BRT T-347011

ความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายตัวของตัวอ่อนปะการังกับกระแสน้ำบริเวณจังหวัดชลบุรี

นางสาว ลลิตา ปัฐฉิม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2868-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1118/49

RECEIVED
28/11/49
DATE

โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย
c/o ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
อาคารสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
73/1 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400

ความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายตัวของตัวอ่อนปะการังกับกระแสน้ำบริเวณจังหวัดชลบุรี

นางสาว ลลิตา ปัจฉิม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2868-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RELATIONSHIP BETWEEN DISPERSAL OF CORAL LARVAE AND WATER CURRENT, CHON BURI PROVINCE

Miss Lalita Putchim

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Marine Science

Department of Marine Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-53-2868-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายตัวของตัวอ่อนปะการังกับกระแสน้ำบริเวณจังหวัดชลบุรี
โดย	นางสาว ลลิตา ปัจฉิม
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. ธรรมศักดิ์ ยีมิน

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิติธรรมยง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. ธรรมศักดิ์ ยีมิน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์)

นางสาว ลลิตา ปัจฉิม : ความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายตัวของตัวอ่อนปะการังกับกระแสน้ำบริเวณจังหวัดชลบุรี. (RELATIONSHIP BETWEEN DISPERSAL OF CORAL LARVAE AND WATER CURRENT, CHON BURI PROVIENCE) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุชนา ชวนิชย์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร.ธรรมศักดิ์ ยีมิน , 61 หน้า. ISBN 974-53-2868-5.

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการังกับทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ ในพื้นที่แนวปะการัง 4 เกาะ บริเวณจังหวัดชลบุรี คือ เกาะนก เกาะไผ่ เกาะคราม และเกาะเตาหม้อ โดยการเก็บตัวอย่างตัวอ่อนปะการังหลังจากปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอยทุกชั่วโมงเป็นเวลา 10 ชั่งโมง และศึกษากระแสน้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 มิติ

พบว่าปริมาณไข่ปะการังที่ได้รับการปฏิสนธิมีปริมาณลดลง 71 เปอร์เซ็นต์ในชั่วโมงแรกและไม่พบเซลล์ไข่หรือตัวอ่อนปะการังหลังจากชั่วโมงที่ 6 หลังจากปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และการไหลของกระแสน้ำมีแนวโน้มเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะครามหรือไหลออกจากอ่าวไทยตอนบน ผ่านไปยังพื้นที่ต่างๆ บริเวณหมู่เกาะคราม และหมู่เกาะแสมสาร

จากการพิจารณาจากข้อมูลกระแสน้ำแสดงให้เห็นว่าตัวอ่อนปะการังบริเวณเกาะครามมีโอกาสจะแพร่กระจายไปยังพื้นที่หรือแนวปะการังอื่นในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งคือบริเวณที่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะคราม ครอบคลุมพื้นที่บริเวณหมู่เกาะคราม และหมู่เกาะแสมสาร อย่างไรก็ตามเนื่องจากปริมาณเซลล์ไข่ที่ปล่อยสู่มวลน้ำมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้โอกาสที่ไข่จะพัฒนาเป็นตัวอ่อนและเหลือรอดจนกระทั่งพร้อมลงเกาะจึงมีปริมาณจำกัด ดังนั้นพื้นที่ที่ตัวอ่อนจะแพร่กระจายไปได้อาจขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวอ่อนปะการังและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำในแต่ละครั้งที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และตัวอ่อนปะการังจากเกาะครามมีโอกาสที่จะแพร่กระจายไปยังพื้นที่อื่น (เกาะนก เกาะไผ่ และเกาะเตาหม้อ) แต่โอกาสที่แนวปะการังบริเวณเกาะครามจะมีตัวอ่อนปะการังจากแนวปะการังอื่นแพร่กระจายมาถึงและลงเกาะนั้นเป็นไปได้ยาก

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4572460423: MAJOR MARINE SCIENCE

KEY WORD: LARVAE/ CORAL / DISPERSION / HYRODYNAMIC MODEL

LALITA PATCHIM : RELATIONSHIP BETWEEN DISPERSAL OF CORAL LARVAE AND WATER CURRENT, CHONBURI PROVIENCE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUCHANA CHAVANICH. Ph.D., THESIS COADVISOR : THAMMASAK YEEMIN. Ph.D., 61 pp. ISBN 974-53-2868-5.

The relationship between larval abundance and water current pattern around reefs of Koh Nok, Koh Phai, Koh Khram, and Koh Tao Mo was investigated. Fertilized eggs were collected after coral spawning every hour from 1-10 hours. Then, current patterns were estimated from a two-dimensional hydrodynamic model.

The results showed that larval abundance rapidly decreased (71% from the original releasing) at first hour after coral spawning. In addition, no larvae were found in the plankton net after 7-10 hours. From stimulation of trajectory drogue, it indicated that during the spawning periods, current flowed out of Koh Khram to the southeastern direction covering between areas of Koh Khram to Moo Koh Samaesan. Moreover, the current patterns during other periods of coral spawning (i.e. during seasonal spawning periods) showed that current flowed out of Koh Khram, and went through islands around the southeast of Koh Khram in the Sattahip area. These current patterns suggested that coral larvae may disperse from Koh Khram to Moo Koh Samaesan. However, the opportunity of widespread dispersal may be limited depending on the quantity of coral larvae.

In conclusion, coral larvae from Koh Khram may be able to disperse to Sattahip area while coral larvae from other areas have less chance to disperse to Koh Khram. Therefore, coral recruitment around Koh Khram Island may be from self-seeding process.

Department.....Marine Science.....
Field of study.....Marine Science.....
Academic year...2005.....

Student's.....
Advisor's.....
Co-advisor's.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชนา ชวนิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ ดร. ธรรมศักดิ์ ยีมิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำในการทำงาน ตลอดจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าในฐานะผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิติธรรมยง อาจารย์ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง และอาจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำรวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ โศจิศุภร และ อาจารย์ สุริยัณห์ สาระมูล สำหรับคำแนะนำและคำปรึกษาในด้านข้อมูลทางกายภาพ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำรัส สมเด็จพระเทพรัตนฯราชสุดาสยามบรมราชกุมารี หน่วยสงครามพิเศษทางเรือ กองทัพเรือ ที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT) ที่สนับสนุนเงินทุนหลัก รวมถึงทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์และกลุ่มวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและโครงการ Project AWARE Foundation จากสถาบัน PADI ที่สนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณกองสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอาการและภูมิศาสตร์สารสนเทศที่อนุเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลจากทุ่นสมุทรศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณนางศรีสกุล ภิรมย์วรากร ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ นายเสธ์ ทรงพลอย นางสาวชโลทร รักษาทรัพย์ และ นางสาวเทพสุดา ลอยจิ้ว ที่คอยช่วยงานและเป็นเพื่อนร่วมงานที่ดีเสมอมา รวมถึงนายชัชวาล บวรกิตติวงศ์ และนายเฉลิมรัฐ แสงมณี ที่ช่วยงานในการออกเก็บตัวอย่าง นาวาตรีวิริยะ เหลืองอร่าม ที่เอื้อเฟื้อที่พักในการออกภาคสนาม และนางสาวจริยา ฐิติเวศน์ ที่ให้คำแนะนำในการจัดทำรูปเล่ม

ขอขอบคุณ บรรดาเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ชาวมารีนทุกคน ที่คอยถามไถ่ และมีเรื่องราวขบขันแปลกๆ ให้ยิ้มได้และบันเทิงใจอยู่เสมอๆ มา

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ และพี่ชายที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

ขอบเขตงานวิจัย 2

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของปะการัง 3

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของปะการัง 3

การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง 4

การพัฒนาของตัวอ่อนปะการัง 5

การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง 7

3. วิธีการศึกษา 10

ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปะการัง 12

ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ 14

การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง 15

4. ผลการศึกษา 17

ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 17

การเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปะการังและกระแสน้ำหลังปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 24

ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ 26

การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง 37

5. อภิปรายผลการศึกษา....41
ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง....41
ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ....42
ความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการังและกระแสน้ำ....43
การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง....37
6. สรุปผลการศึกษา....49
ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง....49
ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ....49
การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง....49
การแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการัง....50
รายการอ้างอิง....51
ภาคผนวก....59
ประวัติผู้วิจัย....61

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4-1. ช่วงเวลาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแต่ละชนิด.....17

4-2. จำนวนตัวอ่อนปะการังทุกชนิดที่ลงเกาะบนแผ่นกระเบื้องทุก 2 เดือน.....40

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2-1 การพัฒนาตัวของตัวอ่อนปะการังชนิด *Acropora millepora*.....6
2-1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในธรรมชาติ.....6
3-1 สถานที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง.....11
3-2 ไข่ปะการังชนิด *Acropora humilis*.....12
3-3 ชนิดปะการังที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะเซลล์สืบพันธุ์.....13
3-4 ทุ่นลอยติดตามกระแสน้ำ (drogue).....14
3-5 ตำแหน่งของระดับน้ำที่เกิดจากการ interpolation ของสถานีวัดน้ำหัวหินกับสถานีวัดน้ำอ่าวสัตหีบ.....15
3-6 แผ่นกระเบื้องที่ใช้ศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง.....16
4-1 เซลล์ไข่ของปะการังชนิด *Acropora millepora* ในระยะต่างๆ (a) เซลล์ไข่สีขาว (b) เซลล์ ไข่สีแดง.....18
4-2 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนโคโลนีของ *Acropora millepora* ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะต่างๆ บริเวณเกาะต่างๆ.....19
4-3 เซลล์ไข่ของปะการังชนิด *Acropora humilis* ในระยะต่างๆ (a) เซลล์ไข่สีขาว (b) เซลล์ไข่สีแดง (c) เซลล์ไข่สีแดงและถุงน้ำเชื้อสีขาว.....20
4-4 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนโคโลนีของ *Acropora humilis* ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะต่างๆ บริเวณเกาะต่างๆ.....21
4-5 เซลล์ไข่ของปะการังชนิดต่างๆ ในระยะที่มีสีแดง (a) *Favites abdita* และ (b) *Platygyra sinensis*v.....22
4-6 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนโคโลนีของ *Goniastrea retiformis*, *Favites abdita* และ *Platygyra sinensis* ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะต่างๆ บริเวณเกาะต่างๆ.....23
4-7 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอยที่ได้จากการติดตามภายหลังปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์.....24
4-8 จำนวนไข่ปะการังที่พบในช่วงเวลาต่างๆ หลังจากปะการังชนิด *P. sinensis* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์.....25
4-9 การพัฒนาของเซลล์ไข่ปะการังชนิด P. sinensis หลังจากการปฏิสนธิในระยะต่างๆ: (a) เซลล์ไข่ปะการัง (b) ไซโกท (zygote) เซลล์เดียว (c) ไซโกทช่วงคลีเวจระยะ 2 เซลล์ (d) ไซโกทช่วงคลีเวจระยะ 4 เซลล์ (e) ไซโกทช่วงคลีเวจระยะ 8 เซลล์.....25

รูปที่ หน้า

4-10 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอย (drogue) จากแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำหัวหินและอ่าวสัตหีบ....27
4-11 ข้อมูลกระแสน้ำจากแบบจำลอง (a) ระดับน้ำ (b) ความเร็ว และ (c) ทิศทางของกระแสน้ำ....28
4-12 ค่าแอมปลิจูดและเฟสในแต่ละองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงระหว่างค่าที่ได้จากการวัดจริง ณ สถานีอ่าวสัตหีบเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำหัวหินและอ่าวสัตหีบ....29
4-13 ระดับน้ำจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับระดับน้ำจริง ณ สถานีวัดน้ำอ่าวสัตหีบในเดือนมีนาคม 2548....30
4-14 ระดับน้ำจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับระดับน้ำจริง ณ สถานีวัดน้ำอ่าวสัตหีบในช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์....30
4-15 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอย (drogue) จากแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำบางสะพานและคลองใหญ่....31
4-16 ค่าแอมปลิจูดและเฟสในแต่ละองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงระหว่างค่าที่ได้จากการวัดจริง ณ สถานีอ่าวสัตหีบเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำบางสะพานและคลองใหญ่....32
4-17 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่น เริ่มต้น ณ จุดเดียวกับที่สังเกตพบปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จากการศึกษาครั้งนี้ ในช่วงเวลาต่างๆ ที่คาดว่าปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จากแบบจำลองที่สร้างขอบเขต ระหว่างสถานีวัดน้ำหัวหินและอ่าวสัตหีบ....33
4-18 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่น เริ่มต้น ณ จุดเดียวกับที่สังเกตพบปะการังปล่อย เซลล์สืบพันธุ์จากการศึกษาครั้งนี้ ในช่วงเวลาต่างๆ ที่คาดว่าปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จากแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำบางสะพานและคลองใหญ่....34
4-19 ระดับน้ำขึ้นลงในแต่ละเดือนที่ปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์....34
4-20 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอยจากแนวปะการังบริเวณเกาะนกและเกาะไผ่ในเริ่มต้น ณ วันที่ 26 มีนาคม 2548 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่คาดว่าปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (ช่วงเวลาเดียวกับที่ปะการังบริเวณเกาะครามปล่อยเซลล์สืบพันธุ์) 35
4-21 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอย (drogue) จากแนวปะการังบริเวณเกาะเตาหม้อในวันที่ 26 มีนาคม 2548 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่คาดว่าปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (ช่วงเวลาเดียวกับที่ปะการังบริเวณเกาะครามปล่อยเซลล์สืบพันธุ์)....36

รูปที่ **หน้า**

4-22 ตัวอ่อนปะการังสกุลที่พบลงเกาะบนแผ่นกระเบื้อง (a) *Acropora*; (b) *Montipora*; (c) *Pocillopora*; (d) *Porites*; (e) *Fungia* และ (f) *Unknown sp*1 38

4-23 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอ่อนปะการังในแต่ละสกุลที่ลงเกาะบนแผ่นกระเบื้อง ในแต่ละเดือนบริเวณเกาะต่างๆ 39

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

แนวปะการังเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล แต่ในปัจจุบันแนวปะการังได้ถูกรบกวนอย่างมากทั้งจากกิจกรรมของมนุษย์และจากธรรมชาติ การวางแผนการจัดการ การอนุรักษ์และการฟื้นฟูแนวปะการังจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวด แนวปฏิบัติวิธีหนึ่งคือการปล่อยให้แนวปะการังฟื้นตัวเองตามธรรมชาติ ซึ่งการฟื้นตัวจากความเสื่อมโทรมของแนวปะการังตามธรรมชาติอาจเกิดได้ด้วยตัวอ่อนปะการังจากแนวปะการังเดิมหรืออาศัยตัวอ่อนปะการังจากแนวปะการังอื่น ดังนั้นการทราบถึงการแพร่กระจายตัวของตัวอ่อนจึงมีความสำคัญเพื่อทราบถึงพื้นที่ที่ตัวอ่อนปะการังมีโอกาสลงเกาะหรือกระจายตัวไปในบริเวณอื่น

การกระจายตัวของตัวอ่อนปะการังถูกจำกัดด้วยปัจจัยหลายประการ เช่นปริมาณของตัวอ่อนของปะการัง (planula larva) ที่ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนก่อนการลงเกาะ (Yeemin and Sudara, 1992; Pineda, 2000) และกระแสน้ำซึ่งเป็นปัจจัยกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของตัวอ่อนไปยังพื้นที่อื่น (Williams *et al.*, 1984; Hamner and Hauri, 1981; Sammarco and Andrews, 1988; Gay and Andrew, 1994; Pattiaratchi, 1994; Dias, 1996; Thomas and Kunin, 1999; Pineda, 2000; Botsford, 2001; FernaÂ ndeza *et al.*, 2001; Gilg and Hilbish, 2003) แต่อย่างไรก็ตาม การติดตามตัวอ่อนในมวลน้ำโดยตรงเป็นไปได้ยากเนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาหลายวัน การใช้แบบจำลองจึงถูกนำมาใช้เพื่อประเมินข้อมูลกระแสน้ำและคาดการณ์การเคลื่อนที่ของอนุภาครวมถึงการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนในสภาวะแวดล้อมต่างๆ (Sammarco and Andrews, 1988; Lee *et al.*, 1992; Oliver *et al.*, 1992; Sammarco, 1992; Botsford, 2001; Jame, 2003; Pinazo *et al.*, 2004)

ปัจจุบันในประเทศไทย ยังไม่มีงานวิจัยที่นำข้อมูลของกระแสน้ำมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลทางชีววิทยาด้านการสืบพันธุ์ ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของพื้นที่การแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการัง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้คือศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของกระแสน้ำในช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์กับระยะเวลาที่ตัวอ่อนอยู่ในมวลน้ำจนกระทั่งลงเกาะ โดยผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านชีววิทยาของปะการังแข็งบริเวณอ่าวไทยและประเมินสภาพแนวปะการังเพื่อใช้ในการจัดการทรัพยากรแนวปะการังต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการังและกระแสน้ำบริเวณจังหวัดชลบุรี

ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปะการังและกระแสน้ำโดยศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อน ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ และการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการัง

ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) การสืบพันธ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (spawning time) การพัฒนาของตัวอ่อน (larval development) และการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง (settlement)

การสืบพันธุ์ไม่แบบอาศัยเพศของปะการัง

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศยเพศเป็นการขยายขนาดโคโลนีและการแยกเป็นโคโลนีใหม่ โดยที่โคโลนีใหม่ที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเกิดได้ด้วยกัน 4 วิธี (Richmond, 1997; Krupp, 2000) ได้แก่

1. การแตกหักของโคโลนี (fragmentation) ชิ้นส่วนที่เกิดจากการแตกหักของโคโลนีแม่แล้วเติบโตต่อไปเป็นโคโลนีใหม่
2. การหลุดของเนื้อเยื่อ (polyp bail-out) เนื้อเยื่อของปะการังอาจหลุดออกมาจากโครงสร้างแข็ง และเคลื่อนที่สู่มวลน้ำโดยใช้ซีเลียโบกจนกระทั่งลงเกาะบนพื้นผิวที่เหมาะสม
3. การหลุดของโพลิบ (polyp expulsion) การหลุดของโพลิบ เนื้อเยื่อ และส่วนของหินปูนแล้วลงเกาะใหม่
4. การตายของโคโลนีบางส่วน (partial colony mortality) เนื้อเยื่อบางส่วนอาจยังคงเหลืออยู่ในโครงสร้างที่ตายแล้ว หรืออาจออกจากโครงสร้างแข็งและเริ่มที่จะสร้างโครงร้างแข็งขึ้นมาใหม่
5. ตัวอ่อนปะการังที่เกิดจากไข่ที่ไม่ได้รับการปฏิสนธิ (Parthenogenesis) ไข่ที่ถูกผลิตขึ้นแล้วไม่ได้รับการปฏิสนธิจากน้ำเชื้อ แต่สามารถพัฒนาตัวเป็นตัวอ่อนได้โดยตรง

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของปะการัง

รูปแบบการสืบพันธุ์ของปะการังมีทั้งชนิดที่แยกเพศ (Gonochoric) และมีสองเพศในโพลิบเดียวกัน (Hermaphrodite) โดยทั้งสองแบบอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาผสมกันในมวลน้ำหรืออาจจะมีการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่ก่อนที่จะปล่อยตัวอ่อนสู่มวลน้ำ

ตัวอ่อนของปะการัง มี 2 รูปแบบ คือ

1. ตัวอ่อนที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่ (brooding larvae)

ปะการังที่ปฏิสนธิภายใน (internal fertilization) จะปล่อยตัวอ่อนออกมาสู่มวลน้ำโดยตรง และส่วนมากสร้างเซลล์สืบพันธุ์ตลอดทั้งปี เช่น ปะการังในครอบครัว Pocilloporidae และ Helioporidae (Babcock and Heyward, 1986; Dai *et al.*,1992; Harii *et al.*, 2002) ไข่ของปะการังแบบที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่มีขนาดประมาณ 100 ไมโครเมตร (Harriott, 1983) ตัวอ่อนมีขนาดประมาณ 300-500 ไมโครเมตร และส่วนมากมีสาหร่ายซูแซนเทลลี่ (zooxanthellae) อยู่ในเนื้อเยื่อด้วย (Heyward, 1987; Isomura and Nishihira, 2001; Harii *et al.*, 2002)

2. ตัวอ่อนที่เกิดจากการปฏิสนธิภายนอกโคโลนีแม่ (broadcasting larvae)

ปะการังที่ปฏิสนธิภายนอก (external fertilization) ไข่และน้ำเชื้อจะถูกปล่อยออกมาปฏิสนธิและพัฒนาเป็นตัวอ่อนในมวลน้ำ เช่น ปะการังในครอบครัว Acroporidae, Faviidae และ Fungiidae (Dai *et al.*,1992; Nozawa and Harrison, 2000; Miller and Mundy, 2003)

ปะการังชนิดเดียวกันอาจมีรูปแบบการสืบพันธุ์ต่างกันได้ เช่นปะการังในครอบครัว Poritidae อาจมีรูปแบบการสืบพันธุ์ได้ทั้งสองแบบแตกต่างกันไปในแต่ละสถานที่ (Fadlallah, 1983) *Heliofungia actiniformis* ที่สาธารณรัฐปาลัวมีลักษณะเพศแบบสองเพศในหนึ่งโพลิบและมีการผสมภายใน (hermaphroditic brooder) (Abe, 1937) ในขณะที่เกรทแบริเออร์รีฟประเทศออสเตรเลียปะการังชนิด *H. actiniformis* มีลักษณะเพศแบบแยกเพศและมีการผสมภายนอก (gonochoric broadcaster) (Willis, 1985) ไข่ของปะการังกลุ่มนี้มีขนาดประมาณ 300-700 ไมโครเมตร (Babcock and Heyward, 1986; Heyward *et al.*, 1987; Dai *et al.*, 1992) และตัวอ่อนมีขนาดประมาณ 90-120 ไมโครเมตร (Krupp, 1983)

การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง

ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังมีความแตกต่างกันในแต่ละสถานที่ โดยมีปัจจัยควบคุมหลายประการได้แก่ วิถีของดวงจันทร์ (lunar cycle) อุณหภูมิน้ำทะเล (sea temperature) และพิกัดภูมิศาสตร์ (latitude-longitude)

วิถีของดวงจันทร์ มีอิทธิพลต่อการขึ้นลงของน้ำ (tide) ปะการังส่วนมากจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์หลังจากวันที่ดวงจันทร์เต็มดวง (ขึ้น 15 ค่ำ) (Krupp, 1983; Harrison *et al.*,1984; Dai *et al.*, 1992; Babcock *et al.*, 1994; Baird *et al.*, 2000) และมักปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงน้ำตาย (neap tide) ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำมีการเคลื่อนที่น้อย หรือในช่วงเวลาที่ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ส่งผลให้โอกาสที่ไข่จะได้รับการผสมจากน้ำเชื้อเพิ่มมากขึ้น (Heyward *et al.*, 1987)

อุณหภูมิน้ำทะเล มีผลต่อกระบวนการสร้างและการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ปะการังส่วนมากจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงที่น้ำทะเลมีอุณหภูมิสูงขึ้น คือ ช่วงฤดูใบไม้ผลิถึงต้นฤดูร้อน (Fadlallah, 1983; Harriott, 1983; Babcock and Heyward, 1986; Heyward *et al.*, 1987; Colley *et al.*, 2000; Wilson and Harrison, 2003) นอกจากนี้การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังยังสัมพันธ์กับปริมาณแสงอาทิตย์ (solar insolation) โดยปะการังจะมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเล (sea surface temperature) สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังที่สัมพันธ์กับปริมาณแสงอาทิตย์ สามารถใช้เป็นข้อมูลในการคาดการณ์ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ดีกว่าอุณหภูมิน้ำทะเล โดยปะการังจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงที่ปริมาณแสงอาทิตย์ต่อวันมีปริมาณเกือบสูงสุด (Babcock *et al.*,1994;Peland *et al.*, 2004)

พิกัดภูมิศาสตร์ มีผลต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์โดยพบว่าที่ละติจูดสูงปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ช้ากว่าที่ละติจูดต่ำ เช่น ทางตอนใต้ของประเทศไต้หวัน ($21^{\circ}55'$เหนือ และ $120^{\circ}45'$ ตะวันออก) ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เร็วกว่าทางตอนเหนือ ($25^{\circ}02'$เหนือ และ $121^{\circ}59'$ ตะวันออก) ประมาณ 1-2 เดือน (Dai *et al.*, 1992) เช่นเดียวกับเกาะโซลิทารี่ (Solitary Island) ทางใต้ของประเทศออสเตรเลีย (29° ถึง 30°ใต้) (Wilson and Harrison, 2003) ปะการังมีช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ช้า เมื่อเปรียบเทียบกับปะการังบริเวณเกรทแบริเออร์รีฟที่อยู่ละติจูดต่ำว่า (18° ถึง 19°ใต้) (Harrison *et al.*, 1984; Wilson and Harrison, 2003)

