

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน

บริเวณคลองพะวง ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

Relationships between Environmental Factors and Distribution of

Macrobenthic Fauna in Phawong Canal,

the Lower Songkhla Lake



คณิศร์ เกตุมณี

Khanis Katemanee

๗

เลขหมู่	๐๔๙๗.๒	๗๓๖	๒๕๓๙	๘.๒
Order Key	๒๙๐๑๙			
Bib Key	๑๑๘๗๑๘			
	๒. ๑. ๐.๐. ๒๕๔๓			

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Environmental Management

Prince of Songkla University

2539

ชื่อวิทยานิพนธ์

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการแพร่กระจาย
ของสัตว์หน้าดิน บริเวณคลองพะวง ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

ผู้เขียน

นายคณิศร์ เกตุมณี

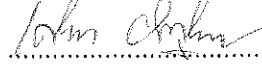
สาขาวิชา

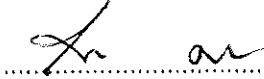
การจัดการสิ่งแวดล้อม

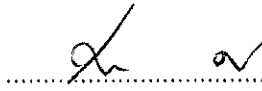
คณะกรรมการที่ปรึกษา


คณะกรรมการสอบ

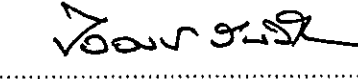
 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เสาวภา อังสุพานิช)

 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เสาวภา อังสุพานิช)

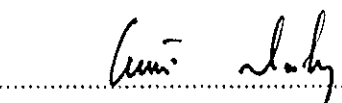
 กรรมการ
(นายไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์)

 กรรมการ
(นายไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์)

 กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เจิงชัย ตันสกุล)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิติวงษ์ ตันติโชค)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม


(ดร. ไพโรจน์ สงวนไพร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

Thesis Title Relationships between Environmental Factors and Distribution of
Macrobenthic Fauna in Phawong Canal, the Lower Songkhla Lake
Author Mr. Khanis Katemanee
Major Program Environmental Management
Academic Year 1996

Abstract

The relationships between the distribution of macrobenthic fauna and physico-chemical environmental factors in sediment and water samples by bimonthly samplings were taken from May 1993 to May 1994, at 7 stations in the Phawong Canal which is connected to the Lower Songkhla Lake. There were 72 genera belonging to 6 phyla which include Annelida, Arthropoda, Mollusca, Platyhelminthes, Nemertea and Chordata. *Heteromastus sp.* (2,626.8 individual. m⁻² in July 1993), *Grandidierella sp.* (1,191.3 individual. m⁻² in May 1994) and *Cerithidea sp.* (1027.8 individual.m⁻² in May 1994) were the predominant fauna. The Maximum abundance and the highest species diversity of macrobenthic fauna were observed in May 1994 and the minimum in January 1994. It is the rainy season which causes the low salinity and Chironomid larvae are dominantly found. Species diversity (H') in Phawong Canal is less than in the Lower Songkhla Lake, and the maximum is in May 1994 ($H' = 0.802$). Stations 6 and 7 had higher species than Stations 4 and 5. However, the abundance of polychaetes and crustaceans were related significantly ($P \leq 0.05$) to salinity, BOD, DO, pH and transparency. In general, the environmental factors in the Phawong Canal have been seriously affected by the wastewater which has been released from the factories and expanding communities in this area. Highest BOD and less of DO in the station near the factories was indicated by distribution of macrobenthic fauna. Seasonal variations of the diversity and abundance of macrobenthic fauna in the canal mostly depended on the salinity.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เสาวภา อังสุพานิช ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำชี้แนะและช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ คุณไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ กรรมการที่ปรึกษาร่วมที่ได้ให้คำที่ปรึกษา ทำให้งานวิจัยสำเร็จตามจุดประสงค์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เริงชัย ต้นสกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิติวงษ์ ต้นดิโชดก กรรมการ ที่กรุณาให้คำแนะนำ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ Professor Ren Kuwabara มหาวิทยาลัยโตเกียว, คุณอนุวัฒน์ นทีวัฒนา, คุณสมชัย บุศราวิช ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลภูเก็ต ที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการจำแนกสัตว์หน้าดิน, ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สมศักดิ์ มณีพงศ์, คุณพุทธ สองแสงจินดา ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ตะกอน

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวาริชศาสตร์, ภาควิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทะเลสงขลา, คุณสำราญ สุวรรณรัตน์, คุณคล่อง แสงสุวรรณ, คุณอุดมศักดิ์ ตรีมาศ, คุณอานนท์ อุบัติลิ่งค์, คุณนิกร ฤทธิบูรณ์ และน้องๆ ภาควิชาวาริชศาสตร์ รุ่น 12 ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดิน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย ช่วยตรวจทานวิทยานิพนธ์ งานวิจัยนี้ลุล่วงได้เนื่องจากได้รับทุนสนับสนุนจากมูลนิธิมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้กำลังใจ ตลอดการศึกษาที่ผ่านมา ขอขอบคุณอีกหลายๆ ท่าน ที่ไม่ได้กล่าวนาม, คุณเพ็ญสุข จรัสขวณะเพท ที่ช่วยเหลือตั้งแต่การทำวิจัย จนกระทั่งสำเร็จเป็นรูปเล่ม

คุณิศร์ เกตุมณี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(7)
รายการภาพประกอบ	(8)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	11
2. วิธีการวิจัย	
วัสดุและอุปกรณ์	12
วิธีดำเนินการวิจัย	14
3. ผลการศึกษา	21
4. วิจารณ์ผล	44
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	84
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน	87
ภาคผนวก ค. บัญชีทางสิ่งแวดล้อม	100
ประวัติผู้เขียน	104
	(6)

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. ชนิดการแพร่กระจายและความชุกชุมของสัตว์หน้าดินบริเวณคลองพะวง ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537.....	28
2. แสดงจำนวนชนิด (S), ดัชนีความหลากหลาย (H') และการกระจาย ของสัตว์หน้าดิน (V') บริเวณคลองพะวง ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537.....	33
3. แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างจำนวน สัตว์หน้าดินในกลุ่มต่าง ๆ กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณคลองพะวง ทั้ง 7 สถานี ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537.....	42
ตารางผนวก	
1. คุณภาพน้ำและตะกอนบริเวณคลองพะวง ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2536 ถึง เดือนพฤษภาคม 2537.....	100

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ

1. อุปกรณ์ที่สำคัญในการเก็บตัวอย่าง.....	13
2. แสดงสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณคลองพะวง ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง.....	15
3. แสดงสภาพภูมิประเทศบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 7 สถานี.....	16
4. ความลึก, ความโปร่งแสง และอุณหภูมิของน้ำ บริเวณคลองพะวง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537.....	22
5. ความเค็ม, ปริมาณบีโอดี, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความเป็นกรด - ด่างของน้ำ บริเวณคลองพะวง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537.....	23
6. สัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay ในแต่ละสถานี ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537.....	25
7. ความเป็นกรด - ด่าง, อินทรีย์วัตถุ และซิลไฟด์ทั้งหมดในตะกอน บริเวณคลองพะวง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537.....	26
8. การแปรผันตามฤดูกาลของปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละสถานี บริเวณคลองพะวง.....	35
9. จำนวนและมวลชีวภาพของสัตว์หน้าดินกลุ่มต่างๆ ตลอดการศึกษา บริเวณสถานี 1 ถึง สถานี 7.....	36
10. จำนวนตัวและสัดส่วนของสัตว์หน้าดินกลุ่มต่างๆ ตลอดการศึกษา บริเวณสถานี 1 ถึง สถานี 7.....	37
11. ปริมาณและสัดส่วนของสัตว์หน้าดินกลุ่มต่างๆ บริเวณคลองพะวง ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2536 ถึง พฤษภาคม 2537.....	38

ภาพประกอบผนวก

1. ตารางสามเหลี่ยมสำหรับใช้พิจารณาประเภทเนื้อดิน.....	88
2. แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ซิลไฟด์ทั้งหมดในตะกอน.....	97
3. เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ซิลไฟด์ทั้งหมดในตะกอน.....	99

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ทะเลสาบสงขลาตั้งอยู่ในแนวเหนือใต้ ขนานกับแนวสันเขาที่แบ่งภาคใต้ฝั่งตะวันตกกับตะวันออก ระหว่างเส้นรุ้ง 7 องศา 8 ลิปดาถึง 7 องศา 50 ลิปดาเหนือและเส้นแวง 100 องศา 7 ลิปดา ถึง 100 องศา 37 ลิปดาตะวันออก ระยะทางจากปากทะเลสาบตอนล่าง จนถึงเหนือสุดของทะเลน้อย ประมาณ 75 กิโลเมตร และความกว้างจากฝั่งตะวันออกถึงฝั่งตะวันตกประมาณ 20 กิโลเมตร มีพื้นผิวน้ำประมาณ 1,040 ตารางกิโลเมตร ทะเลสาบสงขลาแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ทะเลน้อย อยู่ตอนในสุด มีพื้นผิวน้ำประมาณ 30 ตารางกิโลเมตร ทะเลหลวง อยู่ตอนกลาง มีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 786 ตารางกิโลเมตร และทะเลสาบตอนล่างอยู่ตอนนอกสุด มีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 223 ตารางกิโลเมตร (เจิงชัย ตันสกุล, 2535 : 92) ทะเลสาบทั้งสามตอน เชื่อมต่อกันโดยตลอด แล้วไหลออกสู่อ่าวไทยทางทะเลสาบสงขลาตอนล่าง(ตอนนอก) ที่อำเภอเมืองจังหวัดสงขลา

ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีฝนตกประมาณ 2,160 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณสูงสุดระหว่างเดือนตุลาคมถึง ธันวาคม เฉลี่ยประมาณ 400 มิลลิเมตรต่อเดือน และน้อยสุดระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เมษายน ประมาณ 70 มิลลิเมตรต่อเดือน อุณหภูมิเฉลี่ย 27.5 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ย 79 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วลมเฉลี่ย 4.0 เมตรต่อวินาที ปริมาณน้ำฝนที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ 2,360 ล้านตันต่อปี จากลำคลอง 5,470 ล้านตันต่อปี ส่วนปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่อ่าวไทยประมาณ 5,680 ล้านตันต่อปี อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลงของอ่าวไทย มีเฉพาะบริเวณทะเลสาบตอนล่าง ช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลงต่างกัน 1.30 ชั่วโมง และกระแสน้ำบริเวณปากทะเลสาบ มีความเร็วประมาณ 1.2 - 1.5 เมตรต่อวินาที (สิริ ทุกชีวินาศ และคณะ, 2528 : 3)

ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ได้รับน้ำจากลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง และทะเลหลวง รวมพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 3,204 ตารางกิโลเมตร (จักรไชย รัตนไชย และ อุดมผล พิษณุไพบูลย์, 2535 : 86) มีลำคลองสาขาที่สำคัญหลายสาย ได้แก่ คลองสำโรง คลองอู่ตะเภา คลองเตย และคลองพะวง (ปิยาภรณ์ มังนทะเลจิต, 2535 : 73) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการใช้

ทรัพยากรในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง เพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, การขยายตัวเมืองสงขลา - หาดใหญ่, การพัฒนาอุตสาหกรรม ตลอดจนการสร้างทำเทียบเรือประมง และทำเรื่อน้ำลึก เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางน้ำ โดยมีที่มาจากชุมชน จากโรงงานอุตสาหกรรม และจากการเกษตรกรรม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นของเสียประเภทอินทรีย์สาร(จัดรอย รัตนไชย และคณะ, 2532 : 97) ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง แต่สารอาหารพืชน้ำ, ปริมาณเชื้อโรค และความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งจะไปกระทบต่อระบบนิเวศ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2534 : 210)

คลองพะวง มีความสำคัญ ต่อระบบนิเวศของทะเลสาบสงขลาโดยรวม เนื่องจากเป็นคลองที่เชื่อมต่อกับทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มีป่าชายเลนที่มีพันธุ์ไม้หลายชนิด เช่น โกงกาง เบ้ง และตาตุ่ม (นิธิ ฤทธิพรพันธุ์ และคณะ, 2526 : 136) ในปัจจุบันมีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมทางน้ำอย่างมาก (นุกูล อินทรสังขา, 2536 : 1) เนื่องจากเป็นแหล่งระบายน้ำทั้งจากชุมชน, จากโรงงานอุตสาหกรรมปลาป่น และโรงงานผลิตภัณฑ์แปรรูปสัตว์น้ำ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533ก : 1) โรงงานเหล่านี้ปล่อยน้ำทิ้งทั้งผ่านและไม่ผ่านระบบบำบัด (ณรงค์ ณ. เชียงใหม่, 2534 : 23)

อย่างไรก็ตาม การศึกษา, วิจัย และติดตามตรวจสอบ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและความสมบูรณ์ทางระบบนิเวศบริเวณคลองพะวงยังมีน้อยมาก งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมและใช้สัตว์หน้าดินเป็นเครื่องชี้บอก (indicator) คุณภาพแหล่งน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการจัดการ ติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ เพื่อคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพ ให้การพัฒนาที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคตของชุมชนบริเวณนี้ เป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน (sustainable development)

การตรวจเอกสาร

1 สภาพทั่วไปของคลองพะวง

คลองพะวงเป็นคลองที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มีความยาวในปัจจุบัน (พ.ศ.2537) ประมาณ 5 กิโลเมตร ไหลจากทิศใต้ขึ้นสูทิศเหนือ บริเวณปากคลองจะอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะยอ ตลอดลำคลองมีความกว้างเฉลี่ย 130 เมตร บริเวณปากคลองกว้าง 180 เมตร (กรมแผนที่ทหาร, 2528) เป็นคลองที่มีระบบนิเวศอุดมสมบูรณ์ และมีป่าชายเลนที่อาจกล่าวได้ว่า สมบูรณ์มากแหล่งหนึ่งของทะเลสาบสงขลา

ปัจจุบันคลองพะวง รับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ริมคลองและลุ่มน้ำคลองพะวงในอำเภอเมืองสงขลาและอำเภอหาดใหญ่ โดยมีปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานในอำเภอเมืองสงขลาประมาณ 2,200 - 2,600 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533ก : 1) และอำเภอหาดใหญ่ ประมาณ 17,000 - 19,600 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน (ณรงค์ ณ. เชียงใหม่, 2534 : 23) โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ผ่านคลองพะวง ได้แก่ บริษัทสงขลาแคนนิ่ง จำกัด, บริษัททักซิณสมุทร จำกัด, ห้างหุ้นส่วนจำกัดสินทะเลไทย ปลาป่น, ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงงานปลาป่นศรีนคร, บริษัททะเลไทยแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด และโรงงานปลาป่นศรีพิทักษ์ (ณรงค์ ณ. เชียงใหม่, 2534 : 23)

2 คุณภาพน้ำ

จากการสำรวจคุณภาพน้ำบริเวณป่าชายเลนคลองพะวง ในเดือนพฤศจิกายน 2525 โดย นิธิ ฤทธิพรพันธุ์ และคณะ (2526 : 136) พบว่า มีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ เฉลี่ย 7.4 mg.l⁻¹ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าความเป็นกรด - ด่าง 6.6, ความเค็ม 1.5 พีพีที (ppt; part per thousand) และอุณหภูมิ 32.4 องศาเซลเซียส ส่วนคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2533ก : 2) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณปากคลองพะวง ในเดือนกันยายน 2531 พบว่า มีค่าบีโอดี 3.05 mg.l⁻¹, ความเป็นกรด - ด่าง 8.3, ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 9.8 mg.l⁻¹, ความเค็ม 7.0 พีพีที และความโปร่งแสง 90 เซนติเมตร

3 คุณภาพตะกอน

ลักษณะของพื้นทะเลมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตหน้าดิน ทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ ในแง่ของการเป็นที่อยู่อาศัย และอาหาร (จุมพล สงวนสิน, 2534 : 269) ชุมชนของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบริเวณหน้าดิน จะได้อินทรีย์สารจากตะกอนดินบริเวณหน้าดิน สัตว์หน้าดินเหล่านี้ เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของปลาต่อไป (Mann, 1982 : 184) สัตว์หน้าดินที่เป็นเครื่องขับออกความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ จะมีลักษณะการอาศัยที่แตกต่างกันออกไป อาจจะเป็นพื้นโคลน โคลนปนทรายหรือทราย (ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และ สิริ ทุกขวินาศ, 2529 : 39) โดยทั่วไปแล้วพื้นทะเลที่เป็นโคลน หรือ โคลนปนทราย จะมีความอุดมสมบูรณ์กว่าที่เป็นทรายและหิน จึงทำให้มีชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินสูงกว่าบริเวณอื่น (ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ และคณะ, 2521 : 210)

ผลจากการทิ้งของเสียลงสู่ทะเล จะมีผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินโดยตรง เนื่องจากบริเวณที่มีการทับถมของอินทรีย์สาร จะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางธรณีฟิสิกส์ของพื้นทะเล ทำให้สัตว์

หน้าดินลดปริมาณลง (มนูดี นังสพฤกษ์, 2532 : 298) น้ำทิ้งจากโรงงานปลาป่น มีส่วนเพิ่มปริมาณสารอาหารในน้ำและตะกอน ทำให้เหลือเพียงสัตว์หน้าดินพวกที่ปรับตัว หรืออดทนกับสภาพแวดล้อม ที่เปลี่ยนแปลงได้เท่านั้น (จารุวัฒน์ นกัตะภักฏ และ พิมพร บุญญภาค, 2524 : 19)

ไพโรจน์ พรหมานนท์ และ สุชาติ วิเชียรสรรค์ (2510 : 69) ได้กล่าวถึง ลักษณะดิน พื้นก้นทะเลสาบสงขลาว่า ประกอบด้วย ดินแข็ง โคลน และโคลนปนทราย ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ จากการศึกษาทะเลสาบสงขลาตอนใน ของ สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และ สมชาติ สุขวงศ์ (2511 : 50) พบว่า ลักษณะดินพื้นก้นทะเล จัดอยู่ในประเภท clay loam และ silty clay loam มีอินทรีย์วัตถุ 2.1 เปอร์เซ็นต์

