บทที่ 2

ตอบสวนเอกสาร

ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง หมายถึง พื้นที่หาดทราย ชายฝั่งทะเล รวมถึงทรัพยากรป่าชายเลน หญ้าทะเล ปะการัง และทรัพยากรสัตว์น้ำจำพวกกุ้ง หอย ปู ปลา สัตว์น้ำวัยอ่อน ตลอดจนพืชพันธุ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่บนพื้นดิน ชายฝั่งทะเลลงไปถึงในน้ำ (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2547) ระบบของสิ่งมีชีวิตทางทะเลและชายฝั่งต่างเชื่อมโยงและมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง การอยู่ร่วมกันและสัมพันธ์กันระหว่างพืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิตที่แตกต่างกัน จะเป็นตัวจำแนกความแตกต่างระหว่างระบบนิเวศ เช่น สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศปะการังกับสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศป่าชายเลน การผสมผสานกันของสภาพชายฝั่งและทะเลในเขตร้อน เป็นการผสมผสานกันที่มีลักษณะเฉพาะ และก่อให้เกิดระบบนิเวศซึ่งไม่อาจพบได้ในบริเวณอื่น ทำให้บริเวณนี้มีความหลากหลายชนิดของสิ่งมีชีวิตเป็นจำนวนมาก (จริยา ธีรเนตร, 2529)

สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2547) ได้รวบรวมความสำคัญของทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง มีดังนี้

1) ด้านระบบนิเวศ ระบบนิเวศทางทะเลและชายฝั่งเป็นบริเวณที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง เนื่องจากเป็นแหล่งรวมของพืชและสัตว์หลายชนิดทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำ และมีป่าชายเลนช่วยในการป้องกันการพังทลายของริมชายฝั่งจากกระแสคลื่นลมแรง อีกทั้งช่วยในการกรองและดูดซับของเสียที่ระบายลงสู่ทะเล

2) ด้านการใช้ประโยชน์จากไม้ในป่าชายเลน มีการนำไม้มาทำฟืนและถ่าน เสาเข็ม และไม้ค้ำยัน นอกจากนี้ยังมีการนำเปลือกของไม้ป่าชายเลน ซึ่งเป็นแหล่งของแทนนิน เพื่อใช้ทำหมึก ทำสี ทำกาวสำหรับติดไม้ ย้อมอวนและใช้ในการฟอกหนัง

3) ด้านการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในบริเวณชายฝั่งถือเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ บริเวณชายฝั่งมีการทับถมของอินทรียสาร เมื่อย่อยสลายแล้วจะให้ธาตุอาหาร เป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน และแหล่งทำการประมง รวมถึงเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่สำคัญ เช่น กุ้งกุลาดำ ปลากะพงขาว ปูทะเล เป็นต้น

เมื่อพิจารณาสถานการณ์ปัจจุบันที่เป็นปัญหาและส่งผลต่อการทำลายทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง มีสาเหตุดังนี้ คือ (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2547)

1) การขยายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยเฉพาะพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2538-2542 ซึ่งเป็นยุคที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกันมาก ก่อให้เกิดการบุกรุกที่ดินป่าชายเลนมาโดยตลอด โดยกรมป่าไม้ได้มีการสำรวจพบว่าปีพ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าชายเลนประมาณ 1.04 ล้านไร่ ซึ่งลดลงจากเมื่อปี พ.ศ. 2522 ซึ่งเคยมีจำนวน 1.80 ล้านไร่ โดยภาคใต้เป็นพื้นที่ที่มีป่าชายเลนเหลืออยู่มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 85 ของพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศ

2) การท่องเที่ยวบริเวณชายฝั่ง ซึ่งจะมีการทิ้งขยะ น้ำเสียและของเสียลงในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งจากที่พักและกิจกรรมของนักท่องเที่ยว รวมทั้งมีการบุกรุกของร้านอาหาร

3) การทำเหมืองแร่ พบมากในจังหวัดทางภาคใต้ที่มีการทำแร่ดีบุก เช่น จังหวัดระนอง พังงา และภูเก็ต ทำให้ระบบนิเวศชายฝั่งได้รับความเสียหายอย่างมาก

4) การขยายตัวของชุมชน เนื่องจากชุมชนมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ความต้องการที่ดินเพื่อที่อยู่อาศัยและการเกษตรกรรมก็มีมากขึ้นตามลำดับ จึงเกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลน

5) การก่อสร้างท่าเทียบเรือ อู่ซ่อมเรือ สะพานปลา ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องก่อสร้างบริเวณชายฝั่งทะเล ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนสภาพพื้นที่บริเวณนั้นๆจากพื้นที่ธรรมชาติเป็นพื้นที่อาคารปกคลุมแทน นอกจากนี้การขุดลอกร่องน้ำ จะทำให้เกิดตะกอนดินปนเปื้อนในแหล่งน้ำและริมชายฝั่งทะเลได้ง่าย ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะมีผลเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศชายฝั่งได้

จากสถานการณ์และแนวโน้มของปัญหา ชี้ให้เห็นว่าปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งเป็นปัญหาที่มีแนวโน้มรุนแรง ทั้งจากการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว และการประดิษฐ์คิดค้นเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน ทำให้มีการนำทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งขึ้นมาใช้ในอัตราที่รวดเร็วขึ้นและในปริมาณมากขึ้น รัฐบาลได้มีความตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้มีการกำหนดนโยบาย ดังจะเห็นได้จากนโยบายแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545-2549) ซึ่งมีนโยบายดังนี้

1). การสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น และการสร้างความเข้มแข็งของชุมชนในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2). การติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง

3). การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยระบบพื้นที่ลุ่มน้ำ

ซึ่งนโยบายดังกล่าวในปัจจุบัน ได้มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในจังหวัดที่มีชายฝั่งทะเล เนื่องจากประสบกับปัญหารอบด้าน ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการใช้ทรัพยากรภายในท้องถิ่น จนกระทั่งทรัพยากรเหล่านั้นร่อยหรอลงไป รวมไปถึงผลกระทบจากปัจจัยทางภายนอก ได้แก่ เศรษฐกิจของประเทศ การพัฒนาทางการท่องเที่ยวที่ทำให้ระบบนิเวศหลายระบบต้องประสบกับปัญหาความเสื่อมโทรม เป็นต้น ซึ่งได้ทำให้ชุมชนท้องถิ่นได้ตระหนัก และเห็นคุณค่าของทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของตนเอง จึงได้ทำให้เกิดมีการรวมตัวกัน เพื่อป้องกันการทำลายทรัพยากรในระยะยาว และหันมาอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นมากขึ้น โดยกำหนดมาตรการต่างๆ ที่คนส่วนใหญ่ในชุมชนเห็นชอบ แล้วนำมาปฏิบัติ และติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ยกตัวอย่าง เช่น การสร้างบ้านปลา หรือ แนวปะการังเทียม เพื่อให้เป็นแหล่งอาศัยของสัตว์ทะเล เป็นต้น

ในส่วนของกรอบแผนการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2545-2549 มีนโยบายดังนี้

1). ประกาศเขตพื้นที่ควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งทะเลให้ครอบคลุมทุกพื้นที่โดยใช้กลไกของกฎหมายที่มีอยู่

2). ทำแผนการจัดการและฟื้นฟูป่าชายเลนที่เสื่อมโทรม

3). ประกาศเขตอนุรักษ์ หรือคุ้มครองปะการัง หญ้าทะเล และสาหร่ายทะเล

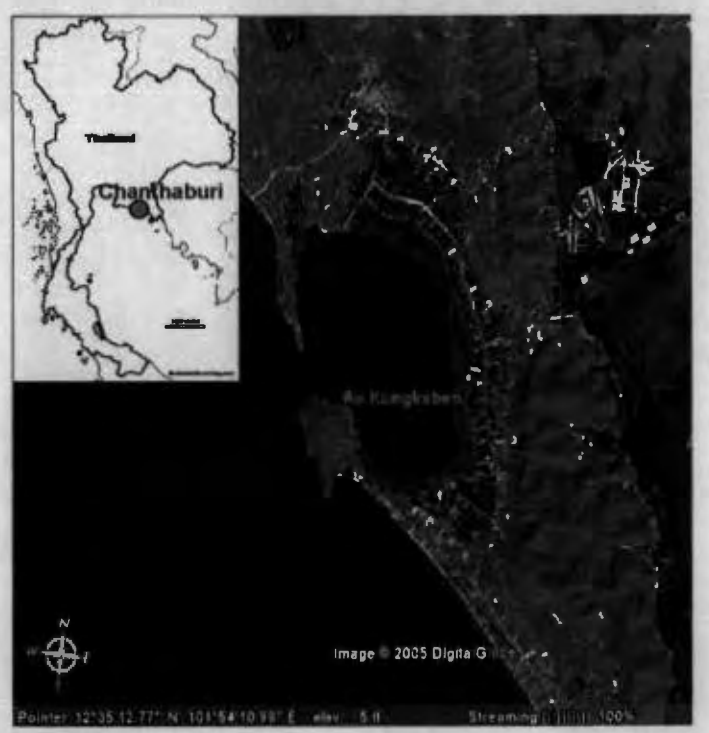
4). สนับสนุนการทำประมงพื้นบ้านเชิงอนุรักษ์ โดยการประกาศเขตสงวนรักษาพืชพันธุ์และเขตอนุรักษ์สัตว์น้ำ

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือ การมีส่วนร่วมในการตระหนักของคุณค่าของทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งของผู้มีส่วนร่วม และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชนิดนี้ไม่ว่าจะเป็นโดยทางตรงหรือทางอ้อม รวมไปถึงการดำเนินนโยบายอย่างจริงจัง เนื่องจากเราปฏิเสธไม่ได้ว่ามนุษย์ก็มีความหลากหลายเช่นเดียวกันกับทรัพยากร ดังนั้นจึงต้องมีระบบการปลูกฝังจิตสำนึก การชี้นำที่ถูกต้องให้กับเยาวชนรุ่นใหม่ให้มีความคิดที่ถูกต้อง รู้จักแบ่งปัน ไม่เห็นแก่ตัว เป็นต้น

2.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษา

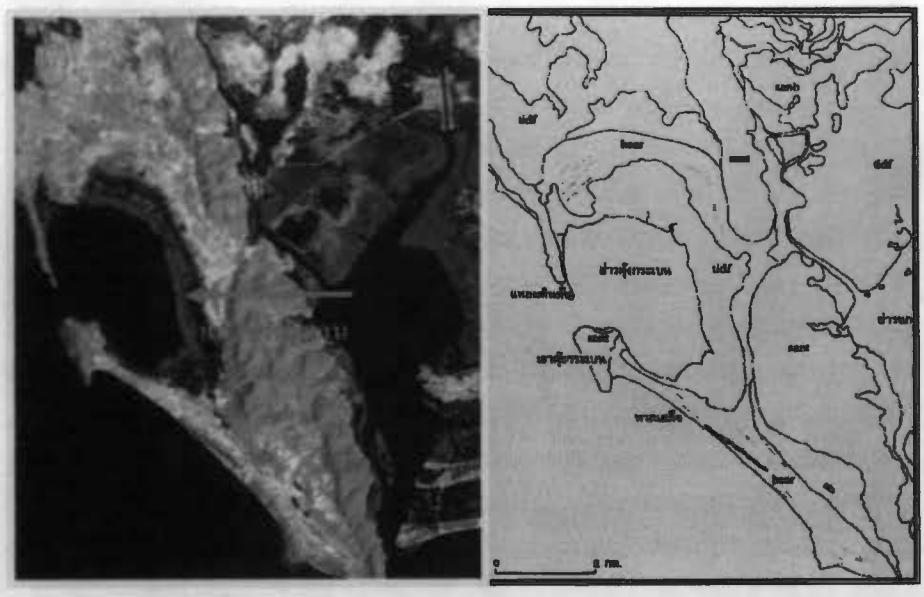
2.1.1 สภาพภูมิประเทศ

อ่าวคุ้งกระเบนตั้งอยู่ในอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี มีเนื้อที่ 6.4 ตารางกิโลเมตร (4,000 ไร่) ตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ คือ 12° 32'-41' N และ 101° 52'-57' E (ภาพที่ 2.1) เป็นอ่าวกึ่งปิด รูปร่างคล้ายปลากระเบน ปากอ่าวเปิดออกสู่ทะเลทางตะวันตก มีทางให้น้ำทะเลไหลเข้าออก หมุนเวียนเป็นช่องแคบเพียงทางเดียวกว้างประมาณ 650 เมตร ความกว้างของอ่าวประมาณ 2.6 กิโลเมตร ยาว 4.6 กิโลเมตร มีความลึกสูงสุด 8 เมตร ทางเหนือมีเขาหินทรายอยู่ปากอ่าว เรียกว่า แหลมหินชัน ทางใต้เรียกว่า เขาคุ้งกระเบน ด้านหลังอ่าวทางตะวันออกมีภูเขาปิดกั้นเป็นแนวยาว ระหว่างอ่าวคุ้งกระเบนและอ่าวนก มีคลองธรรมชาติ 7 คลองไหลลงอ่าว คือ คลองหิน คลองตาอู คลองตาก้วย คลองหมอสุข คลองสลุด คลองแปลง และคลองปลาช่อน



