื่อลดความหนาแน่นของแพหอยแมลงภูต่อไร่ลงแล้ว เพื่อมิให้จำนวนหอยแมลงภูลดลง สามารถเพิ่มจำนวนสายหอยแมลงภูจาก 2,000 สาย/แพงาน เป็น 2,050 สาย/แพงานทดแทนจำนวนสายหอยที่ลดลงได้กรณีที่ 3 ทั้งนี้ผลการศึกษายู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ของแบบจำลอง

ดังนั้นการกระจายพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูให้กว้างโดยลดจำนวนสายหอยน่าจะเป็นแนวทางที่สามารถลดผลกระทบของการเลี้ยงหอยแมลงภู เป็นการเพิ่มโอกาสที่จะประสบผลสำเร็จในการลงทุน



## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

ในการศึกษาความจุของหอยแมลงภู่มากจากบ่อออกซิเจนที่ละลายน้ำในสภาวะปกติโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง POM 2 มิติ เพื่อจำลองการไหลของน้ำ และใช้แบบจำลองคุณภาพน้ำศึกษาการแพร่กระจายของออกซิเจนในน้ำแบบจำลอง POM ใช้เงื่อนไขขอบเขตเป็นน้ำขึ้นน้ำลง ผลของแบบจำลองขณะน้ำขึ้นมีทิศไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ และน้ำลงมีทิศไปทางตะวันตกเฉียงใต้ ขนานกับแนวชายฝั่ง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของเครื่องวัดกระแส น้ำ ความเร็วสูงสุดของกระแสน้ำประมาณ 1 เมตรต่อวินาที

การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนที่ละลายน้ำช่วงวันน้ำเกิดของอำเภอศรีราชาในวันที่ 29 มกราคม 2553 บริเวณที่มีแพหอยแมลงภู่มากกว่าบริเวณที่ไม่มีแพหอยแมลงภู่มากกว่าบริเวณที่มีแพหอยแมลงภู่นานแน่นอนมีปริมาณออกซิเจนอยู่ในระดับต่ำสุดช่วงเวลา 21:00 น. ซึ่งเป็นช่วงระดับน้ำต่ำสุดของวัน และการพาของน้ำต่ำสุด อีกทั้งเป็นช่วงกลางคืนที่ไม่มีแสงสว่าง (แพลงก์ตอนพืชไม่มีการสังเคราะห์แสง) จึงมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำสุด

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนบริเวณพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภู่มากในอำเภอศรีราชา ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณในแบบจำลอง ได้แก่ อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศ ( $R_1$ ) อัตราการบริโภคออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $R_2$ ) อัตราการบริโภคออกซิเจนในกระบวนการชีวเคมีของดิน ( $R_3$ ) อัตราการบริโภคออกซิเจนของหอยแมลงภู่มาก ( $R_4$ ) และอัตราการผลิตออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $R_5$ )

ตารางที่ 13 สรุปปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนบริเวณพื้นที่  
เลี้ยงหอยแมลงภู่น้ำในอำเภอสรรพยา จังหวัดชัยภูมิ

ปัจจัย	หน่วย	เวลาคำนวณ ( $\Delta t$ )	ช่วงเวลา	ค่า
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เริ่มต้น	มิลลิกรัม/ ลิตร			7.00
อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจน ระหว่างน้ำและอากาศ ( $R_1$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/วินาที	120 วินาที	ตลอด 24 ชั่วโมง	$\frac{0.0011}{400} (6.47 - S_{ij})$
อัตราการบริโภคออกซิเจนของ สิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $R_2$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	ตลอด 24 ชั่วโมง	0.15
อัตราการบริโภคออกซิเจนใน กระบวนการชีวเคมีของดิน ( $R_3$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	ตลอด 24 ชั่วโมง	0.09
อัตราการบริโภคออกซิเจนของ หอยแมลงภู่น้ำ ( $R_4$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	ตลอด 24 ชั่วโมง	0.03
อัตราการผลิตออกซิเจนของ สิ่งมีชีวิตในน้ำ ( $R_5$ )	มิลลิกรัม/ ลิตร/ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	8:00, 10:00, และ 12:00 น.	0.45
			6:00, 14:00, และ 16:00 น.	0.29

ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับ  
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันจากข้อมูลจริง พบว่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงถึง 80 % ทำให้  
มีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจนศึกษาความ  
จุของหอยแมลงภู่น้ำจากบ่อออกซิเจนที่ละลายน้ำในอำเภอสรรพยา

จากการประเมินความจุที่เหมาะสมของหอยแมลงภู่น้ำในอำเภอสรรพยา จังหวัดชัยภูมิ โดยใช้  
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายของออกซิเจน พบว่าความจุของหอยแมลงภู่น้ำที่เหมาะสม  
พิจารณาจากบ่อออกซิเจนที่ละลายน้ำในอำเภอสรรพยา คือ มีความหนาแน่นของหอยแมลงภู่น้ำ 0.18 แพง  
งาน/ไร่ และสามารถเพิ่มจำนวนสายหอยแมลงภู่น้ำได้สูงสุด 2,050 สาย/แพงาน

### ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวันในบางสถานีขาดความต่อเนื่องกัน เนื่องจาก การแล่นเรือรอบอ่าวทั้ง 16 จุด ต้องใช้เวลาในการเดินทางไปในแต่ละจุดเก็บข้อมูลและในเวลา กลางคืนวิสัยการมองเห็นแย่ง อาจทำให้หลงทางหรือใช้เวลาหาจุดเก็บข้อมูลมากกว่าตอนกลางวัน จึงต้องวางแผนการเก็บตัวอย่างให้ดี

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดคุณภาพน้ำ วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ควรมีเครื่องสำรอง หรือมีผู้เชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือ เพราะเครื่องมือเหล่านี้ต้องใช้งานเป็นเวลานานติดต่อกัน อาจมี การชำรุดได้

การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน จำเป็นต้องเก็บข้อมูลอื่น ๆ พร้อมกันไป ด้วย เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ต้องแล่นเรือรอบอ่าวทั้ง 16 จุด ความเค็ม อุณหภูมิ ค่าความ เป็นกรด-ด่าง และความโปร่งแสง การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ ตะกอนแขวนลอย จึงควรวางแผนการเก็บตัวอย่างให้ดี

อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำและอากาศมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมซึ่งใน แบบจำลองนี้ได้กำหนดให้ความเร็วลมมีค่าคงที่ ซึ่งในความเป็นจริงค่าความเร็วลมมีการ เปลี่ยนแปลง แต่เวลาไม่เท่ากัน ดังนั้นควรมีการเก็บข้อมูลความเร็วลมเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ ให้ผลที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมประมง. 2536. คู่มือการเลี้ยงหอยแมลงภู. เอกสารเผยแพร่, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2543. คู่มือการเลี้ยงหอยทะเลเศรษฐกิจ. เอกสารเผยแพร่, สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2549. โครงการการเพิ่มศักยภาพการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่กลุ่มจังหวัดที่ 7 (สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์). รายงานฉบับสมบูรณ์, กรมประมงจังหวัดสมุทรสาคร. ธันวาคม 2549

\_\_\_\_\_. 2553. หนังสือสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2551. เอกสารฉบับที่ 12/2553, กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. 2553. มาตรฐานน้ำ น่าน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา อ่าวไทย ทะเลอันดามัน. กองทัพเรือ, กรุงเทพฯ.

คเชนทร เฉลิมรัตน์. 2544. การเพาะเลี้ยงหอย. ลินคอร์น โปรโมชั่น, กรุงเทพฯ.

งานสถิติการประมง ฝ่ายสถิติการเกษตรและการประมง กองสถิติเศรษฐกิจ. 2544. การสำรวจการเปลี่ยนแปลงทางการประมง พ.ศ. 2543. กองคลังข้อมูลและสนเทศสถิติ สำนักงานสถิติแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

จารุวัฒน์ นทีตะภาฎ, สมนึก กบิลรัมย์ และขงยุทธ สุดม. 2538. การบริโภคออกซิเจนของหอยแครง. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 24/2538, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรุงเทพฯ.