ส่วนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง จากการศึกษาโดย เข็มศักดิ์ เริงมาก (2531 : 1) พบว่า พื้นก้นทะเลบริเวณที่เลี้ยงปลากระพงขาวในกระชัง มีสภาพที่ไม่เหมาะสม คือ มีสีดำมาก และกลิ่นเหม็น ปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) ค่อนข้างสูง องค์ประกอบของดินในบริเวณดังกล่าว จัดเป็นประเภท loam sand ประกอบด้วย sand (ทราย) 79.6 - 89.0 เปอร์เซ็นต์, silt (ทรายแป้ง) 5.5 - 9.4 เปอร์เซ็นต์ และ clay (ดินเหนียว) 6.5 - 11.1 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด - ด่าง อยู่ในช่วง 6.6 - 7.5 และอินทรีย์วัตถุ 1.0 - 2.5 เปอร์เซ็นต์

4 สัตว์หน้าดิน

4.1 ความหมายและความสำคัญ

สัตว์หน้าดิน (macrobenthic fauna) เป็นสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่บนพื้นดิน หรือขุดรูอยู่ในดิน บริเวณทะเลสาบ แม่น้ำ เอสทูรี (estuaries) หรือมหาสมุทร (APHA, AWWA and WPCF, 1985 : 1113) สภาพพื้นทะเลที่อาศัย อาจจะเป็นพื้นโคลน โคลนปนทราย หรือทราย ชนิด และจำนวนของสัตว์หน้าดิน มักใช้เป็นเครื่องชี้บอก ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และสิริ ทุกขวินาศ, 2529 : 39; จารุวัฒน์ นกัตะภักฏ และพิมพร บุญญภาค, 2524: 2) และใช้ในการติดตามตรวจสอบ (monitoring) สภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ (Kikuchi, 1991 : 145; Wilson, 1991 : 313) สัตว์หน้าดิน มีความสำคัญในห่วงโซ่อาหาร โดยกินผู้ผลิต (producers) หรือผู้บริโภคขั้นแรก (primary consumers) เป็นอาหาร และต่อมากจะถูกสัตว์น้ำที่มีขนาดใหญ่ (higher trophic levels) กินเป็นอาหารอีกทอดหนึ่ง (Mann, 1982 : 183, UNESCO 1979 : 29)

สัตว์หน้าดิน มีทั้งสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง และไม่มีกระดูกสันหลัง (invertrebrate) มีตั้งแต่ขนาดเล็ก จนถึงขนาดใหญ่ อาจอาศัยอยู่พื้นท้องน้ำบริเวณผิวดิน หรือฝังตัวอยู่ในดิน มีหลายชนิด สามารถแบ่งสัตว์หน้าดิน ตามที่อยู่อาศัย (Barnes and Mann, 1980 : 106) ได้ 2

กลุ่ม คือ Epifauna ได้แก่ พวกที่อาศัยอยู่บนผิวดินในน้ำ บริเวณท้องน้ำ อาจมีการสืบคลาน (demersal) หรือ เกาะกับที่ (sessile) และ Infauna ได้แก่ พวกที่ฝังตัวอยู่ในดินโดยการขุดรู หรือ สร้างที่ห่อหุ้มจากเศษซากวัตถุใต้ น้ำ

สัตว์หน้าดิน แบ่งตามลักษณะความเค็มของน้ำ (UNESCO, 1979 : 42) ได้ 2 พวก คือ พวกอยู่ในน้ำทะเล (marine forms) และ พวกอยู่ในน้ำจืด (freshwater forms) และสามารถ แบ่งตามขนาด (Barnes and Mann, 1980 : 105) ได้ 3 พวก ได้แก่ Macrofauna คือ พวกที่มีขนาด ตั้งแต่ 0.5 มิลลิเมตร ขึ้นไป Meiofauna คือ พวกที่มีขนาดตั้งแต่ 0.1 - 0.5 มิลลิเมตร และ Microfauna คือ พวกที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 มิลลิเมตร และยังสามารถแบ่งตามพฤติกรรมการกิน อาหาร ได้ 3 กลุ่ม คือ กินโดยการกรอง (filter feeders), กินเศษซากตะกอน (deposit feeders) และ กินโดยการล่าเหยื่อ (predators)

4.2 การเก็บตัวอย่าง

วิธีเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดิน มีอยู่ 2 วิธี ที่นิยมใช้ คือ การสุ่ม (random sampling) และการทำแนวเก็บตัวอย่าง (transect) อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่าง เช่น grabs มีอยู่หลายแบบ ได้แก่ Smith - McIntyre grab (Llansó, 1992 : 494; Flint and Holland, 1980 : 3; Diaz - Castaneda, 1993 : 389; จุมพล สงวนสิน, 2533 : 424; จุมพล สงวนสิน, 2534 : 266 และ Nateewathana and Chatanantawej, 1982 : 135) Ekman grab (จารุวัฒน์ นกัตะภักฏ์ และ พิมพร บุญญภาส, 2524 : 5; ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และคณิต ไชยาคำ, 2525 : 242; ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และสิริ ทุภษ์ วิชาส, 2529 : 39; Kikuchi, 1991 : 146) Van - Veen grab (สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และสมชาติ สุขวงศ์, 2511 : 44, 2512 : 70, 2513 : 232; ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และคณณะ, 2520 : 314; Marques *et al.*, 1992 : 405; James and Gibson, 1980 : 674) Tamura grab (Kuwabara and Akimoto, 1986 : 193; Angsupanich and Kuwabara, 1995: 116) คราดหน้าดิน (dredge) (Gambi and Livingston, 1982 : 392; สุชาติ สว่างอารีย์ และเพ็ญศรี บุญเรือง, 2531 : 391) เครื่องเจาะดิน (corers) (Dauer and Conner, 1980 : 337; Schaffner, 1990 : 107; Hayashi, 1988 : 2071) และอวนลากหน้าดิน (trawl) (Dugan and Livingston, 1982 : 392)

4.3 การศึกษาสัตว์หน้าดิน

ส่วนใหญ่จะศึกษาบริเวณปากแม่น้ำ และบริเวณป่าชายเลน โดย ทวีศักดิ์ ปิยะ กาญจน์, 2521 : 1 ศึกษาชนิดสัตว์หน้าดิน และคุณสมบัติของน้ำบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม ระหว่างปี 2515 ถึง 2517 สัตว์หน้าดินที่พบมาก ได้แก่ ปู, polychaetes (F. Nereidae และ F. Glyceridae), bivalves และ กุ้งวัยอ่อน โดยสัตว์หน้าดินมีมวลชีวภาพต่างกัน

ระหว่างฤดูร้อน กับ ฤดูฝน ในปี 2515 แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพและเคมีของ น้ำและตะกอน ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ และคณะ (2521 : 209) ได้ศึกษาและเก็บตัวอย่างสัตว์ หน้าดิน ในอ่าวไทยตอนบน, อ่าวไทยตอนล่าง และทะเลอันดามัน ระหว่างปี 2516 จนถึงปี 2520 พบว่า มีสัตว์หน้าดินทั้งหมด 18 กลุ่ม ที่พบจำนวนมากและบ่อยครั้ง ได้แก่ polychaetes แซ่ม้าช้อย สุานพงษ์ (2522 : 193) รายงานการเปลี่ยนแปลงอัตราความชุกชุมและกลุ่มประชากรของ สัตว์หน้าดิน บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่า มี 7 กลุ่มใหญ่ๆ คือ Polychaeta, Bivalvia, Crustacea, Fish larvae, Nemertea, Echiura และ Platyhelminthes กลุ่มเด่นที่พบ ได้แก่ polychaetes F. Nephyidae มีความสัมพันธ์กับ อุณหภูมิ, ความเค็ม, ความเป็นกรด - ด่าง, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และแร่ธาตุในน้ำ

การศึกษาสัตว์หน้าดิน ในป่าชายเลนของเกาะภูเก็ต โดย Frith *et al.* (1976) บริเวณ อ่าวน้ำบ่อ พบสัตว์หน้าดิน 103 ชนิด มีองค์ประกอบของชนิด คล้ายกับในเขตอินโดแปซิฟิกทั่วไป ได้แก่ crustaceans, gastropods, mud skippers, bivalves และ polychaetes การแพร่กระจายของ สัตว์หน้าดินขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของตะกอน และอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง และในปีต่อมา Frith (1977 : 1) รายงานชนิดของสัตว์หน้าดินที่เกาะสุรินทร์เหนือ หมู่เกาะสุรินทร์ พบว่ามี 51 ชนิด จัดเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ Polychaeta, Crustacea, Mollusca, Coelenterata, Sipunculida และปลา ชนิดต่างๆ ในจำนวนนี้ 38 ชนิด พบแพร่กระจายในป่าชายเลน

ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และสิริ ทุกขวินาศ (2529 : 38) ศึกษาองค์ประกอบของสัตว์ หน้าดิน บริเวณแปลงเลี้ยงหอยแครง อ่าวปัตตานี พบ สัตว์หน้าดิน 3 ไฟลัม ได้แก่ Annelida, Arthropoda และ Mollusca มีความหนาแน่นเฉลี่ย 169.8 ถึง 296.1 ตัวต่อตารางเมตร ค่าดัชนี ความหลากหลาย (diversity index) 1.17 ถึง 1.42

บำรุงศักดิ์ จัตรอนันตเวช และสมชัย บุศราวิช (2528 : 497) ศึกษาสัตว์หน้าดิน บริเวณฝั่งอันดามัน ตั้งแต่จังหวัดระนอง, พังงา, ภูเก็ต, กระบี่, ตรัง จนถึงสตูล โดยใช้ Smith - McIntyre Grab จากสถานีสำรวจ 59 สถานี พบว่า มีความชุกชุม เฉลี่ย 889 ± 432 ตัวต่อตาราง เมตร ค่ามวลชีวภาพเฉลี่ย 20.6 ± 37.8 กรัมต่อตารางเมตร polychaetes เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุด crustaceans รองลงมา แต่เมื่อพิจารณาค่ามวลชีวภาพ molluscs และ echinoderms จะมีค่าสูง สุดและรองลงมาตามลำดับ สุชาติ สว่างอารีรักษ์ และเพ็ญศรี บุญเรือง (2531 : 391) ศึกษาสัตว์ หน้าดิน บริเวณอ่าวพังงา โดยใช้คราด และ Van Veen Grab พบสัตว์หน้าดิน 6 กลุ่ม ได้แก่ Arthropoda, Echinodermata, Mollusca, Annelida, Chordata และไฟลัมอื่นๆ มีความชุกชุม 31.5, 26.7, 23.9, 8.1, 7.1 และ 1.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

นินา เปี่ยมทิพย์มณฑล และมานพ เจริญรอย (2528 : 508) ได้ศึกษาสัตว์หน้าดินชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง โดยใช้คราด และ grab พบสัตว์หน้าดิน 319 และ 56 ชนิดตามลำดับ ชนิดเด่น ได้แก่ ไฟล์ม Mollusca จุมพล สงวนสิน (2533 : 425) ศึกษาการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน บริเวณอ่าวระยอง โดยใช้ Smith - McIntyre Grab พบ polychaetes เป็นสัตว์หน้าดินชนิดเด่น จุมพล สงวนสิน (2534 : 265) ทำการศึกษาความหนาแน่น มวลชีวภาพ และการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน จากช่องแสมสาร จังหวัดชลบุรี ถึงเกาะช้าง - เกาะกูด จังหวัดตราด โดยใช้ Smith - McIntyre Grab พบสัตว์หน้าดินกลุ่มที่สำคัญ เช่น Polychaeta, Crustacea, Mollusca, Echinodermata, Echiura, Sipunculida, Oligochaeta, Coelenterata และ Fish larvae ที่ขุดพบ ได้แก่ polychaetes และ crustaceans ส่วนไพบูลย์ นัยเนตร (2532 : 124) รายงานความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในประเทศไทย พบว่า มีสัตว์หน้าดิน ในไฟล์ม Annelida พวก Polychaeta ประมาณ 50 ชนิด และ ไฟล์ม Arthropoda พวก Amphipoda 54 ชนิด

การศึกษาสัตว์หน้าดินในทะเลสาบสงขลาที่ผ่านมา อาทิเช่น การศึกษาของ สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และสมชาติ สุขวงศ์ (2511. : 41) รายงานความชุกชุมและการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน ในทะเลหลวง และทะเลน้อย พบว่า มี 5 ไฟล์ม 30 วงศ์ 31 ชนิด ได้แก่ Nematoda, Nemertea, Annelida, Arthropoda และ Mollusca ในทะเลหลวง มีค่ามวลชีวภาพของสัตว์หน้าดินเฉลี่ย 20.4 กรัมต่อตารางเมตร และ บริเวณทะเลน้อย มีค่ามวลชีวภาพเฉลี่ย 0.2 กรัมต่อตารางเมตร สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และสมชาติ สุขวงศ์ (2512 : 69) ศึกษาความชุกชุมและการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง และทะเลหลวงตอนล่าง พบ สัตว์หน้าดิน 10 ไฟล์ม 48 วงศ์ 63 ชนิด ที่พบมากที่สุด ได้แก่ Arthropoda (มี 14 วงศ์ 20 ชนิด) และ Annelida พบรองลงมา (มี 13 วงศ์ 20 ชนิด) จากการสำรวจในแต่ละเขต พบว่า ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มีความชุกชุมของสัตว์หน้าดิน, ค่ามวลชีวภาพของสัตว์หน้าดิน และค่าความเค็มของน้ำ มากกว่าทะเลหลวง สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และสมชาติ สุขวงศ์ (2513 : 233) ศึกษาความชุกชุม และการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน ในบริเวณเดียวกันกับปี 2512 พบสัตว์หน้าดิน 7 ไฟล์ม 44 วงศ์ 57 ชนิด ได้แก่ Nematoda, Nemertea, Annelida, Arthropoda, Echiura, Mollusca และ Chordata ที่พบชุกชุมในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ได้แก่ polychaetes (Annelida) และที่พบชุกชุมในทะเลหลวง ได้แก่ amphipods (Arthropoda)

ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และคณะ (2520 : 312) ศึกษาชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินในทะเลสาบสงขลา พบว่ามี 10 กลุ่ม ได้แก่ Polychaeta, Oligochaeta, Dacapoda, Isopoda, Amphipoda, Insect, Bivalvia, Gastropoda, Nematoda และ Fish larvae โดยพบว่า เดือนตุลาคม

Oligochaeta มีปริมาณมากที่สุด ส่วนเดือนมกราคม, เมษายน และ กันยายน Isopoda มีปริมาณมากที่สุด ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และคณิต ไชยาคำ (2525 : 238) ศึกษาในเขตวิทยา ในทะเลสาบสงขลา พบสัตว์หน้าดิน 3 กลุ่ม ได้แก่ Arthropoda, Annelida และ Nemartea ซึ่งพบว่า Arthropoda ชุกชุมมากที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม ถึง ธันวาคม ส่วน วชิระ เหล็กนิ่ม และ พิมลพรพรณ สีละวัฒนากุล (2532 : 110) ศึกษาองค์ประกอบของสัตว์หน้าดิน บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลสาบ(คุชูด) พบ 12 กลุ่ม โดยมีสัตว์หน้าดินกลุ่ม Amphipods, Tanaidacea และ Gastropoda เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดิน จะแปรผันตามฤดูกาล

5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ทั้งคุณภาพน้ำและคุณภาพตะกอน บริเวณที่มีภาวะมลพิษแตกต่างกัน มีในรายงานการศึกษาของ จุมพล สงวนสิน (2533 : 425), Escobar (1989 : 45), Steimle (1990 : 1) ซึ่งพบว่า สัตว์หน้าดินจะสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม แตกต่างกันไปแต่ละชนิด ในการศึกษาการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินบริเวณเอสทูรี เปรียบเทียบกับทะเลเปิด พบว่า จำนวนชนิดของสัตว์หน้าดินในเอสทูรี จะมีน้อยกว่า แต่จำนวนประชากรแต่ละชนิดจะมาก เนื่องจากปัจจัยทางด้านอาหาร และความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ที่มีปัจจัยทางกายภาพ และเคมี เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อาทิเช่น ความเค็ม, อุณหภูมิ มีเฉพาะสัตว์หน้าดินบางชนิดที่สามารถปรับตัว และดำรงชีวิตอยู่ได้ จึงทำให้ความหลากหลายน้อยลง (ณัฐการ์ตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522 : 5/7)

Brey (1991 : 339) ศึกษาการแพร่กระจายของ *Arenicola marina* บริเวณ อ่าวค็ิล (Kiel Bay) พบว่า การเพิ่มปริมาณของสัตว์หน้าดินชนิดนี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ พฤติกรรมการอยู่อาศัย, กิจกรรมของตัวมันเอง และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ส่วน Reid et al. (1991 : 1) ได้ศึกษาชนิดของสัตว์หน้าดินในอ่าวนิวยอร์ก (New York Bight) ระหว่างปี 1980 ถึง 1985 พบว่า สัตว์หน้าดินพวก amphipods มีความสัมพันธ์กับน้ำทิ้งและตะกอนน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับคุณภาพน้ำ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ที่สัมพันธ์กับการดำรงชีวิตของสัตว์หน้าดิน มีหลายชนิด จากการศึกษาของจุมพล สงวนสิน (2533 : 425) พบว่า คุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับสัตว์หน้าดิน ได้แก่ ความเค็ม, อุณหภูมิ, ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และสมชาติ สุขวงศ์ (2511 : 41) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของสัตว์หน้าดินจะขึ้นอยู่กับความเค็มของน้ำ และอิทธิพลของลมมรสุม จากรายงานการศึกษาในปี 2512 (สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และ