ภาพที่ 2.1 ที่ตั้งอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี (http:\googleearth.com)

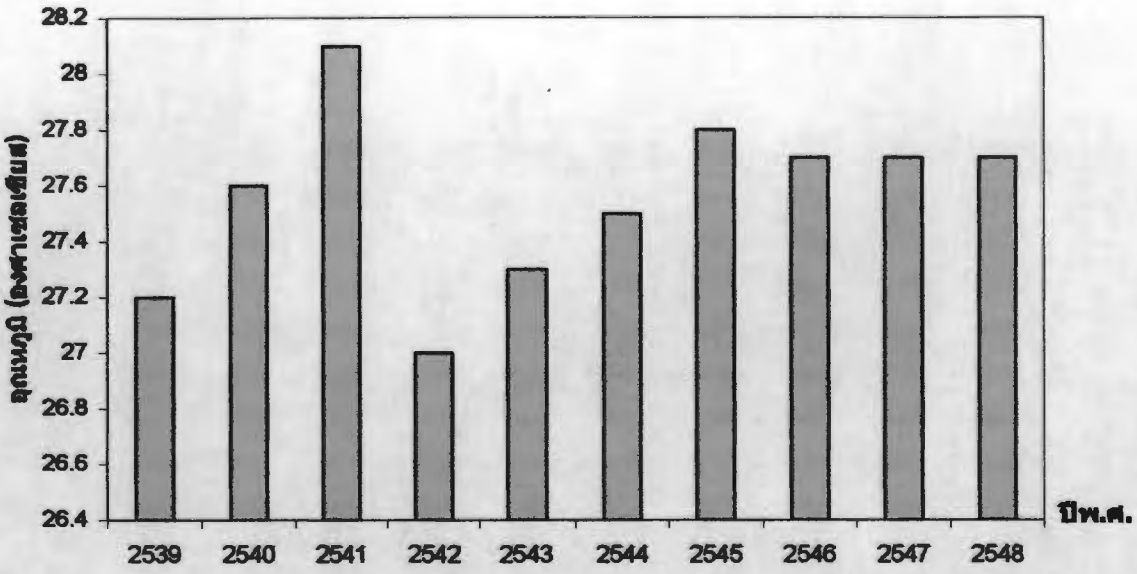
ภายในอ่าวคุ้งกระเบนในภาพจากดาวเทียมเห็นชายฝั่งมีป่าชายเลนขึ้นเป็นแนวสีแดง และหลังแนวป่าชายเลนเป็นบริเวณที่ราบลุ่มในเขตน้ำทะเลท่วมถึง ซึ่งใช้เป็นบริเวณเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ ในอดีตขอบอ่าวอยู่ลึกจนสุดเขตที่ลุ่มในเขตน้ำทะเลท่วม เมื่อระดับน้ำทะเลลดต่ำลงแนวชายฝั่งจึงขยายแสดงให้เห็นพื้นที่แนวสีแดงซึ่งเป็นเขตป่าชายเลน (ภาพที่ 2.2)



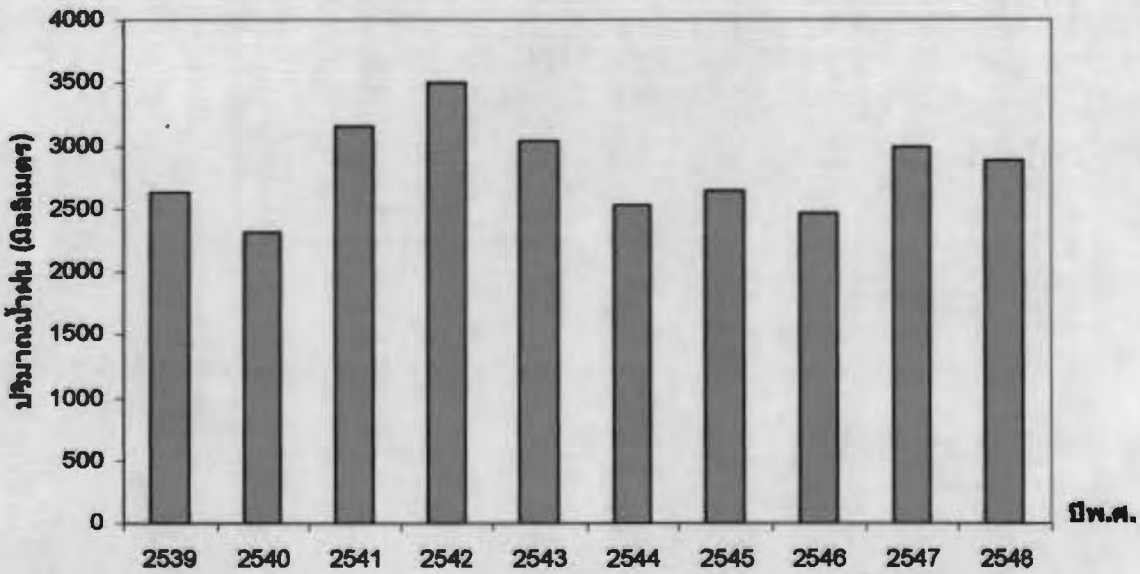
ภาพที่ 2.2 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงที่ตั้งของอ่าวคุ้งกระเบนและพื้นที่ป่าชายเลน (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538)

2.1.2 <u>สภาพภูมิอากาศ</u>

สภาพภูมิอากาศบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนว่า มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เนื่องจากอยู่ในบริเวณที่ติดกับทะเลเปิดจึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้โดยตรง สามารถแบ่งอากาศออกเป็น 3 ฤดูกาล ดังนี้ 1) ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม เป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน 2) ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์ เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยเดือนมกราคมเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด และ 3) ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงต้นเดือนพฤษภาคม โดยอากาศจะร้อนมากในช่วงปลายเดือนเมษายนถึงต้นเดือนพฤษภาคม (จุฑามาศ ทองเดือน, 2544) และจากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา (2548) ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา พบว่าในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27.5 องศาเซลเซียส และค่าปริมาณน้ำฝนรวมต่อปีเฉลี่ยเท่ากับ 2817.64 มิลลิเมตร (แผนภูมิที่ 2.1 และ 2.2)



แผนภูมิที่ 2.1 อุณหภูมิเฉลี่ยต่อปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539-2548 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2548)



แผนภูมิที่ 2.2 ปริมาณน้ำฝนรวมรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539-2548 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2548)

2.2 ความสำคัญของพื้นที่

อ่าวคุ้งกระเบนเป็นระบบนิเวศชายฝั่งทะเลที่อุดมไปด้วยทรัพยากรสัตว์น้ำมากมายหลายชนิด เนื่องจากประกอบไปด้วยแหล่งอาศัยที่มีความหลากหลาย ได้แก่ หาดหิน หาดทราย

หาดโคลน หญ้าทะเล และป่าชายเลน จัดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับชาติ ในจำนวนพื้นที่ชุ่มน้ำ 30 แห่งของประเทศ นอกจากนี้อ่าวกุ้งกระเบนยังเป็นแหล่งทำการประมงของชาวบ้านท้องถิ่นที่มีแหล่งอาศัยอยู่บริเวณรอบอ่าว ซึ่งได้แก่ ชาวบ้านในเขตตำบลสนามไชย อำเภอนายายอาม และชาวบ้านตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่ โดยอาชีพประมงที่สำคัญ ได้แก่ เรือไดปลาหมึก อวนล้อมปลา ลอบและอวนจมปูม้า เป็นต้น และยังเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญของจังหวัดจันทบุรี และของประเทศอีกด้วย โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งในปี พ.ศ. 2546 เกษตรกรทั้ง 2 อำเภอ มีผลผลิตกุ้งกุลาดำออกสู่ตลาดถึง 2,354,620 กิโลกรัม (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวกุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี, 2546) ซึ่งพื้นที่ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หรือนากุ้งที่เราเรียกกันนั้น ทำการเลี้ยงบริเวณรอบอ่าว ดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 อ่าวกุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

2.2.1 <u>ระบบนิเวศที่สำคัญ</u>

ป่าชายเลน

ป่าชายเลนอ่าวกุ้งกระเบนอยู่ในพื้นที่โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวกุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ท้องที่ ต.คลองขุด อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี มีพื้นที่ประมาณ 1,100 ไร่ เป็นส่วนหนึ่งของป่าสงวนแห่งชาติ ป่ากุ้งกระเบนและป่าแขมหนู มีพันธุ์ไม้ทั้งสิ้นประมาณ 30 ชนิด ขึ้นกระจายปกคลุมอยู่รอบอ่าวเป็นแนวกว้างโดยเฉลี่ย 30-200 เมตร และจะกระจายโค้งไปตามขอบอ่าวเป็นแนวยาวประมาณ 5 กิโลเมตรจัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญที่นอกจากจะทำหน้าที่สำคัญในการรักษาระบบนิเวศชายฝั่งแห่งนี้ให้อยู่ในความสมดุลแล้ว ยังเป็นที่มาของสัตว์น้ำ กุ้ง

หอย ปู ปลา และแหล่งอาหารตามธรรมชาติ ตลอดจนเป็นแหล่งสมุนไพรสำหรับชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบอ่าวอีกด้วย (ภาพที่ 2.4)

ภาพที่ 2.4 พื้นที่ป่าชายเลนของอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

ระบบนิเวศหญ้าทะเล

แหล่งหญ้าทะเลในอ่าวคุ้งกระเบนประกอบไปด้วยหญ้าทะเล 2 ชนิด ได้แก่ ว่านน้ำ หรือหญ้าชะเงาใบยาว (*Enhaulus acoroides*) ซึ่งพบทางด้านเหนือของชายฝั่ง และหญ้าพมนาง (*Halodule pinifolia*) (ภาพที่ 2.5)

บทบาทที่สำคัญที่สุดของหญ้าทะเลในระบบนิเวศ คือ การเป็นผู้ผลิต (Producer) ในห่วงโซ่อาหาร ส่วนต่างๆ ของหญ้าทะเลโดยเฉพาะส่วนของใบ และผลผลิตที่ได้จากการขบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งจะเน่าเปื่อยหลังจากตายลง และปล่อยอินทรียสารและอนินทรียสารที่ละลายน้ำเข้าสู่มวลน้ำและถูกถ่ายเทออกไปยังนอกชายฝั่ง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญต่อการหมุนเวียนของสารอาหารในน้ำ โดยอนินทรียสารจะเป็นอาหารของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ต่อไป

ประโยชน์ของแหล่งหญ้าทะเล คือ เป็นที่อยู่อาศัยและที่หาอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของกุ้ง หอย ปู ปลา นานาชนิดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ และมีคุณค่าต่อความสมดุลของระบบนิเวศ

ขณะเดียวกันยังเป็นแหล่งหลบภัยจากศัตรูผู้ล่า ดังนั้นจึงเป็นแหล่งที่เหมาะสำหรับการวางไข่ การอนุบาลสัตว์ทะเลวัยอ่อน เช่น ปลาเก๋า ปลาสูหนา ปู และกุ้งทะเลหลายชนิด โดยจากการศึกษาของ Sudara *et al.* (1986 b) และ Sudara *et al.* (1991) ที่ทำการศึกษากลุ่มสิ่งมีชีวิตพวกปลา ปู และสัตว์มีกระดูกสันหลังที่อ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี โดยใช้อวนลากคานถ่างลากผ่านแหล่งหญ้าทะเล พบว่า สามารถจับปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้หลายชนิด อีกทั้งยังพบว่าปลาและปูที่จับได้ทั้งหมดนั้น ส่วนใหญ่อยู่ในระยะ juvenile แหล่งหญ้าทะเลจึงเป็นแหล่งทำการประมงชายฝั่งที่สำคัญ ที่สร้างรายได้ให้กับชาวประมงพื้นบ้าน เช่นเดียวกับป่าชายเลน ประโยชน์ทางอ้อมของแหล่งหญ้าทะเลที่สำคัญอีกอย่าง คือ การเป็นเสมือนกำแพงชะลอความรุนแรงของกระแสน้ำที่พัดเข้าสู่ฝั่ง ทำให้อัตราการพังทลายของชายฝั่งลดลง

ภาพที่ 2.5 หญ้าทะเลชนิดที่ 1 หญ้าชะเงาใบยาว *Enhaulus acoroides* และชนิดที่ 2 หญ้าผมนาง *Halodule pinifolia* ที่อ่าวคุ้งกระเบน

ในการที่มีแหล่งอาศัยที่มีความหลากหลายดังกล่าว ทำให้ระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวคุ้งกระเบนมีความหลากชนิดของสิ่งมีชีวิตที่มาอาศัยอยู่ในบริเวณนี้อย่างมากมาย รวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบนิเวศที่อยู่ติดกัน ได้แก่ ระบบนิเวศหญ้าทะเล และระบบนิเวศป่าชายเลน ซึ่งมีการหมุนเวียนสสาร และอาหารระหว่างกันในช่วงน้ำทะเลขึ้นลง และปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิดด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่ากับเหยื่อ หรือการอยู่ร่วมกันแบบอิงอาศัย ซึ่งทำหน้าที่เกื้อหนุนซึ่งกันและกัน ทำให้อ่าวคุ้งกระเบนมีความอุดมสมบูรณ์

จากการสำรวจของศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2539) พบนก 24 ชนิด ปลาจำนวน 25 ชนิด กุ้งจำนวน 4 ชนิด หอยจำนวน 11 ชนิด และกลุ่มประชากรปู จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ ปูเสฉวน ปูแสม ปูม้า ปูดาล ปูกระดาน ปูก้ามดาบ ปูใบ้ ปูหิน และปูทะเล โดยเฉพาะปูม้านั้นพบว่ามีความชุกชุมเป็นอย่างมาก

2.3 ชีววิทยาของปูม้า

2.3.1 อนุกรมวิธานและความหลากหลาย

ปูม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) มีชื่อในภาษาอังกฤษว่า blue swimming crab blue manna crab, blue crab, sand crab หรือ blue flower crab โดยปูสกุล *Portunus* ที่พบในประเทศไทยมีประมาณ 19 ชนิด ได้แก่

Portunus argentatus (White, 1847)

P. brockii (De Man, 1887)

P. gladiator (Fabricius, 1978)

P. gracilimans (Stimson, 1858)

P. granulatus (H. Milne Edwards, 1834)

P. hastatoides (Fabricius, 1978)

P. inominatus (Rathbun, 1909)

P. longispinosus (Dana, 1852)

P. minutus (Shen, 1937)

P. orbicularis (Richters, 1980)

P. orbitosinus (Rathbun, 1911)

P. pelagicus (Linnaeus, 1758) ซึ่งรู้จักกันโดยทั่วไปในชื่อปูม้า

P. pseudoargentatus (Stephenson, 1961)

P. pulchricristatus (Gordon, 1931)

P. rubromarginatus (Lanchester, 1900)

P. sanguinolentus (Herbst, 1783) หรือที่เรียกกันว่า ปูดาว

P. tenuipes (De Hann, 1985)

P. tuberculosus (H. Milne Edwards, 1984)

และ *P. tweediei* (Shen, 1938) (บรรจง เทียนส่งรัศมี, 2548)

ที่มาของชื่อปูม้านั้นเกิดจาก ระยะแรกๆ นั้นมีการเข้าใจกันว่าปู *P. pelagicus* เป็นชนิดเดียวกับ *P. trituberculatus*, ซึ่งมีชื่อสามัญว่า horse crab จึงได้เรียก *P. pelagicus* ว่าปูม้าตามไปด้วย เพราะ *P. pelagicus* มีลักษณะคล้ายคลึงและใกล้ชิดกับ *P. trituberculatus* (Mier, 1876) มาก

ลักษณะที่แตกต่างกันมีเพียงจำนวนหยักระหว่างช่วงตา และจำนวนหนามด้านในที่ก้ามเท่านั้น ระยะหลังเมื่อทราบแน่ชัดว่า *P. pelagicus* เป็นคนละชนิดกับ *P. trituberculatus* ก็มีคนพยายามจะเรียกตามชื่อสามัญในภาษาอังกฤษว่า ปูว่ายน้ำสีน้ำเงิน หรือปูลายดอกไม้ (blue swimming crab หรือ flower crab) เพื่อให้แตกต่างกับปู *P. trituberculatus* แต่ชื่อเหล่านั้นก็ไม่เป็นที่ยอมรับของชาวบ้าน เพราะชื่อปูม้านั้นเรียกง่ายและสั้น ชาวบ้านเข้าใจดีว่าหมายถึงปูตัวไหน นอกจากนี้ปู *P. trituberculatus* ก็ยังไม่มีรายงานว่าพบในประเทศไทย จึงไม่มีความสับสนเกิดขึ้นในเรื่องชื่อพื้นบ้าน

การจัดจำแนกลักษณะของปูม้าทางอนุกรมวิธาน สามารถจัดลำดับได้ดังนี้

Phylum Arthropoda
Class Crustacea
Order Decapoda
Family Portunidae
Genus *Portunus*
Species *P. pelagicus*

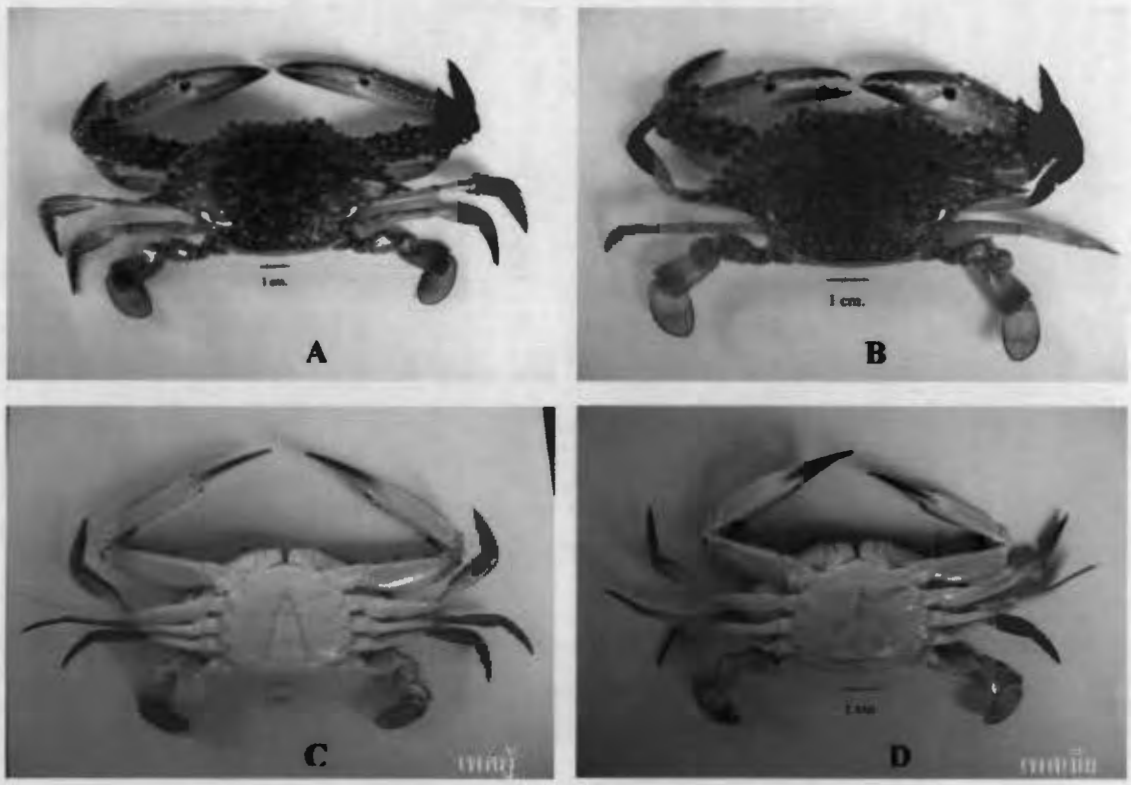
2.3.2 <u>สัณฐานวิทยาของปูม้า</u>

ลักษณะสัณฐานทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และส่วนท้อง (abdomen) ส่วนหัวและอกจะเชื่อมติดกัน เรียกว่า cephalothorax มีกระดอง (carapace) หุ้มตอนบน ทางด้านข้างทั้งสองของกระดองจะเป็นรอยหยักคล้ายฟันเลื่อยเป็นหนามแหลมข้างละ 9 อัน เรียกว่า Anterolateral tooth ขามีทั้งหมด 5 คู่ด้วยกัน คู่แรกจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นก้ามใหญ่ เพื่อใช้ป้องกันตัว และจับอาหาร ขาคู่ที่ 2,3 และ 4 จะมีขนาดเล็กปลายแหลมใช้เป็นขาเดิน (walking legs) ขาคู่สุดท้ายตอนปลายมีลักษณะเป็นใบพายใช้ในการว่ายน้ำ (swimming legs)

สี ปูม้าเพศผู้ลำตัวจะมีสีฟ้าอ่อนมีจุดขาวตกกระอยู่ทั่วไปบนกระดองและก้ามตลอดไปจนถึงขาว่ายน้ำ พื้นท้องจะเป็นสีขาว ขาจะมีสีฟ้า (ภาพที่ 2.6A) ปูม้าเพศเมียจะมีลำตัวสีน้ำตาลอ่อนมัวๆ มีตุ่มขรุขระบนกระดองเด่นชัดกว่าเพศผู้ สีของตุ่มจะออกเขียวคล้ำ ไม่มีจุดขาวบนกระดอง บริเวณปลายขาจะมีสีม่วงแดง (ภาพที่ 2.6B)

ขนาด โดยทั่วไปปูม้าที่เจริญเติบโตเต็มวัยจะมีขนาดความยาวกระดองตั้งแต่ 4.2 เซนติเมตรขึ้นไป ปูม้าที่มีอายุเท่ากันปูเพศผู้จะมีขนาดใหญ่กว่าปูเพศเมีย

ส่วนท้อง (abdomen) หรือดับปิ้งของปูม้าเพศผู้จะเป็นรูปสามเหลี่ยมเล็ก แคบและยาว ปล้องที่ 3 และปล้องที่ 4 ของส่วนท้องจะเชื่อมติดกัน ขอบของส่วนท้องจะมีขน (pleopod) รยางค์อกคู่แรกจะเรียวแหลม (ภาพที่ 2.6C) ส่วนปูม้าเพศเมียดับปิ้งมีลักษณะขยายกว้าง ปิดคลุมเกือบเต็มหน้าอก รยางค์คู่ที่ 2-5 จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นรยางค์ยาว ซึ่งตามขอบของรยางค์เหล่านี้จะมีขนเล็กๆ คล้ายขนนก เพื่อให้ไข่เกาะติดในฤดูการวางไข่ (ภาพที่ 2.6D)

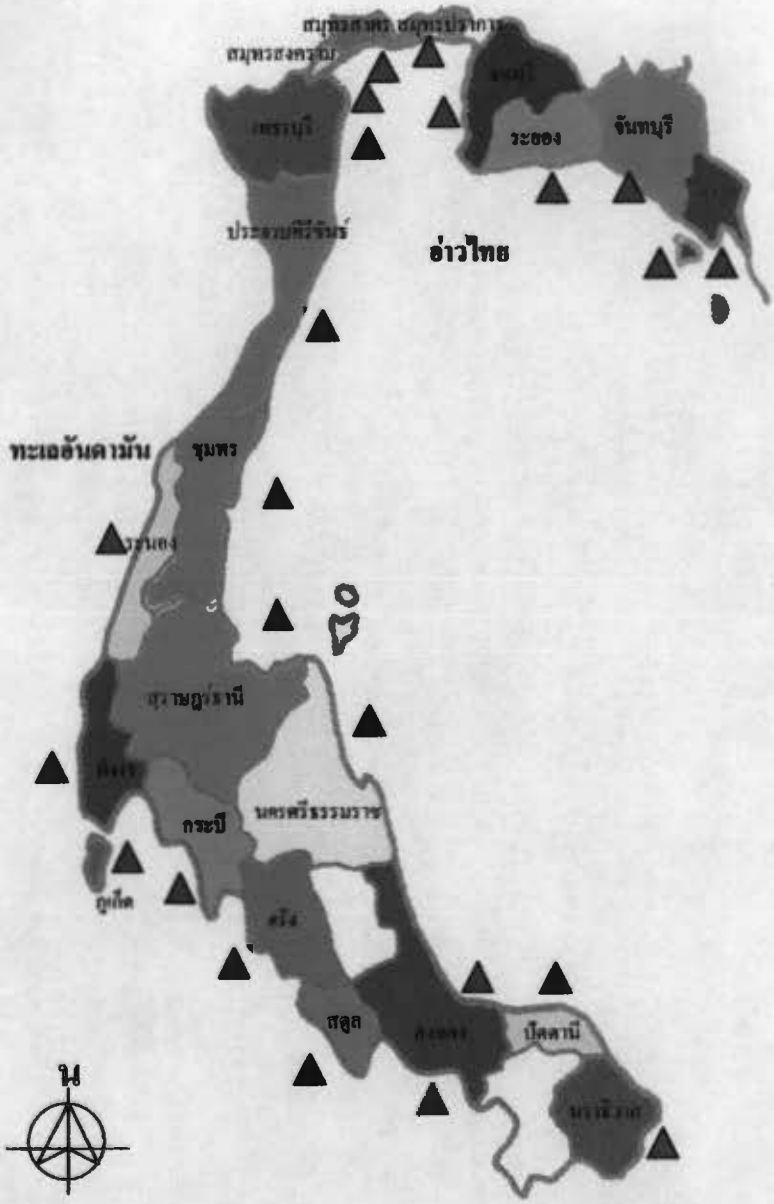


ภาพที่ 2.6 ลักษณะสัณฐานและดับปิ้งของปูม้าเพศผู้และปูม้าเพศเมีย

2.3.3 <u>การแพร่กระจายทางภูมิศาสตร์</u>

ปูม้ามีการกระจายอยู่ทั่วไปทั้งในทวีปออสเตรเลีย และในเขตอินโดแปซิฟิก คือ ตั้งแต่ประเทศญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ออสเตรเลีย ทางตอนบนของนิวซีแลนด์ อินเดีย ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ส่วนในประเทศไทยนั้นพบว่าปูม้ามีการกระจายในจังหวัดดังต่อไปนี้ ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด (ซึ่งรวมในส่วนพื้นที่อำเภอแหลมงอบ และเกาะช้าง)