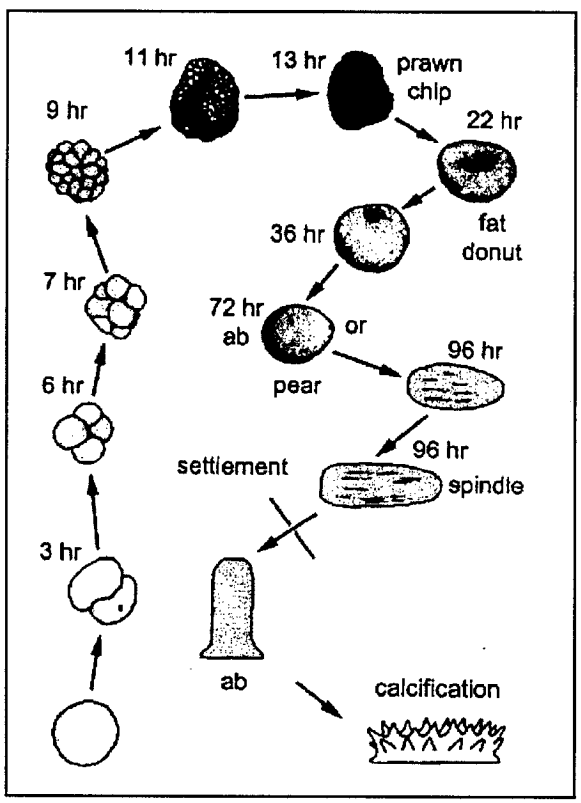
ลักษณะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังมีหลายแบบ บางชนิดจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ทั้งหมดในช่วงเวลาหนึ่ง (หนึ่งวัน หลายวันติดต่อกัน หรือวันเว้นวัน) ปะการังบางชนิดปล่อยเพียงบางส่วนและปล่อยส่วนที่เหลือในเดือนถัดมา โดยก่อนปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ส่วนมากปะการังจะยื่นก้อนกลม (cluster) ที่ประกอบด้วยไข่และน้ำเชื้อ ออกมานอกโครงสร้างแข็ง ประมาณ 10-90 นาที ก่อนจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (ทนงศักดิ์ จันทรเมธากุล, 2545; Heyward *et al.*, 1987; Negri and Heyward, 2000)

ทะเลฝั่งอ่าวไทยปะการังส่วนใหญ่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดู (มณฑิรา ถาวรยุติการต์, 2532; ธรรมศักดิ์ ยีมิน, 2543) ส่วนด้านฝั่งทะเลอันดามัน พบช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตลอดทั้งปีโดยจะแตกต่างกันไปในปะการังแต่ละชนิดโดย *Goniastrea aspera*, *G. pectinata*, *G. retiformis*, *Favites halicora*, *F. abdita*, *Platygyra sinensis* และ *Favia pallida* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน *Acropora aspera* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม *A. formosa* และ *A. austera* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนพฤศจิกายน *P. paeonia* และ *Mycedium elephantotus* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนธันวาคมเพียงเดือนเดียว (ทนงศักดิ์ จันทรเมธากุล, 2545)

การพัฒนาของตัวอ่อนปะการัง

การปฏิสนธิเริ่มขึ้นประมาณ 1-3 ชั่วโมง หลังจากเซลล์สืบพันธุ์ถูกปล่อยสู่มวลน้ำ ไข่ที่ได้รับการผสมพันธุ์จะแบ่งตัวเข้าสู่ระยะคลีเวจ (cleavage) (Heyward, 1987) และขดตัว (pseudospiral) พร้อมๆ กับการสร้างช่องว่าง บลาสโตซีล (blastocoel) เรียกระยะนี้ว่า บลาสตูลา (blastula) ต่อจากนั้นเซลล์เริ่มเป็นทรงกลมและมีขนขนาดเล็ก (cilia) ภายใน 18 ชั่วโมง ตัวอ่อนจะเริ่มมีการเคลื่อนที่มากขึ้นในช่วง 48-60 ชั่วโมง โดยเริ่มมีการลงเกาะในช่วง 3.0-3.5 วัน และส่วนมากจะลงเกาะภายในระยะเวลา 8 วัน หลังจากปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (Babcock and Heyward, 1986; Heyward *et al.*, 1987; Hayashibara *et al.*, 1997; Ball *et al.*, 2000; Ball *et al.*, 2002; Ball *et al.*, 2004) (รูปที่ 2-1)

ตัวอ่อนจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่และตัวอ่อนจากการปฏิสนธิในมวลน้ำ รวมถึงไข่ที่ถูกปล่อยสู่มวลน้ำ ประกอบไปด้วยไขมันเป็นส่วนประกอบหลัก (ไขมัน 70%) จึงทำให้ตัวอ่อนและไข่ลอยขึ้นมาอยู่บริเวณผิวน้ำ โดยมีปริมาณไขมันแตกต่างกันไปในปะการังชนิดต่างๆ จึงทำให้พฤติกรรมการลอยตัวในมวลน้ำของตัวอ่อนปะการังแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Aria *et al.*, 1993; Richmond, 1996; Harii, 2002)



รูปที่ 2-1 การพัฒนาตัวของตัวอ่อนปะการังชนิด *Acropora millepora*

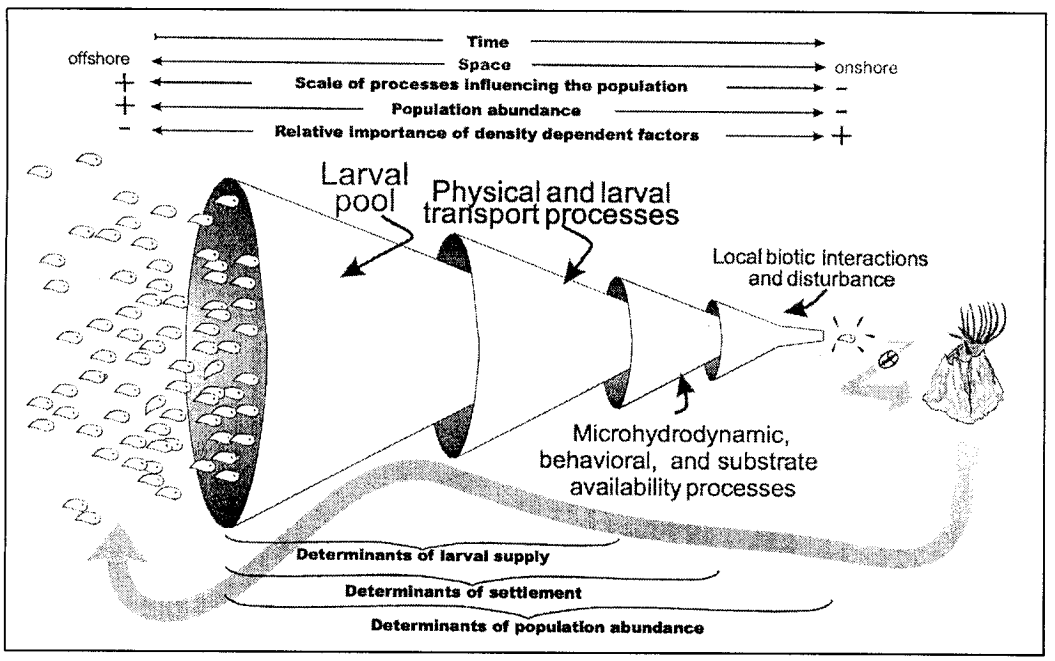
(ที่มา Ball *et al.*, 2000)

การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

ตัวอ่อนปะการังที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่ สามารถลงเกาะได้เร็วกว่าตัวอ่อนที่เกิดจากการปฏิสนธิภายนอกโคโลนีแม่ เนื่องจากตัวอ่อนพร้อมลงเกาะได้ทันทีหลังจากถูกปล่อยสู่มวลน้ำ ทำให้ลดอัตราการตายจากการถูกสัตว์อื่นกิน แต่โอกาสการแพร่กระจายไปที่อื่นมีน้อยกว่า (Blanco-Martin, 2000; Harii *et al.*, 2002; Nishikawa *et al.*, 2003) ขนาดของตัวอ่อนปะการังที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่ยังมีผลต่อช่วงเวลาที่ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำด้วย เนื่องจากตัวอ่อนที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่มีสาหร่ายซูแซนเทลลี่อยู่ในเนื้อเยื่อทำให้สังเคราะห์แสงสร้างอาหารเองได้ ตัวอ่อนที่มีขนาดใหญ่กว่าจึงสามารถล่องลอยอยู่ในมวลน้ำได้นานกว่า และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงได้นานกว่าในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีแสงหรือแสงน้อย (Isomura and Nishihira, 2001) ส่วนตัวอ่อนที่เกิดจากการปฏิสนธิภายนอกโคโลนีแม่นั้นส่วนมากล่องลอยอยู่ในมวลน้ำประมาณ 4-6 วัน ก่อนลงเกาะ (Babcock and Heyward, 1986; Nishikawa *et el*, 2003) แต่อย่างไรก็ตามจากการติดตามในห้องปฏิบัติการพบว่าตัวอ่อนของปะการังบางชนิดอาจลงเกาะได้เร็วประมาณ 2-3 วันหลังจากไข่ปฏิสนธิเช่น *Platygyra daedalea* และ *Goniastrea favalus* (Miller, 2003; Nozawa and Harrison, 2005) หรือในบางชนิดอาจใช้เวลาในมวลน้ำนานมากกว่า 80 วันเช่น *Acropora hyacinthus*, *Acanthastrea lordhowensis*, *Cyphastrea serailia* และ *Goniastrea australensis* (Harrison *et al.*, 1984; Wilson and Harrison, 1998)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการอยู่รอดของตัวอ่อนและปริมาณการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในธรรมชาติมีหลายประการได้แก่ ปริมาณตัวอ่อนปะการัง กระแสน้ำ พื้นผิวการลงเกาะ และการแก่งแย่งพื้นที่การลงเกาะ (รูปที่ 2-2) รวมถึงผู้ล่าในแนวปะการังเช่น ปลา *Pomacentrus moluccensis*, *Abudefduf whitleyi* และ *Caesio cunning* ที่บริโภคไข่ปะการัง (Westneat and Resing, 1988; Pratcheet *et al.*, 2001) คราบน้ำมันรวมถึงสารเร่งการสลายตัวของคราบน้ำมันโดยมีผลไปการยับยั้งการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis) ของตัวอ่อนปะการัง (Lane, 2000; Negri and Hetward, 2000) เมื่อตัวอ่อนพร้อมที่จะลงเกาะ ความสำเร็จในการลงเกาะ (recruitment) ของตัวอ่อนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ พิกัดภูมิศาสตร์ (latitude-logitude) ในการศึกษาการลงเกาะของปะการังที่เกรทแบริเออร์รีฟ ประเทศออสเตรเลีย พบว่าตัวอ่อนปะการังที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่บริเวณละติจูดต่ำพบการลงเกาะได้มากกว่าบริเวณละติจูดสูง แต่ตัวอ่อนปะการังที่เกิดจากการปฏิสนธิภายนอกโคโลนีแม่มีการลงเกาะมากทางด้านเหนือหรือบริเวณละติจูดสูงและมีปริมาณการลงเกาะค่อยๆ ลดลงในละติจูดต่ำลง (Hughes *et al.*, 2002) พื้นที่ว่างหรือการแก่งแย่งพื้นที่ของสาหร่ายเป็นปัจจัยอีกอย่างที่สำคัญในการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง พื้นผิวในการลงเกาะสำหรับปะการังในทะเลเป็นปัจจัยจำกัด ดังนั้นในบางช่วงเวลาที่สาหร่ายมีการเติบโตขยายพื้นที่มากจะไม่พบการลงเกาะของปะการังหรือพบลงเกาะของปะการังน้อย (Tanner, 1995; McCook, 2001;

Muko *et al.*, 2001) ปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ปะการังที่เพิ่งลงเกาะมีอัตราการตายสูง โดยพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำทะเลมากในช่วงเวลาสั้นหรืออุณหภูมิน้ำสูงขึ้น ปริมาณสาหร่ายซูแซนเทลลี่ในเนื้อเยื่อจะลดลงจนปะการังไม่สามารถอยู่ได้เนื่องจากไม่เกิดการสังเคราะห์แสงจากสาหร่ายซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักของปะการัง (Brown, 1997; Jinendradasa, 2000; Mcclanahan, 2000) นอกจากนั้นปริมาณตะกอนที่สูงขึ้นยังมีผลทำให้การลงเกาะของตัวอ่อนปะการังน้อยลง เนื่องจากตัวอ่อนปะการังไม่สามารถยึดติดกับพื้นผิวที่มีตะกอนสูงได้ หรือมีอัตราการตายหลังการลงเกาะสูง เพราะตะกอนไปบดบังแสงทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง (Hodgson, 1990; Babcock and Davies, 1991)



รูปที่ 2-2 ปัจจัยที่มีอิทธิต่ออัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในธรรมชาติ (ที่มา Pineda, 2000)

ปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการัง

กระแสน้ำเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะทางการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการังโดยตรง ซึ่งการลักษณะเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายประการได้แก่ น้ำขึ้นน้ำลง ลม ลักษณะพื้นท้องทะเล รูปร่างของเกาะ และขอบเขตของแนวปะการัง (Wolanski *et al.*, 1989; Lee *et al.*, 1992) ทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยบริเวณใกล้ฝั่งหรือเขตน้ำตื้น เมื่อกระแสน้ำไหลมาปะทะเกาะหรือแนวปะการังด้วยความเร็วต่างๆ จะทำให้เกิดการปั่นป่วนในลักษณะการหมุนวนของมวลน้ำ (eddies) มวลน้ำแยกออกจากกัน (divergence) หรือมวลน้ำเบนเข้าหากัน (convergence) เมื่อห่างจากฝั่งความแรงหรือการปั่นป่วนของน้ำจะลดลงตามระยะทางที่ไกล

ออกไป และเมื่อเข้าสู่ทะเลเปิดหรือบริเวณน้ำลึกกลไกที่เข้ามามีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่หรือการแพร่กระจายของตัวอ่อนคือกระแสน้ำในมหาสมุทร (oceanic current) การหมุนวนของน้ำในมหาสมุทร (oceanic gyres) และการเกิดมวลน้ำแยกออกจากกันหรือมวลน้ำแบนเข้าหากันในมหาสมุทร (Humner and Hauri, 1981; Williams *et al.*, 1894; Sammarco and Andrews, 1988; Botsford, 2001; Pattiaratchi, 1994; Gay and Andrew, 1994; Ferna Â ndeza *et al.*, 2001; Pineda, 2000; Gilg and Hilbish, 2003)

ประเทศไทยได้รับอิทธิพลจาก 2 ลมมรสุมหลัก คือลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (northeast monsoon) ในช่วงฤดูหนาว และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (southwest monsoon) ในช่วงฤดูฝน ปัจจัยที่ใช้เป็นข้อมูลสำหรับแบบจำลองในกระแสน้ำอ่าวไทยได้แก่ ระดับน้ำขึ้นน้ำลงซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อกระแสน้ำในอ่าวไทย เนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงเกิดจากการรวมอิทธิพลของแรงและการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กันระหว่างโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ โดยที่แต่ส่วนเรียกว่าองค์ประกอบ (constituent) ซึ่งแต่ละองค์ประกอบจะมีช่วงเวลาการเกิด (คาบ) ที่คงที่ และทำให้เกิดน้ำขึ้นลงหรือแอมปลิจูด (amplitude) และมุมเฟส (phase) ที่ตำแหน่งต่างๆบนผิวน้ำทะเลแตกต่างกัน เมื่อเกิดความแตกต่างของระดับน้ำจึงเกิดการเคลื่อนที่ของมวลน้ำได้ ในประเทศไทยมีการศึกษาลักษณะการไหลของกระแสน้ำหลายวิธีได้แก่ 1) ใช้แบบจำลองแบบ 3 มิติ ซึ่งศึกษาผลของลมที่มีต่อลักษณะกระแสน้ำในอ่าวไทยพบว่าลักษณะของแรงลมสุทธิที่กระทำต่อพื้นที่หนึ่งๆ ของอ่าวนั้นมีความสำคัญมาก ดังนั้นความถูกต้องขึ้นอยู่ข้อมูลลมที่ใช้ในการศึกษา 2) ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติ เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของกระแสน้ำในอ่าวไทย ซึ่งพบว่าในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือไปมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนเมษายน) และช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน) กระแสน้ำจะเวียนจากอ่าวไทยตอนล่างฝั่งตะวันตกขึ้นไปทางฝั่งตะวันออก ส่วนช่วงเปลี่ยนมรสุมจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ไปมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคม) และช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม) กระแสน้ำจะไหลจากฝั่งตะวันออกไปฝั่งตะวันตก และแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของลมที่มีผลต่อลักษณะกระแสน้ำเฉลี่ยในแต่ละฤดูกาล 3) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมศึกษาลักษณะการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทย พบการไหลเวียนมีลักษณะคล้ายวงน้ำ (gyres) 2 วงบริเวณอ่าวไทยตอนบนและตอนล่าง โดยวงน้ำที่เกิดบริเวณอ่าวไทยตอนบนเกิดในช่วงเปลี่ยนมรสุมจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือไปมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และมหรรณพ บรรพพงศ์, 2543; สามารถ อ่อนแป้น, 2545; Yanagi and Takao, 1998; Singhruk, 2001)

การศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการังกับกระแสน้ำในบริเวณต่างๆ ของโลกนั้นมีการศึกษามาอย่างต่อเนื่อง (Lee *et al.*, 1992; Sammarco, 1994; Blanco-Martin, 2000; Gilg and Hilbish, 2003) อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มีการรายงานในเรื่องดังกล่าวมาก่อน

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

สถานที่ศึกษา

ทำการศึกษา 5 พื้นที่ คือ ด้านทิศเหนือของเกาะคราม (อ่าวพุดซาวัน) ทิศตะวันออกของเกาะคราม (หาดหน้าบ้าน) ทิศตะวันออกของเกาะนก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะไผ่ และทิศตะวันตกของเกาะเตาหม้อ (รูปที่ 3-1)

เกาะคราม ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 12°43′ เหนือ และลองติจูดที่ 100°47′ ตะวันออก พบแนวปะการังบริเวณทิศเหนือ (อ่าวพุดซาวัน) และอยู่ในสภาพสมบูรณ์ดี ชนิดของปะการังส่วนใหญ่ที่พบในการสำรวจเบื้องต้นคือ *Montipora* sp., *Pavona* sp., *Porites* sp., *Symphyllia* sp., *Goniopora* sp. และ *Acropora* sp. แนวปะการังด้านทิศตะวันออกของเกาะ (หาดหน้าบ้าน) สภาพแนวปะการังคล้ายกับแนวปะการังทางทิศเหนือ

เกาะนก เป็นเกาะขนาดเล็กในบริเวณหมู่เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 13°00′ เหนือ และลองติจูดที่ 100°50′ ตะวันออก จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าปะการังอยู่ในสภาพสมบูรณ์ดี ส่วนมากเป็นปะการังก้อนได้แก่ *Porites* sp., *Platygyra* sp., *Favites* sp., *Favia* sp. และ *Acropora* sp.

เกาะไผ่ ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 12°55′ เหนือ และลองติจูดที่ 100°40′ ตะวันออก จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าแนวปะการังอยู่ในสภาพค่อนข้างสมบูรณ์ดี ปะการังส่วนใหญ่เป็นปะการังก้อนได้แก่ *Porites* sp., *Galaxea* sp., *Platygyra* sp. และ *Favia* sp. ส่วน *Acropora* sp. พบอยู่ด้านนอกของแนวปะการัง

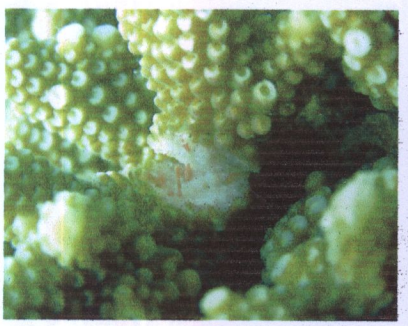
เกาะเตาหม้อ ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 12°38′ เหนือ และลองติจูดที่ 100°52′ ตะวันออก ปะการังพบเฉพาะบริเวณแนวกันคลื่น ปะการังที่พบส่วนใหญ่ในการสำรวจเบื้องต้นได้แก่ *Acropora* sp., *Favia* sp., *Favites* sp., *Goniastrea* sp., *Porites* sp., *Playtygyra* sp. และ *Turbinaria* sp. ปะการังอยู่ในสภาพสมบูรณ์ดีมาก

วิธีการศึกษา

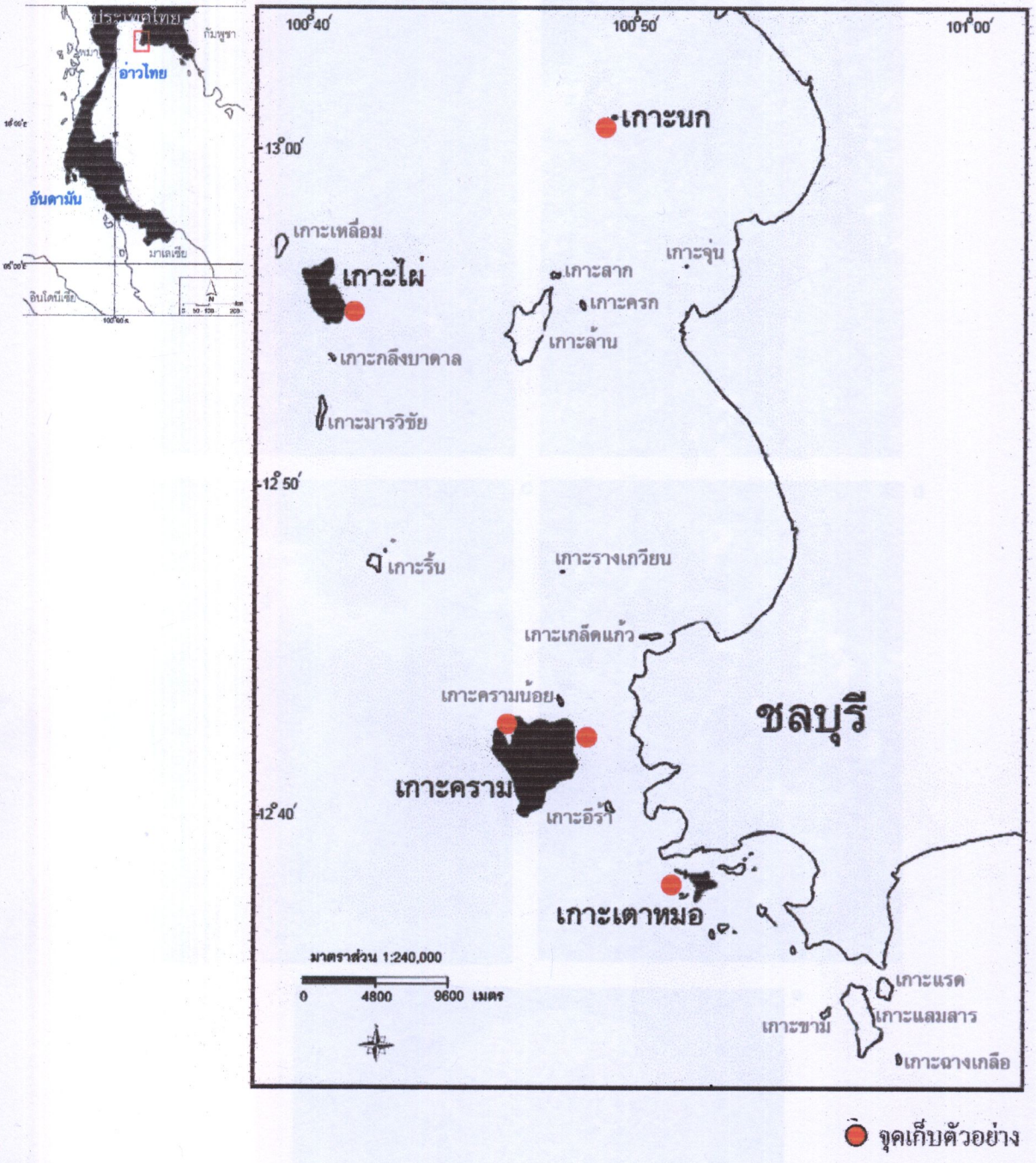
ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปะการังและกระแสน้ำ โดยการศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อน ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ และการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปะการัง

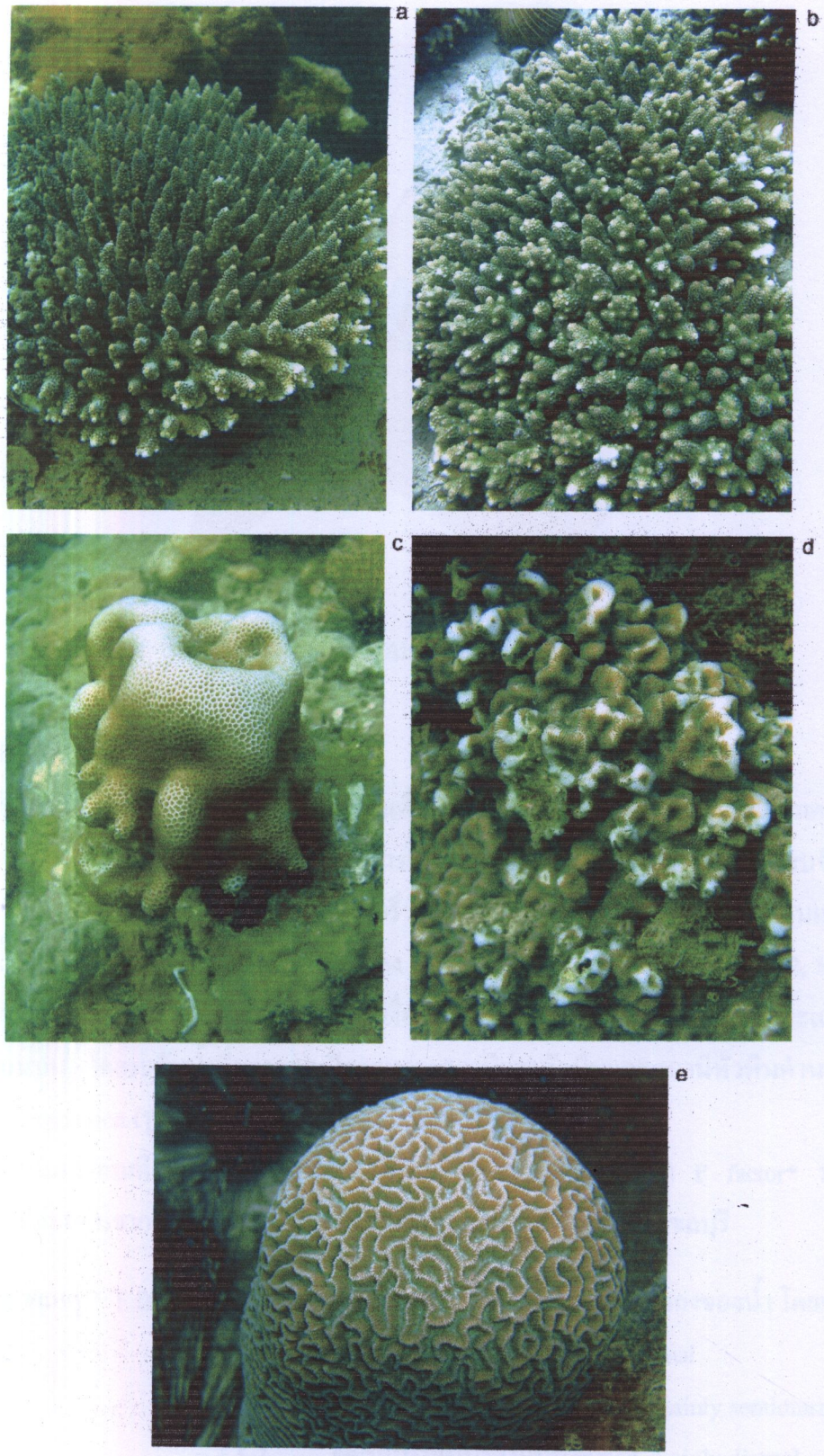
ศึกษาช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ เพื่อทราบเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และสามารถติดตามทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนในมวลน้ำโดยการเก็บตัวอย่างตัวอ่อนปะการังด้วยถุงตาข่าย (plankton net) ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตรวจสอบได้ด้วยวิธีการสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเซลล์สืบพันธุ์โดยการดำน้ำสำรวจสุ่มหักตัวอย่างปะการัง 40 โคโลนีต่อพื้นที่สำรวจ 5 พื้นที่ (รูปที่ 3-1) เก็บข้อมูลทุก 2 เดือนเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนมีนาคม 2548 โดยออกสำรวจในช่วง 1 สัปดาห์ก่อนวันขึ้น 15 ค่ำ ของทุกเดือน ซึ่งลักษณะไข่ของปะการังจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน สีเขียว หรือสีแดงชมพู (Glynn, 2000) (รูปที่ 3-2) เมื่อไข่ปะการังมีสีแดงสามารถคาดการณ์ได้ว่าปะการังจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ในช่วงขึ้น 15 ค่ำหรือ แรม 15 ค่ำ ที่จะมาถึง การศึกษาครั้งนี้ติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง 5 ชนิด คือ *Acropora millepora, A. humilis, Goniastrea retiformis, Favites abdita* และ *Platygyra sinensis* (รูปที่ 3-3) เฝ้าสังเกตการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแต่ละชนิด ซึ่งจากการเฝ้าสังเกตพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังชนิด *Platygyra sinensis* ที่หาดหน้าบ้าน เกาะคราม จึงทำการเก็บตัวอ่อนปะการังด้วยถุงแพลงก์ตอนขนาดตา 200 ไมโครเมตร โดยลากให้ครอบคลุมมวลน้ำบริเวณที่ทุ่นลอยอยู่ เริ่มลากถุงแพลงก์ตอนจากบริเวณที่ปะการัง *P. sinensis* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (หาดหน้าบ้าน เกาะคราม) และสถานีต่อไปตามทิศทางของทุ่นลอยโดยทำการปล่อยทุ่นลอยติดต่อกัน 10 ชั่วโมง หลังจากที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ เก็บตัวอย่างตัวอ่อนปะการังทุก 1 ชั่วโมงติดต่อกันเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณของตัวอ่อนปะการังและการพัฒนาของตัวอ่อนตามระยะเวลาหลังจากปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยลักษณะของทุ่นลอยที่ใช้มีความสูง 70 เซนติเมตร ใบพัดจมน้ำที่ความลึกประมาณ 50 เซนติเมตร และ GPS อยู่เหนือระดับน้ำประมาณ 20 เซนติเมตร (รูปที่ 3-4)



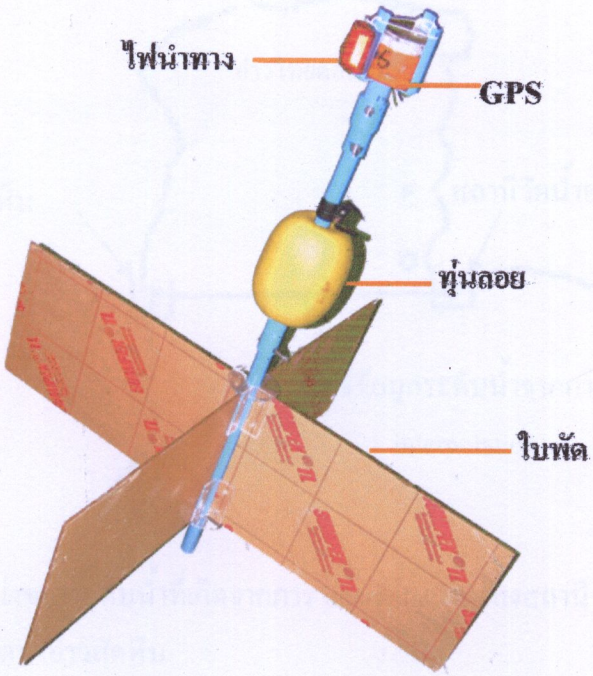
รูปที่ 3-2 ไข่ปะการังชนิด *Acropora humilis*



รูปที่ 3-1 สถานที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3-3 ชนิดปะการังที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ (a) *Acropora millepora*, (b) *Acropora humilis*, (c) *Goniastrea retiformis*, (d) *Favites abdita* และ (e) *Platygyra sinensis*



รูปที่ 3-4 ทุ่นลอยติดตามกระแสน้ำ (drogue)

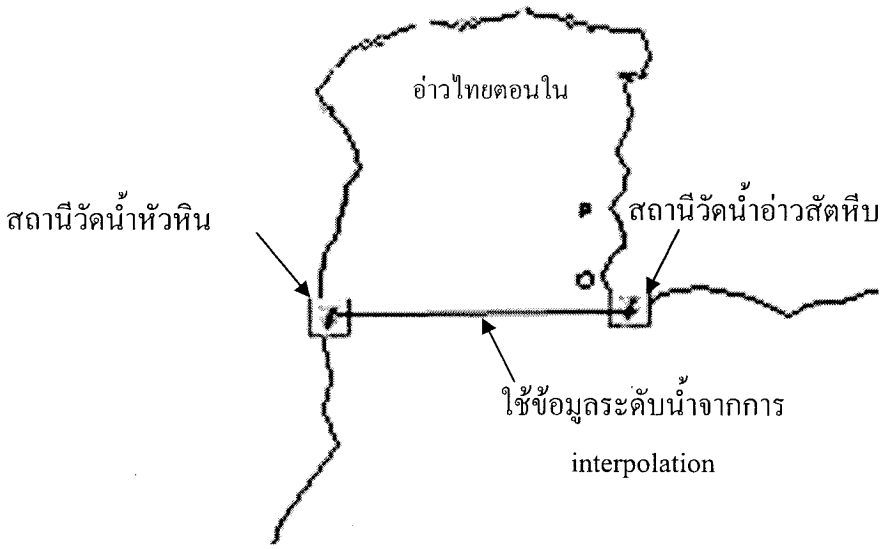
ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ

ศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ร่วมกับการเคลื่อนที่และปริมาณของตัวอ่อนปะการังในมวลน้ำ วิธีการศึกษากระแสน้ำโดยใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึก 2 มิติในแนวราบ ใช้ระดับน้ำที่คำนวณจากองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง 8 องค์ประกอบ (Q1, O1, P1, K1, N2, M2, S2, K2) จากสถานีอ่าวสัตหีบและสถานีหัวหินเป็นเงื่อนไขเริ่มต้นเพื่อจำลองการไหลของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบน โดยระดับน้ำที่ขอบเขตเปิดระหว่างสถานีอ่าวสัตหีบและสถานีหัวหินคำนวณโดยวิธี linear interpolation (รูปที่ 3-5)

จากนั้นเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำ องค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงและค่า F factor* ระหว่างบริเวณจุดที่ปล่อยทุ่นจากแบบจำลองกับระดับน้ำวัดจริงที่สถานีอ่าวสัตหีบ จ.ชลบุรี

หมายเหตุ * F factor = [K1+O1]/[M2+S2]) เพื่อบอกลักษณะการขึ้นลงของน้ำ โดยถ้า

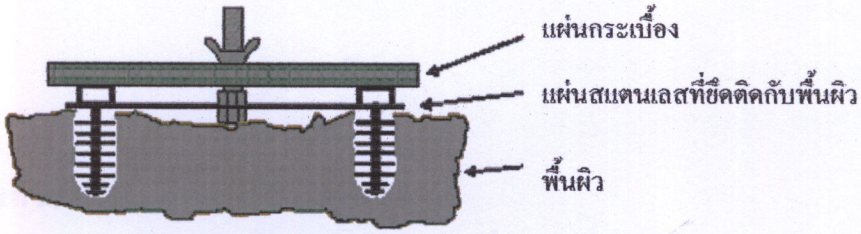
F = 0-0.25	จัดเป็นน้ำขึ้นน้ำลงแบบ semidiurnal
= 0.25-1.5	จัดเป็นน้ำขึ้นน้ำลงแบบ mixed, mainly semidiurnal
= 1.5-3	จัดเป็นน้ำขึ้นน้ำลงแบบ mixed, mainly diurnal
> 3	จัดเป็นน้ำขึ้นน้ำลงแบบ diurnal



รูปที่ 3-5 ตำแหน่งของระดับน้ำที่เกิดจากการ interpolation ของสถานีวัดน้ำหัวหิน กับสถานีวัดน้ำอ่าวสัตหีบ

ศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

วางวัสดุให้ตัวอ่อนปะการังลงเกาะ เพื่อตรวจสอบช่วงเวลาและปริมาณการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังชนิดต่างๆ และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ร่วมกับช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ข้อมูลกระแสน้ำและทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปะการัง โดยใช้กระเบื้องดินเผาเป็นวัสดุให้ตัวอ่อนลงเกาะ ขนาด 10x10x1 (กว้างxยาวxสูง) เซนติเมตร เจาะรูตรงกลางเพื่อยึดติดกับแผ่นสแตนเลส (รูปที่ 3-6) ที่ถูกยึดไว้กับก้อนหินหรือปะการังตาย (ดัดแปลงวิธีการมาจาก Mundy (2000)) วางแผ่นกระเบื้องทั้งหมด 5 พื้นที่คือ อ่าวพุดซาวัน ซึ่งอยู่ทางทิศเหนือของเกาะคราม หาดหน้าบ้านซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกของเกาะคราม เกาะนก เกาะไผ่ และเกาะเตาหม้อ พื้นที่ละ 10 แผ่น บริเวณด้านนอกของแนวปะการัง (reef edge) และเปลี่ยนแผ่นกระเบื้องทุก 2 เดือนระหว่างเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนมีนาคม 2548 หลังจากนั้นนำตัวอ่อนที่ลงเกาะบนแผ่นกระเบื้องมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อจำแนกชนิดและนับจำนวนของตัวอ่อนปะการังแต่ละชนิดที่ลงเกาะบนแผ่นกระเบื้องในระดับสกุล (Babcock, 2003) ที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ที่มา: ดัดแปลงจาก Babcock, 2003)

รูปที่ 3-6 แผ่นกระเบื้องที่ใช้ศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อน

ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

จากการคาดการณ์ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโดยการติดตามการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง 5 ชนิดคือ *Acropora millepora*, *Acropora humilis*, *Goniastrea retiformis*, *Favites abdita* และ *Platygyra sinensis* พบว่าปะการังแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่ศึกษามีช่วงเวลาของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์คล้ายกัน โดยเริ่มพบเซลล์สืบพันธุ์ของ *A. millepora* ก่อนชนิดอื่นประมาณ 1 เดือน ปะการังส่วนใหญ่ที่ทำการศึกษาใช้เวลาในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ประมาณ 3-4 เดือน และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์นาน 1-2 เดือน (ตารางที่ 4-1)

ตารางที่ 4-1 ช่วงเวลาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแต่ละชนิด

	ม.ค. 2547	มี.ค. 2547	พ.ค. 2547	ก.ค. 2547	ก.ย. 2547	พ.ย. 2547	ธ.ค. 2547	ม.ค. 2548	ก.พ. 2548	มี.ค. 2548
ชนิดปะการัง										
Acropora millepora	●△	X	X	X	X	○	●	●△	●△	○
Acropora humilis	-	X	X	X	X	X	○	●	●△	●△
Goniastrea retiformis	-	-	X	X	X	X	X	-	●	●△
Favites abdita	-	-	X	X	X	X	X	-	●	●
Platygyra sinensis	-	-	X	X	X	X	X	-	-	●△

หมายเหตุ

○ หมายถึง ไข่ปะการังสีขาว

● หมายถึง ไข่ปะการังสีแดง

●△ หมายถึง ไข่ปะการังสีแดงและถุงน้ำเชื้อสีขาวและปะการังมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

X หมายถึง ไม่พบเซลล์สืบพันธุ์

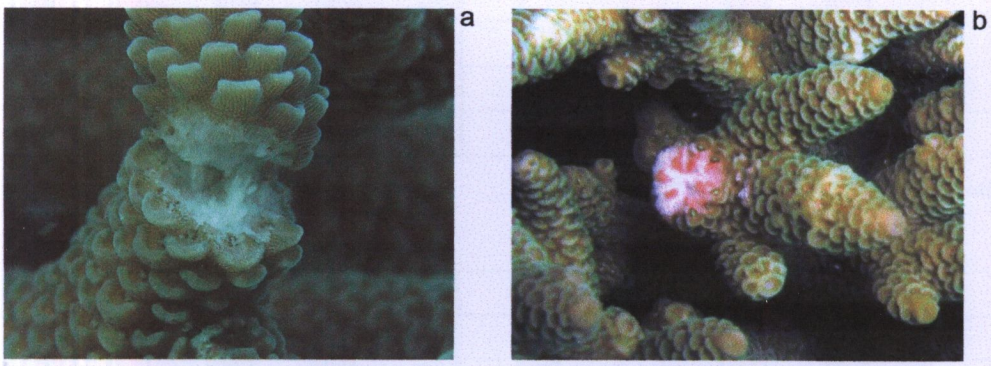
\- หมายถึง ไม่มีข้อมูล

การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของ *Acropora millepora*

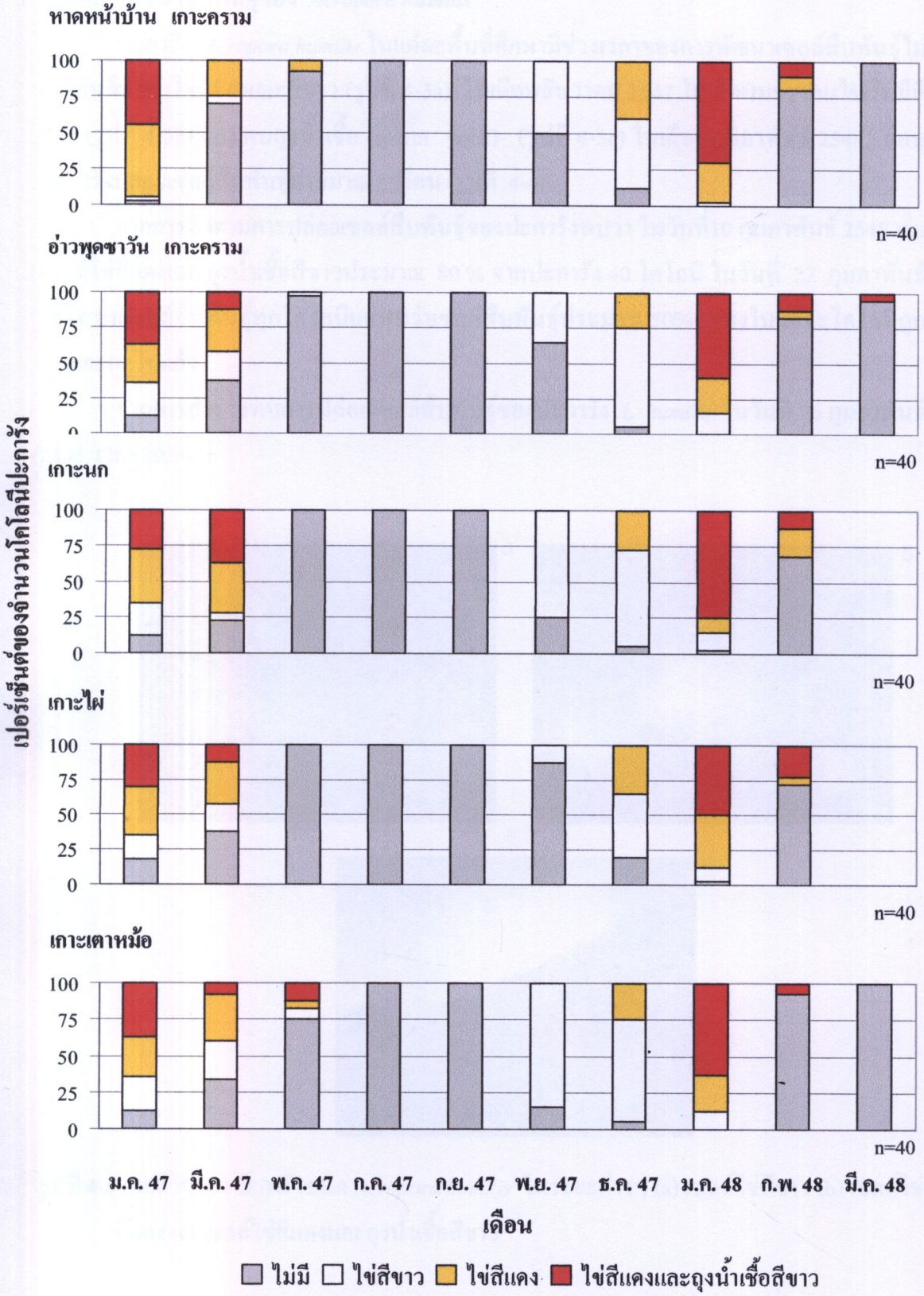
ปะการัง *Acropora millepora* ในแต่ละพื้นที่ศึกษามีช่วงเวลาของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ไม่ต่างกันคือ เริ่มพบไข่มีลักษณะสีขาว (รูปที่ 4-1a) ในเดือนพฤศจิกายน 2547 เดือนธันวาคมไข่เริ่มมีสีแดง (รูปที่ 4-1b) และในเดือนมกราคม 2548 พบถุงน้ำเชื้อ (sperm pack) ก่อนปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ประมาณ 1 เดือน (รูปที่ 4-2)

การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังนั้น จากการติดตามเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังพบว่าในวันที่ 22 มกราคม 2548 พบเซลล์ไข่สีแดงและถุงน้ำเชื้อสีขาวประมาณ 75 % จากปะการัง 40 โคโลนี และวันที่ 10 กุมภาพันธ์พบเซลล์ไข่สีแดงและถุงน้ำเชื้อสีขาวเพียง 10% อีก 90% ไม่พบเซลล์สืบพันธุ์ในแต่ละโคโลนีเลย

จากการสำรวจพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังชนิด *A. millepora* ในวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2548 เวลา 20.30 น.



รูปที่ 4-1 เซลล์ไข่ของปะการังชนิด *Acropora millepora* ในระยะต่างๆ (a) เซลล์ไข่สีขาว (b) เซลล์ไข่สีแดง



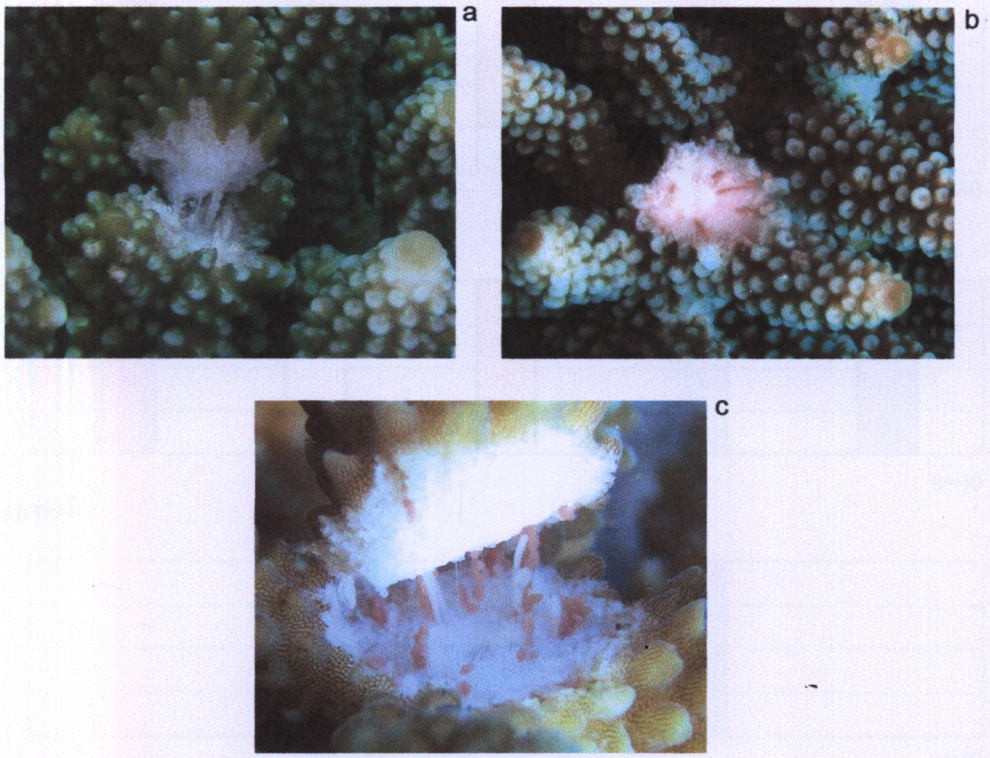
รูปที่ 4-2 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนโคโลนีของ *Acropora millepora* ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะต่างๆ บริเวณเกาะต่างๆ

การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของ *Acropora humilis*

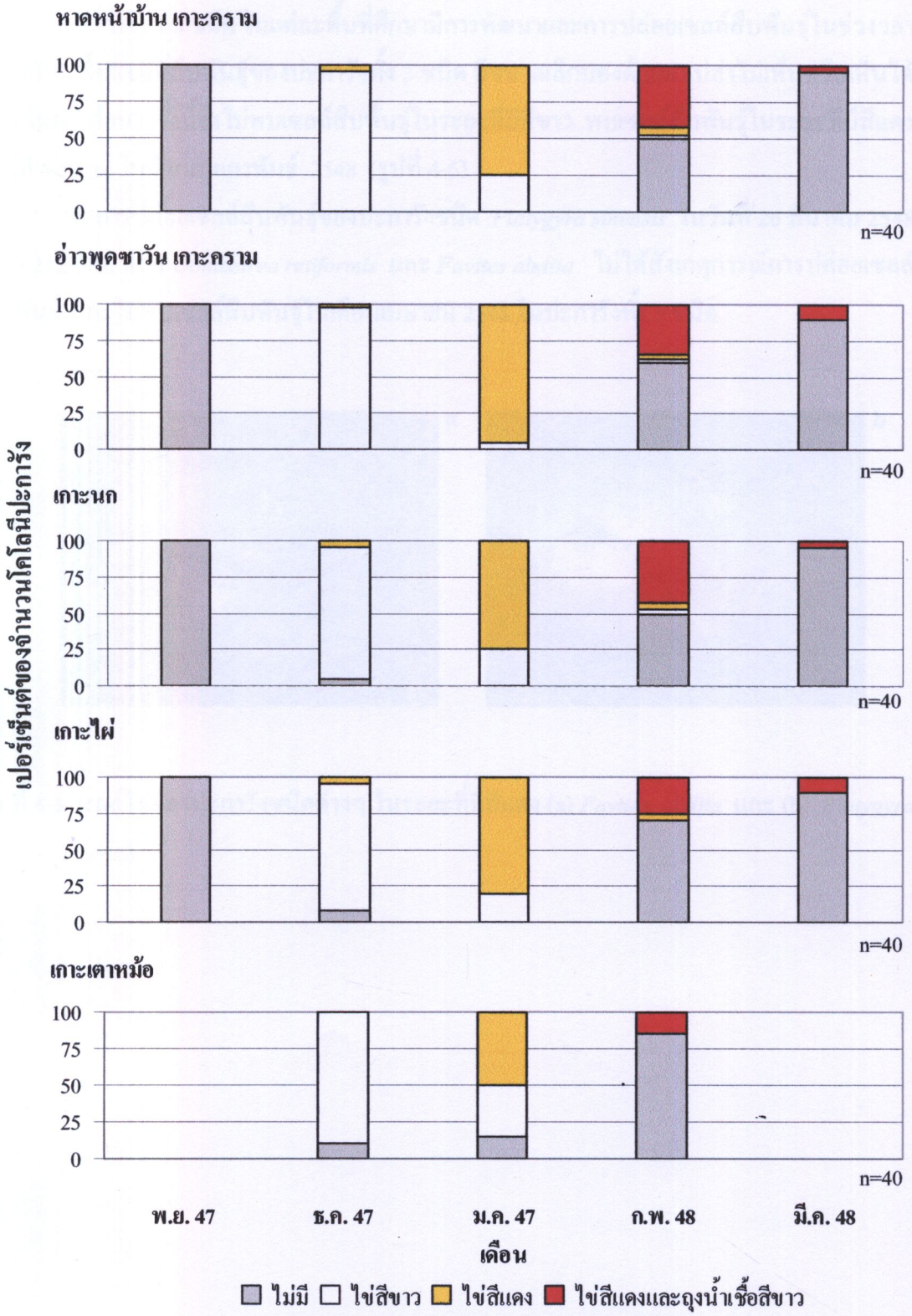
ปะการัง *Acropora humilis* ในแต่ละพื้นที่ศึกษามีช่วงเวลาของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ไม่ต่างกันคือ พบไข่มีลักษณะสีขาว (รูปที่ 4-3a) ในเดือนธันวาคม 2547 ในเดือนมกราคมไข่เริ่มมีสีแดง (รูปที่ 4-3b) และพบถุงน้ำเชื้อ (sperm pack) (รูปที่ 4-3c) ในเดือนกุมภาพันธ์ 2548 ก่อนปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ประมาณ 1 เดือน (รูปที่ 4-4)

จากการติดตามการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังพบว่า ในวันที่10 กุมภาพันธ์ 2548 พบเซลล์ไข่สีแดงและถุงน้ำเชื้อสีขาวประมาณ 80 % จากปะการัง 40 โคโลนี ในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2548 พบเซลล์สืบพันธุ์ทุกโคโลนีแต่พบว่าเซลล์สืบพันธุ์ประมาณ 50% ของในแต่ละโคโลนีถูกปล่อยออกไปแล้ว

จากการสำรวจพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *A. humilis* ในวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2548 เวลา 20.30 น.