สมชาติ สุขวงศ์, 2512 : 69) พบว่า สัตว์หน้าดิน มีความชุกชุมแตกต่างกันคือ บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ชุกชุมกว่าทะเลหลวง ส่วน Sun and Tang (1989 : 261) พบว่า สัตว์หน้าดินพวก polychaetes และ arthropods ชุกชุมในบริเวณที่มีความเค็มต่ำ ส่วนพวก molluscs พบในบริเวณที่มีความเค็มสูง สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และสมชาติ สุขวงศ์ (2513 : 231) พบว่า สัตว์หน้าดิน กลุ่ม Annelida เป็นพวกที่ชอบความเค็มของน้ำระดับปานกลาง

Marques et al. (1993 : 403) ศึกษาผลกระทบของน้ำจากแหล่งชุมชนต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรสัตว์หน้าดิน บริเวณเอสทูรีของโปรตุเกส พบว่า ลักษณะประชากรสัตว์หน้าดิน มีความสัมพันธ์กับ ความเค็ม และ กระแสน้ำ ส่วน Lim et al. (1991 : 31) พบว่าปริมาณน้ำจืดจำนวนมากที่ไหลออกมาจากแม่น้ำ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวของชุมชนสัตว์หน้าดินบริเวณปากแม่น้ำ ปริมาณความเค็มจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด ในการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในเอสทูรี โดยพบว่า เมื่อความเค็มลดลงจะทำให้จำนวนของสัตว์หน้าดินลดลงด้วย (นิญฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522 : 5/8) Ristich et al. (1977 : 254) รายงานว่า จำนวนชนิดของสัตว์หน้าดินที่พบในบริเวณปากน้ำแม่น้ำฮัดสัน มีความหลากหลายที่สุดในเขตที่มีความเค็มสูง ส่วน Yamamuro (1987 : 177) พบว่า ชนิดของสัตว์หน้าดินในบริเวณรอบเกาะคามิโอะชิเกิ (Kamikoshiki) จะเปลี่ยนแปลงตามความเค็ม ส่วนความหนาแน่นจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล และสัตว์หน้าดินกลุ่มเด่นจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของน้ำ

ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และคณิต ไชยาคำ (2525 : 238) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และปริมาณสัตว์หน้าดิน พบว่า *Upogebia* sp. มีความสัมพันธ์กับความเค็มและปริมาณออกซิเจนในน้ำ ส่วน *Apsuedes* sp. มีความสัมพันธ์กับความขุ่นใส และความลึกของน้ำ จากการศึกษารายงานของ Jakher (1986 : 217) พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างความลึกของน้ำกับความหลากหลายของชนิดสัตว์หน้าดิน จะเป็นในเชิงลบ แต่ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ กับความหลากหลายของชนิดสัตว์หน้าดิน จะเป็นในเชิงบวก Kullberg (1992 : 103) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับความเป็นกรด - ด่างของน้ำ บริเวณอ่าวของประเทศสวีเดน พบว่า สัตว์หน้าดินจะอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีความเป็นกรด - ด่าง ระหว่าง 4.2 - 8.0 และจากรายงานอีกหลายฉบับ พบว่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่มีความสัมพันธ์อย่างมากต่อการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน ได้แก่ ความเค็ม, ความลึก, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ, ระดับความลึกที่แสงสามารถส่องผ่าน และอุณหภูมิของน้ำ (บำรุงศักดิ์ ฉัตรอนันตเวช และสมชัย บุศราวิช, 2528 : 497; Prabhu et al. 1993 : 168; Chatananthawej and Bussarawit, 1987 : 1; Flint and Holland, 1980 : 1; Llansó, 1992 : 491; Bechara and Andreani, 1989 : 142; Edgar, 1991 : 589

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับตะกอน

สัตว์หน้าดินอาศัยอยู่บริเวณตะกอน ทั้งบนผิวดินและขุดรูอยู่ในตะกอนใต้น้ำ ดังนั้นการดำรงอยู่และการอพยพโยกย้าย จึงสัมพันธ์กับคุณสมบัติของตะกอนด้วย (Mann, 1982 : 190) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมของสัตว์หน้าดินกับฤดูกาล, สภาพทางกายภาพ และพฤษสภาพ (vegetation) ของตะกอน โดย Guyard *et al.*, 1993 : 59; Ann and Kang, 1991 : 61; Gambi and Giangrande, 1986 : 847; Poore and Rainer, 1979 : 477; Kalejta and Hookey, 1991 : 175) พบว่า องค์ประกอบของสัตว์หน้าดินสัมพันธ์กับชนิดของตะกอน Tantiachodok (1981 : 80) พบว่า ชนิดของพื้นหน้าดินและการขึ้นลงของน้ำ เป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมการแพร่กระจายและความชุกชุมของสัตว์หน้าดินบริเวณเกาะมะพร้าว จังหวัดภูเก็ต

การศึกษาสัตว์หน้าดินบริเวณชายฝั่งประเทศอังกฤษ พบว่า *Arenicola marina*, *Corophium arenarium* และ *Lanice conchilega* มีความสัมพันธ์กับชนิดของดินตะกอนอย่างมีนัยสำคัญ โดยมันจะอาศัยในโพรงที่มีตะกอนดินแตกต่างกัน (Jones and Jago, 1993 : 133) ส่วน Sanders (1958, อ้างถึงในปฏิญญารัตน์ ปภาวະสิทธิ์ 2522 : 5/8) ศึกษาชนิดของสัตว์หน้าดินในบริเวณ Long Island Sound และบริเวณ Buzzards Bay พบว่า พวกกินเศษซากตะกอน จะอยู่ในดินที่เป็นดินโคลนละเอียด ส่วนพวกกินอาหารมีชีวิต จะพบมากในบริเวณที่เป็นทราย จารุวัฒน์ นทีตะภา และ พิมพ์ บุญญภาค (2523 : 4) พบว่า ขนาดอนุภาคของตะกอน ที่มีผลต่อปริมาณของสัตว์หน้าดินพวก polychaetes ได้แก่ ดินโคลน เพราะจะมีแร่ธาตุอาหารสมบูรณ์กว่าทราย หยาบ และกรวดทราย ดังนั้นบริเวณที่มีตะกอนอนุภาคขนาดเล็ก จึงมีทั้งชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินสูงกว่าบริเวณอื่น (Aksornkoae, 1993 : 77; Service and Feller, 1992 : 13; Prabhu *et al.*, 1993 : 168)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกินอาหารของสัตว์หน้าดินกับลักษณะของตะกอนดิน พบว่า พฤติกรรมการกินอาหาร และ โครงสร้างของตะกอนดิน มีความสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน (Bianchi *et al.*, 1988 : 243; Harkantra, 1982 : 75) Nateewathana and Chatananthawej (1982 : 135) ศึกษาผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ บริเวณชายฝั่งต่อชุมชนสัตว์หน้าดิน ทางด้านตะวันตกของเกาะภูเก็ต โดยศึกษา ขนาดอนุภาค และ อินทรีย์วัตถุ พบว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดิน ส่วน Jakher (1986 : 217) พบว่า สัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีความแตกต่าง ของสัตว์หน้าดิน กับเปอร์เซ็นต์ของ อินทรีย์วัตถุ และปริมาณ silt - clay มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ นอกจากนี้ยังมีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับ ลักษณะโครงสร้างของตะกอนดิน, อนุภาคเม็ดดิน และแร่ธาตุต่างๆ ในดินอีกหลายฉบับ อาทิเช่น

Junoy and Vieitez (1990 : 329), Kawabara and Akimoto (1986 : 193), Hayashi (1988 : 2071), Rhode (1985 : 147), Rowe and Margalef (1985 : 589)

5.3 การใช้สัตว์หน้าดินเป็นเครื่องชี้บอกคุณภาพน้ำ

การศึกษาการเจริญเติบโต, วงชีวิต และความหนาแน่นของ chironomid larvae บริเวณที่มีการปนเปื้อนจากของเสียอย่างรุนแรง พบว่า บริเวณที่มีการปนเปื้อนมาก จะมีความหนาแน่นของตัวอ่อน *Chironomus sp.* มาก สัตว์ชนิดนี้สามารถใช้เป็นเครื่องชี้บอกภาวะมลพิษของแหล่งน้ำ (Beohara and Andreani, 1989 : 142; Urk *et al.*, 1992 : 2291) ส่วน Kikuohi (1991 : 158) พบว่า สัตว์หน้าดินที่ใช้เป็นเครื่องชี้บอกภาวะมลพิษทางน้ำได้ มี 2 ชนิด ที่สำคัญ ได้แก่ *Capitella sp.* และ *Theora lubrica* ส่วน Ferraro *et al.* (1991 : 387), Botton (1979 : 169), Swartz *et al.* (1986 : 1), Walker *et al.* (1979 : 112) พบว่า F. Capitellidae มีความชุกชุมมากในบริเวณชายฝั่งที่มีภาวะมลพิษทางน้ำ จากแหล่งน้ำทิ้งของชุมชนในเขตเมืองใหญ่ นอกจากนั้นยังมีรายงานการใช้สัตว์หน้าดินเป็นเครื่องชี้บอกคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ อีกหลายรายงาน อาทิ Bazzanti and Seminara (1987 : 261), Michaelis *et al.* (1992 : 201), Lim *et al.* (1991 : 31), Harkantra *et al.* (1982 : 75)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการแปรผันตามฤดูกาล ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการ และสัตว์หน้าดิน บริเวณคลองพะวง ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง
2. เพื่อศึกษาชนิด, ปริมาณ และการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน บริเวณคลองพะวง
3. เพื่อศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการ ที่มีความสัมพันธ์ต่อการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

1 วัสดุและอุปกรณ์

1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ

1.1.1 กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ แบบ Ruttner's flushed sampler
(Krajoa, 1989 : 66) (ภาพประกอบ 1)

1.1.2 ขวดแก้วสำหรับวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ขนาด
300 มิลลิลิตร

1.2 อุปกรณ์ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

1.2.1 เครื่องมือวัดความเค็มและอุณหภูมิของน้ำ (salinometer รุ่น SAL 50
ของ Central Kagaku CO., LTD.JAPAN)

1.2.2 อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์ออกซิเจนที่ละลายน้ำ และ บีโอดี

1.2.3 อุปกรณ์วัดความโปร่งแสง (secchi disc) (ภาพประกอบ 1) และความลึก

1.2.4 เครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH meter รุ่น Expand Mate
บริษัท Beckman-Riic LTD.UK.)

1.2.5 ตู้ป่มเชื้อ (incubator)

1.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนและสัตว์หน้าดิน

1.3.1 เครื่องมือตักดินแบบ Tamura grab (ภาพประกอบ 1)

1.3.2 ตะแกรงร่อน ขนาด 0.5 , 1 และ 5 มิลลิเมตร (ภาพประกอบ 1)

1.3.3 ปากคีบปลายแหลม

1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอนและสัตว์หน้าดิน

1.4.1 เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

1.4.2 ที่วัดความถ่วงจำเพาะ (hydrometer) ชนิดประเมินผลเนื้อดิน

1.4.3 เครื่องเขย่า (mechanical shake) และ ตาซึ่งละเอียด (ทศนิยมสามตำแหน่ง)

1.4.4 เครื่องแก้ววิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอน และไฮโดรเจนซัลไฟด์

1.4.5 กล้องจุลทรรศน์แบบ stereo microscope และ compound microscope



ภาพประกอบ 1 อุปกรณ์ที่สำคัญในการเก็บตัวอย่าง

- ก. ครอบเก็บน้ำแบบ Ruttner's flushed sampler
- ข. Secchi disc วัดความโปร่งแสง
- ค. Tamura grab เก็บตัวอย่างตะกอนและสัตว์หน้าดิน
- ง. ตะแกรงร่อน ขนาด 0.5, 1 และ 5 มิลลิเมตร

2 วิธีดำเนินการวิจัย /

2.1 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง /

ทำการเก็บตัวอย่างทั้งสองเดือน(ในช่วงสัปดาห์แรก) ตั้งแต่ พฤษภาคม 2536 ถึง พฤษภาคม 2537 รวมการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 7 ครั้ง

2.2 สถานที่เก็บตัวอย่าง ✓

กำหนดจุดสำรวจในการเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดิน คุณภาพน้ำ และคุณภาพตะกอน 7 สถานี (ภาพประกอบ 2 และ 3) ดังนี้

สถานี 1 ด้านเหนือสุดของคลอง เป็นบริเวณที่ได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานปลาป่นโดยตรง(point source) ลักษณะพื้นคลองมีตะกอนเลนสีดำ กลิ่นเหม็น น้ำมีสีเขียวคล้ำ ระดับความลึกของน้ำอยู่ในช่วง 0.4 - 1.1 เมตร ความลึกจะแปรเปลี่ยนตามการขึ้นลงของน้ำ ในช่วงน้ำลงต่ำสุดจะไม่สามารถนำเรือเข้าไปได้

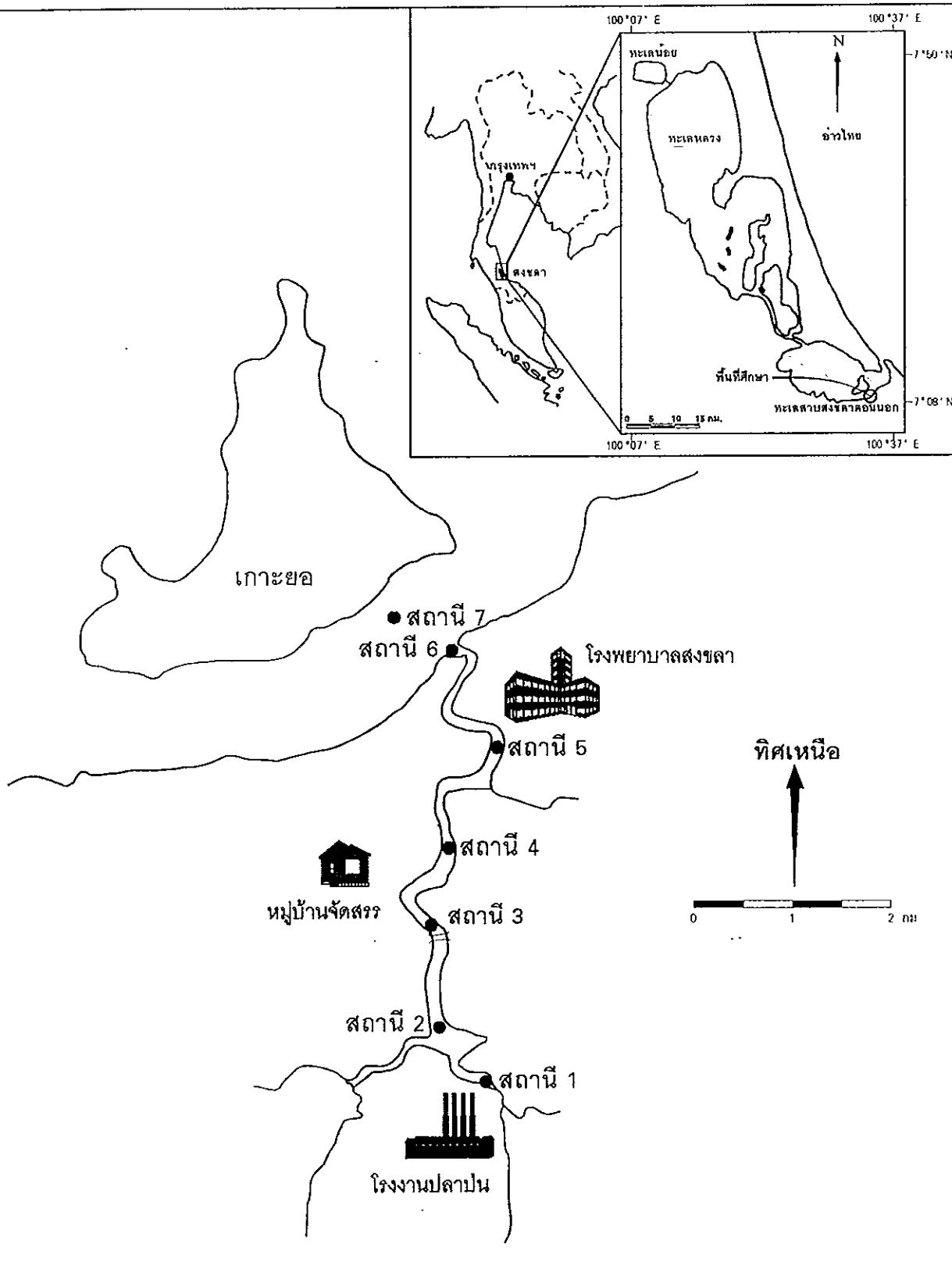
สถานี 2 ห่างจากสถานี 1 ไปทางปากคลองประมาณ 900 เมตร ลักษณะของตะกอนพื้นคลอง จะเป็นดินเลนสีดำ มีกลิ่นเหม็น ในช่วงฤดูร้อนมีชีแแดดลอยอยู่ทั่วไป น้ำมีสีเขียวคล้ำ ความลึกของน้ำอยู่ในช่วง 1.0 - 1.9 เมตร

สถานี 3 ห่างจากสถานี 2 ประมาณ 900 เมตร อยู่ใกล้กับสะพานข้ามคลอง (ถนนลพบุรีราเมศวร์) ดินเป็นสีดำ มีกลิ่นเหม็นในช่วงกลางฤดูฝน (พฤศจิกายน - มกราคม) เนื่องจากของเสียจากต้นคลองถูกพัดพามาทับถมในบริเวณดังกล่าว น้ำมีสีเขียวคล้ำ ความลึกประมาณ 1.5 - 2.5 เมตร ป่าชายเลนถูกทำลายเหลือเพียงเล็กน้อยบริเวณริมคลอง

สถานี 4 ห่างจากสถานี 3 ประมาณ 1,200 เมตร พื้นคลองจะเป็นโคลนสีดำ มีกลิ่นเหม็นในช่วงฤดูฝน เช่นเดียวกับสถานี 3 ความลึกของระดับน้ำ อยู่ระหว่าง 1.2 - 2.2 เมตร ด้านตะวันตกของคลองกำลังมีการปรับพื้นที่สร้างหมู่บ้านจัดสรร