สมุทรปราการ สมุทรสงคราม สมุทรสาคร เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี นราธิวาส ตรัง สตูล ระนอง ภูเก็ต พังงา และกระบี่ ดังภาพที่ 2.7 (Naiyanetr, 1998)



ภาพที่ 2.7 การแพร่กระจายของปูม้าในประเทศไทย

2.3.4 <u>ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายของปูม้า</u>

1). อุณหภูมิ เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดขอบเขตของการกระจาย โดยปกติที่ระดับอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ปริมาณความชุกชุมของปูม้าจะลดลง ปูม้าวัยอ่อนมักจะพบชุกชุมในช่วง

ฤดูหนาว คือ ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงต้นเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ ในขณะที่ตัวเต็มวัยมักจะชอบอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า การเจริญเติบโตของปูม้านั้นได้รับอิทธิพลของอุณหภูมิของน้ำ โดยจากการศึกษาของ Meagher (1970) ซึ่งทำการศึกษาปูม้าบริเวณชายฝั่งของออสเตรเลียตะวันตก พบว่าปูม้ามีการเจริญเติบโตต่ำในฤดูหนาว อันเนื่องมาจากอุณหภูมิของน้ำต่ำมากนั่นเอง โดยเกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน

2) ความเค็ม ปูม้าส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในที่ที่มีความเค็มสูงกว่า 20 ppt ปูเพศเมียที่มีไข่แก่จะออกสู่ทะเลลึกที่มีความเค็มระหว่าง 28-32 ppt ในระดับความเค็มที่ต่ำกว่า 17 ppt ไม่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกปูวัยอ่อนละไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปูม้า เพราะจะมีผลต่อการลอกคราบ การเจริญเติบโตและการวางไข่ (สุเมธ ตันติกุล, 2527)

3) ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) .ในช่วงเวลากลางวันปูม้าในธรรมชาติ มีการกระจายอยู่ในน้ำทะลที่มีปริมาณออกซิเจนละลาย 6.00-8.00 mg/L ส่วนช่วงกลางคืนเป็นช่วงที่มีออกซิเจนละลายต่ำกว่า เนื่องจากไม่มีการทำหน้าที่ของแพลงก์ตอนพืช ออกซิเจนละลายจะอยู่ในช่วง 4.00-5.00 mg/L

4) พื้นท้องทะเล แหล่งอาศัยของปูม้าในพื้นท้องทะเล มีลักษณะโคลน ทราย ทรายปนโคลน แต่โดยปกติแล้วปูม้ามักชอบอาศัยอยู่ในบริเวณทราย หรือทรายปนโคลนมากกว่าท้องทะเลที่เป็นโคลน

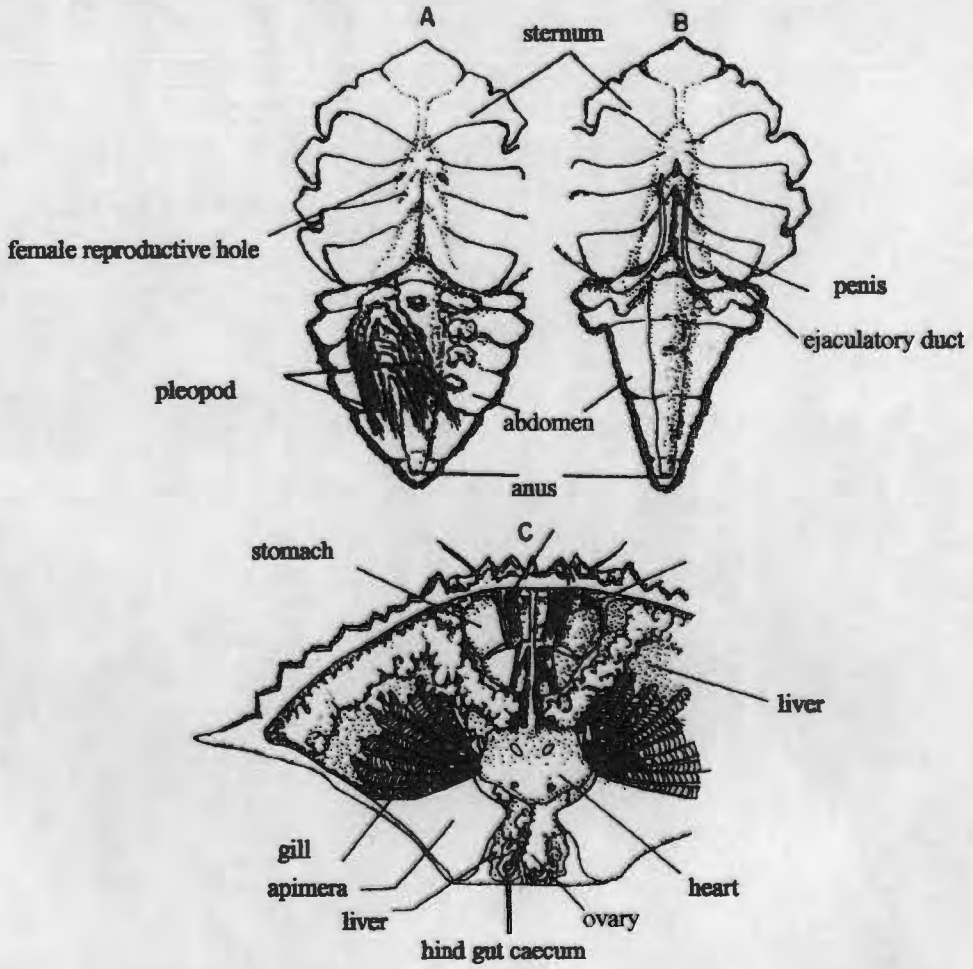
5) ระดับความลึก จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปูม้าเพศเมียตัวเต็มวัยจะวางไข่ในบริเวณที่มีความเค็มสูงในทะเลที่มีความลึกตั้งแต่ 20 เมตรขึ้นไป แต่ปูม้าวัยรุ่น (young crab) จะอาศัยอยู่ในบริเวณชายฝั่งที่มีระดับความลึกตั้งแต่ 2-7 เมตร และเมื่อประชากรวัยรุ่นเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย ก็จะมีการเคลื่อนย้ายออกไปอาศัยยังทะเลลึก จากการศึกษาการกระจายของปูม้า บริเวณจังหวัดชลบุรี โดยเรือประมงที่ใช้เครื่องมืออวนลากถ่าง ในระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2543 ของจินดนา จินดาลิขิต และคณะ (2545) พบปูม้าที่สถานีที่มีความลึกตั้งแต่ 3-25 เมตร โดยมีความชุกชุมสูงสุดที่ความลึก 5-15 เมตร ในขณะที่ความลึก 20-25 เมตร มีความชุกชุมต่ำ รายงานการศึกษาของ Meagher (1971), Sumpton *et al.* (1989) และ Potter *et al.* (1983) พบว่าปัจจัยทางนิเวศวิทยาต่างๆ มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของปูม้า โดยสรุปดังนี้ อุณหภูมิ มีผลต่อการกระจาย การเจริญเติบโตของปูม้าวัยอ่อน การวางไข่ และการย่อยอาหาร ความเค็มมีผลต่อการลอกคราบและการวางไข่ ปริมาณออกซิเจนละลาย มีผลต่อการดำรงชีวิต การแลกเปลี่ยนก๊าซกับสิ่งแวดล้อม และมีผลต่อการเจริญเติบโตความลึก มีผลต่อการกระจายของกลุ่มประชากร โดยปูม้าขนาดใหญ่อาศัยในทะเลลึก ปูม้าวัยอ่อนอาศัยบริเวณชายฝั่ง ในแหล่งอาศัยที่เป็นหญ้าทะเล

2.3.5 <u>การสืบพันธุ์ของปูม้า</u>

ปูม้าจะมีเพศแยกจากกัน (dioecious) มีการผสมแบบ heterosexual ลักษณะภายนอกแยกเพศจากกันได้อย่างชัดเจนด้วยสีและดับปิ้ง

เพศผู้ ระบบสืบพันธุ์จะประกอบไปด้วย อัณฑะ (testis) 1 คู่ อยู่ภายในกระดองค่อนไปทางข้างหน้า ต่อจากนั้นจะมีท่อน้ำเชื้อออกสุจิ (vas deferens) 1 คู่ ทำหน้าที่ในการนำน้ำเชื้อส่งต่อไปยังท่อฉีดเซลล์อสุจิ (ejaculatory duct) ซึ่งเป็นท่อต่อออกมานอกกระดอง บริเวณระหว่างดับปิ้งกับลำตัว จากนั้นจะเป็นอวัยวะเพศผู้ (pennis) ซึ่งอยู่ใต้ดับปิ้ง (ภาพที่ 2.8A, 2.8B)

เพศเมีย ระบบสืบพันธุ์ของเพศเมียประกอบไปด้วยรังไข่ (ovary) และถุงเก็บน้ำเชื้อ (semina) ซึ่งอยู่ภายในบริเวณส่วนอก โดยมีรูสำหรับรับเซลล์อสุจิจากเพศผู้ (reproductive hole) บริเวณดับปิ้งจะมีการขยายออกมามากกว่าเพศผู้ และเพศเมียจะมีรยางค์อกที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อไว้สำหรับให้ไข่เกาะ (ภาพที่ 2.8C)



ภาพที่ 2.8 อวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า, A.เพศผู้, B.เพศเมีย, C. อวัยวะภายใน (สุเมธ ตันติกุล, 2527)

ปูม้าเพศเมียไข่ในกระดอง รังไข่มีการพัฒนาเป็นระยะต่างๆ ทำให้สามารถจำแนกการพัฒนาของรังไข่ออกเป็น 4 ระยะ ตามลักษณะของสีของรังไข่ และการยึดติดกับบริเวณตับ ซึ่งสามารถจำแนกได้ด้วยสายตา ดังภาพที่ 2.9 (Kumar. *et al.*, 2003 ; Baweb and El-sherief, 1988) ดังนี้

ระยะที่ 1 เป็นระยะที่รังไข่ยังไม่เจริญ มีลักษณะเป็นเส้นสีขาวขุ่น

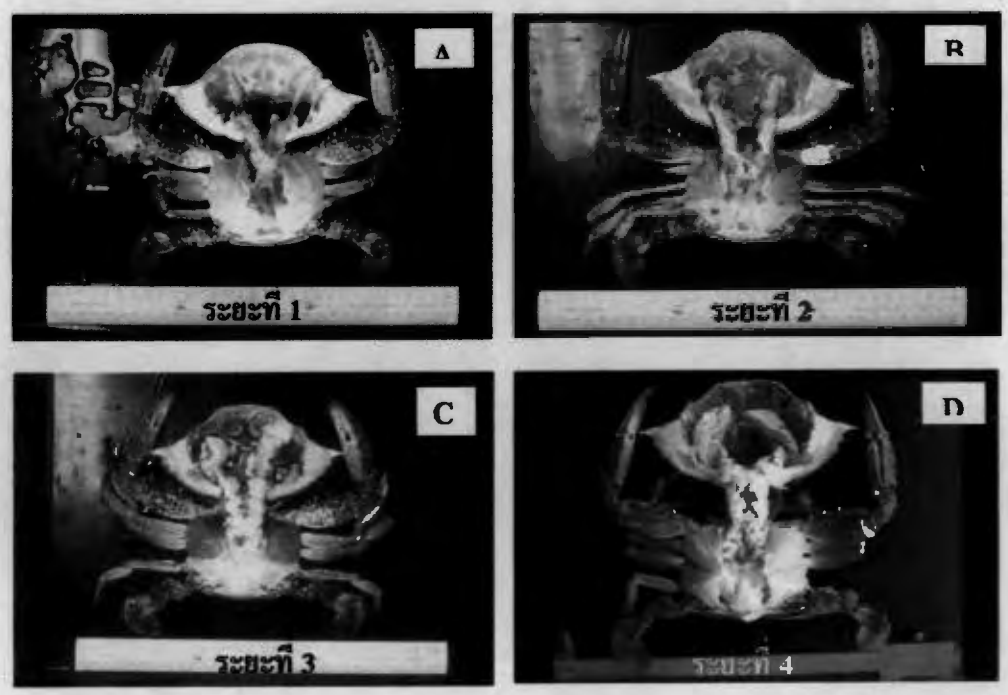
ระยะที่ 2 รังไข่เริ่มมีการเจริญ โดยจะมีลักษณะเป็นสีเหลืองอมส้มอ่อน และไม่ยึดติดกับบริเวณตับ (hepatic region)

ระยะที่ 3 รังไข่เริ่มมีการเจริญมากขึ้น มีลักษณะสีเหลืองอมส้ม และยังไม่ยึดติดกับบริเวณตับ