รูปที่ 4-3 เซลล์ไข่ของปะการังชนิด *Acropora humilis* ในระยะต่างๆ (a) เซลล์ไข่สีขาว (b) เซลล์ไข่สีแดง (c) เซลล์ไข่สีแดงและถุงน้ำเชื้อสีขาว

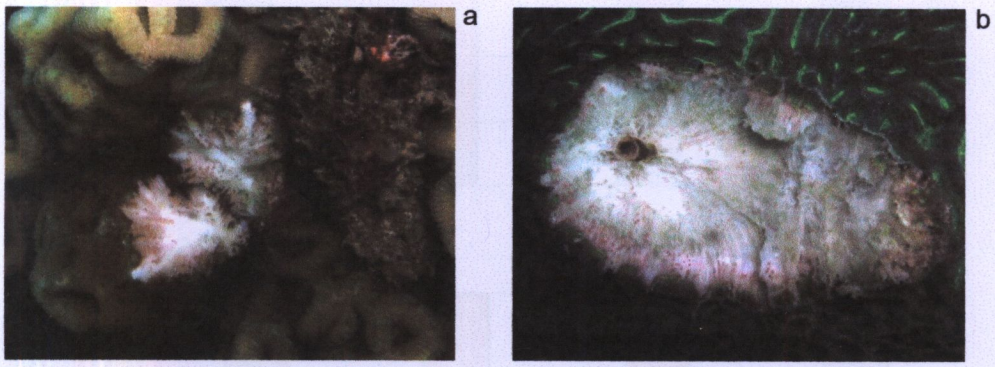


รูปที่ 4-4 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนโคโลนีของ *Acropora humilis* ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะต่างๆ บริเวณเกาะต่างๆ

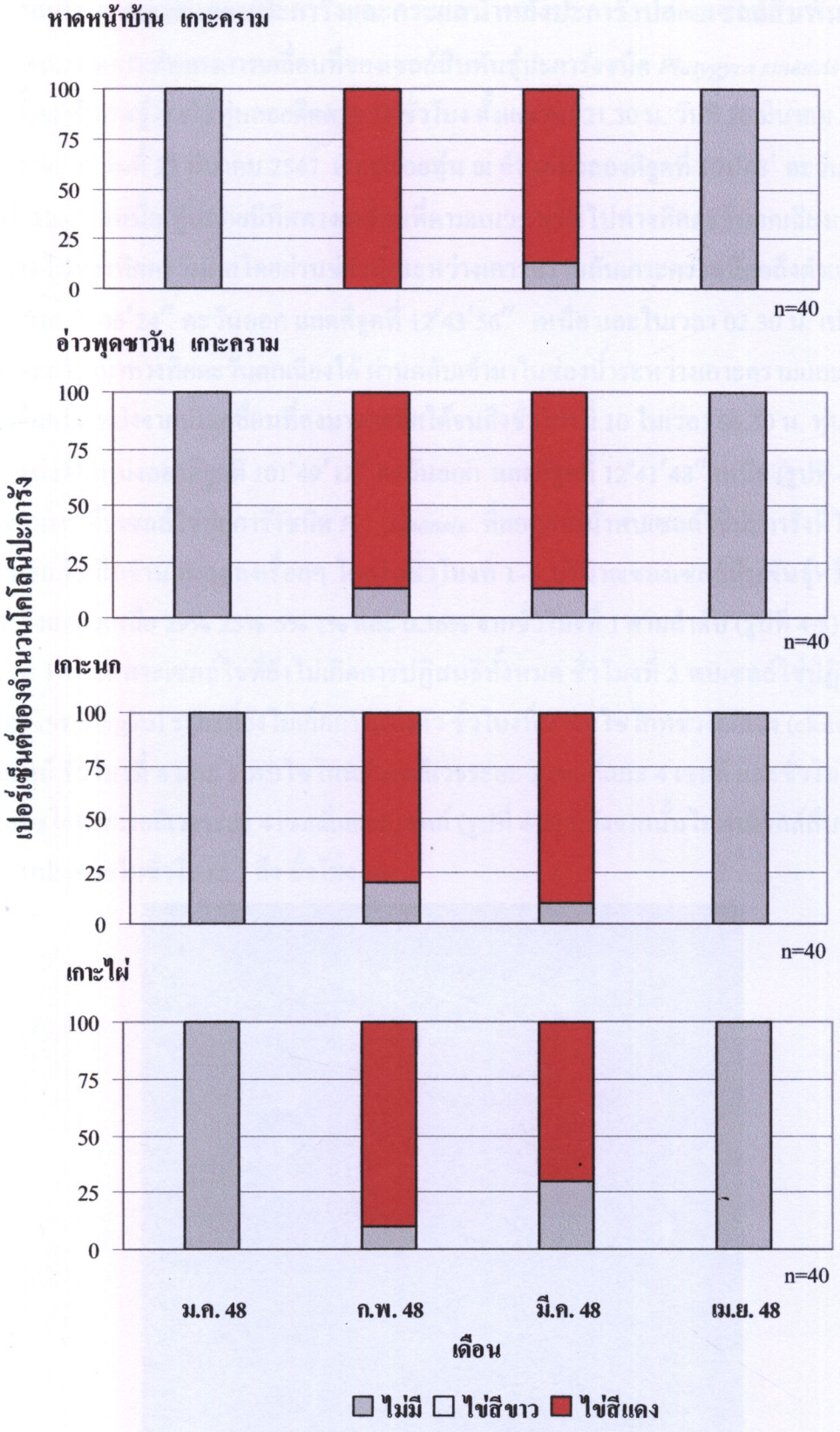
การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของ *Goniastrea retiformis, Favites abdita* และ *Platygyra sinensis*

ปะการังทั้ง 3 ชนิด ในแต่ละพื้นที่ศึกษามีการพัฒนาและการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเวลาเดียวกัน โดยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังทั้ง 3 ชนิด มีขนาดเล็กมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นหรือเห็นได้ยาก ในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่พบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะที่มีสีขาว พบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะที่มีสีแดง (รูปที่ 4-5a, b) ในเดือนกุมภาพันธ์ 2548 (รูปที่ 4-6)

พบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังชนิด *Platygyra sinensis* ในวันที่ 26 มีนาคม 2548 เวลา 21.30 น. ส่วน *Goniastrea retiformis* และ *Favites abdita* ไม่ได้สังเกตุการณ์การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และไม่พบเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนเมษายน 2548 ในปะการังทั้ง 3 ชนิด



รูปที่ 4-5 เซลล์ไข่ของปะการังชนิดต่างๆ ในระยะที่มีสีแดง (a) *Favites abdita* และ (b) *Platygyra sinensis*

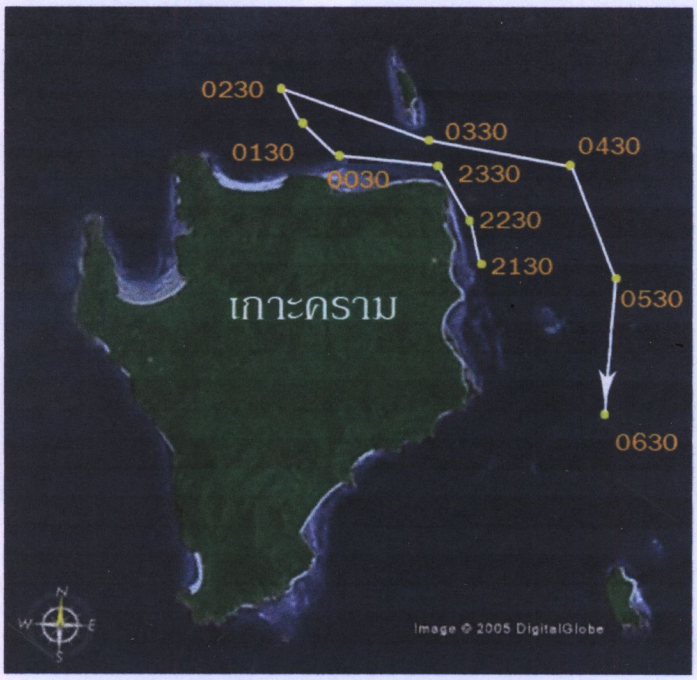


รูปที่ 4-6 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนโคโลนีของ *Goniastrea retiformis*, *Favites abdita* และ *Platygyra sinensis* ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะต่างๆ บริเวณเกาะต่างๆ

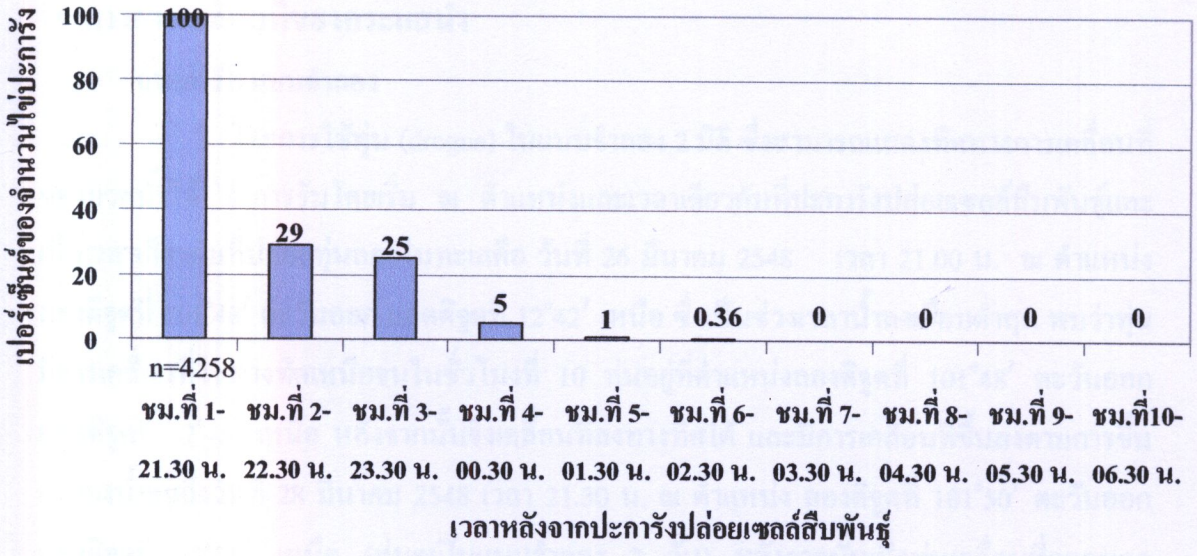
การเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปะการังและกระแสน้ำหลังปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

จากการติดตามทิศทางการเคลื่อนที่ของเซลล์สืบพันธุ์ปะการังชนิด *Platygyra sinensis* หลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์โดยใช้ทุ่นลอยติดตาม 10 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 21.30 น. วันที่ 26 มีนาคม 2548 ถึง เวลา 06.30 น. วันที่ 27 มีนาคม 2547 เริ่มปล่อยทุ่น ณ ตำแหน่งลองติจูดที่ 101°48′ ตะวันออก แลตติจูดที่ 12°42′ เหนือ ทุ่นลอยมีทิศทางเคลื่อนที่ตามแนวชายฝั่งไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือผ่านหัวเกาะไปทางทิศตะวันตกโดยผ่านช่องน้ำระหว่างเกาะครามกับเกาะครามน้อยถึงตำแหน่งลองติจูดที่ 101 ° 46′24″ ตะวันออก แลตติจูดที่ 12°43′56″ เหนือ และในเวลา 02.30 น. เปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่ลงมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ผ่านกลับเข้ามาในช่องน้ำระหว่างเกาะครามและเกาะครามน้อยอีกครั้ง หลังจากนั้นเคลื่อนที่ลงมาทางทิศใต้จนถึงชั่วโมงที่ 10 ในเวลา 06.30 น. ทุ่นลอยอยู่ในตำแหน่งตำแหน่งลองติจูดที่ 101°49′12″ ตะวันออก แลตติจูดที่ 12°41′48″ เหนือ (รูปที่ 4-7)

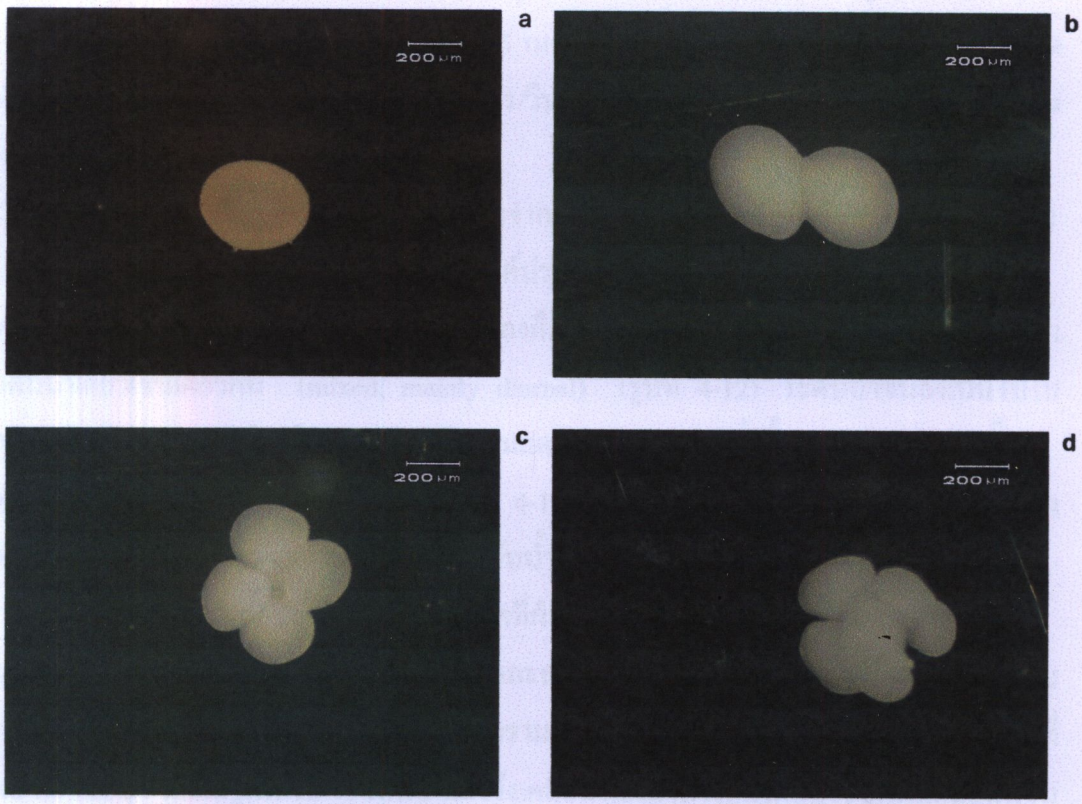
จากการเก็บเซลล์ไข่ปะการังชนิด *P. sinensis* ที่ลอยตามน้ำพบเซลล์ไข่ปะการังที่ได้รับการปฏิสนธิแล้วเป็นจำนวนลดลงเรื่อยๆ โดยในชั่วโมงที่ 1–6 ปริมาณของเซลล์สืบพันธุ์หรือตัวอ่อนปะการังลดลงเหลือ 29% 25% 5% 1% และ 0.36% จากชั่วโมงที่ 1 ตามลำดับ (รูปที่ 4-8) โดยในชั่วโมงที่ 1 พบเฉพาะเซลล์ไข่ที่ยังไม่เกิดการปฏิสนธิทั้งหมด ชั่วโมงที่ 2 พบเซลล์ไข่ปฏิสนธิแล้วเป็นไซโกท (zygote) ระยะที่ยังไม่เกิดการแบ่งตัว ชั่วโมงที่ 3 พบไซโกทช่วงคลีเวจ (cleavage) ระยะ 2 เซลล์ ชั่วโมงที่ 4 และ 5 พบไซโกทช่วงคลีเวจระยะ 2 เซลล์และ 4 เซลล์ และชั่วโมงที่ 5 และ 6 พบไซโกท ช่วงคลีเวจระยะ 4 เซลล์และ 8 เซลล์ (รูปที่ 4-9) หลังจากนั้นไม่พบเซลล์สืบพันธุ์หรือตัวอ่อนปะการังในชั่วโมงที่ 7 ถึง ชั่วโมง 10



รูปที่ 4-7 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอยที่ได้จากการติดตามภายหลังปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์



รูปที่ 4-8 จำนวนไข่ปะการังที่พบในช่วงเวลาต่างๆ หลังจากปะการังชนิด *P. sinensis* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์



รูปที่ 4-9 การพัฒนาของเซลล์ไข่ปะการังชนิด *P. sinensis* หลังจากการปฏิสนธิในระยะต่างๆ: (a) เซลล์ไข่ปะการัง (b) ไซโกทช่วงคลีเวจระยะ 2 เซลล์ (c) ไซโกทช่วงคลีเวจระยะ 4 เซลล์ (d) ไซโกทช่วงคลีเวจระยะ 8 เซลล์

ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ

จากการใช้แบบจำลอง

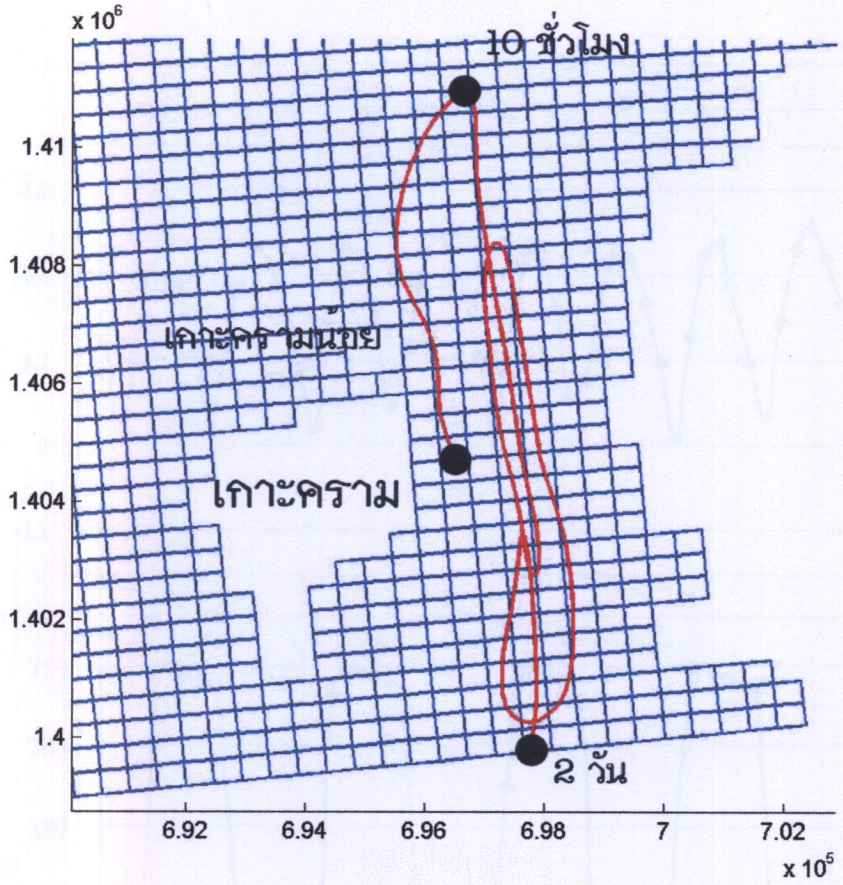
โดยการใช้ทุ่น (drogue) ในแบบจำลอง 2 มิติ ซึ่งสามารถแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลน้ำได้ ทำการรันโดยเริ่ม ณ ตำแหน่งและเวลาเดียวกับที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และเป็นเวลาเดียวกับที่ปล่อยทุ่นลอยในทะเลคือ วันที่ 26 มีนาคม 2548 เวลา 21.00 น. ณ ตำแหน่งลองติจูดที่ 101°48′ ตะวันออก แลตติจูดที่ 12°42′ เหนือ ซึ่งเป็นช่วงเวลาน้ำลงเกือบต่ำสุด พบว่าทุ่นมีการเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือจนในชั่วโมงที่ 10 ทุ่นอยู่ที่ตำแหน่งลองติจูดที่ 101°48′ ตะวันออก แลตติจูดที่ 12°45′ เหนือ หลังจากนั้นจึงเคลื่อนที่ลงทางทิศใต้ และมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงตามการขึ้นลงของน้ำจนถึงวันที่ 28 มีนาคม 2548 เวลา 21.30 น. ณ ตำแหน่ง ลองติจูดที่ 101°50′ ตะวันออก แลตติจูดที่ 12°38′ เหนือ (ทุ่นอยู่ในแบบจำลอง 2 วัน) หลังจากนั้นเมื่อทุ่นเคลื่อนที่ออกนอกแบบจำลองทุ่นจะไม่เคลื่อนที่กลับเข้ามาอีก เนื่องจากเป็นข้อจำกัดในการคำนวณของแบบจำลอง (รูปที่ 4-10)

ข้อมูลน้ำทะเลที่ได้จากแบบจำลองบริเวณจุดที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ พบว่าระดับน้ำขึ้นลงสูงสุดและต่ำสุดอยู่ที่ 0.87 เมตร และ -0.55 เมตร ตามลำดับ ความเร็วของกระแสน้ำสูงสุดและต่ำสุดอยู่ที่ 0.52 เมตรต่อวินาที และ 0.01 เมตร/วินาที ตามลำดับ และทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นลงทิศเหนือใต้ตามการขึ้นลงของน้ำ (รูปที่ 4-11)

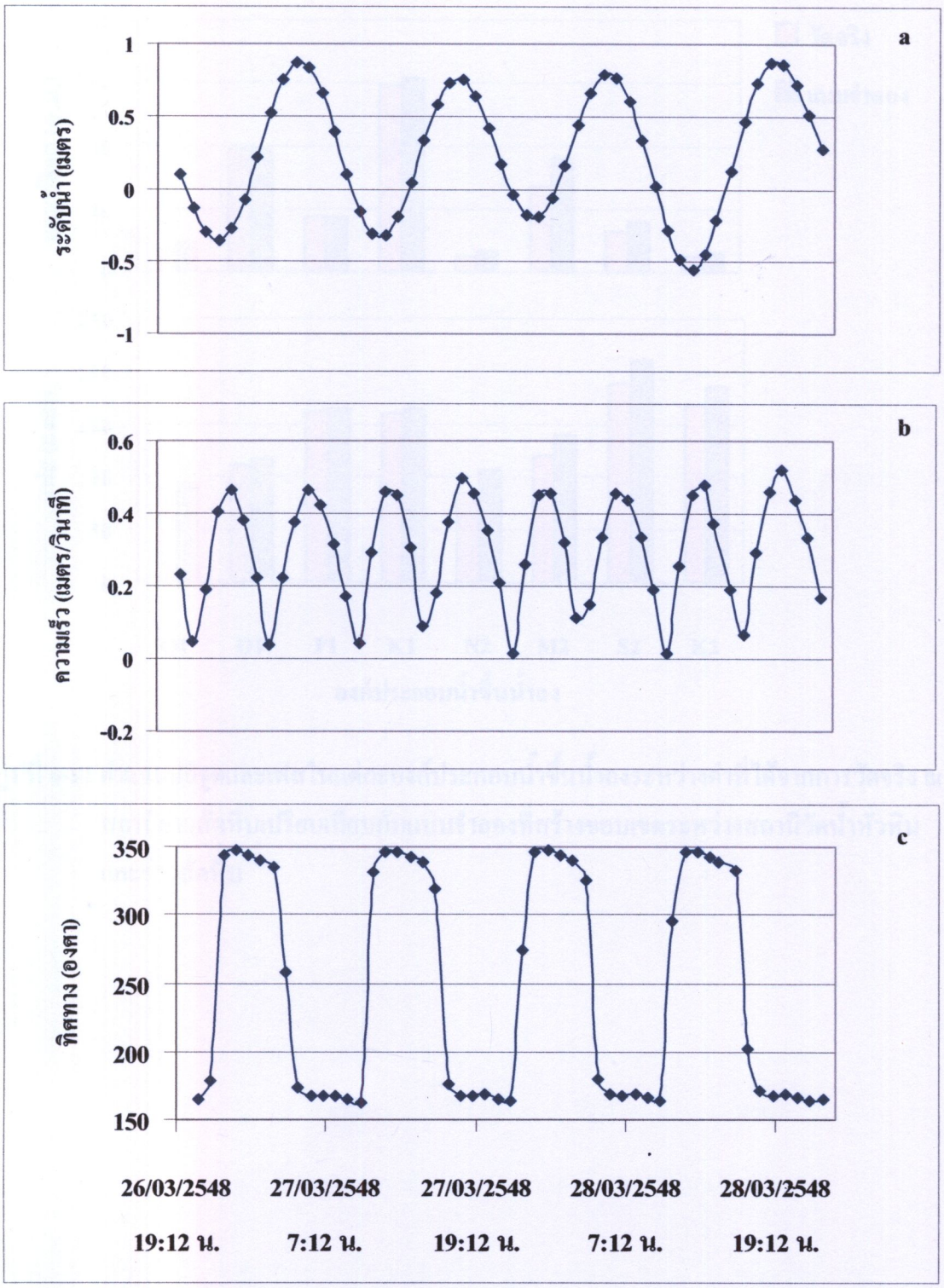
เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลบริเวณจุดปล่อยทุ่นจากแบบจำลองกับระดับน้ำวัดจริงที่สถานีสัตหีบ พบว่าระดับน้ำมีค่าแอมปลิจูดและเฟสในแต่ละองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน และค่า F factor จากการวัดจริงและจากแบบจำลองคือ 2.454 และ 1.939 ตามลำดับ ซึ่งจัดเป็นน้ำผสมเด่นน้ำเดี่ยวเช่นเดียวกัน (mixed, mainly diurnal) (รูปที่ 4-12) ระดับน้ำขึ้นลงเป็นไปในแนวทางเดียวกันและพบว่าในเดือนมกราคมมีความแตกต่างของระดับน้ำขึ้นสูงสุดและระดับน้ำลงต่ำสุดมากกว่าเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม (รูปที่ 4-13) โดยที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุดระหว่างน้ำวัดจริงและจากแบบจำลองอยู่ในช่วงเวลาเดียกันแต่มีระดับน้ำต่างกันประมาณ 0.5 เมตร (รูปที่ 4-14)