สถานี 5 ห่างจากสถานี 4 ประมาณ 900 เมตร ด้านตะวันออกของสถานี เป็นบริเวณที่กำลังก่อสร้างโรงพยาบาลสงขลาแห่งใหม่ ด้านตะวันตกของคลองยังคงมีป่าชายเลนหนาแน่น พรรณไม้ประกอบด้วย โกงกาง, เป้งและตาตุ่ม ความลึกของน้ำอยู่ในช่วง 1.4 - 2.7 เมตร

สถานี 6 บริเวณปากคลองพะวง ซึ่งเชื่อมต่อกับทะเลสาบสงขลาตอนล่าง พื้นคลองเป็นดินสีน้ำตาลปนเหลือง มีน้ำหนึ่กมาก ความลึกของน้ำอยู่ในช่วง 1.7 - 2.8 เมตร มีป่าชายเลนอยู่หนาแน่น



ภาพประกอบ 2 แสดงสถานีเก็บตัวอย่าง บริเวณคลองพะวง ทะเลสาบสงขลา
 ตอนล่าง (ละติจูดที่ 7° 14' N ลองจิจูด 100° 34' E , บริเวณปากคลอง)



สถานี 1



สถานี 2



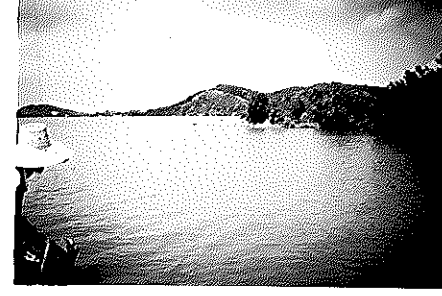
สถานี 3



สถานี 4



สถานี 5



สถานี 6



สถานี 7

ภาพประกอบ 3 แสดงสภาพภูมิประเทศบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 7 สถานี

สถานี 7 อยู่ห่างจากปากคลองออกไปในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ประมาณ 500 เมตร ลักษณะของตะกอนเป็นสีน้ำตาลปนเหลือง แต่มีน้ำหนักเบาว่าสถานี 6 ความลึกของน้ำ อยู่ในช่วง 1.7 - 2.5 เมตร

2.3 การเก็บและวิเคราะห์น้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำในระดับเหนือพื้นก้นน้ำ 50 เซนติเมตร ด้วยกระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทั้งที่บนเรือ ได้แก่ ความเค็ม, ความเป็นกรด - ด่างของน้ำ, อุณหภูมิ และเก็บตัวอย่างน้ำ โดยปราศจากฟองอากาศ ในขวดแก้วสำหรับวิเคราะห์ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen) แล้วตรึงด้วยสารละลายแมงกานีสซัลเฟต และอัลคาไลน์ ไฮโดรไดด์ เอไซด์ อย่างละ 2 มิลลิลิตร ปิดฝาจุกให้สนิท เขย่าให้สารละลายเข้ากับน้ำ เก็บในที่อุณหภูมิต่ำ ก่อนนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีไทเตรท ตามวิธีของ APHA, AWWA and WPCF (1985 : 525 - 531) หน่วยที่ได้เป็น มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำที่นำมาวิเคราะห์บีโอดี ในห้องปฏิบัติการ เก็บโดยใส่ขวดพลาสติก ขนาด 1 ลิตร แขนงสองเก็บความเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เมื่อถึงห้องปฏิบัติการ ถ่ายน้ำจากขวดพลาสติกลงในขวดแก้วสำหรับวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 3 ขวด ขวดที่ 1 วิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำทันที (DO_0) ขวดที่ 2 และ 3 บ่มไว้ในตู้บ่ม อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อนำออกมาวิเคราะห์ หลังจากขวดแรก 5 วัน (BOD_5) (Masters, 1991 : 117) ในการเตรียมน้ำเพื่อการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี ต้องเจือจางน้ำตามระดับความเข้มข้นของอินทรีย์สาร (พิมล เรียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์, 2525 : 203)

2.4 การเก็บและวิเคราะห์ตะกอน

2.4.1 เก็บตัวอย่างโดยใช้ Tamura Grab (Kuwabara and Akimoto, 1986 : 193) มีพื้นที่หน้าตัด 0.05 ตารางเมตร และเก็บดินได้ลึก 15 - 20 เซนติเมตร สถานีละ 6 ซ้ำ (Marques et al., 1993 : 405) ใส่ในถุงพลาสติก เก็บในที่ร่ม

2.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.4.2.1 ขนาดอนุภาคตะกอน (particle size) นำตะกอนที่ได้มาอบแห้ง ก่อนบดละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง ขนาดตา 200 ช่องต่อตารางเซนติเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์โดยวิธีเชิงกล (hydrometer method) ใช้สารละลายแคลคอกอน เป็นตัวกระจายอนุภาค (dispersing agent) (Botton, 1979 : 171) ผลที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay (Marques et al., 1993 : 405) แล้วประเมินประเภทของเนื้อดินโดยใช้ตารางสามเหลี่ยม (ภาคผนวก ข.)

2.4.2.2 ค่าความเป็นกรด - ด่างในตะกอน ทำการตรวจวัดความเป็นกรด - ด่างของตะกอนแห้งในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี Electrometric method ตามหลักการของ ASA and SSSA (Page et al., 1982 : 208)

2.4.2.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในตะกอน (organic matter) นำตะกอนที่ได้จากการตากแห้งในที่ร่ม บดละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง ขนาดตา 200 ช่องต่อตารางเซนติเมตร แล้ววิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน Wet Oxidation (Walkey and Black method) โดยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เป็นตัวออกซิไดซ์ แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นของตัวออกซิไดซ์ที่ลดลง (Page et al., 1982 : 565)

2.4.2.4 ซัลไฟด์ทั้งหมดในตะกอน เก็บตะกอนใส่ในถุงพลาสติก ถุงละ 1 grab ใส่อากาศออกแล้วมัดปากถุงให้แน่นเก็บในที่ร่ม เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ ตักตะกอนจากถุงใหญ่ใส่ถุงเล็ก ที่มีฝาปิดแบบสุญญากาศ ถุงละ 5 กรัม ตีรังด้วย Zinc acetate 2 N ถุงละ 2 มิลลิลิตร ใส่อากาศในถุงให้เหลือน้อยที่สุด แล้วมัดปากถุงทันที เก็บตัวอย่างเพื่อรอวิเคราะห์โดยการแช่แข็งในการวิเคราะห์ใช้หลักการตรวจวัดซัลไฟด์ ในสภาพประจุกับโลหะ จากการกลั่นในสภาวะที่เป็นกรด เพื่อแยกซัลไฟด์ที่อยู่ในตะกอน ให้เป็นสารละลาย แล้ววิเคราะห์หาซัลไฟด์โดยวิธี Methylene blue method ตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ 650 นาโนเมตร (Chapman and Pratt, 1982 : 190)

2.5 การเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดิน

2.5.1 เก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดิน โดย Tamura Grab ตักตะกอนหน้าดินสถานีละ 6 ซ้ำ ใส่ถุงพลาสติก การตักในแต่ละสถานี จะกระจายการตักแบบสุ่มตลอด ไม่ซ้ำจุดเดิม เก็บรักษาตัวอย่างในที่ร่มขณะอยู่ในเรือ นำมาร่อนผ่านตะแกรง 3 ระดับชั้น คือ ขนาดช่องตา 5 มิลลิเมตร, 1 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตร จากชั้นบน, ชั้นกลาง และชั้นล่าง ตามลำดับ โดยใช้น้ำสะอาดชะเอาตะกอนออกไป สัตว์หน้าดินที่ได้เป็นสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ (macrobenthic fauna) (Steimle, 1990 : 2; Flint and Holland, 1980 : 3; Dauer and Conner, 1980 : 337) แล้วจึงใช้ปากคีบปลายแหลมเก็บตัวอย่าง ใส่ในขวดเก็บตัวอย่าง ดองในน้ำยาฟอร์มาลีน 10 เปอร์เซ็นต์ (Llansó, 1992 : 494; James and Gibson, 1980 : 675) ที่ผสมด้วย Rose bengal เพื่อให้ตัวอย่างติดสีและมองเห็นเด่นชัดขึ้น (Botton, 1979 : 171; Flint and Holland, 1980 : 3) ส่วนสัตว์หน้าดินขนาดเล็กกว่า ซึ่งไม่สามารถเก็บในขณะนั้น ได้ทำการเก็บรวบรวมกับเศษตะกอนที่เหลือ เพื่อนำไปคัดเลือกในห้องปฏิบัติการต่อไป

2.5.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำการคัดเลือกสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก ที่อยู่ในเศษตะกอน ภายใต้กล้อง Stereo microscope แล้วเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์หน้าดินในเอทิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ผสมกับน้ำยา Rose bengal (Marques *et al.*, 1993 : 405) นำตัวอย่างสัตว์หน้าดินทั้งหมด มาศึกษาองค์ประกอบโดยการจำแนกประเภท (classification) เป็นกลุ่มย่อย ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แบบ Stereo microscope และ Compound microscope โดยพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานและกายวิภาค ตามตำราการจำแนกประเภทของ Day (1967a and 1967b), Tantanasiriwong (1978), Abbott and Dance (1985), Fauvel (1953), Kensley (1978), Smith (1977), Imajima and Hartman (1964) และ Fauchald (1977)

2.5.3 การรายงานผล

2.5.3.1 ความชุกชุมและมวลชีวภาพ

โดยการนับจำนวนตัวของสัตว์หน้าดินแต่ละชนิด แล้วคำนวณเป็นจำนวนตัวต่อตารางเมตร ส่วนการหามวลชีวภาพ(เป็นน้ำหนักแห้ง) ทำโดยการนำตัวอย่างสัตว์หน้าดินอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ให้ง่ายในโถดูดความชื้น คำนวณผลเป็นน้ำหนัก (กรัมต่อตารางเมตร)

2.5.3.2 ค่าดัชนีความหลากหลาย (Diversity index) (ถันฐา หังสพฤกษ์, 2535 : 139) และค่าการกระจายของสิ่งมีชีวิต (Evenness; V')

หาค่าดัชนีความหลากหลาย โดยใช้ Shannon - Wiener index; H' (Valiela, 1995 : 309; Pielou, 1977 : 299) จากสมการ

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

เมื่อ H' = ค่าดัชนีความหลากหลาย

$$p_i = (n_i / N)$$

n_i = จำนวนสัตว์หน้าดินแต่ละชนิด ณ. สถานี ก.

N = จำนวนสัตว์หน้าดินทั้งหมด ณ. สถานี ก.

โดยทั่วไปถ้าดัชนีความหลากหลายมีค่าต่ำ แสดงว่าจำนวนชนิดมีน้อย และในทางตรงกันข้ามถ้าดัชนีความหลากหลายมีค่าสูง แสดงว่าจำนวนชนิดมีมาก แต่ค่าดังกล่าวไม่สามารถบอกสัดส่วนปริมาณสัตว์หน้าดินแต่ละชนิดได้ จึงต้องพิจารณาค่าการกระจายของสิ่งมีชีวิต (Evenness; V') ด้วย ถ้ามีค่ามากแสดงว่า จำนวนตัวของสัตว์หน้าดินแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน แต่ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่า จำนวนตัวแต่ละชนิดในสถานีนั้นแตกต่างกันมาก โดยสัตว์หน้าดินบางชนิดมีจำนวนมาก แต่บางชนิดกลับมีน้อย (Pielou, 1977 : 308) ซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$V' = H' / \log S$$

โดยที่ V' = ค่าการกระจายของสิ่งมีชีวิต (ในบางครั้งอาจใช้ J' , Llansó, 1992 : 504)

H' = ดรรชนีความหลากหลาย

S = จำนวนชนิดของสัตว์หน้าดินทั้ง 7 สถานี

2.6. การประมวลผลทางสถิติ

2.6.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ในแต่ละพารามิเตอร์ ทั้ง 7 ครั้งที่สำรวจ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบจำแนก 2 ทาง (Two - way classification)

2.6.2 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและความชุกชุมของสัตว์หน้าดิน แต่ละสถานีทั้ง 7 ครั้งที่สำรวจ รายงานผลเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) (อภิญา วรศักดิ์การ, 2533 : 240) โดยประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ถ้าค่ามากกว่า 0.60 และน้อยกว่า -0.60 มีความสัมพันธ์กันมาก ค่าระหว่าง -0.50 ถึง 0.50 มีความสัมพันธ์ต่อกันน้อย (ณัฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2524 : 88) ในการวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมด ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Windows V.3.11 (Microsoft Excel V. 4.0 และ Microsoft Excel V. 5.0)

บทที่ 3

ผลการศึกษา

1 บีจัยทางสิ่งแวดล้อม

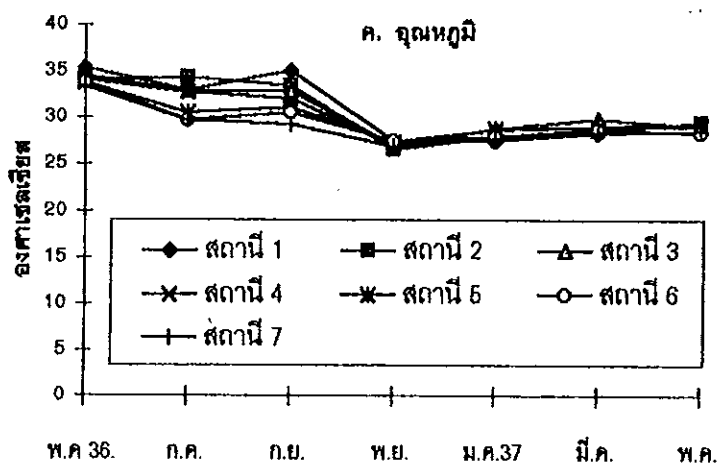
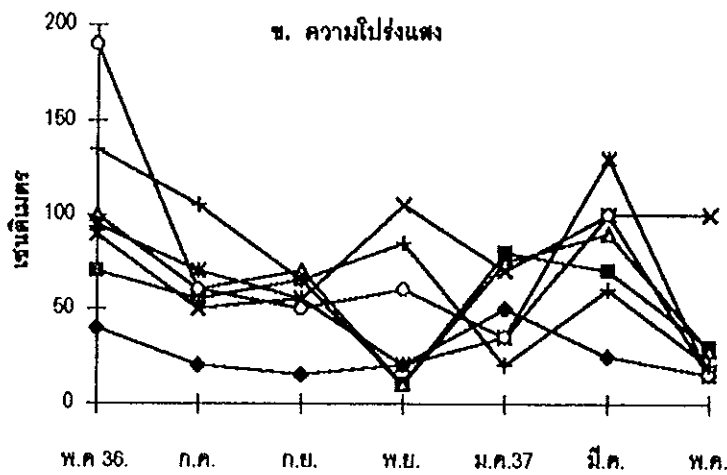
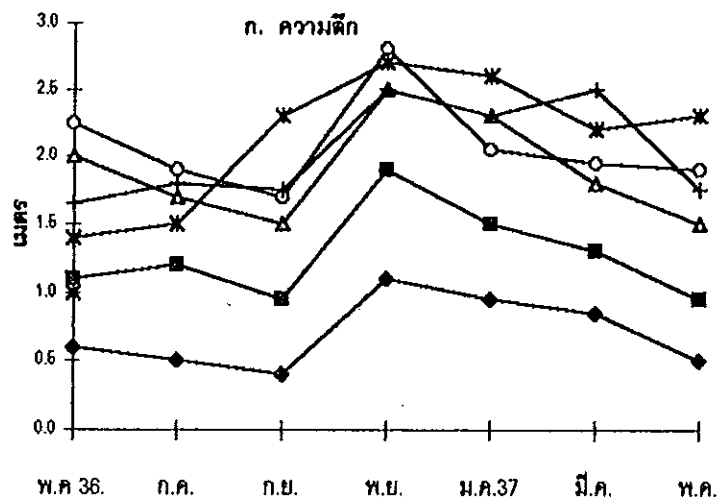
1.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ความลึกของน้ำบริเวณคลองพระวง อยู่ในช่วง 0.4 ถึง 2.8 เมตร โดยสถานี 1 ตื้นที่สุด และสถานี 5 ลึกที่สุด ความลึกของน้ำเฉลี่ยจากสถานี 1 ถึงสถานี 7 มีค่า 0.7, 1.3, 1.9, 1.6, 2.1, 2.1 และ 2.0 เมตรตามลำดับ น้ำลึกที่สุดในเดือนพฤศจิกายน 2536 และตื้นที่สุดในเดือนพฤษภาคม 2537 (ภาพประกอบ 4 ก.)