ระยะที่ 4 รังไข่เจริญเติบโตเต็มที่ มีลักษณะสีส้มเข้ม และยึดติดกับบริเวณตับแล้ว

ปูม้าที่ผ่านการเจริญของรังไข่ในระยะที่ 4 จะมีการเจริญของไข่ออกมาบริเวณนอกตัว เรียกไข่ในระยะนี้ว่า ไข่นอกกระดอง โดยไข่จะมีการเปลี่ยนสีจากเหลืองอมส้มเป็นสีเหลืองปนเทา สีเทา และสีเทาอมดำตามลำดับ ประมาณ 10-15 วัน แม่ปูก็จะใช้ขาเดินเขี่ยไข่ให้หลุดจากจับปิ้ง ปล่อยล่องลอยไปในทะเล ดัชนีการเจริญเติบโตของรังไข่ (Gonad somatic index) เป็นค่าที่นำมาใช้ในการบอกระยะการเจริญเติบโตของรังไข่ ขนาดแรกเริ่มสมบูรณ์เพศ และสามารถประมาณถึงช่วงระยะเวลาการวางไข่ของปูเพศเมียได้

$$GSI = \text{น้ำหนักของรังไข่ปูม้า / น้ำหนักของปูม้า)} * 100$$



ภาพที่ 2.9 การพัฒนาของรังไข่ปูม้าเพศเมีย 4 ระยะ (Kumar *et al.*, 2003)

2.3.6 <u>การผสมพันธุ์</u>

ในการผสมพันธุ์ของปูม้าเกิดขึ้นในขณะที่ปูม้าเพศเมียจะทำการลอกคราบด้วยการชักนำของธรรมชาติ ปูม้าเพศผู้จะรู้ได้ว่าเพศเมียตัวไหนกำลังจะมีการลอกคราบและพร้อมจะทำการผสมพันธุ์ ปูเพศผู้จะปีนขึ้นไปเกาะอยู่บนหลังเพศเมียด้วยขาเดิน ลักษณะการเกาะกันแบบนี้ เรียกว่า Doubler-formation หรือ Pre-mating embrance (สุเมธ ตันติกุล, 2527) โดยจากการศึกษาของ Pratoomchat and Ketra (2001) พบพฤติกรรมการจับคู่ผสมพันธุ์ของปูม้ามี 3 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนการผสมพันธุ์ ระยะที่มีการผสมพันธุ์ และระยะหลังการผสมพันธุ์

ภาพที่ 2.10 พฤติกรรมการจับคู่ผสมพันธุ์ของปูม้า

(http://www.wildsingapore.org/chekjawa/text/g321.htm)

ปูม้าเริ่มผสมพันธุ์ได้เมื่ออายุประมาณสามเดือน ขนาด 4.5 เซนติเมตร ก่อนผสมพันธุ์ปูเพศผู้จะลอกคราบก่อนประมาณ 7-10 วัน เมื่อกระดองแข็งมีความสมบูรณ์เต็มที่ก็จะเริ่มหาปูเพศเมียที่โตเต็มวัยและ มีความพร้อมที่จะร่วมผสมพันธุ์ เช่น ใกล้จะลอกคราบ เมื่อพบแล้วปูเพศผู้ จะเกาะหลังปูเพศเมีย (ภาพที่ 2.10) โดยใช้ขาเดินคู่ที่ 2-4 พยุงปูเพศเมียไว้ประมาณ 3-4 วัน จนกระทั่งปูเพศเมียลอกคราบ ลำตัวนิ่ม ในช่วงนี้ปูเพศผู้จะใช้ก้ามหนีบโคนก้ามของปูเพศเมียเพื่อจับให้นิ่ง จากนั้นจะสอดตัวเข้าไประหว่างจับปิ้งของปูเพศเมีย เพื่อสอดอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้คู่ที่มีลักษณะยาวเรียวแหลมเล็กเข้าไปในรูเปิดของปูเพศเมียได้จับปิ้ง ตรงบริเวณโคนขาคู่ที่สาม ส่วนรยางค์คู่สั้นทำหน้าที่ยึดหน้าท้องปูเพศผู้ให้ ติดกับหน้าท้องของปูเพศเมีย เพื่อช่วยให้การผสมพันธุ์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ช่วงนี้ปูเพศผู้จะใช้ขาพยุงตัวเองไว้เพื่อไม่ให้ปูเพศเมียที่นิ่มเป็นอันตราย ปูเพศผู้จะปล่อยน้ำเชื้อไป

ไว้ในถุงเก็บน้ำเชื้อภายในปูเพศเมีย รอระยะเวลาผสมกับไข่ที่ส่งมาตามท่อนำไข่ในภายหลัง ขั้นตอนการผสมพันธุ์นี้จะใช้เวลาประมาณ 12-15 ชั่วโมง โดยน้ำเชื้อที่อยู่ในถุงเก็บน้ำเชื้อจะมีอายุประมาณ 3-4 เดือน ซึ่งในช่วงฤดูผสมพันธุ์ปูเพศผู้ตัวหนึ่งสามารถผสมกับปูเพศเมียได้หลายตัว หลังจากผสมพันธุ์แล้ว ปูเพศเมีย ก็จะกลับตัวอยู่ในท่าปกติ ตัวผู้จะเกาะหลังปูเพศเมียอีก 1-2 วัน จนกระทั่งตัวเมียกระดองแข็งจึงแยกตัวออก หลัง จากผสมพันธุ์ประมาณ 20-30 วันไข่จะถูกส่งมาตามท่อนำไข่เพื่อผสมกับน้ำเชื้อ แล้วส่งไปเก็บไว้ที่หน้าท้อง รยางค์อกจะเปลี่ยนแปลงไปเพื่อรับการเกาะของไข่ ไข่ที่ผสมแล้วจะมีขนาดโตขึ้นเรื่อยๆ จนล้นจับปิ้ง ระยะนี้เรียกว่าปูไข่นอกกระดอง (ภาพที่ 2.11) โดยไข่จะมีการเปลี่ยนสีจากเหลืองอมส้มเป็นสีเหลืองปนเทา สีเทา และสีเทาอมดำตามลำดับ .ในเวลาประมาณ 10-15 วัน หลังจากนั้นแม่ปูก็จะใช้ขาเดินเขี่ยไข่ให้หลุดจากจับปิ้งปล่อยล่องลอยไปในทะเล ไข่สีดำซึ่งแก่เต็มที่ จะมองเห็นลูกตาเป็นจุดสีดำภายในได้ ไข่ใช้เวลาฟักเป็นตัวภายใน 1-2 วัน โดยปูแม่หนึ่งตัวมีไข่ประมาณ 120,000-2,300,000 ฟอง ขึ้นอยู่กับขนาดของปู ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 304-412 ไมครอน (บรรจง เทียนส่งรัศมี, 2549)

ภาพที่ 2.11 ปูไข่นอกกระดอง

จินตนา จินดาลิขิต (2543) ศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้าบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่าปูม้าเพศเมียที่มีขนาดเล็กที่สุดที่มีไข่นอกกระดองมีขนาดความยาวกระดอง 3.90 ซม. (ความกว้างกระดอง 8.73 ซม.) ส่วนขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ได้ในระดับ 50% ของระยะสมบูรณ์เพศมีขนาดความยาวกระดอง 4.35 ซม. (ความกว้างกระดอง 9.74 ซม.) และพบปูม้าไข่นอกกระดองตลอดปี โดยพบสูงสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม และเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม

Pillay and Nair (1971) ศึกษาปูม้าจากฝั่งตะวันตกเฉียงใต้ของอินเดีย และพบว่าปูม้ามี gonad somatic index สูงในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนมีนาคม โดยพบสูงสุดในเดือนธันวาคมและมกราคม

2.3.7 ฤดูการวางไข่

ช่วงการวางไข่ของปูม้าในแต่ละที่จะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม โดยในประเทศอินเดียฝั่งตะวันตกพบว่าปูม้าวางไข่ได้ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนมีนาคม และมีช่วงการวางไข่สูงสุดในช่วงเดือนธันวาคม และเดือนมกราคม ส่วนในอินเดียฝั่งตะวันออกปูม้าจะวางไข่ในเดือนพฤศจิกายน เดือนมกราคม และเดือนมิถุนายน โดยจะวางไข่สูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายนและเดือนมกราคม ส่วนปูม้าในเขตอบอุ่น เช่น ในประเทศออสเตรเลีย พบว่าช่วงการสืบพันธุ์และการวางไข่ของปูม้าจะจำกัดอยู่ในช่วงเดือนที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง คือ ในช่วงเดือนเมษายน (Kangas, 2000)

ส่วนในอ่าวไทยนั้นพบว่าปูม้าวางไข่ได้ตลอดปี โดยปูม้าทางชายฝั่งตะวันออกนั้นพบว่าวางไข่ได้ตั้งแต่เดือนสิงหาคมจนถึงเดือนมกราคม โดยมีช่วงการวางไข่สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ส่วนปูม้าในบริเวณอ่าวไทยตอนในจะวางไข่ในเดือนกันยายนถึงเดือนมกราคม และวางไข่สูงสุดในเดือนพฤศจิกายนเช่นกัน (สุเมธ ตันติกุล, 2523)

แหล่งการวางไข่ของปูม้าในอ่าวไทยมี 3 แหล่ง ได้แก่ ฝั่งทะเลตะวันออก บริเวณเกาะกูด เกาะช้าง และบริเวณจังหวัดตราด ส่วนในบริเวณอ่าวไทยตอนในบริเวณเกาะคราม เกาะริ้นและบริเวณอ่าวไทยตอนบน ช่องเกาะพงัน หมู่เกาะอ่างทอง และรอบๆ เกาะสมุย

2.3.8 การพัฒนาของปูม้าวัยอ่อน

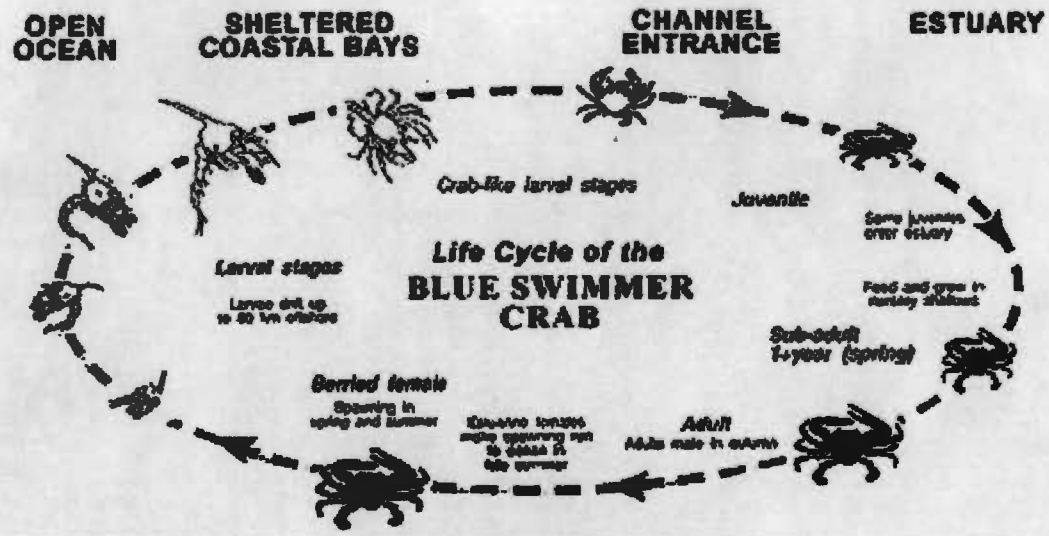
แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะ zoea ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระยะย่อย โดยการพัฒนาจากระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะหนึ่งในระยะ zoea นี้ใช้เวลา 3-4 วัน รวมระยะเวลาที่ถูกปูฟักออกจากไข่จนกระทั่งเข้าสู่ระยะที่ 2 คือ ระยะ megalopa ใช้เวลา ประมาณ 10-14 วัน ส่วนในระยะ megalopa ถูกปูจะดำรงชีวิตอยู่ในระยะนี้เป็นเวลา 2-6 วัน แล้วจึงมีการลอกคราบจนเข้าสู่ระยะ first crab โดยใช้เวลาในระยะนี้ 12-20 วันก่อนจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย (ภาพที่ 2.12)

1. ระยะซูเอีย (zoea) เป็นตัวอ่อนระยะแรกของลูกปูม้าหลังจากฟักออกจากไข่ มีลำตัวแบนด้านข้างกระดองมีหนาม 4 อัน ประกอบด้วยกรีด้านหน้า 1 อัน หนามด้านบน 1 อัน ทั้ง 2 หนามมีขนาดใหญ่ ส่วนหนามที่เหลืออยู่ด้านข้าง มีขนาดเล็ก ตากลมโต แต่ไม่มีก้านตา ท้องยาวเล็ก แพนหางมีลักษณะเว้าลึก 2 แฉก รายละเอียดลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของ zoea ในแต่ระยะนั้นอยู่ใน สุเมธ ตันติกุล, 2527 :, Pratoomchat, 2002

2. ระยะเมกะโลปา (megalopa) หลังจากที่ลูกปูมีการพัฒนาเข้าสู่ระยะ zoea ระยะที่ 4 แล้วจะทำการลอกคราบ เพื่อการเจริญเข้าสู่ระยะ megalopa ซึ่งมีลักษณะดังนี้ ลำตัวแบนทางด้านบน