เนื่องจากทุ่นได้เคลื่อนที่ออกนอกขอบเขตที่กำหนดไว้จึงได้ทำการขยายขอบเขตและใช้ระดับน้ำที่ขอบเขตเปิดระหว่างสถานีบางสะพานและสถานีคลองใหญ่ พบว่าทุ่นมีการเคลื่อนที่ขึ้นไปทางทิศเหนือจนถึงบริเวณร่องน้ำระหว่างเกาะครามและเกาะครามน้อย ณ ตำแหน่งลองติจูดที่ 100°48′ตะวันออก แลตติจูดที่ 12°43′เหนือ แล้วจึงเคลื่อนที่ลงมาทางทิศใต้หลังจากนั้นเคลื่อนที่ขึ้นลงตามการขึ้นลงของน้ำผ่านบริเวณอ่าวสัตหีบ และเคลื่อนที่ไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ผ่านเกาะบริเวณหมู่เกาะแสมสารได้แก่ เกาะเตาหม้อ เกาะพระ เกาะพระน้อย เกาะจระเข้ เกาะยอ และเกาะอีเลา ไปจนถึงตำแหน่งลองติจูดที่ 100°54′ตะวันออก แลตติจูดที่ 12°35′เหนือ หลังจากนั้นเคลื่อนที่กลับมาในทิศตะวันออกเฉียงเหนือผ่านบริเวณอ่าวสัตหีบอีกครั้ง เคลื่อนขึ้นลงตามการขึ้นลงของน้ำ

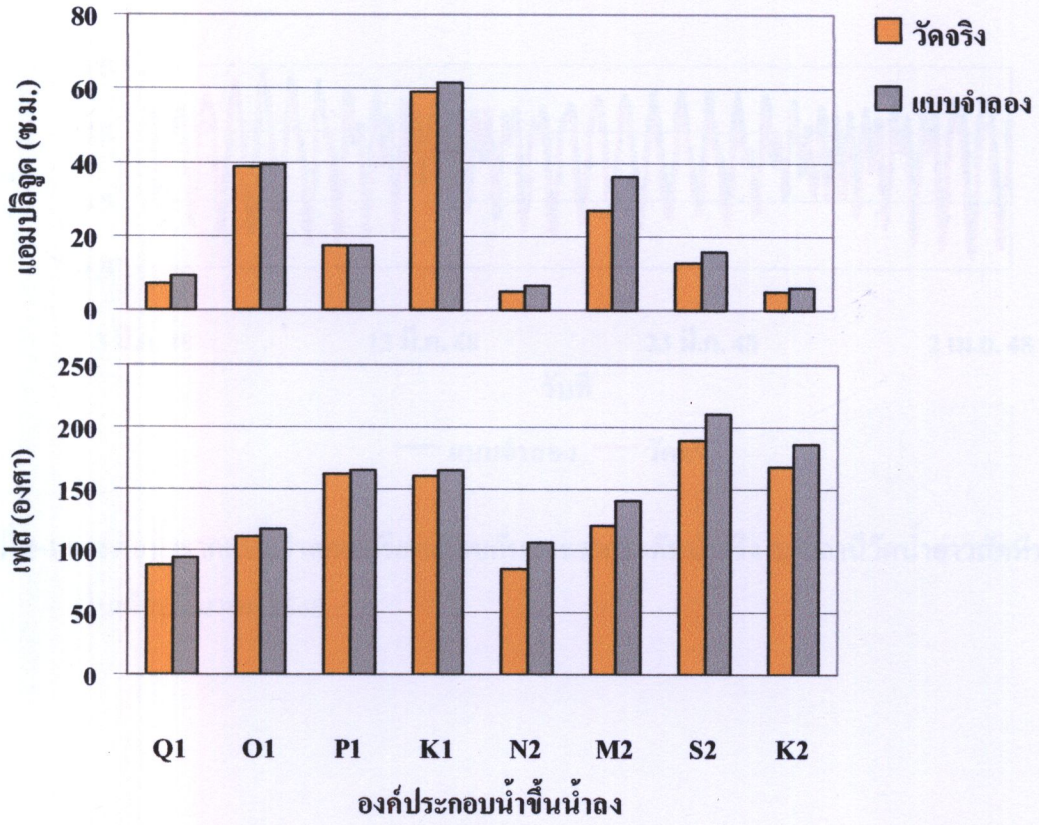
และในช่วงสุดท้ายทุ่นเคลื่อนที่ไปในทิศเหนือและออกจากแบบจำลอง ณ ตำแหน่งลองติจูดที่ 100°52′ ตะวันออก แลตติจูดที่ 12°49′เหนือ ในวันที่ 2 เมษายน 2548 (ทุ่นอยู่ในแบบจำลอง 6 วัน) (รูปที่ 4-15) เมื่อเปรียบเทียบระดับน้ำค่าแอมปลิจูดและเฟสในแต่ละองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงผลที่ได้มีบางองค์ประกอบที่มีความแตกต่างกันมากคือ ค่าของ M_2 N_2 S_2 และ K_2 (รูปที่ 4-16)



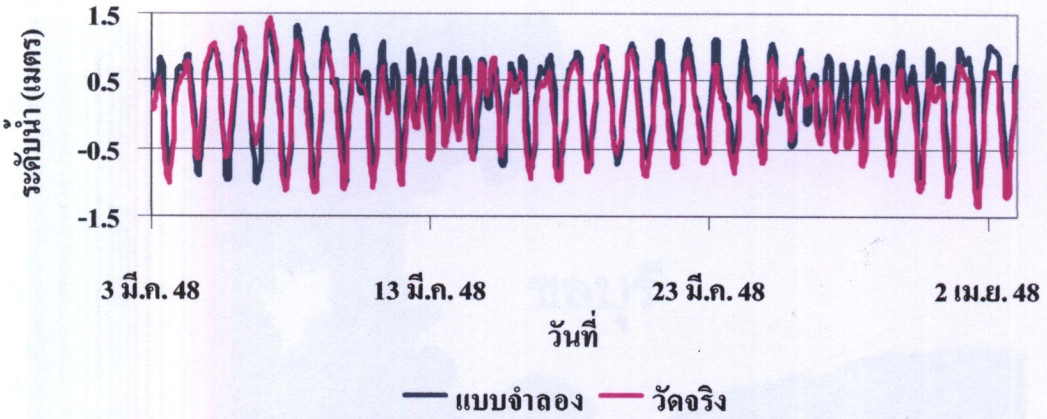
รูปที่ 4-10 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอย (drogue) จากแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำหัวหินและอ่าวสัตหีบ



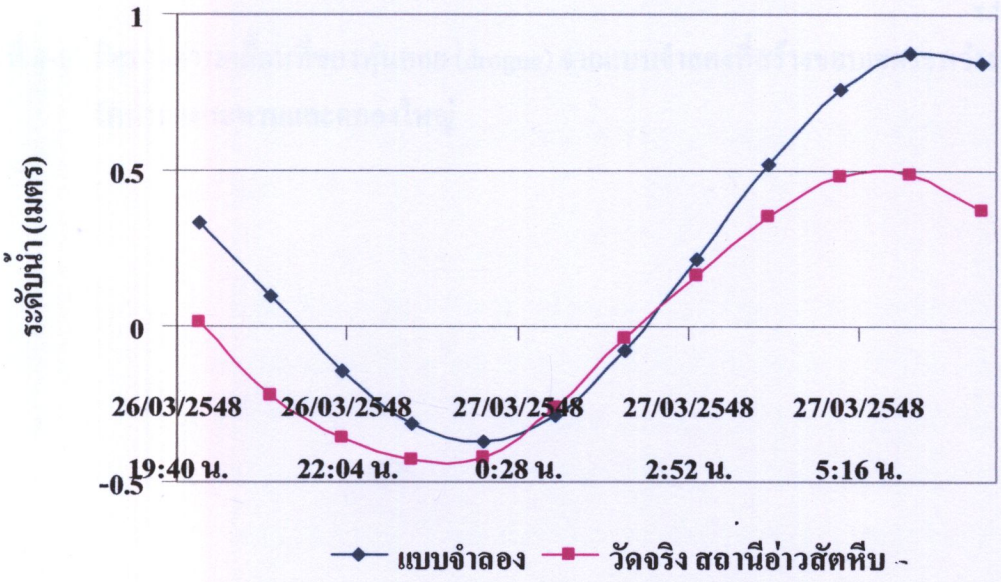
รูปที่ 4-11 ข้อมูลกระแสน้ำจากแบบจำลอง (a) ระดับน้ำ (b) ความเร็ว และ (c) ทิศทางของกระแสน้ำ



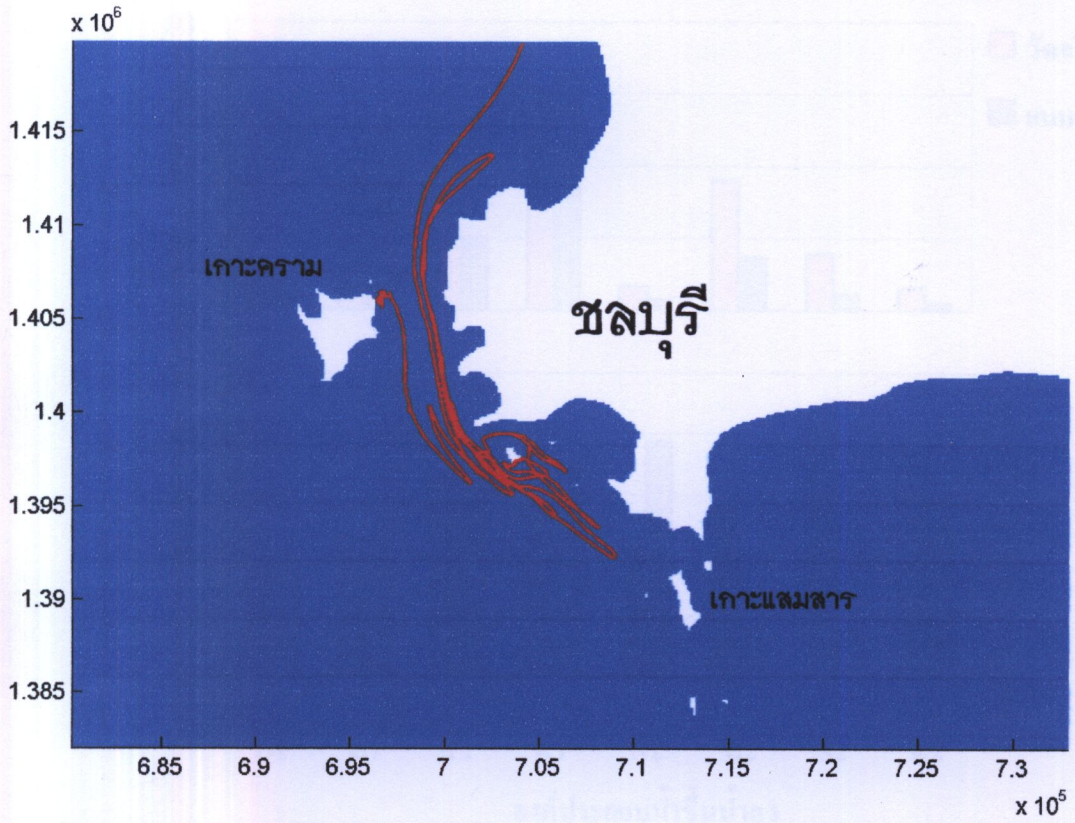
รูปที่ 4-12 ค่าแอมปลิจูดและเฟสในแต่ละองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงระหว่างค่าที่ได้จากการวัดจริง ณ สถานีอ่าวสัตหีบเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำหัวหินและอ่าวสัตหีบ



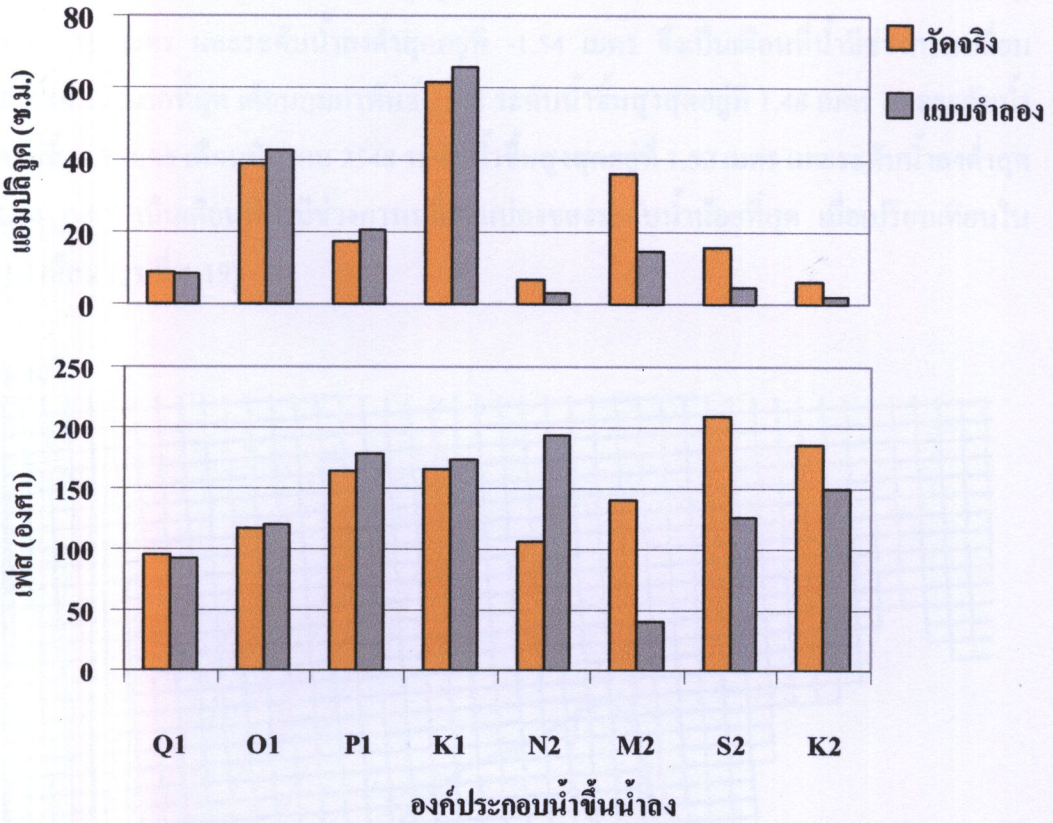
รูปที่ 4-13 ระดับน้ำจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับและจากระดับน้ำจริง ณ สถานีวัดน้ำอ่าวสัตหีบ ในเดือนมีนาคม 2548



รูปที่ 4-14 ระดับน้ำจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับระดับน้ำจริง ณ สถานีวัดน้ำอ่าวสัตหีบในช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์



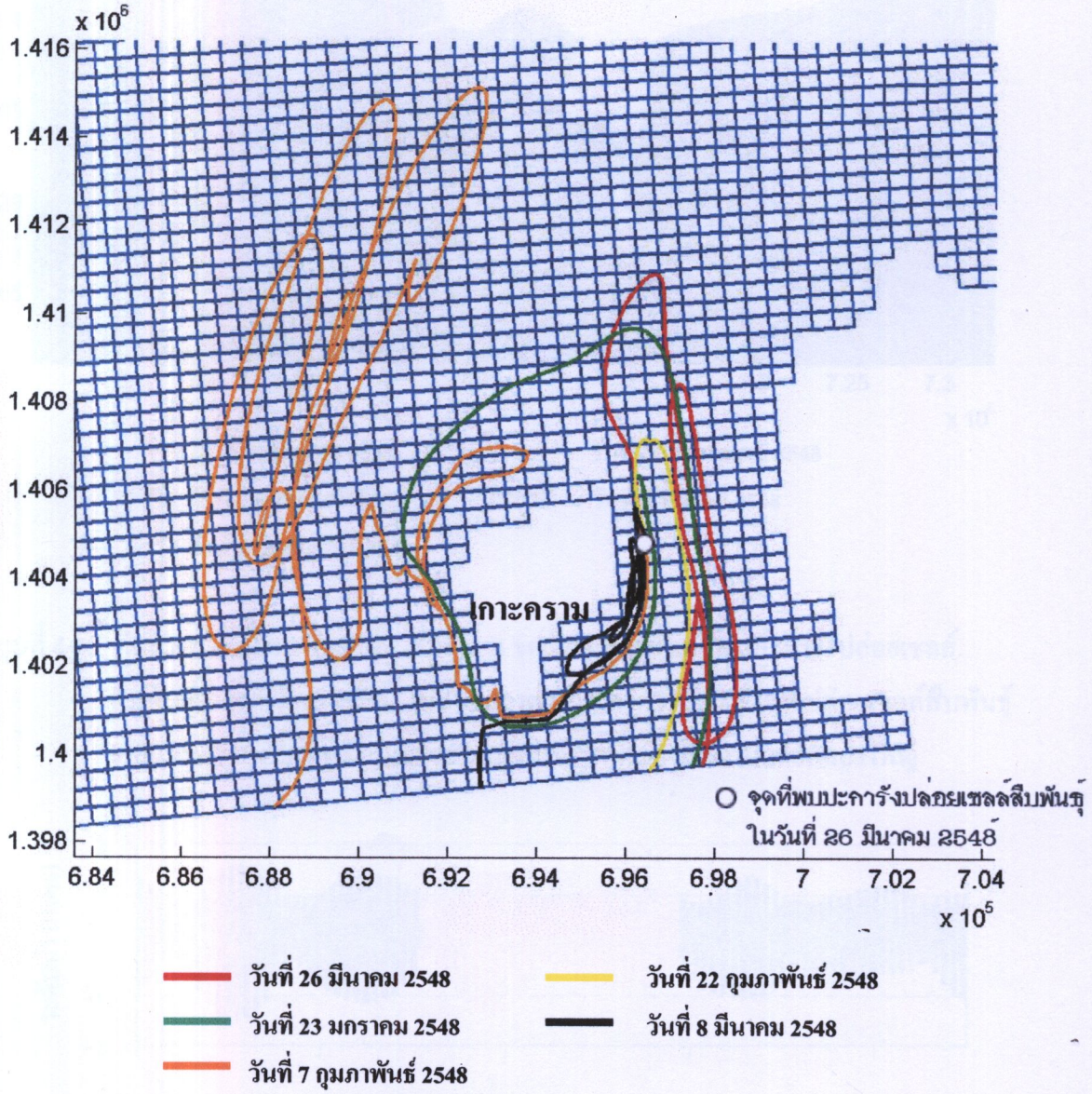
รูปที่ 4-15 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอย (drogue) จากแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำบางสะพานและคลองใหญ่



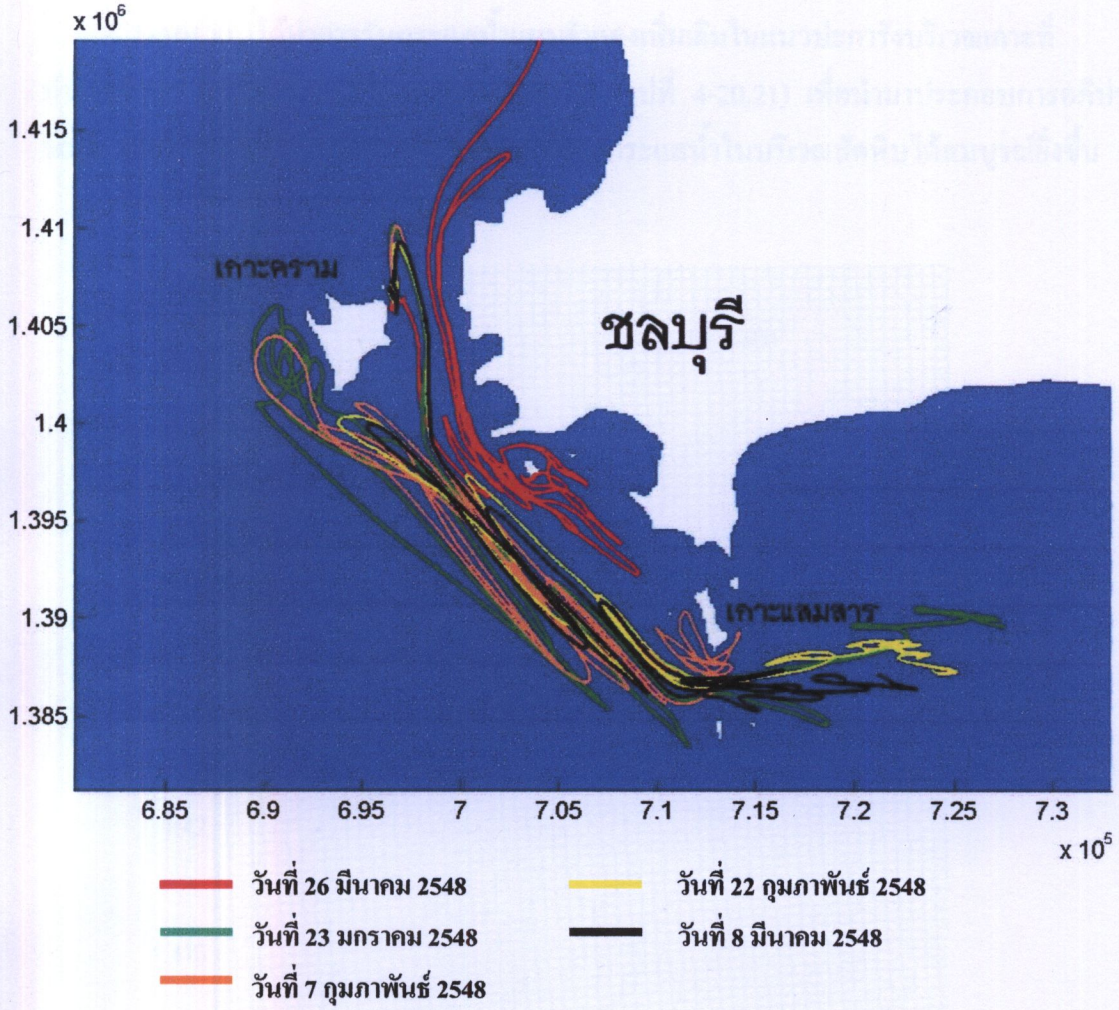
รูปที่ 4-16 ค่าแอมปลิจูดและเฟสในแต่ละองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงระหว่างค่าที่ได้จากการวัดจริง ณ สถานีอ่าวสัตหีบเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำบางสะพานและคลองใหญ่

เนื่องจากปะการังแต่ละชนิดมีช่วงเวลาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ต่างกันจึงได้ทำการรันแบบจำลองเพิ่มเติมในช่วงที่ปะการังมีโอกาสปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้แก่ 1) 23 มกราคม 2548 (ขึ้น 15 ค่ำ) 2) 7 กุมภาพันธ์ 2548 (แรม 15 ค่ำ) 3) 22 กุมภาพันธ์ 258 (ขึ้น 15 ค่ำ) และ 4) 8 มีนาคม 2548 (แรม 15 ค่ำ) โดยใช้แบบจำลองที่มีการสร้างขอบเขต จากทั้ง 2 แบบคือ แบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำหัวหินและอ่าวสัตหีบและแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำบางสะพานและคลองใหญ่ โดยผลที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำหัวหินและอ่าวสัตหีบ พบว่าในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่น แต่มีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ออกจากอ่าวไทยตอนในโดยทุกช่วงเวลาทุ่นได้เคลื่อนที่ออกจากขอบเขตทางด้านทิศใต้ของขอบเขต (ทุ่นอยู่ในแบบจำลองประมาณ 2 วัน) (รูปที่ 4-17) ส่วนแบบจำลองที่สร้างขอบเขต ระหว่างสถานีวัดน้ำบางสะพานและคลองใหญ่มีทิศทางเคลื่อนที่ออกจากอ่าวไทยตอนในเช่นกันโดยเคลื่อนที่ผ่าน เกาะครามน้อยเกาะอีร้าและเกาะต่างๆ บริเวณหมู่เกาะแสมสาร (รูปที่ 4-18)