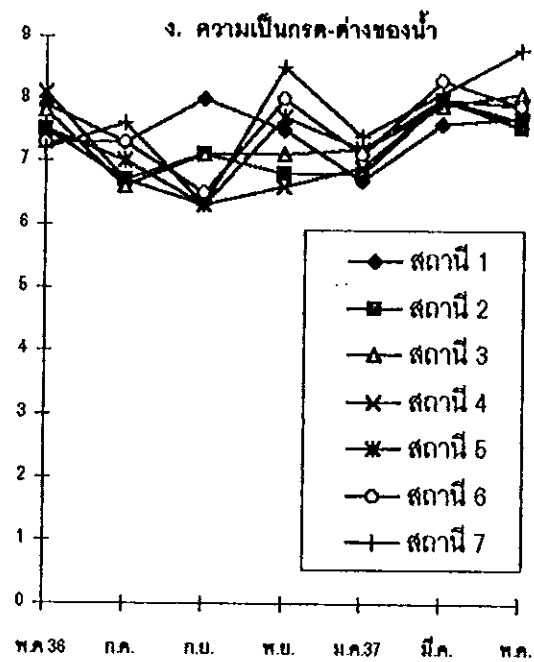
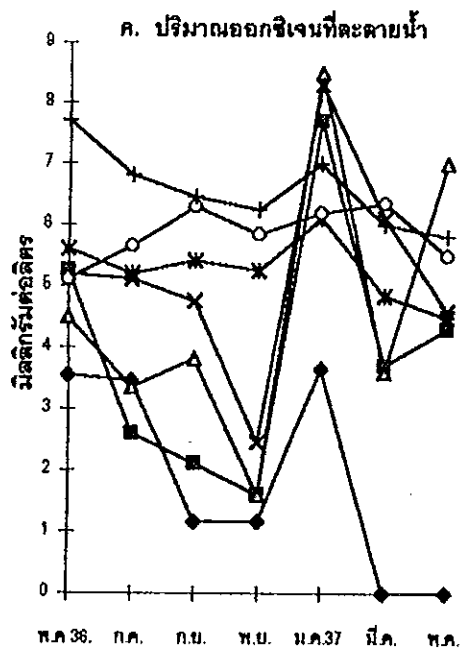
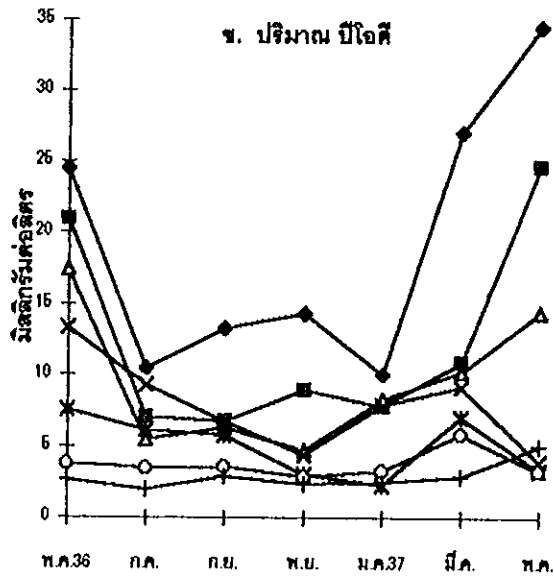
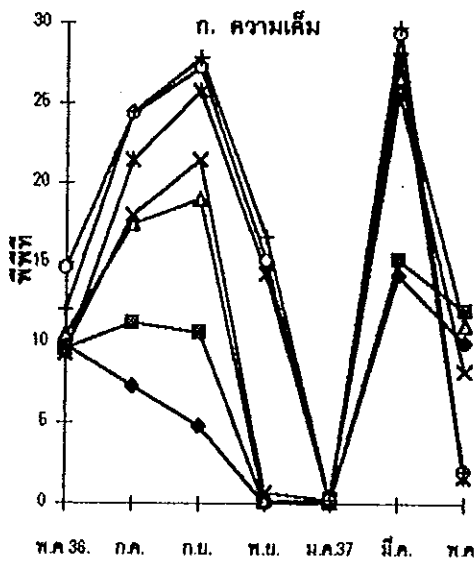
ความโปร่งแสงของน้ำ อยู่ในช่วง 10 ถึง 190 เซนติเมตร สถานี 4 มีความโปร่งแสงเฉลี่ยมากที่สุด (81.4 เซนติเมตร) และ สถานี 1 น้อยที่สุด (26.4 เซนติเมตร) ความโปร่งแสงในแต่ละสถานี แตกต่างกันอย่างตลอดช่วงการศึกษา (ภาพประกอบ 4 ข.) กล่าวคือ ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2536 แต่ละสถานีมีความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 40 ถึง 190 เซนติเมตร เดือนกรกฎาคม ถึง มกราคม 2537 อยู่ในช่วง 10 ถึง 105 เซนติเมตร เดือนมีนาคม อยู่ในช่วง 25 ถึง 130 เซนติเมตร และเดือนพฤษภาคม อยู่ในช่วง 15 ถึง 100 เซนติเมตร

อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 26.9 ถึง 35.4 องศาเซลเซียส สถานี 1 มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (30.7 องศาเซลเซียส) และสถานี 7 มีอุณหภูมิต่ำสุด (29.1 องศาเซลเซียส) เดือนพฤษภาคม 2536 มีอุณหภูมิสูงสุด (34.1 องศาเซลเซียส) และเดือนมกราคม 2537 มีอุณหภูมิต่ำสุด (28.2 องศาเซลเซียส) (ภาพประกอบ 4 ค.)

ความเค็มของน้ำบริเวณคลองพระวง มีค่ามากบริเวณปากคลอง แล้วลดลงตามระยะทางที่เข้าไปในคลอง ความเค็มจากทุกสถานีมีค่าอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 29.7 พีพีที โดยมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน กล่าวคือ เดือนพฤษภาคม ถึง กันยายน 2536 ความเค็มของน้ำในแต่ละสถานีอยู่ในช่วง 4.8 ถึง 27.8 พีพีที เดือนพฤศจิกายน 2536 ถึง มกราคม 2537 ความเค็มลดลงจนต่ำสุด (0.1 พีพีที, สถานี 1 - 3) แต่กลับสูงขึ้นมากที่สุดในเดือนมีนาคม (29.7 พีพีที, สถานี 7) ก่อนลดลงอีกในเดือนพฤษภาคม (1.7 - 12.0 พีพีที) (ภาพประกอบ 5 ก.)



ภาพประกอบ 4 ความลึก, ความโปร่งแสง และอุณหภูมิของน้ำ บริเวณคลองพะวง (ค่าเฉลี่ย 7 สถานี) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2536 ถึง พฤษภาคม 2537



ภาพประกอบ 5 ความเค็ม, ปริมาณบีโอดี, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และความเป็นกรด - ด่างของน้ำ บริเวณคลองพะวง(ค่าเฉลี่ย 7 สถานี) ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2536 ถึง เดือนพฤษภาคม 2537

ค่าบีโอดีของน้ำ ตลอดการศึกษา อยู่ในช่วง 2.0 mg.l^{-1} ถึง 34.5 mg.l^{-1} แนวโน้ม การแปรผัน ลดลงตามระยะทางจากสถานีที่อยู่ต้นคลอง (สถานี 1, ที่ตั้งโรงงาน) จนถึงสถานีที่อยู่ ปากคลอง (สถานี 7, ในทะเลสาบตอนล่าง) ค่าบีโอดีสูงสุดบริเวณสถานี 1 (อยู่ในช่วง 10 mg.l^{-1} ถึง 34.5 mg.l^{-1}) ค่าบีโอดีต่ำสุดที่สถานี 7 (อยู่ในช่วง 2 mg.l^{-1} ถึง 5 mg.l^{-1}) (ภาพประกอบ 5 ข.) ค่าบีโอดีเฉลี่ยสูงสุด ในเดือนพฤษภาคม 2536 (12.9 mg.l^{-1}) และมีค่าต่ำสุดในเดือน พฤศจิกายน (เฉลี่ย 5.8 mg.l^{-1})

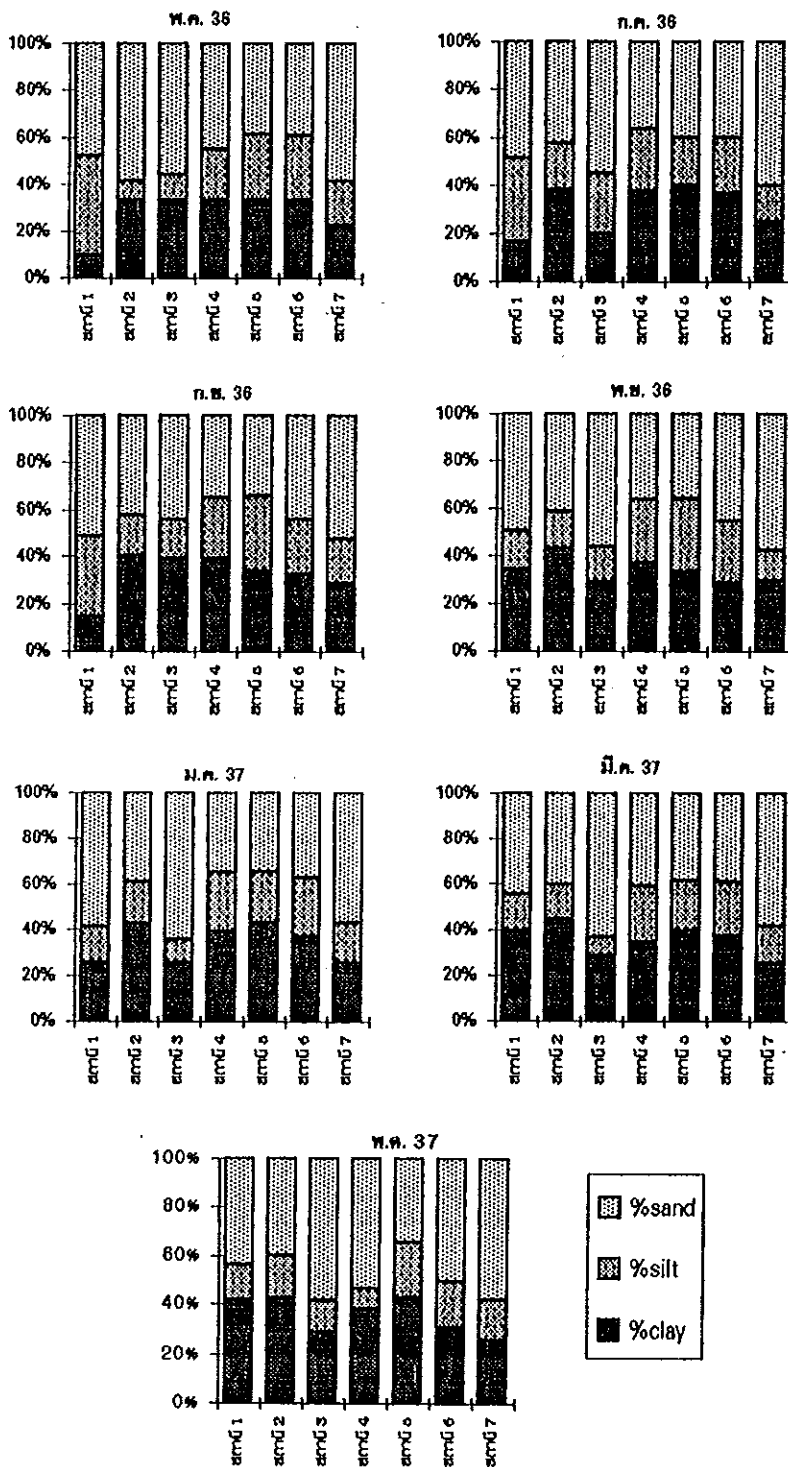
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตลอดการศึกษา อยู่ในช่วง 0 mg.l^{-1} ถึง 8.5 mg.l^{-1} โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เฉลี่ยมากที่สุดบริเวณปากคลอง (สถานี 7, อยู่ในช่วง 5.8 mg.l^{-1} ถึง 7.7 mg.l^{-1}) แล้วลดลงตามระยะทางจนถึงต้นคลอง (สถานี 1, อยู่ในช่วง 0 mg.l^{-1} ถึง 3.7 mg.l^{-1}) การแปรผันในรอบปี พบว่า เดือนมกราคม 2537 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงสุด เฉลี่ย 6.8 mg.l^{-1} และต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เฉลี่ย 3.5 mg.l^{-1} (ภาพประกอบ 5 ค.)

ความเป็นกรด - ด่างของน้ำ ตลอดการศึกษา อยู่ในช่วง 6.3 ถึง 8.8 ในแต่ละสถานี มีค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย สถานี 7 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าสถานีอื่น ๆ (มีค่า 7.7) สถานี 2 และ 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (มีค่า 7.2) ตลอดการศึกษาเดือนกันยายน มีความ เป็นกรด - ด่างต่ำสุด อยู่ในช่วง 6.3 ถึง 7.1 (ยกเว้นสถานี 1 มีค่า 8.0) และสูงที่สุดในเดือน มีนาคม อยู่ในช่วง 7.6 ถึง 8.3 (ภาพประกอบ 5 ง.)

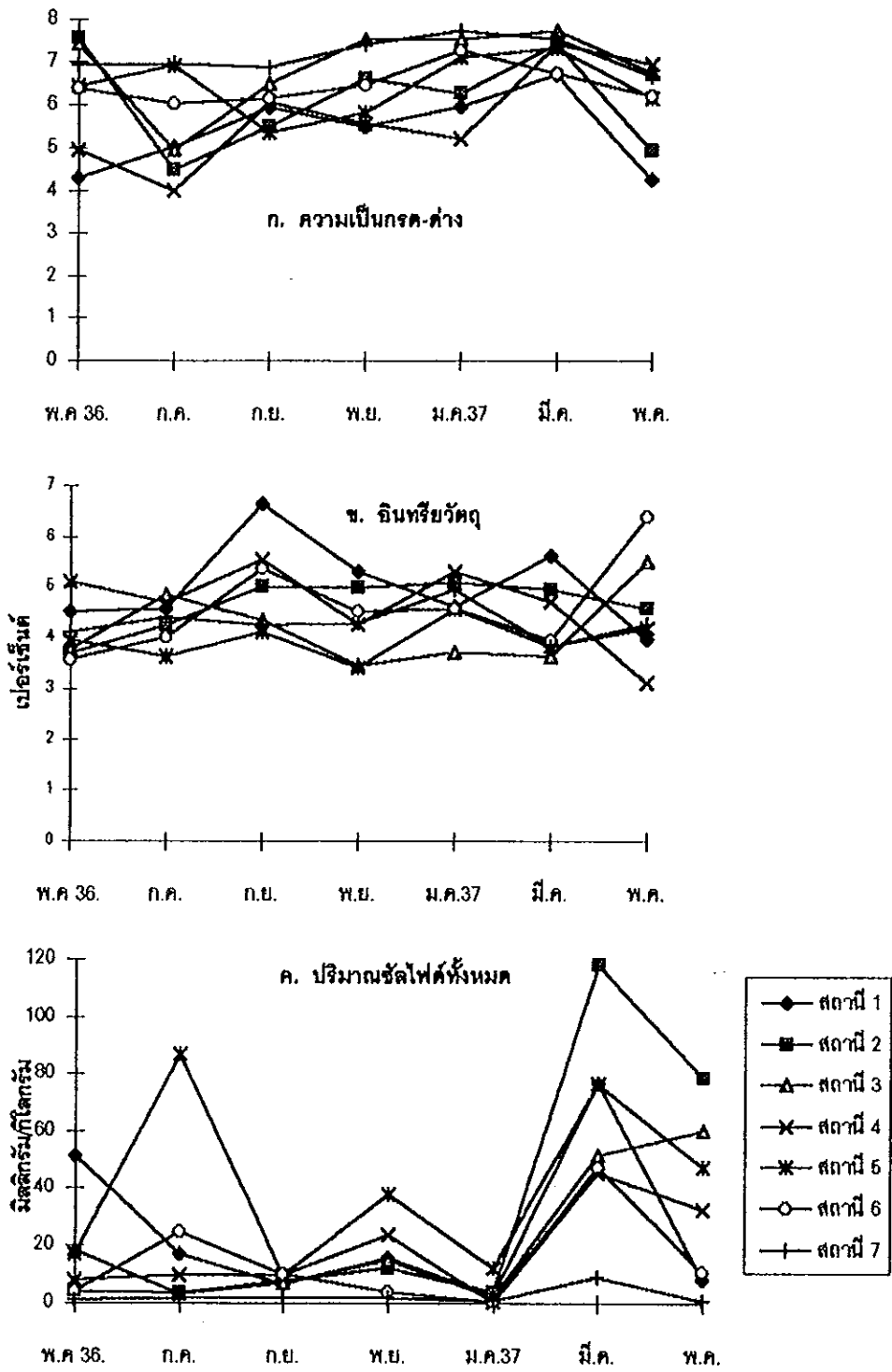
1.2 คุณภาพตะกอนทางกายภาพและเคมี

ขนาดอนุภาคตะกอน พบว่า มี silt - clay อยู่ในช่วง 35.6 ถึง 69.3 เปอร์เซ็นต์ โดย แตกต่างกันตามสถานี กล่าวคือ บริเวณสถานี 1 และ 2 silt - clay อยู่ในช่วง 41.6 ถึง 61.0 เปอร์เซ็นต์ สถานี 3 อยู่ในช่วง 35.6 ถึง 55.5 เปอร์เซ็นต์ สถานี 4, 5 และ 6 silt - clay สูงขึ้น เล็กน้อย อยู่ในช่วง 46.1 ถึง 69.3 เปอร์เซ็นต์ และสถานี 7 มี silt - clay ต่ำกว่าสถานีอื่น ๆ คือ อยู่ในช่วง 40.0 ถึง 47.4 เปอร์เซ็นต์ (ภาพประกอบ 6)

ความเป็นกรด - ด่างของตะกอน ตลอดการศึกษา อยู่ในช่วง 4.0 ถึง 7.7 โดยการ เปลี่ยนแปลงขึ้นลงของค่าอยู่ในช่วงกว้าง กล่าวคือ สถานี 1 มีค่าต่ำสุด (4.3 ถึง 6.7) สถานี 7 มี ค่าสูงสุด (6.6 ถึง 7.7) ส่วนสถานีกลางคลองอยู่ในช่วง 4.0 - 7.7 การแปรผันในรอบปี พบว่า เดือนมีนาคม ความเป็นกรด - ด่างเฉลี่ยสูงสุด (7.2) และเดือนกรกฎาคม ค่าเฉลี่ยต่ำสุด (5.5) (ภาพประกอบ 7 ก.)



ภาพประกอบ 6 สัดส่วนของ เปรอร์เซ็นต์ Sand, Silt และ Clay ในแต่ละสถานี ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537



ภาพประกอบ 7 ความเป็นกรด - ด่าง, อินทรีย์วัตถุ และซัลไฟต์ทั้งหมดในตะกอน บริเวณคลองพระวง(ค่าเฉลี่ย 7 สถานี) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537

อินทรีย์วัตถุในตะกอน ตลอดจนการศึกษา อยู่ในช่วง 3.1 ถึง 6.7 เปอร์เซ็นต์ ในสถานี 5 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (4 เปอร์เซ็นต์) สถานี 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (5 เปอร์เซ็นต์) ตลอดจนการศึกษา อินทรีย์วัตถุในตะกอนในเดือนต่างๆ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (4.1 ถึง 4.7 เปอร์เซ็นต์) ยกเว้นในเดือนกันยายน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (5 เปอร์เซ็นต์) (ภาพประกอบ 7 ข.)

ปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมดในตะกอนของสถานีต่าง ๆ ตลอดจนการศึกษา อยู่ในช่วง 0.3 ถึง 117.9 mg.kg⁻¹ ซึ่งมีการแปรผันอย่างมากตามฤดูกาลและสถานี โดยในเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม 2536 มีปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมดเฉลี่ย 14.9 และ 20.9 mg.kg⁻¹ เดือนกันยายน ปริมาณลดลง (เฉลี่ย 7.5 mg.kg⁻¹) และเดือนมีนาคม มีปริมาณสูงสุด (เฉลี่ย 60.5 mg.kg⁻¹) ความแตกต่างของปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมดในตะกอน ระหว่างสถานี พบว่า สถานี 5 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (41.0 mg.kg⁻¹) สถานี 2, 1 และ 3 รองลงมาโดยมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (มากกว่า 22.3 mg.kg⁻¹) และสถานี 7 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (2.4 mg.kg⁻¹) (ภาพประกอบ 7 ค.)

2 สัตว์หน้าดิน

2.1 ความหลากหลาย

การสำรวจสัตว์หน้าดินบริเวณคลองพะวง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537 พบสัตว์หน้าดิน 6 ไฟลัม ได้แก่ Platyhelminthes, Nemertea, Annelida, Arthropoda, Mollusca และ Chordata ประกอบด้วยกลุ่มสัตว์หน้าดินที่พบเด่น 4 กลุ่ม คือ polychaetes, crustaceans, bivalves และ gastropods

จำนวนชนิดสัตว์หน้าดินทั้งหมด 72 ชนิด ในจำนวนนี้เป็นไฟลัม Annelida 37 ชนิด (polychaetes 36 ชนิด, oligochaetes 1 ชนิด), Arthropoda 18 ชนิด, Mollusca 11 ชนิด และไฟลัมอื่น ๆ (Nemertea, Chordata และ Platyhelminthes) 6 ชนิด

สัตว์หน้าดินกลุ่มที่พบทุกครั้งที่สำรวจ ได้แก่ *Heteromastus sp.*, *Nephtys sp.*, *Ceratonereis sp.*, *Grandidierella sp.*, *Eriopisella sp.*, *Upogebia sp.* (พบว่ามีไข่แก่ในช่วงเดือนมีนาคม), *Perna sp.*, *Cerithidea sp.* และ oligochaetes

สถานีที่มีความหลากหลายมากที่สุด ได้แก่ สถานี 6 มีสัตว์หน้าดิน 53 ชนิด รองลงมาได้แก่ สถานี 7 มี 46 ชนิด และสถานี 5 มี 40 ชนิด (ตาราง 1) ตลอดจนการศึกษาเดือนพฤษภาคม 2537 มีสัตว์หน้าดินหลากหลายชนิดที่สุด (43 ชนิด) และเดือนมกราคม น้อยที่สุด (23 ชนิด)

ตาราง 1 ชนิดการแพร่กระจายและความชุกชุมของสัตว์หน้าดิน บริเวณคลองพะวง ระหว่าง
เดือน พฤษภาคม 2536 ถึง เดือนพฤษภาคม 2537

ชนิด	สถานีที่พบ	จำนวนสูงสุด (ตัว/ม ²)	2536	2537
ANNELIDA				
Polychaeta				
Nereidae				
<i>Nereis</i> sp.	4	287.1	พ.ค.,ก.ย.	พ.ค.
<i>Dendronereis</i> sp.	4,5	924.0	พ.ค.	มี.ค.,พ.ค.
<i>Ceratonereis</i> sp.	5,6,7	405.9	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
Syllidae				
<i>Eusyllis</i> sp.	4	9.9	พ.ค.	พ.ค.
<i>Syllis</i> sp.	4,5,6,7	26.4	พ.ย.	พ.ค.
Serpulidae				
<i>Spirorbis</i> sp.	4	112.2		พ.ค.
Eunicidae				
<i>Eunice</i> sp.	4,6	26.4		พ.ค.
<i>Diopatra</i> sp.	6,7	66.0	พ.ค.,ก.ย.	
<i>Lumbrineris</i> sp.	4,5,6,7	99.0	ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	พ.ค.
Nephtyidae				
<i>Nephtys</i> sp.	4,5,6,7	363.0	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
Paraonidae				
<i>Arioidae</i> sp.	4,5	105.6	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.	
<i>Paraonis</i> sp.	4,5,6,7	231.0	พ.ค.,ก.ค.,พ.ย.	มี.ค.,พ.ค.
Maldanidae				
<i>Maldane</i> sp.	5,6,7	158.4	ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.
Cirratulidae				
<i>Tharyx</i> sp.	5,6	132.0	พ.ย.	พ.ค.
<i>Cirriformia</i> sp.	5,6,7	178.2	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.	มี.ค.,พ.ค.
Palmyridae				
<i>Palaeonotus</i> sp.	5,6	13.2	พ.ย.	มี.ค.

ตาราง 1 (ต่อ)

ชนิด	สถานีที่พบ	จำนวนสูงสุด (ตัว/ม ²)	2536	2537
Aphroditidae				
<i>Pholoe</i> sp.	6,7	16.6	พ.ค.,ก.ย.	พ.ค.
Capitellidae				
<i>Heteromastus</i> sp.	4,5,6,7	2626.8	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
Glyceridae				
<i>Glycera</i> sp.	5,6,7	138.6	ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	
Pilargidae				
Unidentified sp.	4,5	3.3	พ.ย.	ม.ค.
<i>Sigambra</i> sp.	5,6,7	26.4	พ.ค.,ก.ค.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
Pisionidae				
<i>Pisione</i> sp.	6	6.6	ก.ย.	
Trochochaetidae				
<i>Poecilochatus</i> sp.	5	33.0	พ.ค.,ก.ย.	
Alciopidae				
<i>Vanadis</i> sp.	7	39.6	พ.ค.	มี.ค.
Sabellidae				
<i>Potamilla</i> sp.	6	6.6	พ.ย.	
<i>Sabella</i> sp.	5,6,7	244.2	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.	มี.ค.,พ.ค.
<i>Jasmineira</i> sp.	1	6.6		ม.ค.
Spionidae				
<i>Malacoceros</i> sp.	1,3,4,5,6,7	491.7	พ.ค.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
<i>Polydora</i> sp.	1,5	19.8	พ.ย.	ม.ค.
Terebellidae				
<i>Terebella</i> sp.	7	6.6	พ.ค.	มี.ค.
Iospilidae				
<i>Phalacrophorus</i> sp.	6	69.3	พ.ย.	
Hesionidae				
<i>Ophiodromus</i> sp.	5,6,7	16.5	พ.ค.,พ.ย.	

ตาราง 1 (ต่อ)

ชนิด	สถานีที่พบ	จำนวนสูงสุด (ตัว/ม ²)	2536	2537
Flabelligeridae				
<i>Diplocirrus</i> sp.	7	9.9	พ.ย.	พ.ค.
<i>Pherusa</i> sp.	1	13.2		ม.ค.
Oweniidae				
<i>Sternaspis</i> sp.	6,7	16.5	ก.ค.,พ.ย.	
Cossuridae				
<i>Cossura</i> sp.	6	6.6	ก.ย.	
Oligochaeta				
Unidentified sp.	4,5,6,7	953.7	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
ARTHROPODA				
Crustacea				
Malacostraca				
Amphipoda				
<i>Grandidierella</i> sp.	4,5,6,7	1191.3	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
<i>Eriopisella</i> sp.	4,5,6	660.0	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
<i>Leucothoe</i> sp.	5,6	102.3		ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
Isopoda				
<i>Sphaeroma</i> sp.	7	13.2	พ.ย.	พ.ค.
<i>Apanthura</i> sp.	6,7	66.0	พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
<i>Paranthura</i> sp.	6,7	66.0		มี.ค.,พ.ค.
Tanaidacea				
<i>Apseudes</i> sp.1	5,6,7	36.3		ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
<i>Apseudes</i> sp.2	5,6	19.8		มี.ค.,พ.ค.
Decapoda				
<i>Metapenaeus</i> sp.	4,5,6,7	165.0	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	พ.ค.
<i>Alpheus</i> sp.	6	56.1	ก.ย.	
Crab juveniles	6,7	9.9	ก.ค.,ก.ย.	
<i>Upogebia</i> sp.	4,5,6,7	396	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.

ตาราง 1 (ต่อ)

ชนิด	สถานีที่พบ	จำนวนสูงสุด (ตัว/ม ²)	2536	2537
Mysidacea				
Unidentified sp.	6,7	39.6	ก.ย.	มี.ค.,พ.ค.
Cumacea				
Unidentified sp.	6,7	99.0	ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.
Copepod				
Calanoida	4,5,6	89.1	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.	มี.ค.,พ.ค.
Cyclopoida	5,6,7	66.0	พ.ค.,ก.ค.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.
Cirripedia				
Barnacle	7	3.3	ก.ย.,พ.ย.	
Insect				
Chironomid larvae	1,4,5,6	29.7		ม.ค.
MOLLUSCA				
Bivalve				
Pteriomorpha				
<i>Anadara sp.</i>	3,4,5,6,7	165.0	พ.ค.,พ.ย.	มี.ค.,พ.ค.
<i>Modiolus sp.</i>	5,6,7	52.8	พ.ค.,ก.ย.,พ.ย.	มี.ค.,พ.ค.
<i>Perna sp.</i>	5,6,7	264.0	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
Unidentified sp.	6	3.3		มี.ค.
Heterodonta				
<i>Solen sp.</i>	5,6,7	39.6	ก.ย.,พ.ย.	มี.ค.,พ.ค.
<i>Mactra sp.</i>	6,7	13.2	ก.ย.,พ.ย.	มี.ค.
<i>Codakia sp.</i>	4,5,7	759.0	ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	มี.ค.,พ.ค.
<i>Tellina sp.</i>	5,6,7	16.5	พ.ค.,ก.ย.	มี.ค.,พ.ค.
Unidentified sp.	7	13.2	พ.ย.	
Gastropoda				
<i>Cerithidea sp.</i>	4,5,6,7	1027.8	พ.ค.,ก.ค.,ก.ย.,พ.ย.	ม.ค.,มี.ค.,พ.ค.
Unidentified sp.	6,7	13.2	ก.ค.,พ.ย.	มี.ค.,พ.ค.

ตาราง 1 (ต่อ)

ชนิด	สถานีที่พบ	จำนวนสูงสุด (ตัว/ม ²)	2536	2537
PLATYHELMINTHES				
Unidentified sp.	4,5,7	72.6	พ.ย.	พ.ค.
NEMERTEA				
Unidentified sp.	5,6,7	13.2	พ.ค.,พ.ย.	ม.ค.,พ.ค.
CHORDATA				
Urochordata				
Tunicate	7	3.3	พ.ค.	
Pisces				
<i>Macrotrema</i> sp.	4,6	3.3	พ.ค.	พ.ค.
<i>Rhinogobius</i> sp.	6,7	16.5	ก.ค.,ก.ย.	พ.ค.
<i>Boleophthalmus</i> sp.	5,6	9.9	ก.ค.	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่พิมพ์ด้วยตัวหนาแถวที่ 2, 4 และ 5 หมายถึง สถานีและเดือนที่พบสัตว์หน้าดินมากที่สุด

ตาราง 2 แสดงจำนวนชนิด (S), ความถี่ความแตกต่าง (H'), และการกระจายของสัดส่วนพื้นดิน (V') บริเวณคลองพะวง ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2536 ถึง พฤษภาคม 2537

เดือน ปี	สถานี														
	1		2		3		4		5		6		7		
	S	H'	V	S	H'	V	S	H'	V	S	H'	V	S	H'	V
พฤษภาคม 2536				13	0.544	0.488	19	0.837	0.654	13	0.813	0.730	18	1.083	0.863
กรกฎาคม 2536				1			18	0.518	0.413	18	0.619	0.493	12	0.807	0.748
กันยายน 2536				7	0.358	0.424	22	1.039	0.774	28	1.084	0.749	18	0.886	0.706
พฤศจิกายน 2536							22	1.079	0.804	24	1.003	0.727	24	1.127	0.817
มกราคม 2537	6	0.703	0.904	3	0.277	0.581	12	0.922	0.854	14	0.902	0.787	7	0.603	0.714
มีนาคม 2537							22	0.893	0.665	19	1.102	0.862	22	1.016	0.757
พฤษภาคม 2537				21	0.802	0.607	22	0.813	0.606	21	0.971	0.734	20	0.974	0.749

หมายเหตุ ที่เว้นว่างไว้ คือ ไม่สามารถตรวจพบสัดส่วนพื้นดิน

จากการพิจารณาดรรชนีความหลากหลาย และการกระจายของสัตว์หน้าดินบริเวณ คลองพะวงตลอดการศึกษา (ตาราง 2) ได้ผลดังนี้

สถานี 1 สํารวจพบสัตว์หน้าดินเฉพาะเดือนมกราคม (เพียง 6 ชนิด) ค่าดรรชนี ความหลากหลายเท่ากับ 0.703 สถานี 3 ไม่มีดรรชนีความหลากหลาย เพราะ พบเพียงชนิดเดียว ส่วนสถานี 4 สามารถวิเคราะห์ดรรชนีความหลากหลาย เฉพาะเดือน พฤษภาคม 2536, กันยายน, มกราคม และพฤษภาคม 2537 (ค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคม 2537, $H' = 0.802$) ค่าดรรชนีความ หลากหลาย สูงขึ้นตั้งแต่ สถานี 5, 6 และสูงสุดสถานี 7

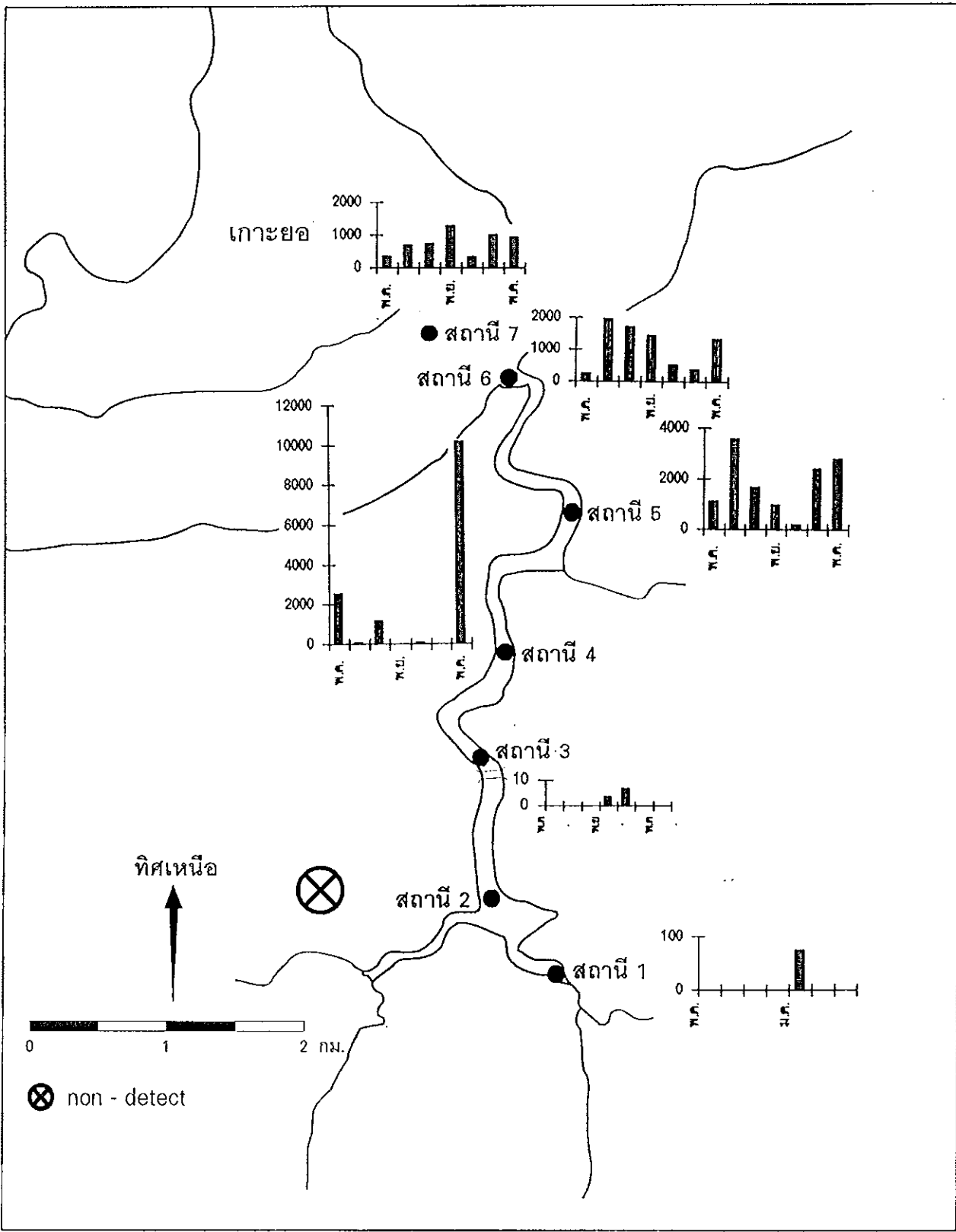
2.2 ความชุกชุมและการแพร่กระจาย

สัตว์หน้าดินบริเวณคลองพะวง ตลอดการศึกษามีความหนาแน่นเฉลี่ย 798.7 ตัวต่อ ตารางเมตร โดยในแต่ละสถานีมีจำนวนสัตว์หน้าดินรวมทุกชนิด อยู่ในช่วง 3.3 ตัวต่อตารางเมตร ถึง 10,091.4 ตัวต่อตารางเมตร เดือนพฤษภาคม 2537 มีความชุกชุมมากที่สุด (เฉลี่ย 2,155.4 ตัวต่อตารางเมตร) และเดือนมกราคม น้อยที่สุด (เฉลี่ย 159.3 ตัวต่อตารางเมตร) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสัตว์หน้าดินระหว่างสถานีต่างๆ พบว่า สถานี 4, 5, 6 และ 7 มีสัตว์หน้าดินชุก ชุมมาก (เฉลี่ย 1,970.6, 1,784.0, 1,081.3 และ 743.4 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ) สถานี 1 และ 3 ชุกชุมน้อย (10.4 และ 1.4 ตัวต่อตารางเมตร) ส่วนสถานี 2 ไม่พบสัตว์หน้าดินเลย (ภาพ ประกอบ 8)