และด้านหลัง กระดองกว้าง มีก้านตา ส่วนอกมีขาเดิน 5 คู่ มีรยางค์สำหรับว่ายน้ำในท้องปล้องที่ 2-6 แพนหางมีลักษณะกลมมน

3. ระยะ first crab เป็นระยะที่มีลักษณะเหมือนตัวเต็มวัยทุกประการ แต่มีขนาดเล็ก



ภาพที่ 2.12 แสดงวงจรชีวิตของปูม้า (Josileen and Menon, 2004)

2.3.9 <u>การเจริญเติบโต</u>

การเติบโตเป็นผลต่างระหว่างกระบวนการสร้าง (anabolism) กับกระบวนการสลาย (catabolism) ของร่างกาย โดยถ้ากำหนดให้ A_i เป็นอัตราการสร้าง และ C_i เป็นอัตราการสลาย เมื่ออายุเพิ่มขึ้นจาก t เป็น Δt น้ำหนักจะเพิ่มจาก W ไปเป็น ΔW ดังนั้นน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยอายุที่เพิ่มขึ้น จะเท่ากับ

$$\Delta W/\Delta t = A_i/C_i$$

สัตว์มีการเติบโต 2 แบบ คือ แบบที่ 1 แบบไอโซเมตริก (isometric growth) ซึ่งเป็นการเติบโตในทุกส่วนของร่างกายเป็นสัดส่วนกันโดยตรง เช่น น้ำหนักตัว (W) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวยกกำลัง 3 (L^3) ดังนั้น

$$W = qL^3$$ เมื่อ q เป็นค่าคงที่

ส่วนการเติบโตแบบที่ 2 คือ แบบอัลโลเมตริก (allometric growth) ซึ่งเป็นการเติบโตของร่างกายที่ไม่เป็นสัดส่วนกันโดยตรง ค่ายกกำลังในสมการจะไม่เท่ากับ 3 รูปทั่วไปของสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวจะเป็นดังนี้

$$W = cL^n$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัว

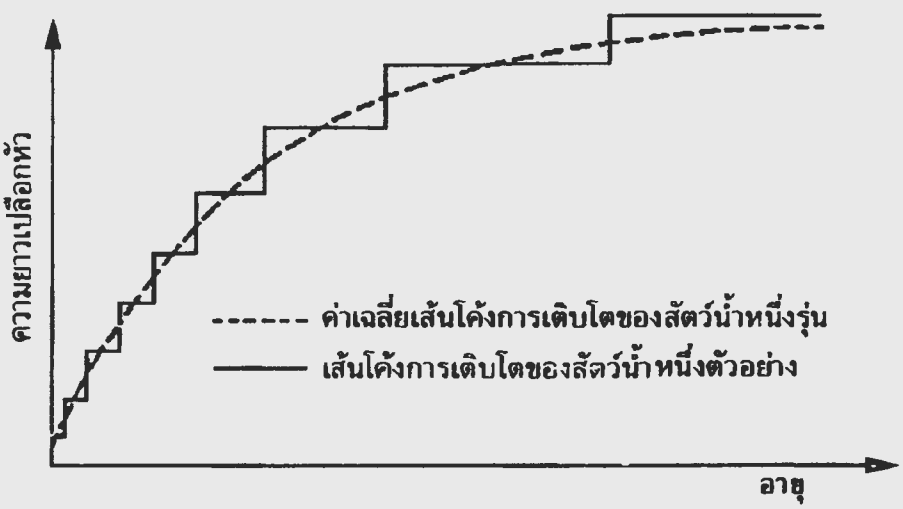
L = ความยาว

c = ค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับความถ่วงจำเพาะ

n = ค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต

โดยทั่วไป ค่า n จะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-4 และถ้า n ไม่เท่ากับ 3 การเจริญจะเป็นแบบอัลโลเมตริก การทดสอบรูปแบบการเจริญเติบโต ทำได้โดยการทดสอบทางสถิติว่า n เท่ากับ 3 หรือไม่ โดยใช้ t-test ถ้าหากยอมรับสมมุติฐานหลักที่ว่า n เท่ากับ 3 แสดงว่าเป็นการเจริญแบบไอโซเมตริก แต่ถ้าปฏิเสธสมมุติฐาน แสดงว่าเป็นการเจริญแบบอัลโลเมตริก (ธนิษฐา ทรรพนันท์, 2543)

ดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของปูม้า คือ ความกว้าง หรือความยาวกระดอง รวมไปถึงน้ำหนักตัวของปูม้าที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะการเติบโต ปูม้าจะมีการลอกคราบ 4-6 ครั้ง จากระยะ first crab จนกระทั่งถึงวัยเจริญพันธุ์ โดยความยาวกระดองจะมีอัตราการเพิ่ม 0.89 เซนติเมตรต่อเดือน โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 4-5 เดือน ในการเจริญเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ เส้นโค้งการเจริญเติบโตมีลักษณะเป็นขั้นบันได ดังภาพที่ 2.13 โดยจากการศึกษาปูม้าในอ่าวไทย พบว่าขนาดของปูม้าเพศเมียในธรรมชาติที่สามารถผสมพันธุ์และวางไข่ได้ มีขนาดความกว้างกระดอง 9.40 เซนติเมตร หรือมีความยาวกระดอง 4.60 เซนติเมตร (สุเมธ ตันติกุล, 2527)



ภาพที่ 2.13 เส้นโค้งการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำพวกกุ้ง กุ้งมังกร และปู

(เพียร์สปาร์ และซีเบรน ซี วีนีมา, 2544: 66)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก (Length Weight Relationship, LWR) เป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษาชีววิทยาของสัตว์น้ำ และการประเมิน stock ของสัตว์น้ำที่ยังไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้ว LWR เป็นค่าที่มีความสำคัญต่อการประเมินผลผลิตและประมาณขนาดของ stock ของสัตว์น้ำ ความสัมพันธ์นี้จะช่วยทำให้เราประมาณได้ว่าน้ำหนักของสัตว์น้ำ เช่น ปลาชนิดนั้นๆ จะมีความยาวเท่าไร และสามารถใช้ในการศึกษาการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์, อัตราการกินอาหาร, การพัฒนารูปร่าง (metamorphosis), ความสมบูรณ์เพศ (maturity), และสภาวะของสัตว์น้ำชนิดนั้นๆ (Lecren, 1951)

ในประเทศไทยพบว่ามีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองกับน้ำหนักของปูม้า ดังนี้สุเมธ ตันติกุล (2523) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองและน้ำหนักของปูม้า พบสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

เพศผู้ $W = 0.000018\ CW^{3.375}$, $r^2 = 0.98$

เพศเมีย $W = 0.053388\ CW^{3.1576}$, $r^2 = 0.98$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของปูม้า มีหน่วยเป็นกรัม (g)

CW คือ ความกว้างกระดอง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

ขวัญไชย อยู่ดี (2545) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกระดองกับน้ำหนักของปูม้าทั้ง 2 เพศ จำนวน1,263 ตัว ที่บ้านหาดทรายเปลือกหอย อำเภอตะกั่วทุ่ง จังหวัดพังงา ที่ระดับความลึก 2-4 เมตร พบความสัมพันธ์อยู่ในรูปสมการยกกำลังสาม ดังนี้

ปูม้ารวมเพศ $W = 0.0005\ CL^{3.1003}$ (N = 1263)

ปูม้าเพศผู้ $W = 0.0004\ CL^{3.1587}$ (N = 729)

ปูม้าเพศเมีย $W = 0.0007\ CL^{3.0127}$ (N = 534)

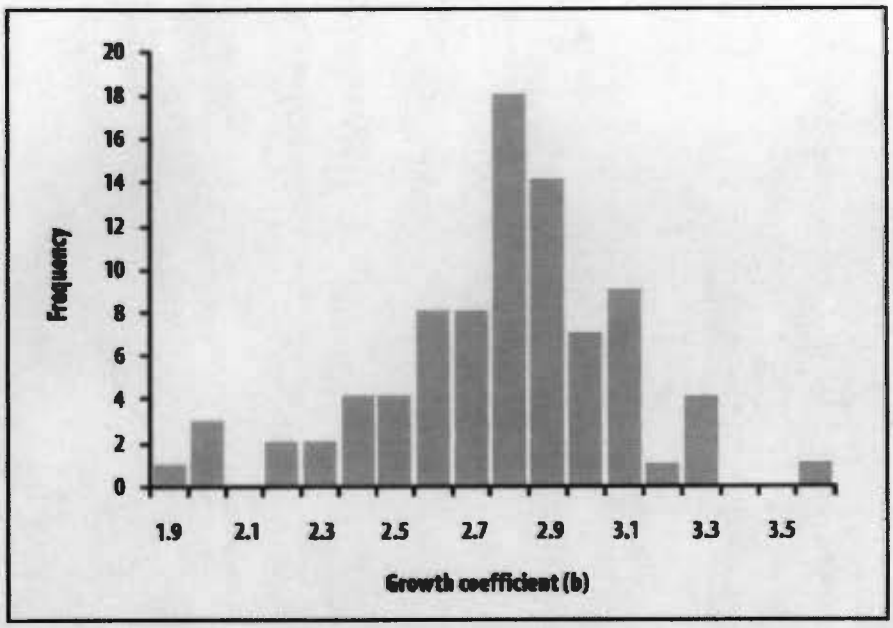
เมื่อ W คือ น้ำหนักของปูม้า มีหน่วยเป็นกรัม (g)

CL คือ ความยาวกระดอง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

อมรา ชื่นพันธ์ และอัจฉรา วิภาศิริ (2545) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองและน้ำหนักของปูม้า บริเวณอ่าวไทยตอนบน โดยไม่แยกเพศ พบสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$W = 0.053388\ CW^{3.0905}\ ,\ r^2 = 0.98$$

จากการศึกษาของ Abdurahiman *et al.* (2004) ซึ่งทำการศึกษาค่า LWR ของสัตว์น้ำ 51 ชนิด บริเวณชายฝั่งตอนใต้ของ Karnataka ประเทศอินเดีย พบว่าปูม้ามีค่า LWR คือ 3.62 มีการเจริญแบบ allometric growth (ภาพที่ 2.14)



ภาพที่ 2.14 ช่วงของค่าความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองและน้ำหนักของสัตว์น้ำ 51 ชนิด ชายฝั่งภาคใต้ของอินเดีย (Abdurahiman *et al.*, 2004)

2.3.10 <u>อาหารของปูม้า</u>

อาหารมีความสำคัญทั้งต่อการพัฒนารูปร่างของปูม้าในระยะวัยอ่อน และการเจริญเติบโตจากระยะ first crab ไปเป็นปูม้าตัวเต็มวัย ชนิดอาหารของปูม้าในแต่ละที่นั้นพบว่าไม่แตกต่างกัน แต่จะแตกต่างกันในเรื่องของกลุ่มอาหารหลัก ซึ่งขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ในแต่ละระบบนิเวศนั้นๆ ว่าจะมีความสมบูรณ์ของเหยื่อที่เป็นอาหารของปูม้ามากน้อยเพียงใด การศึกษาของ (Kangas, 2000) ในประเทศออสเตรเลีย พบว่าปูม้าเป็น opportunistic organisms คือ เมื่อพบสิ่งมีชีวิตใดตามโอกาส ก็จะกินสิ่งนั้น โดยเป็นทั้งผู้ล่า และผู้กินซาก อาหารของปูม้า ได้แก่ ซากพืช ซากสัตว์ กุ้ง ปลา หอย เป็นต้น และจากการศึกษาถึงชนิดของอาหารที่พบในกระเพาะของปูม้า (stomach content) ของสุเมธ ตันติกุล (2527) พบว่าอาหารของปูม้าเป็นพวกกุ้งและครัสเตเชียนร้อยละ 44.34 ปลาร้อยละ 31.55 ปลาหมึกร้อยละ 15.05 หอย 5.31 สาหร่ายร้อยละ 1.34 และอื่นๆ อีกประมาณร้อยละ 3.41 โดยกุ้งที่พบในกระเพาะของปูม้า ส่วนมากเป็นกุ้งที่มีขนาดเล็กจำพวกกุ้งฝอย สกุล *Metapenaeopsis* sp. อาหารประเภทหมึกเป็นหมึกกล้วยสกุล *Loligo* sp. และจากการทดลองเลี้ยงปูม้าในห้องปฏิบัติการ พบว่า ถ้าให้เนื้อหมึก เนื้อปลาและเนื้อหอยเป็นอาหารแก่ปูม้า ปูจะชอบกินอาหารที่เป็นเนื้อหอยมากกว่าเนื้อปลาและเนื้อหมึก

รายงานของ Eales (1972) ที่ทำการศึกษากระเพาะของปูม้าในอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย พบว่าอาหารหลักเป็นพวกหอย lamellibranch มากที่สุด

Cannicci *et al.* (1976) ศึกษาพบว่าพฤติกรรมการหาอาหารกลางคืนของหมึกกระดอง *Sepia* sp. มีผลกระทบโดยตรงต่อพฤติกรรมการหาอาหารของปูทะเล *Scylla serrata* และปูม้า *Portunus pelagicus* และพบว่าปูหลายชนิดใช้เวลาในการย่อยอาหารสั้น