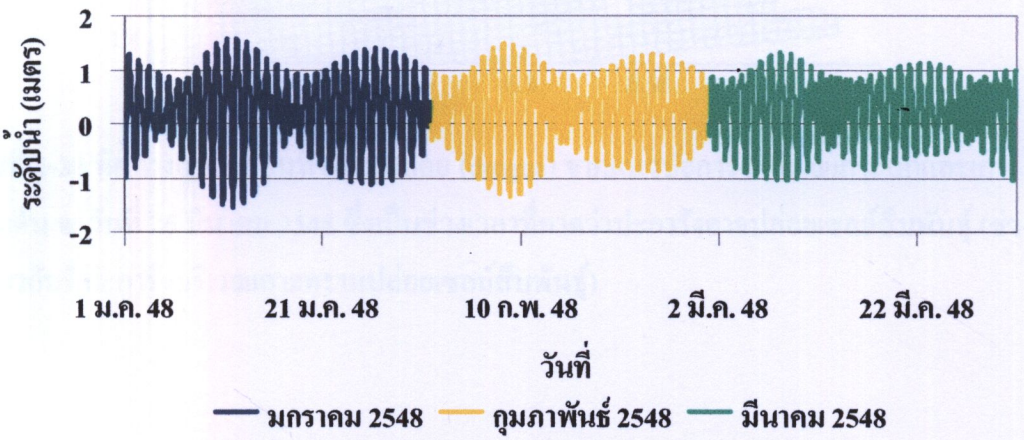
จากการศึกษาพบว่าระดับน้ำขึ้นลงสูงสุดแตกต่างกัน ในเดือนมกราคม 2548 ระดับน้ำขึ้นสูงสุดอยู่ที่ 1.59 เมตร และระดับน้ำลงต่ำสุดอยู่ที่ -1.54 เมตร จึงเป็นเดือนที่น้ำมีช่วงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำมากที่สุด เดือนกุมภาพันธ์ 2548 ระดับน้ำขึ้นสูงสุดอยู่ที่ 1.48 เมตร และระดับน้ำลงต่ำสุดอยู่ที่ -1.3 เมตร เดือนมีนาคม 2548 ระดับน้ำขึ้นสูงสุดอยู่ที่ 1.52 เมตร และระดับน้ำลงต่ำสุดอยู่ที่ -1.04 เมตร เป็นเดือนที่น้ำมีช่วงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลา 3 เดือน (รูปที่ 4-19)



รูปที่ 4-17 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่น เริ่มต้น ณ จุดเดียวกับที่สังเกตพบปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จากการศึกษาครั้งนี้ ในช่วงเวลาต่างๆ ที่คาดว่าปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ จากแบบจำลองที่สร้างขอบเขต ระหว่างสถานีวัดน้ำหัวหินและอ่าวสัตหีบ

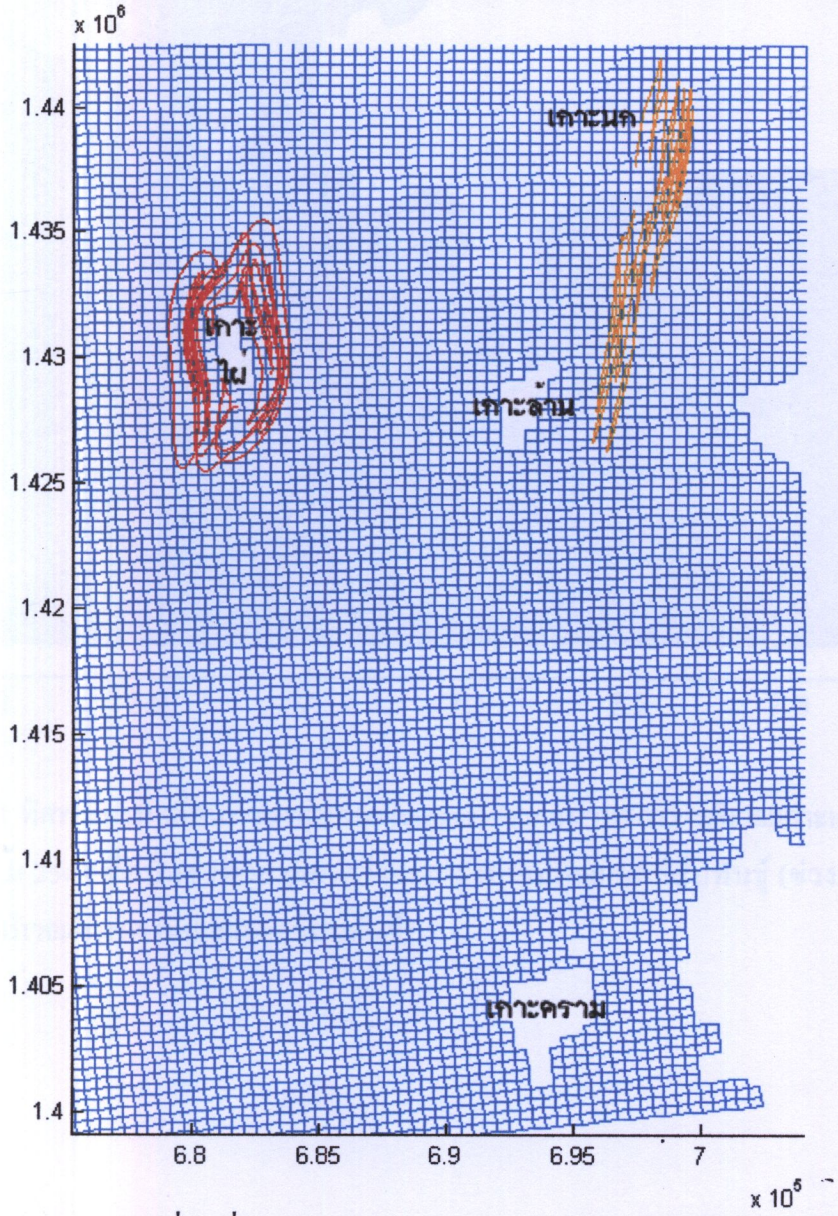


รูปที่ 4-18 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่น เริ่มต้น ณ จุดเดียวกับที่สังเกตพบปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จากการศึกษาครั้งนี้ ในช่วงเวลาต่างๆ ที่คาดว่าปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ จากแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดน้ำบางสะพานและคลองใหญ่

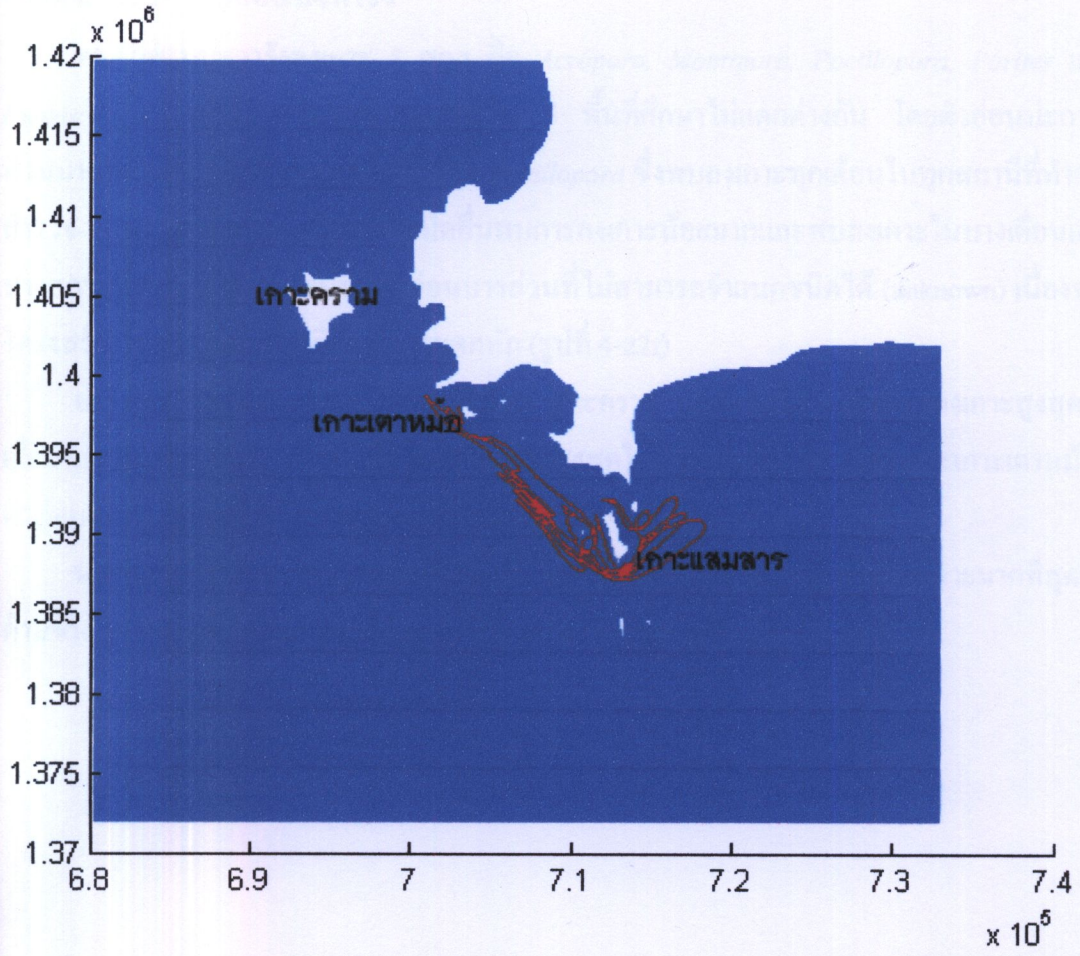


รูปที่ 4-19 ระดับน้ำขึ้นลงในแต่ละเดือนที่ปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

นอกจากนี้ได้ทำการรันกระแสน้ำแบบจำลองเพิ่มเติมในแนวปะการังบริเวณเกาะที่ทำการศึกษา (เกาะนก เกาะไผ่และเกาะเตาหม้อ) (รูปที่ 4-20,21) เพื่อนำมาประกอบการอภิปรายข้อมูล และสามารถอธิบายทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำในบริเวณสัตหีบได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 4-20 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอย (drogue) จากแนวปะการังบริเวณเกาะนกและเกาะไผ่ในเริ่มต้น ณ วันที่ 26 มีนาคม 2548 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่คาดว่าปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (ช่วงเวลาเดียวกับที่ปะการังบริเวณเกาะครามปล่อยเซลล์สืบพันธุ์)



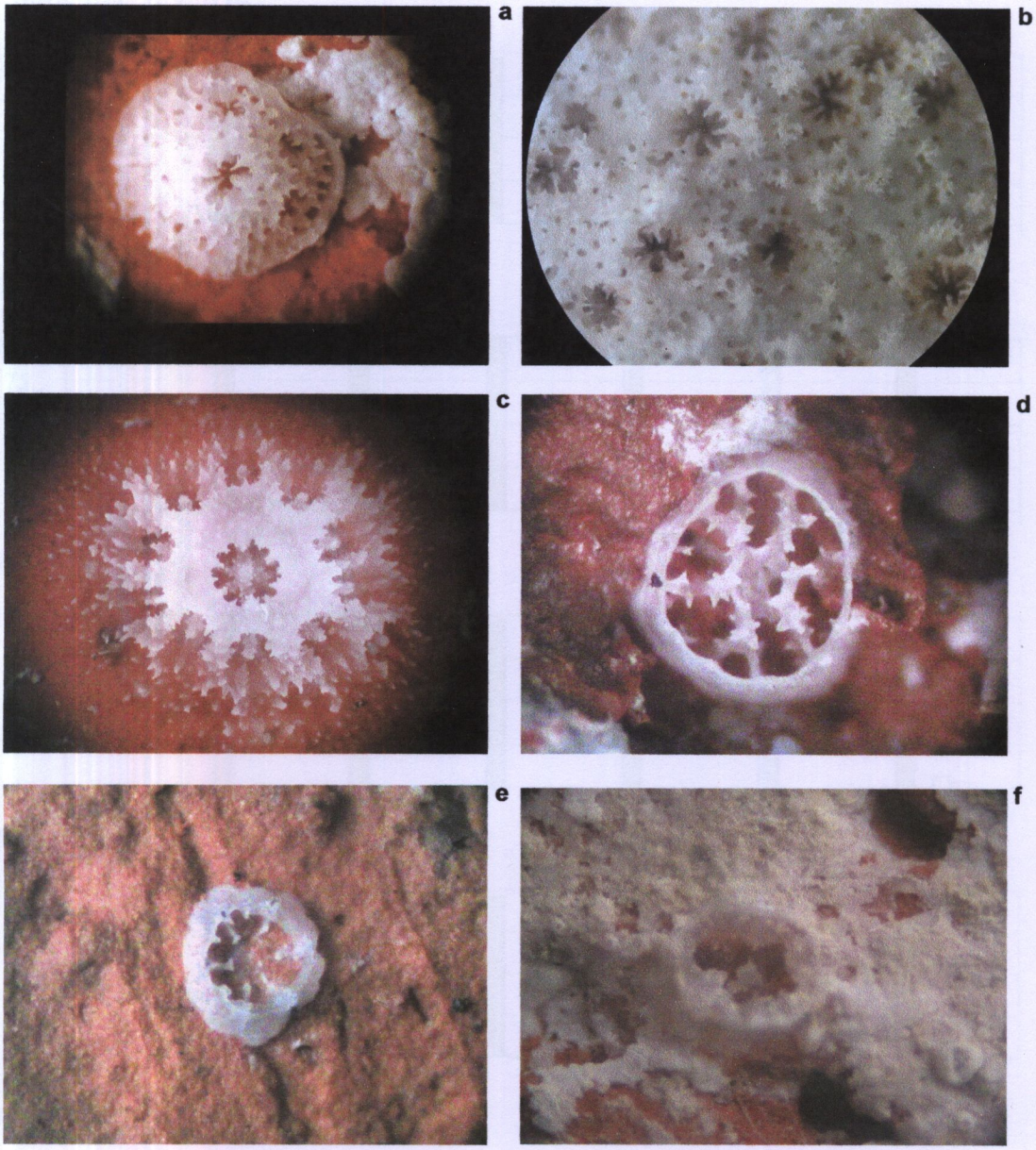
รูปที่ 4-21 ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอย (drogue) จากแนวปะการังบริเวณเกาะเตาหม้อในวันที่ 26 มีนาคม 2548 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่คาดว่าปะการังอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (ช่วงเวลาเดียวกับที่ปะการังบริเวณเกาะครามปล่อยเซลล์สืบพันธุ์)

การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

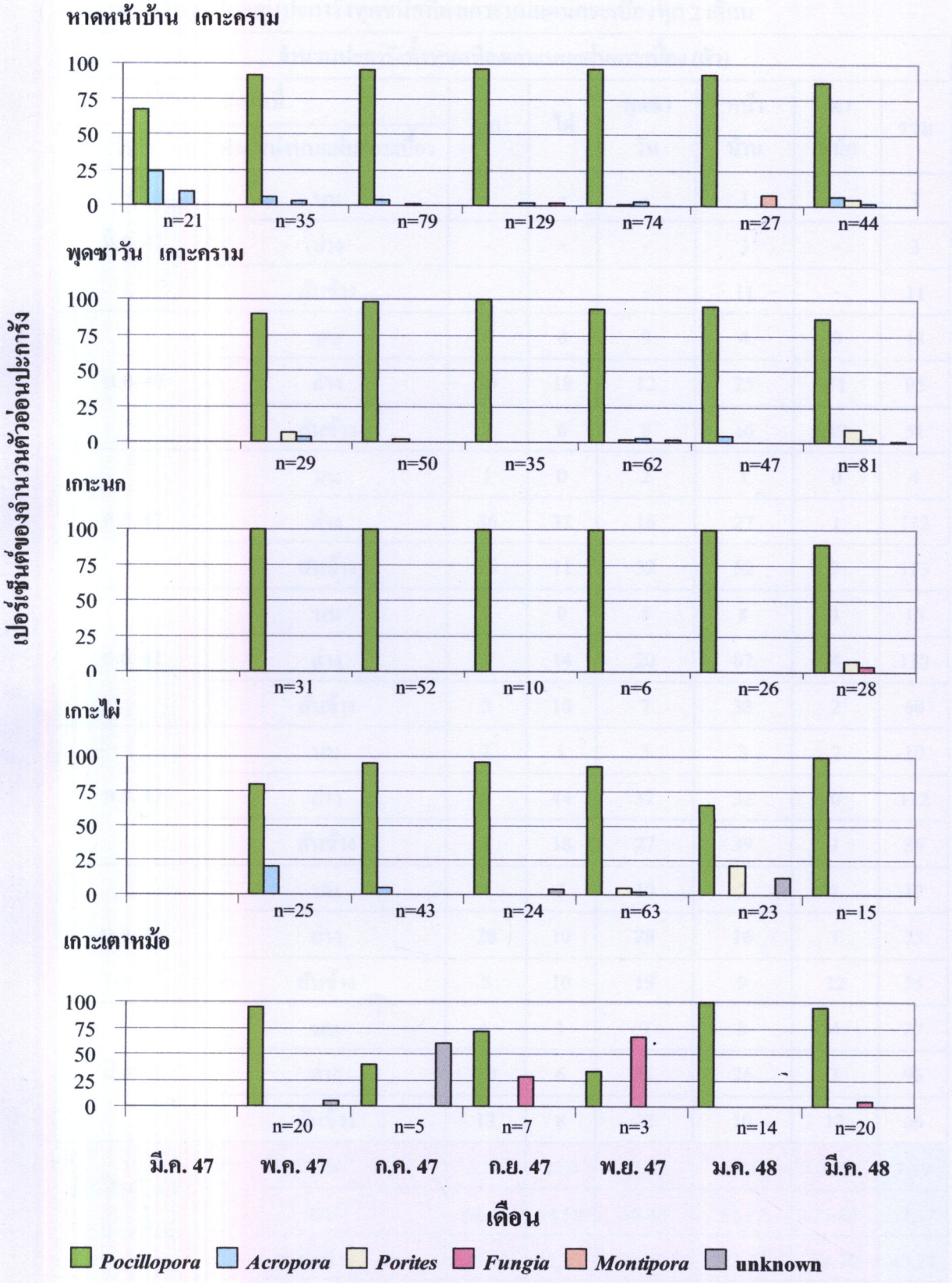
พบตัวอ่อนปะการังลงเกาะ 5 สกุล คือ *Acropora, Montipora, Pocillopora, Porites* และ *Fungia* (รูปที่ 4-22) ปริมาณการลงเกาะใน 5 พื้นที่ศึกษาไม่แตกต่างกัน โดยตัวอ่อนปะการังส่วนมากที่ลงเกาะเป็นตัวอ่อนปะการังสกุล *Pocillopora* ซึ่งพบลงเกาะทุกเดือนในทุกสถานีที่ทำการสำรวจ ส่วนตัวอ่อนของปะการังชนิดอื่นพบการลงเกาะน้อยมากและพบลงเกาะในบางเดือนและบางสถานที่เท่านั้น นอกจากนั้นมีตัวอ่อนบางส่วนที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ (unknown) เนื่องจากโครงสร้างไม่สมบูรณ์ หรือเกิดจากการแตกหัก (รูปที่ 4-22f)

อ่าวพุดซาวัน เกาะคราม, หาดหน้าบ้าน เกาะคราม และเกาะไผ่ มีตัวอ่อนลงเกาะสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 2547 เกาะนกมีตัวอ่อนลงเกาะสูงสุดในเดือนกรกฎาคม 2547 และเกาะเตาหม้อมีตัวอ่อนลงเกาะสูงสุดในเดือนพฤษภาคม 2547 (รูปที่ 4-23)

นอกจากนี้จากการสำรวจพบว่าตำแหน่งบนแผ่นกระเบื้องที่ตัวอ่อนปะการังลงเกาะมากที่สุดคือด้านข้าง รองลงมาคือด้านล่างและตำแหน่งที่ลงเกาะน้อยสุดคือด้านบน (ตารางที่ 2)



รูปที่ 4-22 ตัวอ่อนปะการังสกุลที่พบลงเกาะบนแผ่นกระเบื้อง (a) *Acropora*; (b) *Montipora*; (c) *Pocillopora*; (d) *Porites*; (e) *Fungia* และ (f) *Unknown sp*1.



รูปที่ 4-23 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอ่อนปะการังในแต่ละสกุลที่ลงเกาะบนแผ่นกระเบื้องในแต่ละเดือนบริเวณเกาะต่างๆ

ตารางที่ 2 จำนวนตัวอ่อนปะการังทุกชนิดที่ลงเกาะบนแผ่นกระเบื้องทุก 2 เดือน

จำนวนปะการังทั้งหมดที่ลงเกาะบนแผ่นกระเบื้อง (ตัว)							
สถานที่		นก	ไผ่	พุดซาวัน	หน้าบ้าน	เตาหม้อ	รวม
วันที่	ตำแหน่งบนแผ่นกระเบื้อง						
มี.ค. 47	บน	-	-	-	1	-	1
	ล่าง	-	-	-	3	-	3
	สันข้าง	-	-	-	11	-	11
พ.ค. 47	บน	0	0	9	4	0	13
	ล่าง	29	18	12	25	11	95
	สันข้าง	2	6	8	16	19	51
ก.ค. 47	บน	1	0	2	1	0	4
	ล่าง	36	32	16	27	1	112
	สันข้าง	15	11	32	52	3	113
ก.ย. 47	บน	2	0	8	4	1	15
	ล่าง	5	14	20	87	4	130
	สันข้าง	3	10	7	38	2	60
พ.ย. 47	บน	1	1	3	3	2	10
	ล่าง	4	44	32	32	0	112
	สันข้าง	1	18	27	39	1	86
ม.ค. 48	บน	1	3	10	2	1	17
	ล่าง	20	10	28	16	1	75
	สันข้าง	5	10	19	9	12	55
มี.ค.48	บน	5	1	9	8	4	27
	ล่าง	10	6	51	26	3	96
	สันข้าง	13	8	22	10	13	66
มี.ค.47-มี.ค.48 (เปอร์เซ็นต์)	บน	6.54	2.60	13.02	5.56	10.26	7.59
	ล่าง	67.97	64.58	50.48	52.17	25.64	52.17
	สันข้าง	25.49	32.81	36.51	42.27	64.10	40.24

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

ความสัมพันธ์ของทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนและกระแสน้ำ

ช่วงเวลาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง

จากการติดตามการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง 2 ครอบครัว 5 ชนิด คือ Acroporiidae ได้แก่ *Acropora millepora* และ *A. Humilis* ครอบครัว Faviidae ได้แก่ *Goniastrea retiformis*, *Favites abdita* และ *Platygyra sinensis* พบว่าปะการังแต่ละชนิดใน 4 เกาะที่ทำการศึกษามีช่วงเวลาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเวลาเดียวกัน แต่การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ไม่พร้อมกันในแต่ละชนิด (asynchronous multi-species spawning) ปะการังในครอบครัว Acroporiidae มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เร็วกว่าครอบครัว Faviidae ประมาณ 1-2 เดือน ซึ่งการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ที่ไม่พร้อมกันนี้สอดคล้องกับรายงานจากการศึกษาการสืบพันธุ์ของปะการังในประเทศไทยที่ผ่านมา (มณฑิรา ถาวรยุติการต์ 2532; ธรรมศักดิ์ ยีมิน, 2543: ทนงศักดิ์ จันทรเมธากุล, 2545) การที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ไม่พร้อมกัน เป็นลักษณะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังในพื้นที่ที่มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมน้อย เช่น อุณหภูมิ (Richmond and Hunter, 1990) และระดับน้ำขึ้นน้ำลง (Oliver *et al.*, 1988) ซึ่งเป็นลักษณะสิ่งแวดล้อมในบริเวณเส้นศูนย์สูตร แต่เมื่อไม่นานมานี้มีรายงานพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังพร้อมกันในพื้นที่ต่างๆ บริเวณเขตเส้นศูนย์สูตรซึ่งเป็นบริเวณที่มีความแตกต่างของสิ่งแวดล้อมน้อยได้แก่ เกาะโซโลมอน (8°N) (Braid *et al.*, 2001) ทะเลจาวา ประเทศอินโดนีเซีย (Tomascik *et al.*,1997) และประเทศสิงคโปร์ (1°10′N) (*Guest et al.*, 2005) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มีความซับซ้อนและแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณ

ทะเลอ่าวไทยมีความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำในรอบปีเฉลี่ย 2-3 องศาเซลเซียส (ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในรอบปีจากทุ่นสมุทรศาสตร์ของกองเทคโนโลยีสารสนเทศ, รูปผนวก ก) และมีความแตกต่างของระดับน้ำขึ้นสูงสุดและระดับน้ำลงต่ำสุดประมาณ 2 เมตร จึงอาจมีโอกาสเกิดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แบบพร้อมกันได้ แม้ยังไม่เคยมีรายงานการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แบบพร้อมกันในของปะการังในประเทศไทย

จากผลการศึกษาช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในพื้นที่สัตหีบพบว่าปะการังมีช่วงเวลาหรือฤดูกาลปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนที่น้ำทะเลมีอุณหภูมิสูงหรือกำลังเพิ่มสูงสุด (ข้อมูลอุณหภูมิจากกองเทคโนโลยีสารสนเทศ, ภาคผนวก) เช่นเดียวกับแนวปะการังในบริเวณอื่นและในหลายพื้นที่ทั่วโลก (มณฑิรา ถาวรยุติการต์ 2532; ธรรมศักดิ์ ยีมิน, 2543; Fadlallah, 1983; Harriott,

1983; Babcock and Heyward, 1986; Heyward *et al.*, 1987; Bermas *et al.*,1992; Dai *et al.*, 1992; Colley *et al.*, 2000; Wilson and Harrison, 2003)