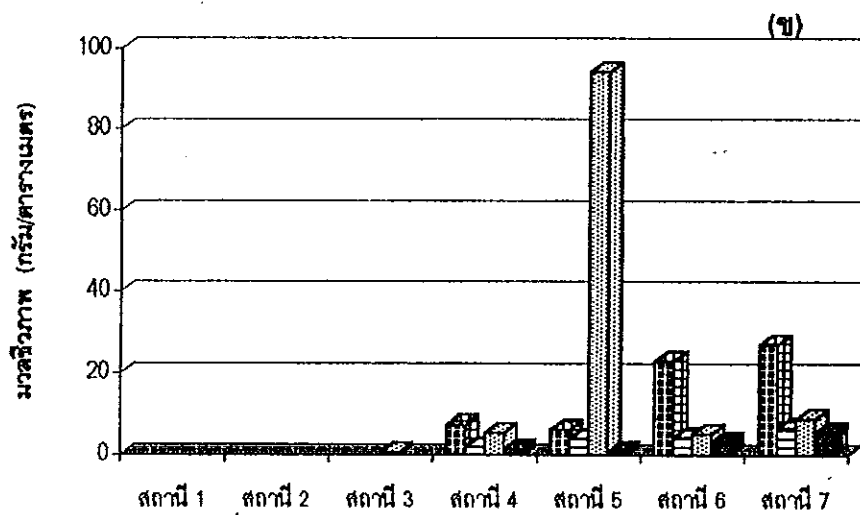
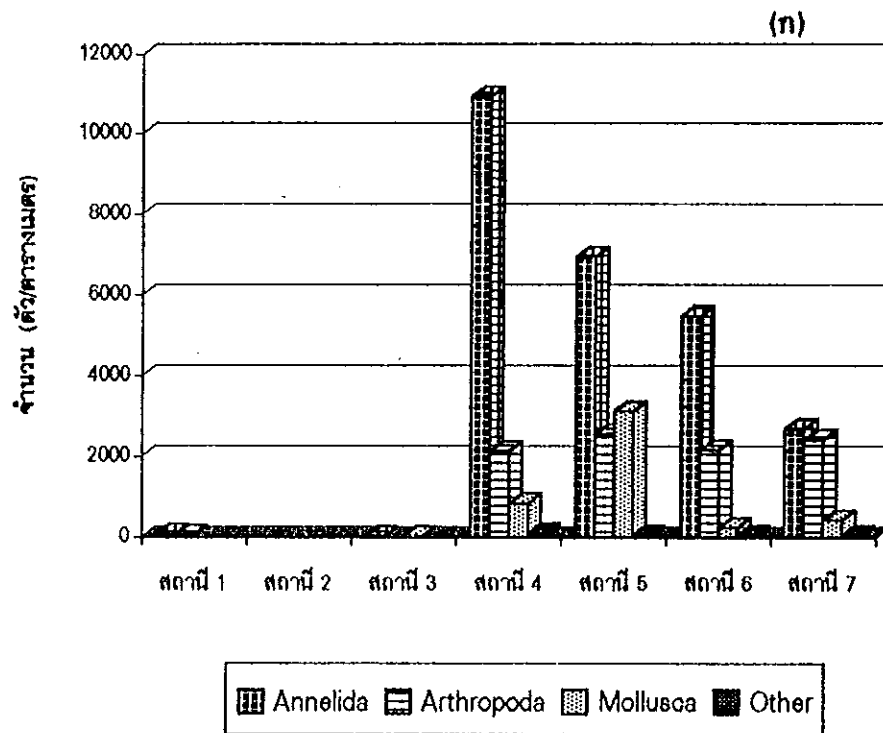
สัตว์หน้าดินพวก Annelida มีความชุกชุม (ภาพประกอบ 9 ก.) มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ Arthropoda และ Mollusca ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณมวลชีวภาพ (ภาพ ประกอบ 9 ข.) พบว่า Mollusca มีค่าสูงสุด Annelida และ Arthropoda มีปริมาณรองลงมา ส่วนสัตว์หน้าดินในไฟลัมอื่น ๆ พบว่า มีความชุกชุมน้อย

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความชุกชุมของสัตว์หน้าดิน เป็นจำนวนตัวต่อตารางเมตร (ภาพประกอบ 10) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ Annelida มากที่สุดในทุกสถานีที่พบสัตว์หน้าดิน โดย สถานี 4 มีค่ามากที่สุด (78 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาเป็น Arthropoda ซึ่งพบค่าสูงสุดที่สถานี 7 (43 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้ยกเว้นสถานี 5 พบว่า เปอร์เซ็นต์ Mollusca (25 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่า Arthropoda (20 เปอร์เซ็นต์) เล็กน้อย

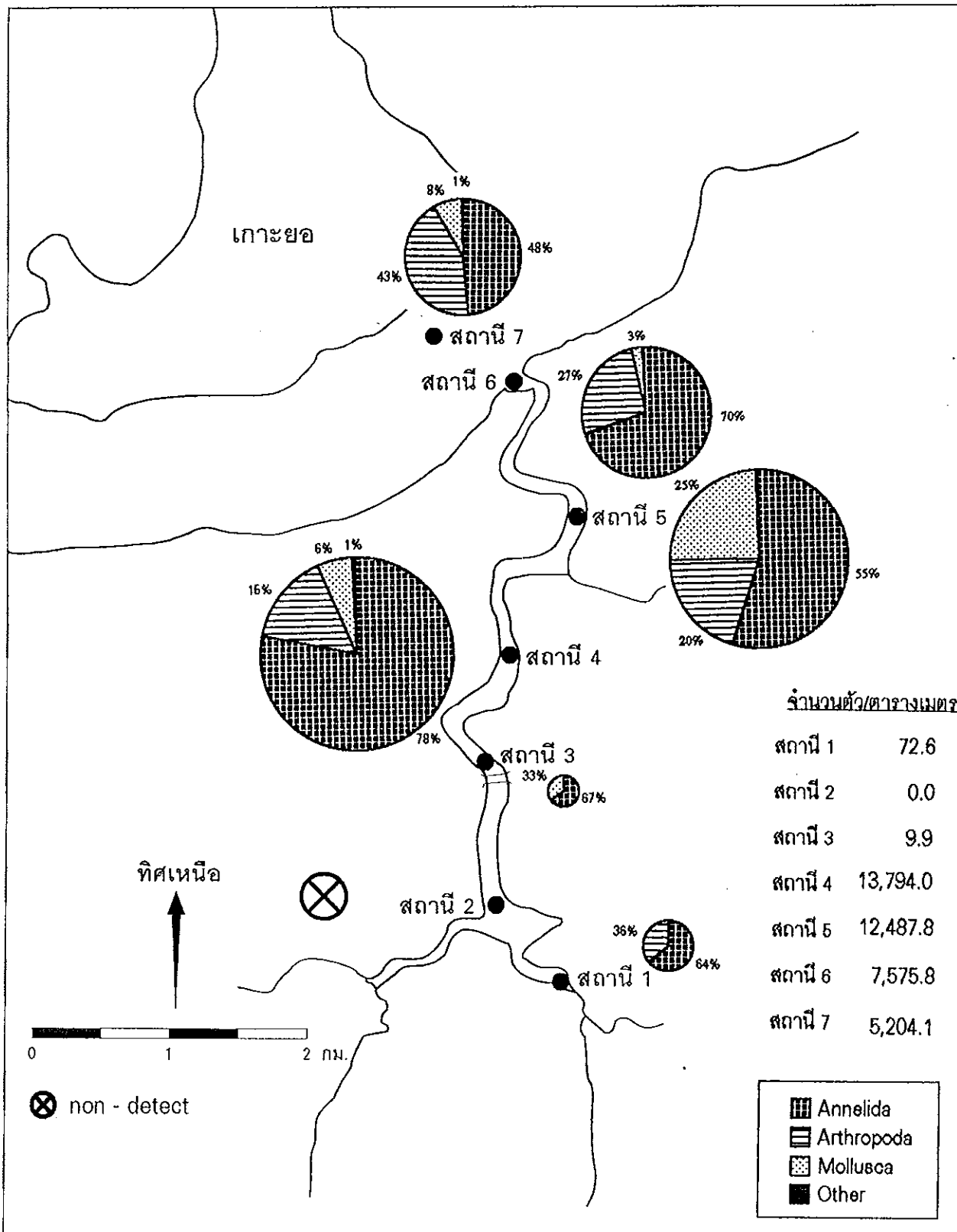
ส่วนความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในแต่ละสถานี (ภาพประกอบ 11) พบว่า เดือน พฤษภาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน 2536 มีสัดส่วนของสัตว์หน้าดิน กลุ่ม Annelida มากที่สุด ถึงแม้ว่าในเดือนกันยายน และพฤศจิกายน สัดส่วนของ Arthropoda เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสถานี 6



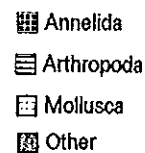
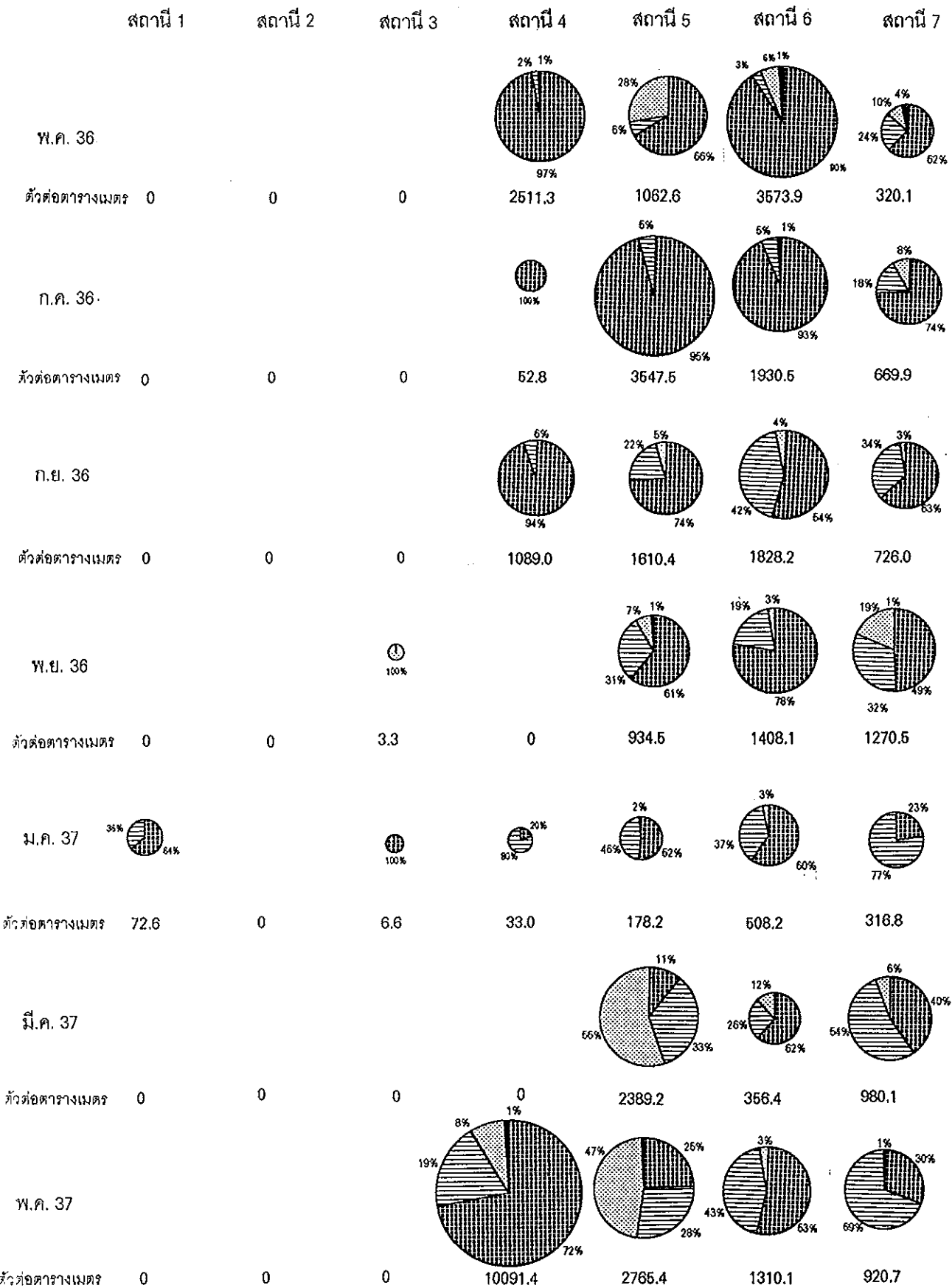
ภาพประกอบ 8 การแปรผันตามฤดูกาลของปริมาณสารตะกั่วในดินในแต่ละสถานี บริเวณคลองพะวง



ภาพประกอบ 9 จำนวน (ก) และมวลชีวภาพ (ข) ของสัตว์หน้าดินกลุ่มต่างๆ ตลอดการศึกษา บริเวณสถานี 1 ถึงสถานี 7



ภาพประกอบ 10 จำนวนตัวและสัดส่วนของสัตว์หน้าดินกลุ่มต่างๆ ตลอดการศึกษา บริเวณสถานี 1 ถึง สถานี 7



ภาพประกอบ 11 ปริมาณและสัดส่วนของสัตว์หน้าดินกลุ่มต่างๆ บริเวณคลองพะวง ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2536 ถึง พฤษภาคม 2537

ในเดือนกันยายน (42 เปอร์เซ็นต์) และสถานี 7 ในเดือนพฤศจิกายน (32 เปอร์เซ็นต์) แต่ก็ยังน้อยกว่า Annelida ในเดือนมกราคม, สัดส่วนของ Arthropoda เพิ่มขึ้นมากที่สุด ในสถานี 7 (77 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนมีนาคม, สัดส่วนของ Mollusca มีมากที่สุด สถานี 5 (56 เปอร์เซ็นต์), Annelida มากที่สุด สถานี 6 (62 เปอร์เซ็นต์) และ Arthropoda มากที่สุด สถานี 7 (54 เปอร์เซ็นต์), เดือนพฤษภาคม 2537 มีสัดส่วนของ Annelida มากเฉพาะในสถานี 4 และ 6 (72 และ 53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ), ส่วนสถานี 5 มีสัดส่วนของ Mollusca สูงสุด (47 เปอร์เซ็นต์) และสถานี 7 มีสัดส่วนของ Arthropoda สูงสุด (69 เปอร์เซ็นต์)

สำหรับมวลชีวภาพของสัตว์หน้าดินตลอดการศึกษา พบว่า มีค่าเฉลี่ย 5.4 กรัมต่อตารางเมตร โดยมีค่ามวลชีวภาพอยู่ในช่วง 0.1 - 125.6 กรัมต่อตารางเมตร ในบางสถานีไม่พบสัตว์หน้าดินจากการสำรวจเลย แต่บางสถานีกลับมีมวลชีวภาพสูงมาก แต่โดยรวมแล้ว สถานี 5 มีค่าสูงสุด สถานี 7 และสถานี 6 รองลงมา ตามลำดับ เดือนที่มีมวลชีวภาพเฉลี่ยสูงสุด คือ พฤษภาคม 2537 (20.9 กรัมต่อตารางเมตร) และเดือนที่มีมวลชีวภาพเฉลี่ยต่ำสุด คือ มกราคม (0.39 กรัมต่อตารางเมตร)

การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินชนิดต่างๆ ในแต่ละสถานี ตั้งแต่ต้นคลองถึงปากคลองมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละสถานี ดังนี้

สถานี 1 สัตว์หน้าดินที่เด่น คือ polychaetes ที่พบมากได้แก่ *Pherusa sp.* และ *Jasmineira sp.* พบเฉพาะในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำมีความเค็มต่ำ และมีระดับน้ำลึกกว่าช่วงอื่น ๆ สกุลอื่นที่พบได้แก่ *Polydora sp.* ซึ่ง James and Gibson (1980 : 678) รายงานว่า พบในบริเวณที่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์และอินทรีย์วัตถุสูง และ *Malacoceros sp.* นอกจากนั้นยังมี chironomid larvae ที่พบเฉพาะในเดือนมกราคมเช่นเดียวกัน

สถานี 2 ไม่พบสัตว์หน้าดินชนิดใดเลยในบริเวณนี้ตลอดช่วงการศึกษา เนื่องจากน้ำมีความสกปรกมาก (บีโอดีสูง) มีกลิ่นเหม็น ลักษณะตะกอนเป็นโคลนเลน (มีเปอร์เซ็นต์ silt - clay สูง) และมีชีแแดดลอยอยู่ทั่วไป

สถานี 3 พบสัตว์หน้าดินเพียงสองชนิด คือ polychaetes สกุล *Malacoceros sp.* ในเดือนมกราคม (6.6 ตัวต่อตารางเมตร) และ bivalves สกุล *Anadara sp.* ในเดือนพฤศจิกายน (3.3 ตัวต่อตารางเมตร)

สถานี 4 สัตว์หน้าดินชนิดเด่น คือ oligochaetes (953.7 ตัวต่อตารางเมตร) และ polychaetes สกุล *Dendronereis sp.*, *Nereis sp.*, *Paraonis sp.* ส่วน arthropods ที่พบเด่น ได้แก่ *Grandidierella sp.* ซึ่งมีความหนาแน่นมากที่สุด (1,191.3 ตัวต่อตารางเมตร) นอกจากนั้นยังพบ

Calanoid copepod, *Metapenaeus sp.*, *Upogebia sp.*, chironomid larvae, *Cerithidea*, Platyhelminthes และลูกปลาไหลน้ำเค็ม (*Macrotrema sp.*) ในบริเวณนี้ด้วย