Patel *et al.* (1979) ศึกษาชนิดอาหารของปูม้าที่ Sikka ประเทศอินเดีย พบว่าประกอบไปด้วยชิ้นส่วนของปูม้าขนาดเล็ก หอยฝาเดียว หอย 2 ฝา และพวกปลาชนิดต่างๆ

Williams (1981) ศึกษาการกินอาหารของปูม้าในบริเวณต่างๆ ของอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย พบว่า mollusk เป็นอาหารที่สำคัญทั้งในแหล่งอาศัยที่เป็นบริเวณ intertidal และบริเวณ subtidal ส่วนอาหารรองของปูม้าในบริเวณ intertidal คือ ครัสเตเชียน ในขณะที่บริเวณ subtidal คือ พวก ophiuroid (ดาวเปราะ)

Chande and Mgaya (2004) ศึกษาชนิดอาหารของปูม้าบริเวณอ่าว Msasani และแหลม Mzinga ตามแนวชายฝั่งของ Da es Salam ประเทศแทนซาเนีย พบว่าอาหารหลักของปูม้า คือ พวกมอลลัสร้อยละ (ทั้งหอยฝาเดียวและหอย 2 ฝา) 51.3%, ครัสเตเชียนร้อยละ 24.1, ปลาร้อยละ 18 และส่วนที่แยกไม่ได้ร้อยละ 6.6 การย่อยอาหารของปูในแต่ละชนิดนั้นใช้เวลาไม่เท่ากัน นอกจากนี้ชนิดของอาหารก็ยังมีผลต่ออัตราการย่อยด้วย โดยพวกที่มีเปลือกแข็ง มีรยางค์ และมีก้างมาก จะใช้เวลาในการย่อยนานกว่าพวกที่มีลำตัวอ่อนนุ่ม

จากรายงานของ Wassemberg and Hill (1987) พบว่าปูม้า *Portunus pelagicus* ใช้เวลาในการย่อยอาหารโดยประมาณ 6 ชั่วโมง แต่ชิ้นส่วนของเปลือกหอย และพวกก้างปลา ใช้เวลา 24 ชั่วโมง ในการย่อยและดูดซึม สำหรับการศึกษาของ Hill (1976) รายงานว่าปูทะเลใช้เวลาในการย่อยอาหารสูงสุด 12 ชั่วโมง และรายงานของ Choy (1986) พบว่าอาหารประมาณ 50% ในกระเพาะของปูชนิด *Litcarcinus puber* และ *L. holsatus* จะใช้เวลาในการย่อย 5 ชั่วโมง ส่วนที่เหลือจะถูกย่อยในอีก 20 ชั่วโมง

Edgar (1990) ได้สำรวจปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อปริมาณและคุณภาพของอาหารของปูหิน ซึ่งเป็นกลุ่มปู portunid เช่นเดียวกันกับปูม้า ได้ผลดังนี้

1. เพศ โดยจากการศึกษาพบว่ากระเพาะอาหารของปูเพศเมียจะมีความจุมากกว่าปูเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อทำการศึกษาชนิดของอาหารด้วยวิธี frequency of occurrence method พบว่าปูทั้งเพศผู้และเพศเมียกินอาหารไม่แตกต่างกัน

2. ขนาด ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันในชนิดอาหารระหว่างปูขนาดใหญ่และขนาดเล็ก

3. ช่วงระยะเวลา พบว่าปูที่เก็บมาในช่วงพระอาทิตย์ตกดินจะมีปริมาณอาหารมากกว่าปูที่เก็บมาช่วงที่พระอาทิตย์ขึ้น

4. ช่วงน้ำเกิด-น้ำตาย พบว่าระหว่างที่เกิดน้ำเกิด ปูจะสามารถหาอาหารได้ดีกว่าในช่วงน้ำตาย แต่ชนิดของอาหารระหว่างทั้ง 2 ช่วงเวลาไม่แตกต่างกัน

2.4. พลวัตประชากรปูม้า

การประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต การตาย และรูปแบบการทดแทนที่

2.4.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต

Von Bertalanffy (1938) ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายการเจริญเติบโตของสัตว์ โดยมีข้อกำหนดว่าสิ่งมีชีวิตนั้นจะต้องมีการเจริญแบบไอโซเมตริก คือ การเจริญเติบโตที่ทุกส่วนของร่างกายต้องเป็นสัดส่วนกัน โดยมีสมการการเติบโตในรูปของความยาว ดังนี้

$$L_t = L_\infty[1-e^{-K(t-t_0)}] \quad \text{---------- (2.1)}$$

เมื่อ L_t = ความยาวปูม้า (ซม.) เมื่อมีอายุ t

L_∞ = ความยาวสูงสุดที่สัตว์น้ำชนิดนั้นสามารถเติบโตได้ บางครั้งเรียกว่า ความยาวอะซิมโตติก หรือ ความยาวอนันต์ (Asymtotic length)

K = ค่าพารามิเตอร์การการเติบโตต่อปี (Curvator parameter)

t_0 = อายุแรกเกิดที่ปูม้ามีความยาวเท่ากับศูนย์ มีหน่วยเป็นปี (Initial condition parameter)

Bhattacharya (1967) คิดวิธีหาค่าเฉลี่ยความยาวของสัตว์น้ำแต่ละรุ่น โดยใช้ข้อมูลการกระจายความถี่ของความยาวลำตัวของสัตว์น้ำจากเส้นโค้งการกระจายปกติ (normal distribution) ให้อยู่ในรูปของแนวเส้นตรง โดยใช้ค่าผลต่างของลอการิธึมจำนวนสัตว์น้ำกับความยาวของสัตว์น้ำในแต่ละอันตรภาคชั้น นำค่าความยาวเฉลี่ยมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต คือ ค่า L_∞ และ ค่า K โดยในการศึกษานี้ใช้วิธีของ Gulland and Holt plot (Sparre and Venema, 1992) ซึ่ง

เป็นการหาค่าพารามิเตอร์การเติบโตได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเฉลี่ยในช่วงเวลา t (L_t) ถึงเวลา t+d (L_{t+d}) คือ ($L_t + L_{t+d}$) /2 กับความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยเวลา ($\Delta L / \Delta t$)

$$(\Delta L / \Delta t) = a + b * \overline{L_t} \quad \text{---------- (2.2)}$$

เมื่อ $K = -b$ และ $L_\infty = -a/b$

เมื่อรู้ค่า L_∞ และ ค่า K แล้ว นำไปหาค่า t_0 ที่ได้จากการดัดแปลงสมการการเติบโตของ Von Bertalanffy โดยใช้ความยาวของสัตว์น้ำขณะฟักออกมาเป็นตัว ดังสมการ

$$\boxed{t_0 = t + 1/K * \ln(1 - L_t / L_\infty)} \quad \text{---------- (2.3)}$$

เมื่อ t_0 = อายุของสัตว์น้ำเมื่อมีความยาวเท่ากับ 0

t = อายุของสัตว์น้ำหรือระยะเวลาหลังจากไข่ฟักออกเป็นตัว

K = ค่าสัมประสิทธิ์ของการเติบโต

L_∞ = ความยาวสูงสุดที่สัตว์น้ำชนิดนั้นสามารถเติบโตได้

L_t = ความยาวปูม้า (ซม.) เมื่อมีอายุ t

2.4.2 <u>การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตาย (Mortalty coefficient)</u>

การตายของสัตว์น้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การตายตามธรรมชาติ (natural mortality; M) และการตายจากการทำประมง (fishing mortality; F) การตายทั้ง 2 แบบมีความสัมพันธ์กันในแง่ของการแก่งแย่ง โดยในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งสัตว์น้ำมีโอกาสตายจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง คือ อาจจะตายจากการประมง หรือตายโดยธรรมชาติ แต่เมื่อสัตว์น้ำนั้นตายโดยธรรมชาติแล้ว ย่อมไม่มีโอกาสถูกจับ หรือถ้าเมื่อสัตว์น้ำถูกจับแล้ว จะไม่มีโอกาสตายโดยธรรมชาติอีก

-การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Total mortality coefficient, Z)

สามารถวิเคราะห์จากข้อมูลความยาวของสัตว์น้ำ โดยอาศัยค่าพารามิเตอร์ของการเติบโต L_∞ และ ค่า K จากสมการ Von Bertalanffy โดยวิธีที่ใช้ คือ วิธี linearized length converted catch curve ของ Sparre and Venema (1992) โดยเป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) จาก

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสัตว์น้ำที่ถูกจับกับความยาวของสัตว์น้ำในแต่ละอันตรภาคชั้น โดยใช้สมการการเติบโตของ Von Bertalanffy เปลี่ยนความยาวของสัตว์น้ำที่ถูกจับได้ให้อยู่ในรูปของอายุ

$$\ln (C(L_1,L_2)/\Delta t(L_1,L_2)) = C - Z*t((L_1+L_2)/2) \text{-------} \quad (2.4)$$

เมื่อ

$C(L_1,L_2)$	=	จำนวนสัตว์น้ำแต่ละอันตรภาคชั้น
$(L_1+L_2)/2$	=	จุดกึ่งกลางของแต่ละอันตรภาคชั้น
Δt	=	$1/K*\ln(L_\infty-L_1/L_\infty-L_2)$
$t((L_1+L_2)/2)$	=	$t_0-1/k*\ln(1-((L_1+L_2)/2L_\infty))$
Z	=	ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม
c	=	ค่าคงที่

-การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากธรรมชาติ มี 2 วิธีที่ใช้ในการคำนวณ ได้แก่ Pauly 's empirical formula (Pauly, 1980) และวิธีของ Taylor (1958) ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Pauly 's empirical formula (Pauly, 1980)

โดยคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์การเติบโตและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (T) สมการที่ใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากธรรมชาติ เป็นดังนี้

$$\log_{10} = -0.0152-0.279*\log_{10} L_\infty +0.6543 * \log_{10} K+0.463* \log_{10} T \text{-------} \quad (2.5)$$

เมื่อ

M	=	สัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากธรรมชาติ
L_∞	=	ความยาวสูงสุดที่สัตว์น้ำชนิดนั้นสามารถเติบโตได้
K	=	ค่าสัมประสิทธิ์ของการเติบโต
T	=	อุณหภูมิ (C°) เฉลี่ยตลอดปีของแหล่งน้ำที่สัตว์น้ำชนิดนั้นอยู่

2. วิธีของ Taylor (1958)

อายุสูงสุดของสัตว์น้ำ (t_m) คือ อายุของสัตว์น้ำที่เติบโตมาได้ 95%ของความยาวสูงสุด (L_∞) โดยจากสมการการเติบโตของ Von Bertalanffy สามารถหาความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำได้ดังสมการ

$$t_m = t+2.9557/K \text{----------} \quad (2.6)$$

และสามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากธรรมชาติ ได้จากสมการ

$$M = 2.9557/t_m \quad \text{----------} \quad (2.7)$$

-การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากการประมง

การตายของสัตว์น้ำมี 2 สาเหตุ ได้แก่ การตายเนื่องจากธรรมชาติ (M)และการตายเนื่องจากการประมง (F) ดังนั้นเมื่อทราบค่า Z และค่า M แล้วสามารถหาค่า F ได้ จากสมการ

$$Z = F+M \quad \text{----------} \quad (2.8)$$

ดังนั้น

$$F = Z-M \quad \text{----------} \quad (2.9)$$

2.4.3 <u>รูปแบบการทดแทนที่ (Recruitment pattern)</u>

การเข้าทดแทนที่ของสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีรูปแบบการทดแทนที่แตกต่างกัน สัตว์น้ำบางชนิดมีการเข้าทดแทนที่ตลอดทั้งปี บางชนิดมีการเข้าทดแทนที่น้อยมาก ปัจจัยที่มีผลต่อการเข้าทดแทนที่มีหลายปัจจัย แต่ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ การลงแรงประมงของชาวประมงในปีนั้นๆ และสภาพอากาศ การวิเคราะห์รูปแบบการทดแทนที่นั้นจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต คือ ค่า L_∞ และค่า K โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป FiSAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayanilo, Sparre and Pauly, 1994) มาวิเคราะห์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ FiSAT เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ที่ใช้ในการวิเคราะห์ชีววิทยาการประมง ที่รวมเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LESA (Length based Fish Stock Assessment) และ ELEFAN (Electric Length Frequency Analysis) เข้ามาไว้ด้วยกัน โดยใช้ข้อมูลการกระจายความถี่ของสัตว์น้ำ (length frequency) มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การเติบโต (L_∞ และค่า K) สัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) และการทดแทนที่ในกลุ่มประชากร

2.5. การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

<u>การพัฒนาที่ยั่งยืน</u> คำว่า ความยั่งยืน (Sustainability) ตามข้อสรุปของนันทนา คชเสนี (2545) ซึ่งสรุปตามคำนิยามของผู้เชี่ยวชาญหลายท่าน หมายถึง การใช้ทรัพยากรสนองตอบความต้องการของมนุษย์ในปัจจุบันจะต้องไม่ไปลดโอกาสในการใช้ทรัพยากรตามความต้องการของอนุชนรุ่นหลัง นอกจากนี้ยังหมายถึงสภาวะทางสุขภาพที่สมบูรณ์ แม้ว่าระบบนิเวศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรจะมีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอน นั่นคือ ความเปลี่ยนแปลงที่เป็นปฏิกิริยา