จิตรา ตีระเมธี. 2541. การเจริญเติบโตของหอยแมลงภู (*Perna viridis* Linnaeus) เลี้ยงแบบแขวนใต้โครงกระชัง แพโฟม และเส้นเชือกยาวติดทุ่นลอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ชัยพร สีขาว. 2549. การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจข้อมูลระยะไกลในการจัดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอยแมลงภู่มูลแบบแพแขวน ในบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปัทมา โกธานนท์. 2547. แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พานิชย์ สังข์เกษม และจารุวัฒน์ นกิตะภัก. 2538. อัตราการบริโภคออกซิเจนและปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตในการเพาะเลี้ยงชายฝั่งบางชนิด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 24/2538, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรุงเทพฯ.
- มณฑล อนงค์พรยศกุล. 2549. น้ำขึ้นน้ำลงบริเวณเกาะลอย อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 11(2549) 1: 40-46.
- มณฑล อนงค์พรยศกุล. 2550. แบบจำลองกระแส น้ำขึ้นน้ำลงโดยใช้ POM ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี, น. 634-640. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 (สาขาประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มันสิน ตันฑูเวสม์. 2536. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ยนต์ มุสิก. 2539. เอกสารประกอบการสอนวิชาคุณภาพน้ำกับกำลังการผลิตของบ่อปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รชตวรรณ คงกิจ. 2547. การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับศึกษาสถานภาพด้านอุทกพลศาสตร์ในแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิทยา หะวานนท์ และสิริพร ลือชัยกุล. 2542. ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของหอยแมลงภู่. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 12/2542, ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงชายฝั่งจังหวัดชุมพร, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สถานีวิจัยประมงศรีราชา. 2545. การเลี้ยงและแปรรูปหอยแมลงภู่แบบครบวงจร. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ, สถานีวิจัยประมงศรีราชา, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุขศรี สัมภาวะผล และพงษ์ธร อินทร์อักษร. 2543. คุณภาพน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่บริเวณบ้านท้องตม อำเภอสวี และบ้านปากหาด อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 24/2543. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดชุมพร.

สุนทรี ทารพันธ์ และ มณฑล อนงค์พรยศกุล. 2553. การประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขคำนวณกระแสน้ำขึ้นน้ำลง โดยปรับเปลี่ยนแอมพลิจูดขององค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาประมง, หน้า 203-209.

ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545. โครงการการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลในแปลงเลี้ยงหอยแมลงภู่และการติดตามผลกระทบของการระบายน้ำทิ้งที่มีต่อสภาพการเลี้ยงหอยแมลงภู่. 213 หน้า.

ศรายุทธ์ เมธินาพิทักษ์. 2547. พลวัตของออกซิเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบหนาแน่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2530. เศรษฐกิจการผลิตและการตลาดหอยแมลงภู่. เอกสารเศรษฐกิจการเกษตรที่ 89/2530. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อลงกต อินทรชาติ, พันทิพย์ วิเศษพงษ์พันธุ์ และ ไตรเทพ วิชัยโกวิทเทน. 2542. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอินทรีย์และคุณภาพของดินตะกอน บริเวณแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) ในอ่าวศรีราชา. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์.

อลงกต อินทรชาติ. 2551. ผลกระทบของการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือกต่อคุณภาพดินตะกอนบริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อลงกต อินทรชาติ และกนกวรรณ ขาวค่อน. 2551. ผลกระทบของการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบแพเชือกต่อปริมาณสารอินทรีย์รวมและปริมาณ acid volatile sulfides บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. การประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2551, กรมประมง

Abbott, R.T. and S.P. Dance. 1991. **Compendium of Seashells**. Charles Letts. & Co. Ltd., London.

Akberali, H.B. and E.R. Trueman. 1985. Effects of Environmental Stress on Marine Bivalve Molluscs. In J.H.S. Biaxter, Frederick S. Russell and Maurice Yonge (eds.), *Advances in Marine Biology*, London, Academic Press. 22: 101-198.