การศึกษาครั้งนี้พบปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในคืนวันขึ้น 15 ค่ำและคืนวันแรม 2 ค่ำ (คืนที่ 2 หลังจากขึ้น 15 ค่ำ) ในช่วงที่น้ำลงเกือบต่ำสุดและกระแสน้ำค่อนข้างนิ่ง ซึ่งเป็นช่วงเวลาเช่นเดียวกับช่วงเวลาที่ปะการังส่วนใหญ่ในบริเวณต่างๆ ของโลกจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ เนื่องจากในช่วง 7 วันหลังดวงจันทร์เต็มดวงหรือ 15 ค่ำ (แรม 1-8 ค่ำ) เป็นช่วงเวลาที่ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงน้อยหรือน้ำตาย (neap tide) ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสที่เซลล์ไข่ปะการังจะได้รับจากผสมพันธุ์ (Krupp, 1983; Harrison *et al.*, 1984; Heyward *et al.*, 1987; Babcock *et al.*, 1994; Baird *et al.*, 2000; Fan *et al.*, 2002) อย่างไรก็ตามในบางพื้นที่พบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังในช่วงน้ำขึ้นในเวลาที่ที่ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงมาก (spring tide) ได้แก่ ทางตอนใต้ของไต้หวัน (Dai *et al.*, 1992) และฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทย (ทนงศักดิ์ จันทรเมธากุล, 2545) แม้เราจะทราบหรือสามารถพยากรณ์เดือนที่ปะการังจะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในแต่ละปีได้ค่อนข้างแน่นอนแต่ยังเป็นการยากที่จะคาดการณ์วันและเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแต่ละชนิดให้แม่นยำ เนื่องจากบางพื้นที่มีช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแบบพร้อมกันได้หลายวัน เช่น จากรายงานในประเทศญี่ปุ่นสามารถพบปะการังกลุ่ม Acroporid ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แบบพร้อมกันได้ตั้งแต่ 3 วันก่อนดวงจันทร์เต็มดวงถึง 7 วันหลังจากดวงจันทร์เต็มดวง (Hayashibara *et al.*, 1993)

ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำโดยทำการรันแบบจำลอง 2 แบบ ได้แก่แบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดระดับน้ำสัตหีบและหัวหิน และแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดระดับน้ำบางสะพานและคลองใหญ่ ในการรันแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดระดับน้ำสัตหีบและหัวหินนั้น แม้ว่าข้อมูลของระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระดับน้ำวัดจริง พบว่ามีค่าขององค์ประกอบระดับน้ำขึ้นน้ำลงทั้ง 8 องค์ประกอบใกล้เคียงกับกัน แต่เนื่องจากทุ่นเคลื่อนที่ออกจากแบบจำลอง (ทุ่นอยู่ในแบบจำลอง 2 วัน) ในขณะที่ปะการังมีโอกาสลงเกาะมากในช่วงเวลา 7 วันหลังจากปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ จึงได้ทำการขยายขอบเขตโดยการรันแบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดระดับน้ำบางสะพานและคลองใหญ่ แต่ข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองเมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำวัดจริงพบว่าค่าขององค์ประกอบระดับน้ำขึ้นน้ำลงบางค่ามีความแตกต่างกันมาก ทั้งนี้อาจเป็นผลจากบริเวณตอนเหนือของอ่าวไทยตอนล่าง พบ amphidromic point (จุดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ) หลายตำแหน่ง (Yanigi and Takao, 1998) ซึ่งอาจมีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำทำให้ค่า M_2 และ S_2 ที่ได้จากการคำนวณไม่ใกล้เคียงกับค่า M_2 และ S_2 ของระดับ

น้ำวัดจริง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับรูปแบบการไหลของกระแสน้ำที่ได้จากการคำนวนจากแบบจำลองที่ใช้ขอบเขตระหว่างสถานีวัดระดับน้ำสัตหีบและสถานีวัดระดับน้ำหัวหิน (แสดงทิศทางของกระแสน้ำได้ดี) พบว่ากระแสน้ำมีทิศทางไปในแนวทางเดียวกัน จึงสามารถใช้แบบจำลองที่สร้างขอบเขตระหว่างสถานีวัดระดับน้ำบางสะพานและคลองใหญ่เพื่อศึกษาแนวโน้มทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำได้

จากการศึกษาพบว่ากระแสน้ำในช่วงที่ทำการศึกษา (ช่วงที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์) คือปลายเดือนมีนาคมและต้นเดือนเมษายน กระแสน้ำมีทิศทางการเคลื่อนที่ออกจากอ่าวไทยตอนบนหรือมีทิศทางเคลื่อนลงทางใต้ซึ่งข้อมูลที่ได้สอดคล้องกับข้อมูลการศึกษากระแสน้ำของสมยศ หล่อวิทยากร (2537) ที่ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิและความเค็มที่ผิวน้ำทะเลจากทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ประกอบรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยได้แบ่งช่วงฤดูมรสุมดังนี้ 1) ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน) 2) ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนมีนาคม) 3) เปลี่ยนฤดูมรสุม (เดือนเมษายน และ เดือนตุลาคม) โดยที่กระแสน้ำในแต่ละเดือนที่อยู่ในช่วงลมมรสุมเดียวกันจะมีลักษณะการไหลเวียนของกระแสน้ำเหมือนกัน ดังนั้นช่วงเดือนที่ทำการศึกษาการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำครั้งนี้จึงจัดเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมซึ่งมีลักษณะการไหลเวียนของกระแสน้ำที่ไม่แน่นอน ทิศทางกระแสน้ำส่วนใหญ่จะไหลจากบริเวณอ่าวไทยตอนล่างขึ้นสู่บริเวณอ่าวไทยตอนบนและมีลักษณะการไหลเวียนในทิศตามเข็มนาฬิกาแล้วไหลออกทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย แต่ในสัปดาห์ที่ 4 ของเดือนมีนาคมกระแสน้ำจะไหลเข้าสู่อ่าวไทยตอนบนไปในทิศตะวันออกเฉียงใต้ และในสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนเมษายน กระแสน้ำจะไหลออกจากอ่าวไทยตอนบนในทิศตะวันออกเฉียงใต้ (สมยศ หล่อวิทยากร, 2537; อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และ มหรรณพ บรรพพงศ์, 2541) และเนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณแนวชายฝั่งมีความลึกน้ำประมาณ 2-3 เมตร จึงได้รับอิทธิพลจากพื้นท้องทะเลมาก ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นจากแบบจำลองไม่ตรงกับทิศทางการเคลื่อนที่ของทุ่นลอยที่ใช้ติดตามกระแสน้ำจริงในทะเล แต่มีทิศทางการเคลื่อนที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันคือเคลื่อนที่ขึ้นและลงตามการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลและมีทิศทางการเคลื่อนที่ลงทิศใต้เช่นเดียวกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายตัวของตัวอ่อนปะการังกับกระแสน้ำ

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปะการังอาจแพร่กระจายออกไปได้ไกลกว่าร้อยกิโลเมตรจากแนวปะการังเดิม (Sammarco and Andrews, 1988; Sale, 1999; Gilg and Hilbish, 2003) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น ปริมาณตัวอ่อนในธรรมชาติ ช่วงเวลาที่ตัวอ่อนปะการังลอยอยู่ในมวลน้ำซึ่งเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัยอาทิเช่น อุณหภูมิน้ำทะเลในช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ จากรายงานที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าอุณภูมิสูงอาจมีผลทำให้ตัวอ่อนปะการังลงเกาะได้เร็ว (Wilson and

Harrison, 1998; Nozawa and Harrison, 2002, 2005) Wilson and Harrison (1998) พบว่าเกาะโซลิทารี่ (Solitary Island) ประเทศออสเตรเลีย (30°S) ตัวอ่อนปะการังแบบผสมภายนอกโคโลนีแม่ใช้เวลาอยู่ในมวลน้ำนาน (3-12 วัน) ซึ่งอุณหภูมิน้ำในขณะที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ประมาณ 22-26 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับบริเวณเกาะไอแลท (Eilat Island) ทะเลแดง (29°30′N) ที่ปะการังมีช่วงเวลาลอยอยู่ในมวลน้ำนาน (6-10 วัน) ในขณะที่ตัวอ่อนปะการังในหลายพื้นที่ใช้เวลาลอยอยู่มวลน้ำสั้นเนื่องจากช่วงที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์น้ำมีอุณหภูมิสูง Nozawa and Harrison (2002) ทำการศึกษาช่วงเวลาการอยู่ในน้ำของตัวอ่อนปะการัง ณ เกาะเฮอร์รอน (Heron Island) ทางใต้ของประเทศออสเตรเลีย พบว่าในช่วงที่ปะการังปล่อยเซลสืบพันธุ์ น้ำมีอุณหภูมิประมาณ 25.5-27.5 องศาเซลเซียส ทำให้ตัวอ่อนของ *Platygyra daedalea* ซึ่งเกิดจากการผสมภายนอกโคโลนีแม่ใช้เวลาลอยในมวลน้ำสั้น (3-4 วัน) ส่วนการศึกษาครั้งนี้ พบว่าอุณหภูมิน้ำในช่วงที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อยู่ระหว่าง 28.9-31.5 องศาเซลเซียส ซึ่งคาดการณ์ได้ว่าตัวอ่อนปะการังอาจมีเวลาอยู่ในมวลน้ำไม่นาน เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงส่งผลต่อการเร่งเมทาบอลึซึม (metabolism) ทำให้ตัวอ่อนปะการังมีการพัฒนาและพร้อมจะลงเกาะได้เร็ว (3 วัน) และโอกาสที่ตัวอ่อนลงเกาะอยู่ในช่วง 7 วันหลังจากปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ หลังจากนั้นโอกาสที่ตัวอ่อนจะลงเกาะมีน้อย (Yeemin, 1991; Nozawa and Harrison, 2000; Nishikawa *et al.*, 2003; Miller, 2003; Nozawa and Harrison, 2005)

เมื่อพิจารณาข้อมูลกระแสน้ำจากแบบจำลองในช่วงที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์หรือมีโอกาสปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (ช่วง 7 วันหลังจากขึ้น15 ค่ำ และแรม 15 ค่ำ ระหว่างเดือนมกราคม-เดือนมีนาคม) กับโอกาสที่ตัวอ่อนจะเริ่มลงเกาะในระยะเวลา 3 วันแรก ซึ่งเป็นช่วงที่พบลงเกาะมาก พบว่ากระแสน้ำมีทิศทางไหลขึ้นเหนือผ่านเกาะครามน้อยและเคลื่อนที่กลับลงมาทางทิศใต้ไหลออกจากอ่าวไทยตอนบนแล้วไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ผ่านเกาะอีร้าและเกาะเตาหม้อ (รูปที่ 4-18) ดังนั้น พื้นที่ที่ตัวอ่อนปะการังมีโอกาสแพร่กระจายไปและลงเกาะได้มากคือเกาะครามน้อย เกาะอีร้าและเกาะเตาหม้อ

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในช่วงเวลา 7 วันที่ตัวอ่อนมีโอกาสลงเกาะพบว่า พื้นที่ที่ตัวอ่อนปะการังมีโอกาสแพร่กระจายไปได้คือ พื้นที่หรือแนวปะการังที่อยู่ทางใต้และบริเวณใกล้เคียงจากบริเวณที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (หาดหน้าบ้าน เกาะคราม) ได้แก่ บริเวณหมู่เกาะคราม ซึ่งประกอบด้วยเกาะครามน้อยและเกาะอีร้า และบริเวณหมู่เกาะแสมสาร-สัตหีบ ซึ่งประกอบด้วย 16 เกาะได้แก่ เกาะแสมสาร เกาะแรด เกาะขาม เกาะจระเข้ เกาะฉางเกลือ เกาะโรงหนังโรงโขน เกาะจวง เกาะจาน เกาะเกล็ดแก้ว เกาะพระ เกาะพระน้อย เกาะเตาหม้อ เกาะยอ อีเลา เกาะหมูและเกาะแมว ซึ่งลักษณะทั่วไปรวมถึงลักษณะของแนวปะการังบริเวณเกาะครามอยู่ในสภาพสมบูรณ์ดี ส่วนสภาพพื้นที่บริเวณหมู่เกาะแสมสารแม้ว่าจะมีจำนวนเกาะมาก แต่พื้นที่ของแนวปะการังมีน้อยและในหลายเกาะอยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรม (กรมประมง, 2542) แต่ในพื้นที่หรือแนวปะการังที่เสื่อมโทรมก็มีโอกาสที่ตัวอ่อนปะการังจะสามารลงเกาะได้โดย Fabricius and Metzner (2004) พบว่าตัว

อ่อนปะการังในระยะสุดท้ายก่อนการลงเกาะซึ่งจะลอยอยู่ในมวลน้ำบริเวณแนวปะการังมีอัตราการตายสูงกว่าในช่วงที่ล่องลอยอยู่ในทะเลเปิด เนื่องจากบริเวณแนวปะการังมีผู้ล่ามากทั้งปลาและปะการัง ตัวอ่อนปะการังจะเสี่ยงต่อการถูกกินสูง ดังนั้นในพื้นที่ที่มีปะการังปกคลุมต่ำหรือพื้นที่ที่แนวปะการังเสื่อมโทรมทั้งจากภัยธรรมชาติหรือกิจกรรมของมนุษย์จึงเป็นพื้นที่ที่ตัวอ่อนปะการังมีโอกาสลงเกาะได้มาก ถ้ามีตัวอ่อนหรือได้รับตัวอ่อนปะการังจากพื้นที่อื่นที่อาจแพร่กระจายมาถึง และแนวปะการังที่ตัวอ่อนปะการังจากเกาะครามมีโอกาสแพร่กระจายไปถึงยากก็คือ พื้นที่แนวปะการังบริเวณเกาะต่างๆ ทางทิศเหนือของเกาะคราม ซึ่งได้แก่ หมู่เกาะสีชัง หมู่เกาะล้าน และหมู่เกาะไผ่

เมื่อนำข้อมูลกระแสน้ำมาพิจารณาร่วมกับทิศทางการแพร่กระจายตัวของตัวอ่อนพบว่า ตัวอ่อนปะการังมีการแพร่กระจายตัวเป็นไปในทิศทางเดียวกับกระแสน้ำ โดยมีปริมาณของตัวอ่อนปะการังลงลดตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ปริมาณลดลงสูงสุดในชั่วโมงแรกโดยลดลง 71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการศึกษาในเบื้องต้นที่พบว่าตัวอ่อนปะการังมีปริมาณลดลงอย่างมากในชั่วโมงที่ 1-3 หลังจากปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ อาจด้วยลักษณะการแพร่กระจายในมวลน้ำของตัวอ่อนปะการังไม่ได้เป็นกลุ่มก้อน จึงทำให้มีความหนาแน่นลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณตัวอ่อนปะการังเมื่อเริ่มปล่อยออกมาสู่มวลน้ำ ดังนั้นในการลากถุงแพลงก์ตอนเพื่อเก็บตัวอย่างตัวอ่อนปะการังที่กระจายอยู่ในมวลน้ำจึงเป็นไปไม่ได้ที่จะเก็บตัวอ่อนปะการังทั้งหมดในมวลน้ำ ปริมาณตัวอ่อนปะการังที่เก็บได้จึงมีปริมาณลดลง ซึ่งการลดลงของตัวอ่อนปะการังในมวลน้ำอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้พบการลงเกาะของปะการังน้อย (Yeemin and Sudara, 1992; Pineda, 2000; Fabricius and Metzner, 2004)

ตัวอ่อนปะการังที่พบลงเกาะในแต่ละพื้นที่อาจมาจากแนวปะการังเดิม (self seeding) หรือจากแนวปะการังในบริเวณอื่น ซึ่งจากข้อมูลกระแสน้ำทำให้ทราบว่าในปีที่ทำการศึกษานี้ การลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในพื้นที่เดิมในบริเวณเกาะครามนั้นเป็นไปได้น้อยมาก เนื่องจากข้อมูลกระแสน้ำในช่วงที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แสดงให้เห็นว่าหลังจากที่กระแสน้ำไหลออกไปจากบริเวณที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (หาดหน้าบ้าน เกาะคราม) แล้วไม่มีการไหลกลับมายังบริเวณเดิมอีก (รูปที่4-18) และทิศทางการไหลของกระแสน้ำบริเวณแนวปะการังอื่นในพื้นที่ศึกษา (เกาะนก เกาะไผ่ และเกาะเตาหม้อ) (รูปที่ 4-19) ไม่มีทิศทางการไหลที่จะทำให้ตัวอ่อนแพร่กระจายมาถึง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการลงเกาะของปะการังที่ปฏิสนธิภายนอกบนแผ่นกระเบื้องที่พบในปริมาณน้อยมาก อย่างไรก็ตามตัวอ่อนปะการังที่พบลงเกาะบริเวณเกาะครามมีความเป็นได้สูงว่าอาจเป็นตัวอ่อนปะการังจากบริเวณเดิมเนื่องจากปริมาณไข่บางส่วนยังอยู่ในบริเวณเดิมโดยติดตามซอกปะการัง ก้อนหินหรือวัตถุต่างๆ ส่วนเกาะนก เกาะไผ่ และเกาะเตาหม้อ นั้นมีแนวโน้มว่าตัวอ่อนปะการังจะลงเกาะในบริเวณเดิม เช่นเดียวกับในบางพื้นที่ซึ่งเมื่อพิจารณาจากข้อมูลกระแสน้ำพบว่าตัวอ่อนปะการังมีโอกาสลงเกาะในพื้นที่เดิมได้มากเช่น จากการศึกษากระแสน้ำโดยใช้

แบบจำลองบริเวณแนวปะการัง Davies ตอนกลางของ เกรทแบริเออรีฟ ประเทศออสเตรเลีย พบว่า กระแสน้ำเมื่อไหลออกจากแนวปะการังแล้วมีการไหลย้อนกลับและวนเวียนอยู่บริเวณพื้นที่เดิม ดังนั้นตัวอ่อนปะการังจึงมีโอกาสลงเกาะที่แนวปะการังเดิมได้มาก โดยชี้ให้เห็นว่าปริมาณตัวอ่อนปะการังที่ลดลงหรือหายไปขึ้นอยู่กับขนาดของแนวปะการังและความแรงของกระแสน้ำชายฝั่ง (Black *et al.*,1991)

การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

จากการศึกษาพบตัวอ่อนปะการัง (juvenile coral) ลงเกาะ 5 สกุล คือ *Acropora, Montipora, Pocillopora, Porites* และ *Fungia* มีเพียงตัวอ่อนของปะการังในสกุล *Pocillopora* ที่ลงเกาะบนแผ่นกระเบื้องมากอย่างเห็นได้ชัด แต่ปริมาณการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังชนิดอื่นๆ มีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในหลายพื้นที่ (Babcock, 1988; Sammarco and Andrew, 1988; Hodgson, 1990; Dunstan and Johnson, 1998) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีปริมาณตัวอ่อน (larval supply) ในธรรมชาติเป็นปัจจัยจำกัด แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับข้อมูลการศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในพื้นที่ของอ่าวไทยตอนใน (ธรรมศักดิ์ ยีมิน, 2541) ธรรมศักดิ์ ยีมิน (2541) ศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในพื้นที่ของอ่าวไทยตอนในซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ พบการลงเกาะของปะการัง 4 สกุล ได้แก่ *Acropora, Montipora, Pocillopora* และ *Porites* ซึ่งพบตัวอ่อนปะการังสกุล *Pocillopora* ลงเกาะมากเพียงสกุลเดียวเช่นกัน และพบว่าในแต่ละสถานที่มีปริมาณการลงเกาะสูงในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เช่น เกาะขามมีการลงเกาะมากในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม และเกาะค้างคาวมีการลงเกาะมากในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม ส่วนเกาะนกมีการลงเกาะมากในช่วงเดือนสิงหาคมและเดือนพฤศจิกายน ในขณะที่การศึกษาครั้งนี้ เกาะนกมีตัวอ่อนปะการังลงเกาะสูงสุดในเดือนกรกฎาคม ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในอ่าวไทยมีความแปรผันตามสถานที่และเวลาเป็นอย่างมาก

การลงเกาะของตัวอ่อนปะการังที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่ (Pocilloporid) เป็นปะการังกลุ่มที่พบลงเกาะมากในหลายพื้นที่และพบลงเกาะได้ตลอดทั้งปี (ธรรมศักดิ์ ยีมิน, 2541; Banks and Harriott, 1996; Tanner, 1996; Dunstan, 1998) เนื่องจาก Pocilloporid มีการปล่อยตัวอ่อนปะการังได้ตลอดทั้งปี และตัวอ่อนสามารถลงเกาะได้เร็วหลังจากถูกปล่อยสู่มวลน้ำ จึงเป็นการเพิ่มโอกาสการลงเกาะได้มากขึ้นเพราะไม่ต้องเสี่ยงต่อการถูกกินจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ และถึงแม้ว่าจะพบการลงเกาะของ Pocilloporid มากแต่อัตราการรอดต่ำหรือมีอัตราการตายหลังการลงเกาะสูง เนื่องจากตัวอ่อนของปะการังกลุ่มนี้เกิดการฟอกขาว (bleaching) ได้ง่ายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมกายภาพต่างๆ เช่น อุณหภูมิ หรือปริมาณแสง UV เป็นต้น (ธรรมศักดิ์ ยีมิน, 2541) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับชนิดของสาหร่ายซูแซนเทลลี่ (ไดโนแฟลกเจลเลท) ชนิดที่แตกต่างกันในปะการัง

แต่ละกลุ่ม โดยปะการังสกุลที่พบการฟอกขาวได้มากคือปะการังกลุ่มที่มีอัตราการเติบโตเร็ว (*Pocillopora* และ *Acropora*) (Brown and Suharsono, 1990; Glynn and D'Croz, 1990; Jokiel and Coles, 1990; Gleason, 1993; Marshall and Baird, 2000; Jokiel, 2004; Rozenblate *et al.*, 2004) ธรรมศักดิ์ ยีมิน (2541) ศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในอ่าวไทยพบว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ปะการังฟอกขาว ตัวอ่อนปะการังที่มีอัตราการตายสูงคือ *Pocillopora damicornis* และ *Acropora* sp. จึงเห็นได้ว่าถึงแม้จะพบการลงเกาะของ Pocilloporid มากแต่อาจมีจำนวนโคโลนีในพื้นที่ (พื้นที่ปกคลุม) ไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับปะการังชนิดอื่นๆในพื้นที่

การลงเกาะของตัวอ่อนของปะการังที่เกิดจากการปฏิสนธิภายนอกโคโลนีแม่ (broadcasting larvae) ที่พบในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ *Acroporid, Montipora, Porites* และ *Fungia* และจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าในปีที่ทำการศึกษามีปริมาณการลงเกาะของปะการังกลุ่มนี้น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณการลงเกาะของปะการังที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่ แม้ว่าปะการังทั้ง 4 สกุลนี้จะพบได้มากในพื้นที่สัตหีบ อาจเนื่องจากโอกาสในการลงเกาะของตัวอ่อนในพื้นที่เดิมมีน้อยกว่าตัวอ่อนที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่ และใช้เวลาอยู่ในมวลน้ำนานกว่าจึงอาจมีโอกาสเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ได้แก่ปลาหลายชนิด ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการลดลงของตัวอ่อนปะการัง (Babcock *et al.* 1986) ในพื้นที่เกาะคราม พบปลาอมไข่ (*Apogon*) มากซึ่งเป็นปลาที่ออกหากินในเวลากลางคืน กินแพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กเป็นอาหาร จึงอาจเป็นผู้ล่าและส่งผลต่อปริมาณตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะมีจำนวนลดลง Fabricius and Metzner (2004) พบว่าตัวอ่อนปะการังอาจถูกกินโดยปะการัง ซึ่งโดยทั่วไปปะการังจะยื่นหนวดออกมาหากินในเวลากลางคืนโดยใช้เข็มพิษและเมือก และนอกจากการเพิ่มจำนวนปะการังโดยการลงเกาะของตัวอ่อนที่เกิดสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศแล้ว ปะการังในกลุ่มของ Acroporid ซึ่งมีรูปร่างของโคโลนีหลากหลายได้แก่ กิ่งก้าน (branching) โต๊ะ (tabulate) ใบไม้ (foliose) แปรงล้างขวด (bottle brush) ก้อน (massive) กึ่งก้อน (submassive) และ นิ้วมือ (digitate) เป็นต้น การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่เกิดจากการแตกหักของโคโลนี (fragmentation) จึงเข้ามามีบทบาทในการเพิ่มจำนวนโคโลนี (Bothwell, 1981) พบว่าปะการังในสกุล *Acropora* ที่มีรูปร่างแบบแตกกิ่งก้าน (arboresent) เมื่อเกิดการแตกหักมักมีโอกาสรอดและกระจายไปในพื้นที่แนวปะการังเดิมได้กว่า 30-50 เมตร ทำให้ในบางปีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศอาจมีความสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนประชากรมากเนื่องจากสามารถเกิดได้ตลอดทั้งปีและอาจมีอัตราส่วนมากกว่าการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ส่วนปะการังในสกุล *Fungia* นั้นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหักมีความสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนโคโลนีในบริเวณแนวปะการังเดิมเช่นเดียวกันกับปะการังสกุล *Acropora* Nishihira and Poung-In (1989) ศึกษาการกระจายตัวของปะการังชนิดที่ไม่ยึดติดพื้นผิว (free living) ในอ่าวไทยพบว่าในปีที่ทำการศึกษาปะการังในกลุ่มนี้มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นส่วนมาก และในการศึกษาของการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในพื้นที่ของอ่าวไทยตอนใน ยังไม่พบการลงเกาะของ

ตัวอ่อนปะการังในกลุ่ม Fungiid อีกด้วย (ธรรมศักดิ์ ยีมิน, 2541) นอกจากนั้นความลึกเป็นอีกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการลงเกาะ Barid (2003) พบว่าปะการังในกลุ่ม Fungiid มีการลงเกาะมากในที่น้ำค่อนข้างลึก (12 เมตร) บริเวณ reef slope มากกว่าในบริเวณน้ำตื้นหรือในบริเวณ reef flat จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พบตัวอ่อนของปะการังในกลุ่มนี้ลงเกาะน้อยในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากแนวปะการังในบริเวณพื้นที่ศึกษามีความลึกประมาณ 2-6 เมตร

และจากรายงานการศึกษาในหลายพื้นที่ที่ผ่านมาพบว่าการลงเกาะของปะการังมักมีความแตกต่างกันในปริมาณและชนิดการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในแต่ละช่วงเวลาและสถานที่ (Babcock, 1988; Baird and Hughes, 1997; Harriott and Simpson, 1997; Dunstan and Johnson, 1998; Hughes, 2002) ทั้งนี้อาจเกี่ยวเนื่องกับปริมาณเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังในแต่ละปีรวมถึงความเหมาะสมของปัจจัยทางกายภาพต่างๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องหลายประการด้วยกันได้แก่ ปริมาณแสง อุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันไปในแต่ละปี (Wallace and Bull, 1981; Birkeland *et al.*, 981; Babcock, 1988; Richmond, 1988; Harriott and Simpson, 1997; Sale, 1999; Baird *et al.*, 2003) ทั้งนี้ในปีต่อๆไป อาจพบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังแต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