ลูกโซ่นั่นเอง ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องดังกล่าว จึงเห็นสมควรให้ใช้หลักการการป้องกันไว้ก่อน เพื่อเน้นในระดับการวางนโยบายที่จะนำไปสู่ความยั่งยืนได้ สำหรับความหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนตามที่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2546) ได้สรุปไว้เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัตินั้น คือ "การพัฒนาที่คำนึงถึงขีดจำกัดของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่สนองต่อความต้องการในปัจจุบันโดยไม่ส่งผลเสียต่อความต้องการในอนาคต คำนึงถึงความเป็นองค์รวม เนื่องจากการกระทำสิ่งใดจะส่งผลกระทบต่อสิ่งอื่นๆ ด้วย และยอมรับเทคโนโลยีที่สร้างสรรค์" การพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นวาระแห่งชาติที่เกิดจากการประชุมสุดยอดของโลกว่าด้วยการพัฒนาที่ยั่งยืน เมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2545 ณ นครโยฮันเนสเบอร์ก ประเทศแอฟริกาใต้ เนื่องจากพบว่าพันธกิจด้านการพัฒนาที่ยั่งยืนในการประชุมสุดยอดของโลกว่าด้วยการพัฒนาและสิ่งแวดล้อม หรือ Earth Summit '92 ขององค์การสหประชาชาติ เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2535 ณ กรุงริโอ เดอ จาเนโร ประเทศบราซิล ไม่ได้ถูกดำเนินการอย่างจริงจัง ประชาคมโลกจึงได้มีการเรียกร้องให้ทุกประเทศกำหนดการพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นวาระแห่งชาติ และจัดตั้งคณะกรรมการพัฒนาที่ยั่งยืนระดับประเทศขึ้นมารับผิดชอบ ซึ่งประเทศไทยก็ได้มีการดำเนินงานตามแนวทางดังกล่าว โดยได้มีการแต่งตั้งคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเป็นกรรมการและเลขานุการ ในการประชุม Earth Summit '92 นั้นได้มีการรับรองแผนปฏิบัติการ 21 (Agenda 21) เพื่อให้มีการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมดำเนินไปด้วยกัน รวมทั้งได้ให้ความสำคัญถึงการมีส่วนร่วมในระดับท้องถิ่น เนื่องจากปัญหาส่วนใหญ่มีรากฐานอยู่ในระดับท้องถิ่น รวมทั้งมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในฐานะที่เป็นหน่วยงานที่อยู่ใกล้ชิดประชาชน เป็นกลไกในการบริหารจัดการให้บรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งถือว่ามีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน

2.5.1 <u>การจัดการทรัพยากรปูม้าในประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้</u>

จากสถานการณ์การลดจำนวนลงของสัตว์น้ำตามบริเวณชายฝั่งทำให้หลายฝ่ายต่างตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องทำการอนุรักษ์ รวมไปถึงการใช้ทรัพยากรปูม้าให้เกิดประโยชน์ที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการส่งเสริมให้ชาวประมงหันมาเพาะเลี้ยงปูม้ามากขึ้น เพื่อลดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรปูม้าในธรรมชาติ ซึ่งล่าสุดก็นับว่าเป็นเรื่องที่น่ายินดีว่า การเพาะเลี้ยงปูม้าประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี รวมไปถึงได้เกิดมีมาตรการการอนุรักษ์ปูม้า ได้แก่ การไม่จับแม่ปูไข่นอกกระดองมาขาย หรือเมื่อจับได้แล้วศูนย์เพาะเลี้ยงชายฝั่งของกรมประมง จะทำการรับซื้อไว้ เพื่อเป็น

การแพร่กระจายพันธุ์ของปูม้าในธรรมชาติให้มากขึ้นต่อไป และในบางพื้นที่ได้มีการหยุดจับปูม้าในฤดูวางไข่ การกำหนดขนาดตาของถอบที่จะไม่ไปทำลายประชากรปูม้าวัยอ่อน จากการศึกษาทรัพยากรของปูม้าตั้งแต่อดีตมากระทั่งปัจจุบัน และจากสถานการณ์การประมงทั่วโลกหลายฝ่ายต่างมีความวิตกเกี่ยวกับสถานการณ์ทรัพยากรปูม้าในปัจจุบันเป็นอย่างมาก โดย FAO (1995) ได้เสนอแนะให้ประเทศในแถบอาเซียนได้ให้ความสำคัญในการศึกษาและจัดการทรัพยากรประมงอย่างมีความรับผิดชอบ ส่วนคณะกรรมการนโยบายประมงแห่งชาติ ก็ได้อนุมัติหลักการให้ยกเลิกเครื่องมือประมงอวนรุนในวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ.2543 ซึ่งคาดว่าจะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของการประมงสัตว์น้ำหลายชนิดรวมทั้งปูม้า

อมรา ชื่นพันธุ์และอัจฉรา วิภาศิริ (2545) ได้ประเมินสภาวะทรัพยากรและแนวทางการจัดการประมงปูม้าในอ่าวไทยตอนบน พบว่าพารามิเตอร์การเติบโต (K) มีค่า 1.64 ต่อปี ความกว้างกระดองสูงสุดที่ปูม้าสามารถเจริญเติบโตได้ (L_{∞}) มีค่า 18.48 เซนติเมตร และพบปูม้ามีความกว้างกระดองระหว่าง 2.25-17.25 เซนติเมตร การศึกษาสภาวะทรัพยากรในปัจจุบัน และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการประมงในอนาคตด้วยแบบจำลองต่างๆ รวมทั้งการวิเคราะห์ขนาดของประชากรโดยวิธีวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำ แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตยั่งยืนสูงสุดของปูม้าในอ่าวไทยตอนบนมีค่าประมาณ 11,000 ตัน และควรลดการประมงโดยรวมลง 10% ของการลงแรงประมงในปัจจุบัน หรือหากยกเลิกอวนรุน และลดการลงแรงประมงอวนลากจะทำให้ผลผลิต มูลค่าและมวลชีวภาพของปูม้าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลดีในการจัดการทรัพยากรปูม้าอย่างยั่งยืน

2.6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมประมง (2516) ทำการศึกษาอัตราการจับปูม้าเปรียบเทียบระหว่างกลางวันกับกลางคืน พบว่าอัตราการจับในเวลากลางคืนสูงกว่าเวลากลางวันถึง 4 เท่า และพบว่าปริมาณความชุกชุมของปูม้าจะเพิ่มสูง เมื่อสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นประกอบไปด้วยน้ำทะเลที่มีความเค็มต่ำ มีอุณหภูมิของน้ำและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ค่อนข้างสูง

สุเมธ ตันติกุล (2527) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชีววิทยาการประมงของปูม้าในอ่าวไทย พบว่าปูม้าในอ่าวไทยสามารถวางไข่ได้ตลอดทั้งปี โดยแตกต่างกันออกไปตามสภาพแวดล้อม ปูม้าทางชายฝั่งตะวันออก ได้แก่ ปูม้าในบริเวณเกาะกูด เกาะช้าง และอ่าวตราด สามารถวางไข่ได้ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนมกราคม โดยมีช่วงการวางไข่สูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน ในธรรมชาติพบว่าปูม้าเพศเมียจะสามารถผสมพันธุ์และวางไข่ได้ เมื่อมีความกว้างของกระดองเท่ากับ 9.40 เซนติเมตร หรือมีความยาวกระดองเท่ากับ 4.60 เซนติเมตร และจากการศึกษาอัตราส่วนเพศของปูม้าบริเวณจังหวัดชุมพร พบว่าปูม้าแสดงความแตกต่างในอัตราส่วนเพศอย่างเห็นได้ชัด คือ มีปูม้า

เพศเมียมากกว่าปูม้าเพศผู้ โดยมีอัตราส่วนเพศเมียต่อเพศผู้เท่ากับ 1.4 : 1 แต่ปูม้าบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยมีอัตราส่วนเพศที่ใกล้เคียงกัน และจากการศึกษาปูม้าที่จับได้ด้วยอวนลากหน้าดิน อวนจมปูและจั่นปูในอ่าวไทย พบว่าความกว้างกระดองของปูม้า มีค่าประมาณ 2.6 เท่าของความยาวกระดอง ในขณะที่ถ้าปูม้ามีขนาดความกว้างกระดองหรือความยาวกระดองเท่ากัน ปูเพศผู้จะมีน้ำหนักมากกว่าเพศเมีย

ชาญยุทธ สุดทองคง (2539) ศึกษาชีววิทยาการประมงของปูทะเลในป่าชายเลนคลองหงาว จังหวัดระนองเช่นเดียวกัน โดยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การเติบโตของปูทะเลเพศผู้และเพศเมียมีค่าเท่ากับ 0.94 และ1.26 ต่อปี ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมมีค่าเท่ากับ 5.18 และ 3.32 ต่อปี ตามลำดับ และมีรูปแบบการทดแทนที่ตลอดทั้งปี

ขวัญไชย อยู่ดี (2545) เนื่องจากบริเวณที่ดำเนินการทดลองอยู่ในแนวของหญ้าทะเล ซึ่งเป็นแหล่งอาศัยของปูม้าในระยะวัยรุ่น ดังนั้นร้อยละ 50 ของปูที่จับได้จึงเป็นปูขนาดเล็ก ค่าความยาวแรกจับปูม้าของลอบที่หุ้มเนื้ออวนทุกด้าน และหุ้มเฉพาะด้านท้องด้วยอวนขนาดตา 2.5 นิ้ว มีค่าความยาวแรกจับสูงสุด ส่วนลอบปูที่มีเนื้ออวนขนาดตาใหญ่กว่า 2.5 นิ้ว จับปูม้าได้น้อย และปูม้าที่จับได้นั้นอาจถูกจับโดยติดอยู่ตามงาของลอบ จึงทำให้ค่าความยาวแรกจับเล็กกว่าลอบที่ใช้ขนาดตาอวน 2.5 นิ้ว และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับขนาดปูม้าที่จับจากลอบของชาวประมงพบว่า ปูม้าที่จับด้วยลอบของชาวประมงมีขนาดใหญ่กว่าเนื่องจากชาวประมงมีการคัดขนาดก่อนที่นำมาจำหน่าย

วรพงศ์ ตันติชัยวนิช (2548) ศึกษาพลวัตแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี พบว่าแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่ม brachyuran มีความชุกชุมสูงมากในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยพบความชุกชุมมากในแหล่งหญ้าทะเลผมนาง และป่าชายเลน

Edgar (1990) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่า และเหยื่อในแหล่งหญ้าทะเล การกระจายและอาหารของปูม้า ในออสเตรเลียตะวันตก พบว่าปูม้ามีการเจริญเติบโตรวดเร็วมาก โดยมีการเพิ่มขนาดความกว้างกระดอง 6 ซม. ไปเป็น 11.6 ซม. หลังการเข้าทดแทนที่ภายในช่วงระยะเวลา 1 ปี อาหารของปูม้าที่สำคัญ ได้แก่ หอย ไส้เดือนทะเล และหญ้าทะเล การศึกษาการกระจายพบว่า ปูม้าขนาดเล็ก คือ ขนาดความกว้างกระดองน้อยกว่า 5 ซม. ส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งที่ตื้น ในขณะที่ปูม้าขนาดใหญ่จะมีความชุกชุมมากบริเวณหญ้าทะเล และบริวณแหล่งอาศัยนอกชายฝั่งที่ไม่มีพืชน้ำขึ้น

Kangas (2000) ศึกษาชีววิทยา ลักษณะประชากร และการใช้ประโยชน์ปูม้าในออสเตรเลียตะวันตก พบว่าปูม้าเพศเมียมีการอพยพไปมาระหว่างบริเวณปากแม่น้ำและทะเลลึก โดยช่วงปกติปูม้าจะอาศัยในบริเวณปากแม่น้ำ หรือบริเวณแหล่งเลี้ยงตัวอ่อน ในช่วงปลายฤดูร้อนถึงช่วงฤดูใบไม้ร่วง จากนั้นจะอพยพไปยังทะเลลึกเพื่อวางไข่ในฤดูร้อน สำหรับตัวอ่อนระยะซูเอียจะเข้าสู่บริเวณชายฝั่ง โดยการพัดพาของคลื่นลม ส่วนแม่ปูจะมีการอพยพกลับไปยังบริเวณปากแม่น้ำอีกครั้ง หลังการวางไข่ และอาจจะอพยพออกไปอีกครั้งช่วงฤดูหนาว เนื่องจากความเค็มของน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำลดลง ตัวอ่อนจะเจริญเติบโตในช่วงปลายฤดูร้อน และฤดูใบไม้ร่วง และอพยพออกไปเมื่อความเค็มของน้ำบริเวณปากแม่น้ำลดลง ส่วนเพศผู้ไม่พบว่ามีการกลับไปยังบริเวณปากแม่น้ำ