American Public Health Association, American Water Work Association and Water Pollution Control Federation (APHA, AWWA and WPCF). 1980. **Standard method for the examination of water and waste**. 15<sup>th</sup> ed.

George, L. Mellor. 2004. **Users Guide for a Three-Dimensional, Primitive Equation, Numerical Ocean Model**. Princeton University, Princeton

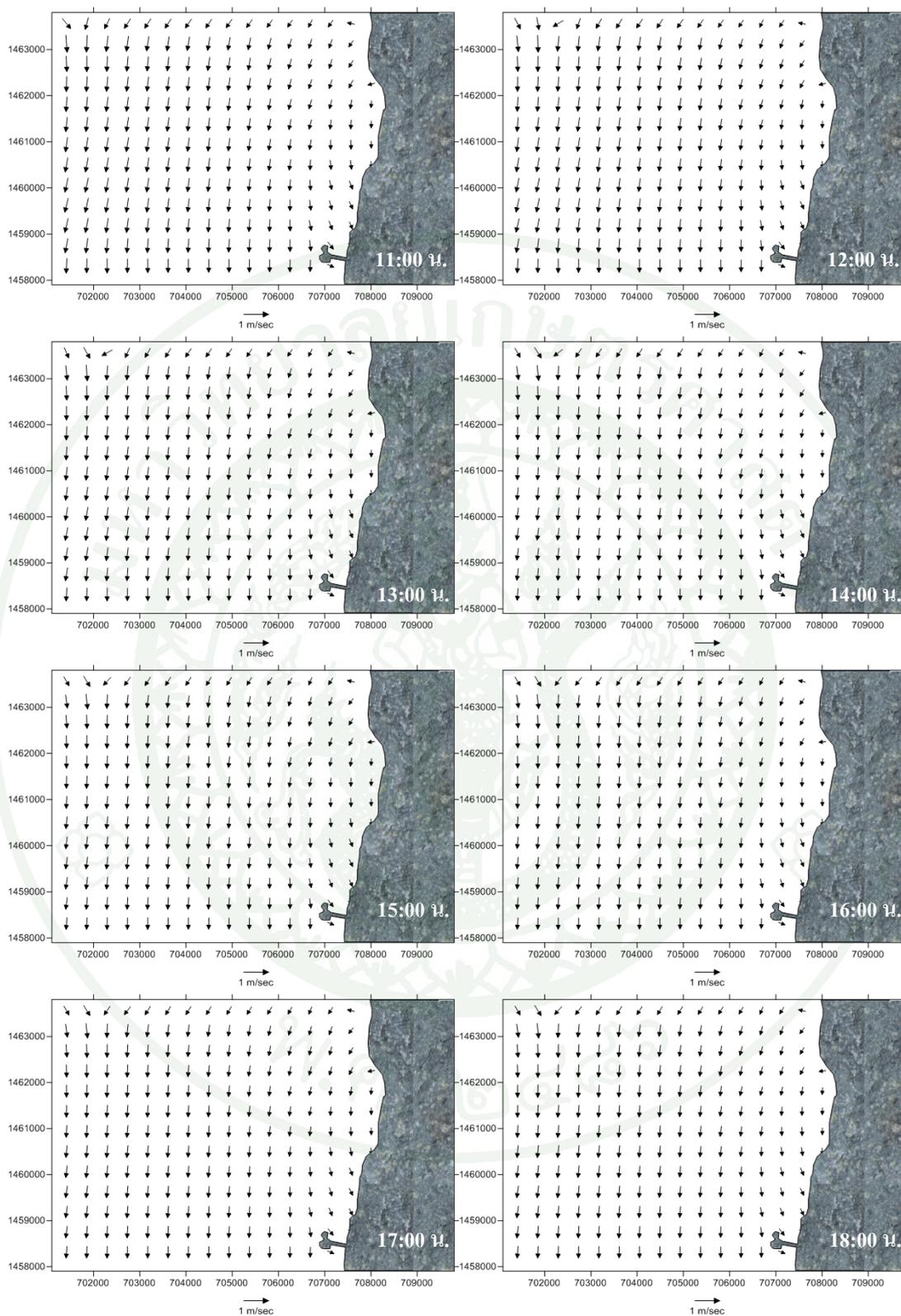
Gerhard, N. and Pierson W.J.. 1966. **Principles of Physical Oceanography**. Prentice Hall Inc.