การศึกษาครั้งนี้เป็นรายงานครั้งแรกในประเทศไทยเกี่ยวกับการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการังจากแนวปะการังในพื้นที่หนึ่งไปยังพื้นที่อื่น ซึ่งจากการศึกษาทำให้ทราบว่าตัวอ่อนปะการังบริเวณเกาะครามมีโอกาสที่จะแพร่กระจายไปยังพื้นที่อื่นในบริเวณใกล้เคียง และจากข้อมูลกระแสน้ำพบว่าพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้คือบริเวณทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะคราม อย่างไรก็ตามเนื่องจากปริมาณเซลล์ไข่ที่ปล่อยสู่มวลน้ำมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้โอกาสที่ไข่จะพัฒนาตัวต่อไปเป็นตัวอ่อนและเหลือรอดจนกระทั่งพร้อมลงเกาะจึงมีปริมาณจำกัด ดังนั้นพื้นที่ที่ตัวอ่อนจะแพร่กระจายไปได้อาจขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวอ่อนปะการังที่ถูกปล่อยสู่มวลน้ำและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำในแต่ละครั้งที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ นอกจากนั้นทำให้ทราบว่าเกาะครามเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสน้อยที่จะได้รับตัวอ่อนปะการังจากแนวปะการังอื่น จึงเป็นพื้นที่ที่ควรให้การเฝ้าระวังและอนุรักษ์ไว้เพราะอาจที่เป็นพื้นที่ที่ตัวอ่อนปะการังสามารถแพร่กระจายไปยังแนวปะการังอื่นได้และถ้าเกิดการเสื่อมโทรมอาจฟื้นตัวตามธรรมชาติได้ยาก อย่างไรก็ตามหากมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของพันธุกรรมของปะการังในแต่ละพื้นที่ในบริเวณนี้จะทำให้ทราบถึงความเชื่อมโยงและโอกาสการแพร่กระจายตัวของปะการังได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

ช่วงเวลาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง

ปะการังแต่ละชนิดที่ทำการศึกษา (*Acropora millepora*, *A. humilis*, *Goniastrea retiformis*, *Favites abdita* และ *Platygyra sinensis*) ในบริเวณจังหวัดชลบุรีมีช่วงเวลาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ไม่พร้อมกัน ปะการัง *A. millepora* เริ่มพบเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนพฤศจิกายน *A. humilis* เริ่มพบเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนธันวาคม และปะการังแต่ละชนิดใช้เวลาในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์นานประมาณ 3-4 เดือน และเริ่มปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงปลายเดือนมกราคมถึงปลายเดือนมีนาคม

ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ

ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำในช่วงที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ จากบริเวณหาดหน้าบ้าน เกาะคราม (ปลายเดือนมกราคมถึงปลายเดือนมีนาคม) มีแนวโน้มเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะครามหรือไหลที่ออกจากอ่าวไทยตอนบน ผ่านไปยังพื้นที่ต่างๆ บริเวณหมู่เกาะคราม และหมู่เกาะแสมสาร

การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

พบตัวอ่อนปะการังลงเกาะบนแผ่นกระเบื้อง 5 สกุล คือ *Acropora, Montipora, Pocillopora, Porites* และ *Fungia* มีปริมาณการลงเกาะของปะการังที่เกิดจากการปฏิสนธิภายนอกโคโลนีแม่ (broadcasting larvae) (*Acropora, Montipora, Porites* และ *Fungia*) น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณการลงเกาะของปะการังที่เกิดจากการปฏิสนธิภายในโคโลนีแม่(brooding larvae) (*Pocillopora*) โดยมีความแตกต่างกันในปริมาณและชนิดการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในแต่ละช่วงเวลาและสถานที่ และตัวอ่อนปะการังทุกชนิดที่พบลงเกาะบนแผ่นกระเบื้องบริเวณเกาะครามมีความเป็นไปได้ว่าเป็นตัวอ่อนปะการังจากแนวปะการังเดิม

การแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการัง

ตัวอ่อนปะการังบริเวณเกาะครามมีโอกาสจะแพร่กระจายไปยังพื้นที่หรือแนวปะการังอื่นในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้คือบริเวณที่อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะคราม ครอบคลุมพื้นที่บริเวณหมู่เกาะคราม และหมู่เกาะแสมสาร แต่โอกาสที่แนวปะการังบริเวณเกาะครามจะมีตัวอ่อนปะการังจากแนวปะการังอื่น (เกาะนก เกาะไผ่ และเกาะเตาหม้อ) แพร่กระจายมาถึงและลงเกาะนั้นเป็นไปได้ยาก

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวลลิตา ปัจฉิม เกิดวันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2524 กรุงเทพฯ

สำเร็จการศึกษาวิทยาศาตร์บัณฑิต จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2545

ในระหว่างการศึกษาได้รับทุนจาก โครงการ Biodiversity Research and Training Program (BRT) ทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์และกลุ่มวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และโครงการ Project AWARE Foundation จากสถาบัน PADI

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2543. แผนที่แนวปะการังในน่านน้ำไทย เล่ม 1 อ่าวไทย. ภูเก็ต: เวิลด์ออฟเซ็ท.

ทนงศักดิ์ จันทรเมธากุล. 2545. ฤดูกาลปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแข็งบริเวณเกาะภูเก็ต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มณฑิรา ถาวรยุติการณ์. 2532. การศึกษาฤดูกาลสืบพันธุ์และช่วงเวลาปล่อยไข่ของปะการังบางชนิดโดยวิธี Histology ที่บริเวณเกาะค้างคาว จังหวัดชลบุรี. ปัญหาพิเศษนิสิตปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธรรมศักดิ์ ยีมิน. 2541. การลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในอ่าวไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 177 หน้า.

ธรรมศักดิ์ ยีมิน. 2543. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของปะการังชนิด *Acropora hyacinthus* ในอ่าวไทย. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 หน้า 96-119.

สมยศ หล่อวิทยาการ. 2537. การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิและความเค็มที่ผิวน้ำทะเลจากทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ประกอบรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยจากแบบจำลองคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สามารถ อ่อนแป้น. 2546. อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงและลมต่อกระแสน้ำจำลองในอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์ และ มหรรณพ บรรพพงศ์. 2541. การศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของกระแสน้ำในอ่าวไทย โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติ. วารสารวาริชศาสตร์. 4(1-2): 12-24. ในอนุกูล บูรณประทีปรัตน์, รวมผลงานเล่ม 1 (2541 – 2545) Coastal Oceanography Review I. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2545.

Arai, S., M. Kato, A. Heyward, Y. Ikeda, T. Iizuka, and T. Maruyama. 1993. Lipid composition of positively buoyant eggs of reef building corals. Coral Reefs 12: 71-75.

Babcock, R. C. 1988. Fine-scale spatial and temporal patterns in coral settlement. Proc 6th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Australia.

Babcock, R. and P. Davies. 1991. Effects of Sediment on settlement of *Acropora millepora*. Coral Reefs 9: 205-208.

Babcock, R. C, A. H. Baird, S. Piromvaragorn, D. P. Thomson, and B. L. Willis. 2003. Identification of scleractinian coral recruits from Indo-Pacific reefs. Zoological Studies 42: 000-000

Babcock, R. C. and A. J. Heyward. 1986. Larval development of certain gamete-spawning scleractinian corals. Coral Reefs 5: 111-116.

Babcock, R. C., B. L. Wills, and C. J. Simpson. 1994. Mass spawning of corals on a high latitude coral reef. Coral Reefs 13: 161-169.

Baird, A. H. and T. P. Hughes. 1997. Spatial variation in coral recruitment around lizard island, Australia. Proc 8th International Coral Reef Symposium, June 24-29, 1996 Panama.

Baird, A. H., R. C. Babcock, and C. P. Mundy. 2003. Habitat selection by larvae influences the depth distribution of six common coral species. Mar Ecol Prog Ser 252: 289-293.

Baird, A. H., P. A. Marshall, and J. Wolstenholme. 2000. Latitudinal variation in the reproduction of *Acropora* in the Coral Sea. Proc 9th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Bali, Indonesia.

Baird, A. H., C. Saddler, and M. Pitt. 2001. Synchronous spawning of *Acropora* in the Solomon Islands. Coral Reefs 19:286.

Ball, E. E., D. C. Hayward, J. Catmull, J. S. Reece-Hoyes, N. R. Hislop, P. L. Harrison, and D. J. Miller. 2000. Proc 9th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Bali, Indonesia.

Banks, A. and Harriott, V. J. (1995). Pattern of coral recruitment at the Gneering Shoals, southeast Queensland, Australia. Coral Reefs 14: 215-223.

Black, K. P., P. J. Moran, and L. S. Hammond. 1991. Numerical models show coral reefs can be seft-seeding. Mar Ecol Pro Ser 74: 1-11.

Blanco-Martin, B. 2000. Influence of larval competence periods on coral larval settlement and reef connectivity: A modeling approach. Proc 9th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Bali, Indonesia.

Birkeland, C., D. Rowley, and R. H. Randall. 1981. Coral recruitment patterns at Guam. Proc 4th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Manila, Philippines.

Bothwell, A. M. 1981. Fragmentation, a means of asexual reproductionand dispersal in the coral genus *Acropora* (scleractinian: Astrocoeniida: Acroporidae). Proc 4th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Manila, Philippines.

Botsford, L. W., Hastings A., and Gaines S. D. 2001. Dependence of sustainability on the configuration of marine reserves and larval dispersal distance. Ecology Letters 4: 144-150.

Brown, B. E. and Suharsono. 1990. Damage and recovery of coral reefs affected by El Nino related seawater warming in the Thousand Islands, Indonesia. Coral Reefs 8: 163-170.

Carey, J. R. 1996. The incipient Mediterranean fruit fly population in California: Implications for invasion biology. Ecology 77: 1691-1697.

Colley, S. B., J. S. Feingold, J. Pena, and P. W. Glynn. Proc 9th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Bali, Indonesia.

Dai, C. F., K Soong, and T. Y. Fan. 1992. Sexual Reproduction of Corals in Northern and Southern Taiwan. Proc 7th International Coral Reef Symposium, Guam.

Dias, P. C. 1996. Sources and sinks in population biology. Reviews 11: 326-329.

Dunstan, P. K. and C. R. Johnson. 1998. Spatio-temporal variation in coral recruitment at different scales on Heron Reef, southern Great Barrier Reef. Coral Reef 17: 71-81.

Fabricius, K. and J. Metzner. 2004. Scleractinian walls of mouths: Predation on coral larvae by coral. Coral Reefs 23: 245-248.

Fadlallah, Y. H. 1983. Sexual reproduction, development and larval biology in scleractinian corals. Coral Reefs 2: 129-150.

Gay, S. L. and J. C. Andrews. 1994. The Effects of Recruitment strategies on coral larvae settlement distributions at Helix Reef. The bio-physics of marine larval dispersal, pp 73-88. Washington, DC. American Geophysical Union.

Gilg, M. R. and T. J. Hilbish. 2003. The geography of marine larval dispersal: Coupling genetics with fine-scale physical oceanography. Ecology 84: 2989-2998.

Gleason, M. G. 1993. Effects of disturbance on coral communities: bleaching in Moorea, French Polynesia. Coral Reefs 12: 193-201.

Gynn, P. W. and L. D'Croz. 1990. Ezperimental evidence for high temperature stress as the cause of El Nino-coincident coral mortality. Coral Reefs 8: 181-191.

Guest, J. R., A. H. Baird, B. P. L. Goh, and M. Chou. 2005. Reproductive seasonality in an equatorial assemblage of scleractinian coral. Coral Reef 24: 112-116.

Hamner, W. M. and I. R. Hauri. 1981. Effects of island mass: Water flow and plankton pattern around a reef in the Great Barrier Reef lagoon, Australia. Limnol. Oceanogr. 26: 1084-1102.

Harii, S., H. Kayanne, H. Takigawa, T. Hayashibara, and M. Yamamoto. 2002. Larval survivorship, competency periods and settlement of two brooding corals, *Heliopora coerulea* and *Pocillopora damicornis.* Marine Biology 141: 39-46.

Harriott, V. J. 1983. Reproductive Ecology of four scleractinian species at Lizard island, Great Barrier Reef. Coral reefs 2: 9-18

Harriott, V. J. and C. J. Simpson. 1997. Coral Recruitment on tropical and subtropical reefs in western Australia. Proc 8th International Coral Reef Symposium, June 24-29, 1996 Panama.

Harrison, P. L., R. C. Babcock, G. D. Bull, J. K. Oliver, C. C. Wallace, and B. L. Willis. 1984. Mass spawning in tropical reef corals. Science 223: 1186-1189.

Hayashibara, T., S. Ohike, and Y. Kakinuma. 1997. Embryo and larval development and planulae metamorphosis of four gamete-spawning *Acropora* (anthozoa, scleractinian). Proc 8th International Coral Reef Symposium Voloum2, 1231-1236 , June 2000 : Panama.

Heyward, A., K. Yamazato, T. Yeemin, and M. Minei. 1987. Sexual reproduction of corals in Okinawa. Galaxea 6: 331-343.

Hodgson, G. 1990. Sediment and the Settlement of larvae of the reef coral *Pocillopora damicornis.* Coral Reefs 9: 41-43.

Hughes, T. P., A. H. Baird, E. A. Dinsdale, V. J. Harriott, N. A. Moltschaniwskyj, M. S. Prathett, J. E. Tanner, and B. L. Willis. 2002. Detecting regional variation using meta-analysis and large-scale sampling: Latitudinal patterns in recruitment. Ecology 83: 463-451.

Isomura, N. and M. Nishihira. 2001. Size variation of planulae and its effect on the lifetime of planulae in three pocilloporid corals. Coral Reefs 20: 309-315.

Jinendradasa, S. S. and S. U. K. Ekaratne. 2000. Post-bleaching changes in coral settlement at the Hikkaduwa Nature Reserve in Sri Lanka. Proc 9th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Bali, Indonesia.

James, M. C. C. and D. J. Smith. 2003. Computer modelling and estimation of recruitment patterns of nonbranching coral colonies at three sites in the Wakatobi Marine Park,

S.E. Sulawesi, Indonesia; implications for coral reef conservation. Computational Biology and Chemistry 27: 17-27.

Jokiel, P. L. 2004. Temperature stress and coral bleaching. Coral heath and disease. Springer. Germany.

Jokiel, P. L. and S. L. Coles. 1990. Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. Coral Reefs 8: 155-162.

Krupp, D. A. 1983. Sexual Reproduction and Early Development of the solitary coral *Fungia scutaria* (Anthozoa: Scleractinia). Coral reefs 2: 159-164.

Lane, A. and P. L. Harrison. 2000. Effects of oil contaminants on survivorship of larvae of the scleractinian reef corals *Acropora tenuis*, *Goniastrea aspera* and *Platygyra sinensis* from the Great Barrier Reef. Proc 9th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Bali, Indonesia.

Lee, N. L., C. Rooth, E. Williams, M. McGowan, A. F. Szmant, and M. E. Clarke. 1992. Influence of Florida current, gyres and wind-driven circulation on transport of larvae and recruitment in the Florida Keys coral. Continental Shelf Research 12: 971-1002.

Marshall, P. A. and A. H. Baird. 2000. Bleaching of corals on the Great Barrier Reef: differential susceptibilities among taxa. Coral Reefs 19: 155-163.

McCook, L. J., J. Jompa, and G. Diaz-Pulido. 2001. Competitiopn between corals and algae on coral reef: a review of evidence and mechanisms. Coral Reef 19: 400-471.

Mendes, J. M. and J. D. Woodley. 2002. Timimg of reproduction in *Montastrea annularis*: relationship to environmental variables. Mar Eco Pro Ser 227: 241-251

Miller, K. and C. Mundy. 2003. Rapid settlement in broadcast spawning coral: implications for larval dispersal. Coral Reef 22: 99-106.

Miller, M. W., E. Weil, and A. M. Szmant. 2000. Coral recruitment and juvenile mortality as structuring factors for reef benthic communities in Biscayne national park, USA. Coral Reefs 19: 115-123.

Mundy, C. N. 2000. An appraisal of methods used in coral recruitment studies. Coral Reefs 19:124-131

Nishikawa, A., M. Katoh and K. Sakai. 2003. Larval settlement rates and gene flow of broadcast-spawning *(Acropora tenuis)* and planula-brooding *Stylophora pistillata)* corals. Marine Ecology Progress Series 256: 87-97

Negri, A. P. and A. J. Heyward. 2000. Inhibition of fertilization and larval metamorphosis of the coral *Acropora* (Ehrenberg, 1834) by petroleum products. Mar Poll Bull 41: 420-427.

Ninio R. and M. G. Meakan. 2002. Spatial patterns in benthic communities and the dynamics of a mosaic ecosystem on the great Barrier Reef, Australia. Coral Reefs 21: 95-103.

Nishihira, M. and S. Poung-In. 1989. Distribution and population structure of a free-living coral, *Diaseris fragilis*, at Khang Khao Island in the Gulf of Thailand. Galaxea 8 : 271-282.

Nishikawa, A., M. Katoh and K. Sakai. 2003. Larval settlement rates and gene flow of broadcast-spawning *(Acropora tenuis)* and planula-brooding *Stylophora pistillata)* corals. Marine Ecology Progress Series 256: 87-97.

Nozawa. Y. and P. L. Harrison. 2000. Larval settlement pattern, dispersal potential, and the effect of temperature on settlement of larvae of the reef coral, *Platygyra daedalea*, from the Great Barrier Reef. Proc 9th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Bali, Indonesia.

Nozawa, Y. and P. L. Harrison. 2005. Temporal settlement patterns of larvae of the broadcast spawning reef coral *Favites chinensis* and the broadcast spawning and brooding reef coral *Goniastrea aspera* from Okinawa, Japan. Coral Reef 24: 274-282.

Oliver, J. K., B. A. King, B. L. Willis, R. C. Babcock, and E. Wolanski. 1992. Dispersal of coral larvae from a lagoonal reef-II. Comparisons between model predictions and observed concentrations. Continental Shelf Research 12: 873-889.

Oliver, J. K., R. C. Babcock, P. L. Harrison, and B. L. Willis. 1988. Geographic extent of mass coral spawning: clues to ultimate causal factors. In: Proceedings of 6th International Coral Reef Symposium 2, pp 803–810.

Pattiaratchi, C. 1994. Physical oceanographic aspects of the dispersal of coral spawn slicks: A review. The bio-physics of marine larval dispersal, pp 89-105. Washington, DC. American Geophysical Union.

Peland, L., J. Kloulechad, D. Idip, and R. V. Woesik. 2004. Coral spawning in the western pacific ocean is relates to solar insolation: evidence of multiple spawning events in Palau. Coral Reef 23: 133-140.

Pinazo, C., S. Bujan, P. Douillet, and R. Fichez. 2004. Impact of wind and freshwater inputs on phytoplankton biomass in the coral reef lagoon of new Caledonia during the summer

cyclonic period: a coupled three-dimensional biogeochemical modeling approach. Coral Reefs 23: 281-296.

Pineda, J. 2000. Linking Larval Settlement to larval transport: assumptions, potentials, and pitfalls. Oceanography of the Eastern Pacific, 1: 84–105.

Pratchett, M. S., N. Gust, G. Goby, and S. O. Klanten. 2001. Consumption of coral propagules represents a significant trophic link between corals and reef fish. Coral Reefs 20: 13-17.

Pratchett, M. S., A. H. Baird, and C. P. Marquis. 2000. Comparative palatability among eggs of mass-spawning corals. Proc 9th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Bali, Indonesia.

Richmond, R. H. 1988. Competency and dispersal potential of planulae larvae of a spawning versus a brooding coral. Proc 6th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Australia.

Richmond, R. H. and C. L. Hunter. 1990. Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific, and the Red Sea. Mar Ecol Prog Ser 60:185–203.

Rozenblate, Y. B. and E. Rosenberge. 2004. Temperature-Regulated bleaching and tissue lysis of *Pocillopora damicornis* by the novel pathogen *Vibrio coallilyticus.* Coral heath and disease. Springer. Germany.

Sammarco, P. W. and J. C. Andrews. 1988. Localized dispersal and recruitment in Great Barrier Reef corals: the Helix experiment. Science 21: 1422-1424.

Sale, P. F. 1999. Recruitment in space and time. Nature 397:25-26.

Singhrauk, P. 2001. Circulation features in the gulf of Thailand inferred from SeaWiFS data. The 22nd Asian Conference on Remote Sensing 2001. Available from www.http://www.crisp.nus.edu.sg/~acrs2001/pdf/165SINGH.PDF. [2003, Sep 20]

Tanner, J. E. 1995. Competition between scleractinian corals and macroalgae: An experimental investigation of coral growth, survival and reproduction. Journal of Exp Mar Biol and Ecol 190: 151-168.

Thomas, C. D. and W. E. Kunin. 1999. The spatial structure of populations. Journal of Animal Ecology 68: 647-657.

Tomascik, T., A. J. Mah, A. Nontij, and M. K. Moosa. 1997. The ecology of the Indonesian Seas, vol 1. Periplus, Hong Kong, p 642.

Wallace, C. C. and G. D. Bull. 1981. Pattern of juvenile coral recruitment on a reef front during a spring-summer spawning period. Proc 4th International Coral Reef Symposium, Oct 2000 : Manila, Philippines.

Westneat, M. W. and J. M. Resing. 1988. Predation on coral spawn by planktivorous fish. Coral reefs 7: 89-92.

Williams, D. M., E. Wolanski, and J. C. Andrews. 1984. Transport mechanisms and the potential movement of planktonic larvae in the central region of the great barrier reef. Coral Reefs 3:229-236.

Wilson, J. R. and P. L. Harrison. 2003. Spawning patterns of scleractinian corals at the solitary islands-a high latitude coral community in eastern Australia. Marine Ecology Progress Series 260: 115-123.

Willson, J. R. and P. L. Harrison. 1998. Settlement-competency period of larvae of the three species of scleractinian corals. Marine Biology 131: 339-345.

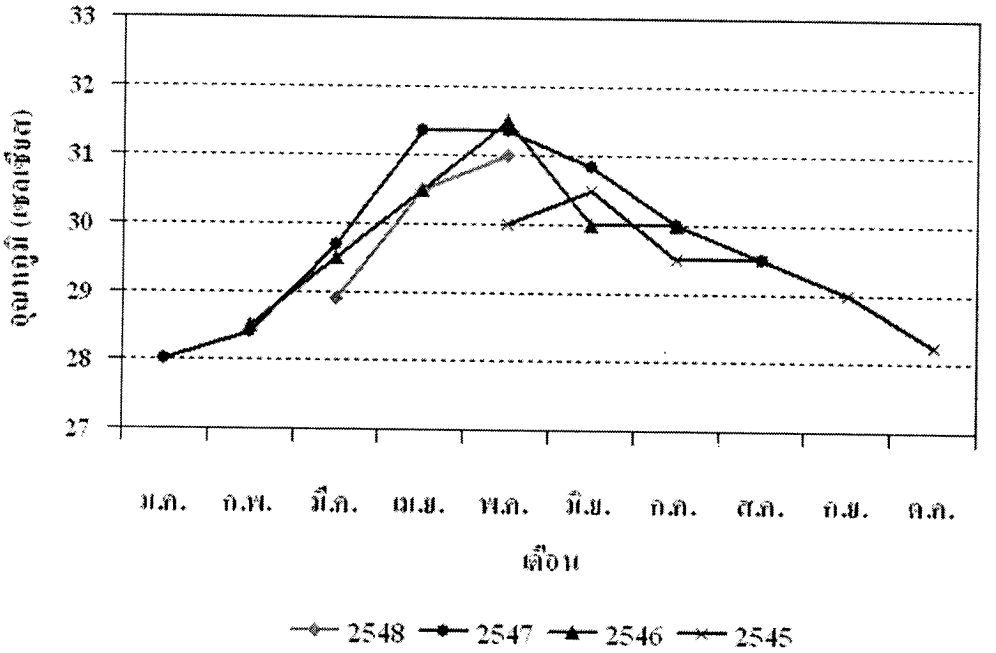
Wolanski, E., D. Burrage, and B. King. 1989. Trapping and dispersion of coral eggs around Bowden Reef, Great Barrier Reef, following mass coral spawning. Continental Shelf Research 9: 479-496.

Yanagi, T. and T. Takao. 1998. Clockwise phase propagation of Semi-Diurnal tides in the gulf of Thailand. Journal of Oceanography 54: 143-150.

Yeemin, T. 1991. Ecologicalstudies of scleractinian coral communities above thenorthern limit of coral development in the western pacific. Thesis for Master of Science. (Biology) Kyushu University, Fukuoka, Japan.

Yeemin, T., S. Sudara, and S. Amornsakchai. 1992. Distribution and abundance of juvenile corals at Pha-Ngan Island, Tao Island and Nang-Yuan Island. In *Marine Science: Living Coastal Resources Volume VI*, edited by L. M. Chou, and C. R. Wilkinson, 63-67. Department of Zoology, National University of Singapore and National Science and Technology Board of Singapore, Singapore.

ภาคผนวก



รูปผนวก ก. ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยที่ระดับความลึก 3 เมตร บริเวณจังหวัดระยอง จากทุ่นสมุทรศาสตร์ของกรมเทคโนโลยีสารสนเทศ

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวลลิตา ปัจฉิม เกิดวันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2524 กรุงเทพฯ

สำเร็จการศึกษาวิทยาศาตร์บัณฑิต จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2545

ในระหว่างการศึกษาได้รับทุนจาก โครงการ Biodiversity Research and Training Program (BRT) ทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์และกลุ่มวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และโครงการ Project AWARE Foundation จากสถาบัน PADI