Ghiretti, F. 1966. Respiration. In Karl M. Wilbur and C.M. Yonge (eds.), *Physiology of Mollusca*, New York, Academic Press. 2: 175-208.

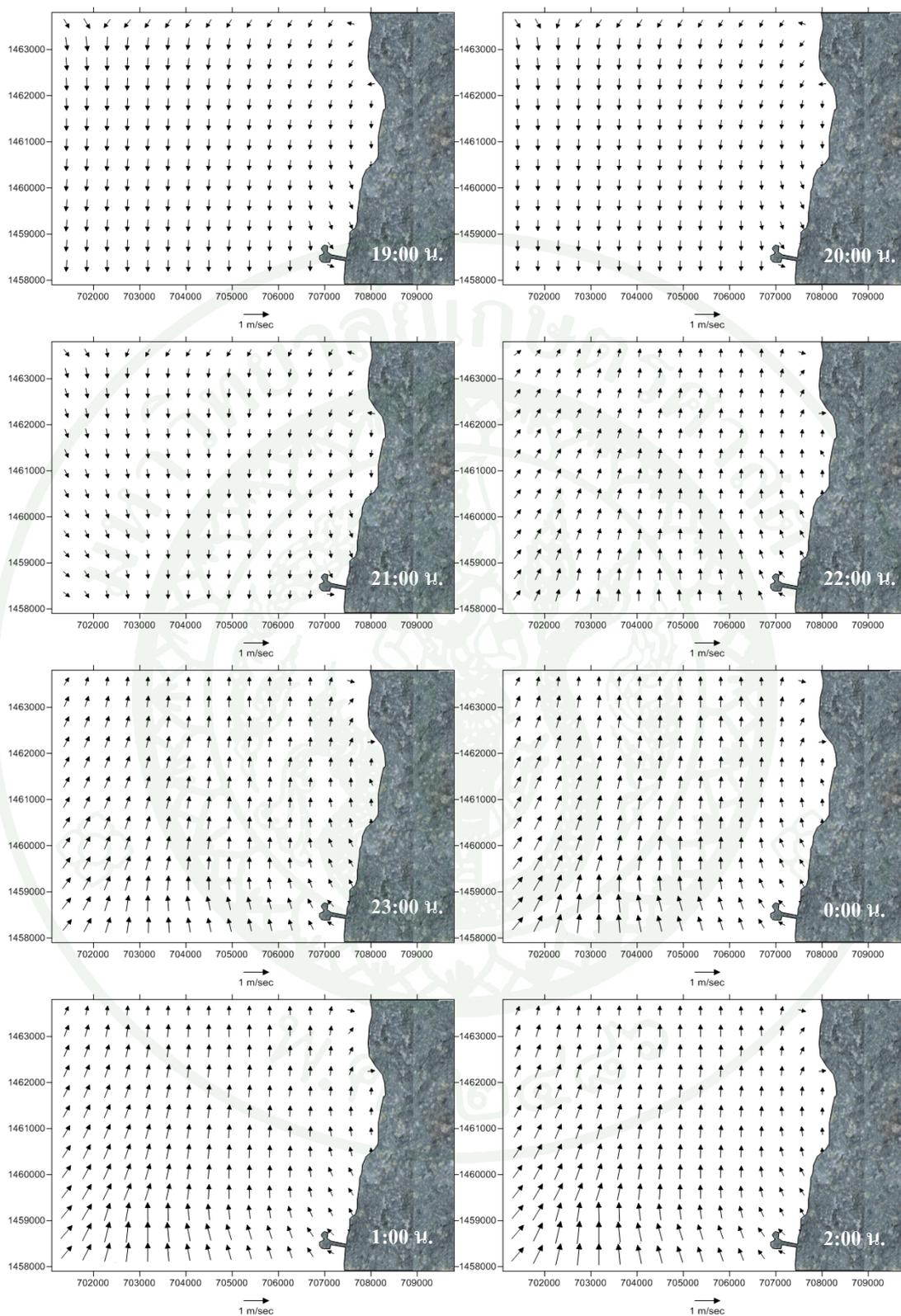
- Horiguchi, H. 1969. **Numerical Solution of Matter Diffusion**, 16<sup>th</sup> Coast Association Meeting, Japan.
- Lawson, T. B. 1995. **Fundamentals of Aquaculture Engineering**. Chapman & Hall, New York.
- Leendertse, J.J. 1970. **A Water-Quality Simulation Model for Well-Mixed Estuarine and Coastal Seas**. The Rand Corporation, California.
- Potapirom T. 1985. **Studies on Assessments of Stocking Capacity in the Marine Culture Farm from the Viewpoint of Numerioal Simulation of DO Dispersion**. M.S. Thasis, Kagawa University.
- Taylor, G.I. 1921. **Diffusion by Continuous movements**. Proc. Lond. Math. Soc. 1 : 196-202
- Thames Survey Committee. 1964. **Absorption of Atmospheric Oxegen**. Effects of polluting discharges on the Thames estuary, London



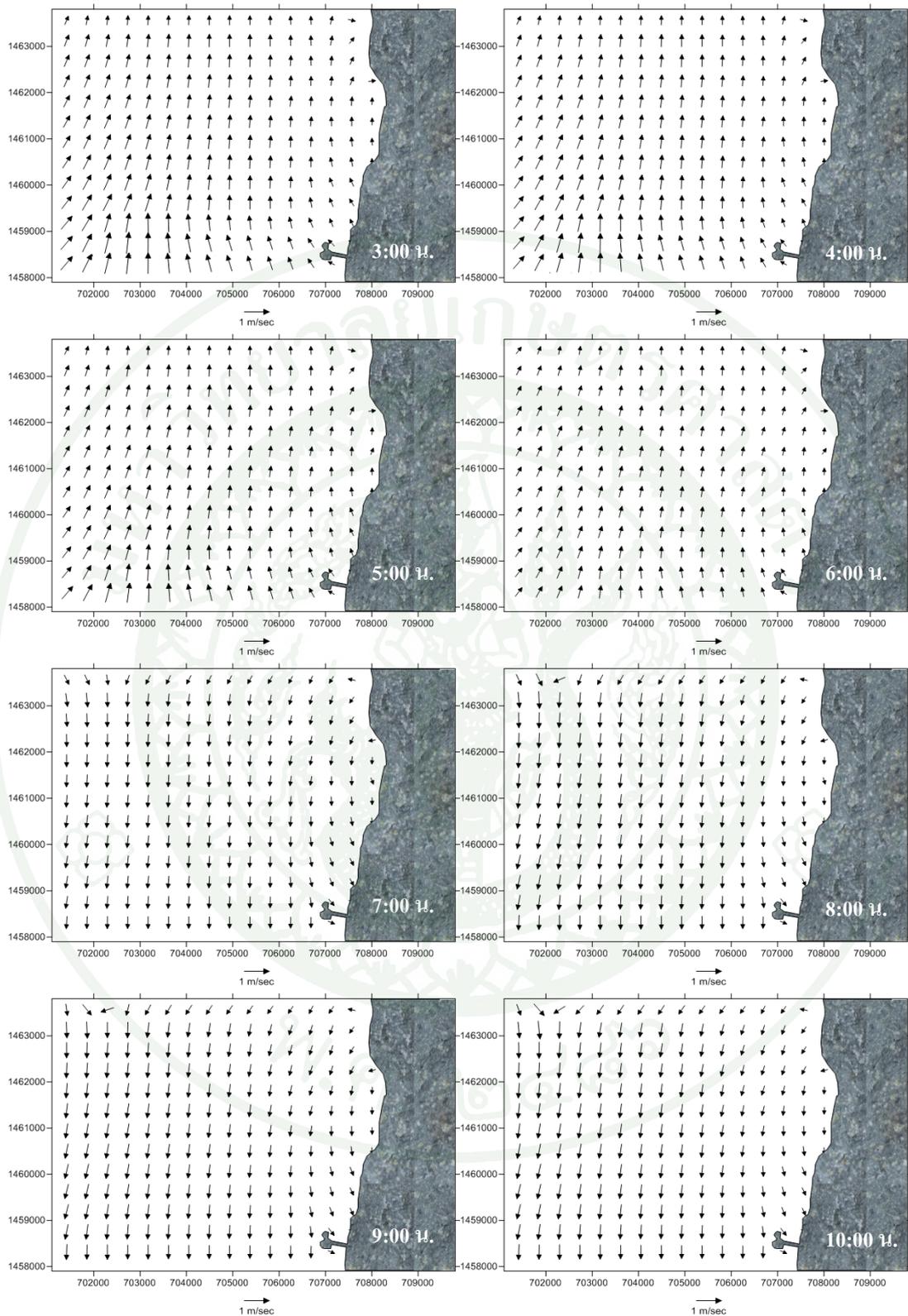
ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำรายชั่วโมงในอ่าวศรีราชา ตั้งแต่เวลา 11:00 น. ถึง 18:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553



ภาพผนวกที่ 2 รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำรายชั่วโมงในอ่าวศรีราชา ตั้งแต่เวลา 19:00 น. วันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง 2:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553



ภาพผนวกที่ 3 รูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำรายชั่วโมงในอ่าวศรีราชา ตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึง 10:00 น. วันที่ 30 มกราคม 2553

**ตารางผนวกที่ 1** ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของพื้นที่เลี้ยงหอยแมลงภูในอำเภอรือราช จังหวัดชลบุรี ในช่วงเวลา 11:00 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2553 ถึง 10:00 น. ของวันที่ 30 มกราคม 2553

เวลา (น.)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) ในจุดเก็บตัวอย่างที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11:00	5.21	4.95	4.96	4.82	6.15	5.47	5.44	5.37	5.40	5.78	5.95	6.05	7.45	7.12	6.94	6.76
13:00	4.95	4.93	5.03	5.26	5.28	4.88	4.82	4.73	5.27	5.34	4.79	4.78	8.59	7.01	5.90	5.84
15:00	5.01	4.82	4.87	5.24	5.61	4.96	4.85	4.82	5.00	5.96	5.99	6.97	8.75	7.09	6.63	6.36
17:00	4.52	4.67	4.99	5.29	5.34	4.86	4.66	4.43	5.11	5.43	5.64	6.91	9.39	7.47	6.40	6.32
19:00	5.36	4.87	4.46	4.33	4.93	4.46	4.81	5.56	4.64	4.61	5.00	5.93	8.44	6.75	5.80	5.78
21:00	3.78	3.44	3.23	3.36	3.22	3.02	3.40	3.52	4.02	4.01	4.57	5.07	6.56	5.67	5.28	5.39
0:00	5.21	5.10	5.04	5.13	5.10	5.02	5.15	5.25	5.47	5.10	5.88	5.90	6.10	6.50	6.05	6.52
2:00	6.15	6.20	5.14	5.47	6.20	6.02	5.15	5.10	6.12	6.15	5.96	5.84	6.06	5.13	5.80	5.62
4:00	6.24	6.36	6.02	5.32	6.18	6.18	6.00	5.31	5.90	6.29	6.16	6.13	6.30	6.24	5.13	5.89
6:00	6.19	6.62	6.48	6.16	6.11	6.41	5.99	5.92	6.98	6.85	6.11	6.90	5.13	6.13	6.40	6.33
8:00	5.76	5.57	4.75	5.04	5.62	5.20	5.12	5.29	6.11	6.19	6.04	5.90	6.94	6.70	6.19	6.08
10:00	5.66	5.43	5.18	4.93	5.65	5.50	5.49	5.32	5.91	6.03	5.74	7.04	7.50	6.84	6.42	6.06

ตารางผนวกที่ 2 อุณหภูมิ ความลึกน้ำ และความโปร่งแสง วันที่ 29-30 มกราคม 2553 ที่ 1458290

N, 707910 E (เรือเกษตรศาสตร์ 1)

เวลา	อุณหภูมิ (°C)	ความลึกน้ำ (m)	ความโปร่งแสง (m)
9:00 น.	28.2	6.8	2.0
10:00 น.	28.2	6.7	
11:00 น.	28.3	6.6	2.0
12:00 น.	28.4	6.5	
13:00 น.	28.6	6.5	1.8
14:00 น.	28.7	6.4	
15:00 น.	28.8	6.3	2.1
16:00 น.	28.9	6.1	
17:00 น.	28.9	5.8	2.0
18:00 น.	28.8	5.4	
19:00 น.	28.8	5.0	
20:00 น.	28.8	4.6	
21:00 น.	28.8	4.3	
22:00 น.	28.8	4.1	
23:00 น.	28.7	4.2	
0:00 น.	28.6	4.4	
1:00 น.	28.5	4.8	
2:00 น.	28.5	5.3	
3:00 น.	28.4	5.9	
4:00 น.	28.4	6.4	
5:00 น.	28.4	6.8	
6:00 น.	28.4	7.1	
7:00 น.	28.3	7.1	
8:00 น.	28.3	7.0	
9:00 น.	28.4	6.9	
10:00 น.	28.4	6.7	

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตะกอนแขวนลอย ความเค็ม อุณหภูมิและ ความเป็นกรด-  
ด่าง ความลึก 3 เมตร ในวันที่ 29-30 มกราคม 2553 ที่โซน A, B, C, และ D

เวลา	โซน	TSS(mg/l)	Chl a(mg/l)	ความเค็ม (ppt)	T(°C)	pH
10:00 น.	A	8.9	2.1	32.1	28.2	7.89
	B	13.6	1.6			
	C	10.7	3.7			
	D	9.9	2.1			
12:00 น.	A	7.7	2.7	32.2	28.3	7.73
	B	8.1	2.1			
	C	11.2	3.7			
	D	5.8	2.7			
14:00 น.	A	12.3	1.6	32.2	28.6	7.69
	B	7.7	2.7			
	C	11.2	2.1			
	D	7.3	2.1			
16:00 น.	A	6.5	3.2	32.2	28.8	7.68
	B	10.4	3.2			
	C	8.7	2.1			
	D	13.9	1.6			
18:00 น.	A	7.1	3.2	32.2	28.9	7.93
	B	4.3	3.2			
	C	8.6	2.1			
	D	5.0	1.5			
20:00 น.	A	5.8	1.1	32.2	28.8	8.07
	B	5.8	1.6			
	C	6.7	2.1			
	D	7.2	2.7			

## ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เวลา	โซน	TSS(mg/l)	Chl a(mg/l)	ความเค็ม (ppt)	T(°C)	pH
22:00 น.	A	-	-	32.1	28.8	8.08
	B	-	-			
	C	5.0	1.6			
	D	-	-			
0:00 น.	A	5.7	1.1	31.9	28.7	8.11
	B	7.8	2.7			
	C	6.3	2.7			
	D	9.5	8.0			
2:00 น.	A	5.0	1.6	31.9	28.5	8.10
	B	6.6	1.6			
	C	7.0	2.7			
	D	7.0	4.3			
4:00 น.	A	5.5	2.1	32.0	28.4	8.12
	B	8.9	1.6			
	C	8.4	2.1			
	D	8.0	4.8			
6:00 น.	A	4.0	3.7	32.0	28.4	8.18
	B	6.3	4.3			
	C	6.9	4.0			
	D	7.2	3.2			
8:00 น.	A	6.2	2.7	32.0	28.3	8.12
	B	8.7	4.3			
	C	8.3	3.2			
	D	8.9	3.7			
10:00 น.	A	5.0	3.2	32.1	28.4	7.93
	B	9.6	4.3			
	C	10.6	3.7			
	D	6.3	3.2			

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	สุนทรี ทารพันธ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	23 พฤศจิกายน 2528
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ชีววิทยา) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทาง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.)