สถานี 5 สัตว์หน้าดินที่พบเด่น คือ polychaetes สกุล *Heteromastus sp.* ซึ่งพบมากในฤดูร้อน เดือนกรกฎาคม ส่วนฤดูฝนพบ *Tharyx sp.* (เดือนพฤศจิกายน) และ *Polydora sp.* (เดือนพฤศจิกายน, มกราคม) อย่างไรก็ตาม ยังพบ *Heteromastus sp.* และ *Nephtys sp.* บ้างในช่วงหน้าฝนที่น้ำมีความเค็มต่ำ gastropod สกุล *Cerithidea sp.* พบมากในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) โดยพบเป็นปริมาณมากถึง 1027.8 ตัวต่อตารางเมตร แต่พบน้อยช่วงฤดูฝนในเดือนพฤศจิกายน ถึง มกราคม นอกจากนี้ยังมีพวก crustacean และ chironomid larvae ซึ่งในพวกหลังพบเฉพาะเดือนมกราคมเท่านั้น

สถานี 6 สัตว์หน้าดินที่พบเด่น คือ *Heteromastus sp.*, *Nephtys sp.*, *Ceratonereis sp.*, *Maldane sp.*, *Grandidierella sp.*, *Upogebia sp.* และ cumacean นอกจากนี้ยังพบลูกปลาวัยอ่อน *Rhinogobius sp.*, *Boleophthalmus sp.* และ *Macrotrema sp.* มากกว่าสถานีอื่นๆ

สถานี 7 สัตว์หน้าดินชนิดเด่น คือ *Upogebia sp.*, *Heteromastus sp.*, *Nephtys sp.*, *Modiolus sp.* และ *Solen sp.* สำหรับ *Apseudes sp.* พบเฉพาะในช่วงฤดูร้อน ต่อกับฤดูฝน (เดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม) และ *Sigambra sp.* พบได้ตลอดปี ยกเว้นเดือนกันยายน นอกจากนี้ยังมีสัตว์หน้าดินบางชนิด พบมากเฉพาะฤดูกาล เช่น *Sabella sp.* ในเดือนกรกฎาคม, *Glycera sp.* ในเดือนพฤศจิกายน และ *Metapenaeus sp.* ในเดือนพฤษภาคม

เป็นที่น่าสังเกตว่า *Heteromastus sp.* ซึ่งเป็นสัตว์หน้าดินชนิดเด่นที่สุดของคลองพะวง จะพบแพร่กระจายในสถานี 4 เฉพาะปลายฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จนถึงกลางฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนมกราคม - กรกฎาคม) เท่านั้น แต่จะไม่พบเลยในช่วงเดือนอื่นๆ (กันยายน - พฤศจิกายน) ส่วน *Grandidierella sp.* ไม่พบในสถานี 4 ตั้งแต่ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายน) ไปจนถึงฤดูร้อน (มีนาคม) สำหรับ *Upogebia sp.* กับ *Nephtys sp.* จะมีการกระจายที่เหมือนกัน คือ พบบริเวณสถานี 7 ตลอดการศึกษา ยกเว้นในเดือนกรกฎาคม จะพบ 2 สกุลนี้เฉพาะสถานี 5 และ 6 อย่างไรก็ตามลูกปลาวัยอ่อนทั้ง 3 ชนิด พบในคลองพะวงเฉพาะฤดูร้อน (พฤษภาคม ถึงกรกฎาคม) เท่านั้น

4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกลุ่มที่พบเด่น (polychaetes, crustaceans, bivalves และ gastropods) กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างความชุกชุม (จำนวนตัว/ตารางเมตร) กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงทั้ง 7 สถานี ในเดือนต่าง ๆ ที่ทำการสำรวจทั้ง 7 ครั้ง ได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, "r") ผลจากการศึกษามีรายละเอียด(ตาราง 3) ดังนี้

เดือนพฤษภาคม 2536 กลุ่ม polychaetes สัมพันธ์เชิงบวกกับอินทรีย์วัตถุในตะกอน กลุ่ม crustaceans สัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และเชิงลบกับ บีโอดี แต่ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เดือนกรกฎาคม กลุ่ม polychaetes สัมพันธ์ในเชิงบวกกับ ปริมาณซิลไฟด์ทั้งหมด และสัมพันธ์เชิงลบกับอินทรีย์วัตถุ กลุ่ม crustaceans สัมพันธ์เชิงลบกับความเป็นกรด - ด่างของ ตะกอน และสัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิ กลุ่ม bivalves สัมพันธ์ในเชิงบวกกับอุณหภูมิ และสัมพันธ์เชิงลบกับขนาดอนุภาคตะกอน กลุ่ม gastropods สัมพันธ์เชิงบวกกับ ความโปร่งแสง และสัมพันธ์เชิงลบกับขนาดอนุภาคตะกอน แต่ไม่พบว่าสัตว์หน้าดินทั้งสี่กลุ่มมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าว

เดือนกันยายน กลุ่ม polychaetes สัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับความเค็ม ($r = 0.73$), อุณหภูมิ ($r = -0.63$), ความเป็นกรด - ด่างของน้ำ ($r = -0.80$), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ($r = 0.74$), ความลึก ($r = 0.72$) และ เปอร์เซ็นต์ silt - clay ($r = 0.63$) ส่วนกลุ่ม crustaceans สัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิ และเชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ, กลุ่ม bivalves สัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิ และเชิงบวกกับความลึก, กลุ่ม gastropods สัมพันธ์เชิงบวกกับความลึก แต่ไม่พบว่าสัตว์หน้าดินทั้งสามกลุ่มมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

เดือนพฤศจิกายน กลุ่ม polychaetes สัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับความเค็ม ($r = 0.92$), ความเป็นกรด - ด่างของน้ำ ($r = 0.77$), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ($r = 0.91$), บีโอดี ($r = -0.60$) ส่วนกลุ่ม crustaceans สัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับความเค็ม ($r = 0.98$), ความเป็นกรด - ด่างของน้ำ ($r = 0.89$), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ($r = 0.97$), บีโอดี ($r = -0.65$) สำหรับกลุ่ม bivalves สัมพันธ์เชิงบวกกับความเป็นกรด - ด่างของน้ำ, กลุ่ม gastropods สัมพันธ์กับซิลไฟด์ทั้งหมด แต่ไม่พบว่าทั้ง bivalves และ gastropods มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับปัจจัยแวดล้อม

ตาราง 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างจำนวนสัตว์หน้าดินในกลุ่มต่าง ๆ กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม บริเวณคลองพวงตึงใต้หนองพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537

Parameter	Correlation coefficient																											
	MAY			JUL			SEP			NOV			JAN			MAR			MAY									
	PO	CR	BI	GA	PO	CR	BI	GA	PO	CR	BI	GA	PO	CR	BI	GA	PO	CR	BI	GA	PO	CR	BI	GA				
Water																												
Salinity	-0.28	-0.12	-0.30	-0.26	0.55	0.75	0.45	0.45	0.73*	0.68	0.66	0.31	0.82*	0.88*	0.66	0.58	0.71	0.55	0.56	0.65	0.67	0.50	0.35	0.25	0.03	-0.36	0.08	-0.48
Temperature	-0.17	-0.58	-0.32	-0.26	-0.85	-0.88	-0.51	-0.51	-0.53*	-0.65	-0.59	-0.20	0.42	0.22	-0.18	0.51	-0.25	-0.42	-0.20	-0.20	-0.29	-0.07	0.10	0.15	0.10	0.00	0.18	0.38
pH	0.54	-0.15	-0.21	-0.20	0.22	0.55	0.66	0.66	-0.80*	-0.51	-0.51	-0.34	0.77*	0.88*	0.76	0.30	0.25	0.69	0.10	0.10	0.57	0.24	0.13	0.04	-0.04	0.12	-0.08	-0.31
DO	0.08	0.74	0.24	0.11	0.44	0.73	0.65	0.65	0.74*	0.72	0.66	0.24	0.91*	0.97*	0.66	0.54	-0.31	-0.08	-0.15	-0.15	0.55	0.33	0.18	0.10	0.05	0.16	0.02	0.00
BOD	-0.16	-0.63	-0.37	-0.33	-0.32	-0.63	-0.63	-0.63	-0.48	-0.58	-0.50	-0.08	-0.60*	-0.85*	-0.43	-0.39	-0.57	-0.78	-0.37	-0.37	-0.63	-0.47	-0.29	-0.20	-0.40	-0.67*	-0.36	-0.35
Transparency	-0.04	0.17	-0.01	0.01	0.28	0.64	0.78	0.78	0.06	0.02	0.02	0.03	0.28	0.34	0.45	-0.20	-0.58	-0.83	-0.33	-0.33	0.21	0.43	0.62	0.63	0.95	0.90*	0.96	-0.22
Depth	0.04	0.08	-0.05	-0.02	0.30	0.46	0.32	0.32	0.72*	0.55	0.67	0.62	0.66	0.62	0.29	0.50	0.22	0.43	0.10	0.10	0.83	0.71	0.47	0.36	-0.07	0.26	-0.10	0.63
Sediment																												
% Silt - Clay	0.38	0.13	0.50	0.59	0.36	-0.01	-0.71	-0.71	0.63*	0.02	0.16	0.46	-0.04	-0.18	-0.54	0.51	0.30	-0.03	0.31	0.31	-0.12	0.03	0.30	0.35	-0.23	-0.22	-0.19	0.57
pH	-0.46	-0.08	0.06	0.06	0.71	0.93	0.66	0.56	-0.15	0.05	-0.20	-0.58	0.16	0.28	0.51	-0.29	0.38	0.64	0.26	0.26	-0.01	0.17	0.05	0.06	0.47	0.61*	0.44	0.09
Organic matter	0.77	0.44	-0.08	-0.17	-0.90	-0.81	0.05	0.05	-0.17	-0.15	-0.28	-0.45	-0.16	-0.29	-0.10	-0.50	-0.10	0.11	-0.10	-0.10	-0.59	-0.51	-0.40	-0.32	-0.55	-0.51	-0.61*	-0.16
Hydrogen sulfide	-0.22	-0.38	-0.01	0.03	0.92	0.70	-0.28	-0.28	0.52	0.33	0.41	0.35	-0.28	-0.21	-0.45	0.61	-0.11	-0.24	-0.28	-0.28	-0.58	-0.24	0.09	0.20	-0.07	-0.22	-0.01	0.19

PO = POLYCHAETA, CR = CRUSTACEA, BI = BIVAVIA, GA = GASTROPODA / Unless note : non significant; *, P ≤ 0.05

เดือนมกราคม สัตว์หน้าดินมีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมน้อย โดย กลุ่ม polychaetes สัมพันธ์เชิงบวกกับความเค็ม, กลุ่ม crustaceans สัมพันธ์เชิงบวกกับความเป็นกรด - ด่างของน้ำ และตะกอน, สัมพันธ์เชิงลบกับบีโอดี และ ความโปร่งแสง แต่ไม่พบว่ามี ความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เดือนมีนาคม สัตว์หน้าดินกลุ่ม polychaetes สัมพันธ์เชิงบวกกับความเค็มและความ ลึก สัมพันธ์เชิงลบกับบีโอดี, กลุ่ม crustaceans สัมพันธ์เชิงบวกกับความลึก, กลุ่ม bivalves และ gastropods สัมพันธ์เชิงบวกกับความโปร่งแสง แต่ไม่พบว่ามี ความสัมพันธ์อย่างมีนัย สำคัญ ($P \leq 0.05$)

เดือนพฤษภาคม 2537 สัตว์หน้าดินกลุ่ม polychaetes สัมพันธ์เชิงบวกกับความ โปร่งแสง, กลุ่ม crustaceans สัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับบีโอดี ($r = -0.67$), ความ โปร่งแสง ($r = 0.80$) และความเป็นกรด - ด่างของตะกอน ($r = 0.61$) ส่วน bivalves สัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับอินทรีย์วัตถุ ($r = -0.61$) ส่วนกลุ่ม gastropods สัมพันธ์เชิงบวกกับ ความลึก แต่ไม่พบว่ามี ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

บทที่ 4

วิจารณ์ผล

1 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

1.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ฤดูกาลเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำ บริเวณคลองพะวง ซึ่งพบว่าในฤดูฝนระดับน้ำจะลึกมาก และตื้นขึ้นในฤดูแล้ง นอกจากนี้ น้ำทิ้งและกากตะกอนของเสีย จากโรงงาน และชุมชน (ณรงค์ ณ. เชียงใหม่, 2534 : 23) ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้คลองพะวงตื้น สิ่งเกิดได้จากบริเวณสถานี 1 และ 2 ระดับน้ำตื้นกว่าสถานีอื่นๆ ความโปร่งแสงของน้ำขึ้นอยู่กับความลึก ตะกอนที่แขวนลอย และปริมาณแพลงค์ตอนพืช สถานี 1 และ 2 มีความโปร่งแสงน้อย เนื่องจากมีปริมาณแพลงค์ตอนพืชมาก (นิกร ฤทธิบุรณ์ และเสาวภา อังสุพานิช, 2539 : 230) ส่วนสถานี 5, 6 และ 7 มีความโปร่งแสงน้อย ในเดือนมกราคม และพฤษภาคม 2537 เนื่องจากความขุ่นของตะกอน ที่ถูกผลักดันเข้ามาจากทะเลสาบสงขลาตอนล่าง สำหรับความเค็มในคลองพะวง เพิ่มขึ้นตามระยะทางออกสู่ปากคลอง เนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ยกเว้นเดือนพฤษภาคม 2537 บริเวณสถานี 1, 2, 3 และ 4 มีความเค็มมากกว่าสถานี 5, 6 และ 7 เพราะ เพิ่งมีฝนตกหนักในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนบน แล้วไหลผ่านลงมาในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

คลองพะวงมีค่า บีโอดี สูง เนื่องจากมีโรงงานผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำและโรงงานปลาป่น ตั้งอยู่บริเวณต้นคลอง (ณรงค์ ณ. เชียงใหม่, 2534 : 23) น้ำและกากของเสียโดยมากจึงเป็นอินทรีย์สาร (สุธรรม สิทธิชัยเกษม และคณะ, 2524 : 115) สถานี 1 มีค่า บีโอดี เฉลี่ยตลอดการศึกษา 19.1 mg.l^{-1} จัดว่ามีสภาวะมลพิษขั้นรุนแรง (grossly pollution หรือ polysaprobic) และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต (Brethauer, 1991 : 149) เมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำที่ควรมีค่า บีโอดีไม่เกิน 4.0 mg.l^{-1} (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533ข : 9) อย่างไรก็ตาม ค่า บีโอดี ลดลงตามระยะทางออกสู่ปากคลอง และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ สถานี 7 (2.9 mg.l^{-1}) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในเดือนกันยายน ค่าบีโอดี บริเวณปากคลองพะวง สูงกว่าการศึกษาในปี 2532 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533ก : 2) เล็กน้อย สำหรับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยเฉพาะสถานี 1 ถึง 2 จัดอยู่ในระดับต่ำ เมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลทั่วไป ซึ่งไม่ควร

ต่ำกว่า 4 mg.l⁻¹ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533ข : 11) แต่สถานี 5 และ สถานี 6 มีปริมาณเพิ่มขึ้น คือ มีค่าเฉลี่ย 5.2 - 5.9 mg.l⁻¹ อยู่ในระดับที่พบในป่าชายเลนทั่วไป (3.8 - 7.3 mg.l⁻¹) (สนิท อักษรแก้ว, 2532 : 43) ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในคลองพะวง ได้แก่ ปริมาณ บีโอดี ซึ่งมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ ส่วนปัจจัยคุณภาพน้ำด้านอื่นๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไม่มากตลอดช่วงการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ มีค่าสูงบริเวณสถานี 1 แล้วลดลงตามระยะทางออกสู่ปากคลอง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยลดต่ำลงทุกสถานีในช่วงฝนตกชุก (พฤศจิกายน - มกราคม) สำหรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ แตกต่างกันไม่มากระหว่างสถานี และใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (7.0 - 8.9) สาเหตุที่อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่างของน้ำแตกต่างกันไม่มาก เพราะคลองพะวงมีระดับน้ำตื้น (อยู่ในช่วง 0.4 - 2.8 เมตร) และได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งขึ้นลงวันละสองครั้ง โดยมีแอมพลิจูด 0.5 เมตร (Kjerfve, 1986 : 85) จึงทำให้มวลน้ำมีการผสมผสานกันและถ่ายเทออกสู่ทะเลสาบตอนนอกจำนวนหนึ่ง

1.2 คุณภาพตะกอนทางกายภาพและเคมี

ขนาดของอนุภาคของตะกอนในคลองพะวง บริเวณสถานี 1 จนถึงสถานี 3 ประกอบด้วยอนุภาค sand เป็นส่วนใหญ่ สาเหตุอาจเนื่องมาจาก บริเวณดังกล่าวมีการขยายตัวของชุมชนทำให้ป่าชายเลนที่มีอยู่ ถูกเปลี่ยนแปลงไป มีผลต่อการถูกชะล้างของผิวหน้าดิน (Ruppert and Barnes, 1994 : 4) สถานี 4 จนถึงสถานี 6 มีอนุภาคของ clay มากขึ้น ส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินพวก clayloam ที่จัดเป็นกลุ่มดินอินทรีย์ (สนิท อักษรแก้ว, 2532 : 45) โดยเฉพาะสถานี 5 มีเปอร์เซ็นต์ silt - clay สูงที่สุด เนื่องมาจากมีป่าชายเลน ที่มีความอุดมสมบูรณ์ และมีสัตว์หน้าดินพวก filter feeding อาศัยอยู่มาก ทำให้เกิดกระบวนการจับกันเป็นก้อนของตะกอน (agglomeration) ได้มาก (ณิษฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522 : 2/13) และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในบริเวณดังกล่าว ก็อาจเป็นสาเหตุให้ตะกอนมีขนาดอนุภาคเล็กลง เช่นกัน (Seki, 1982 : 85) ส่วนสถานี 7 ซึ่งอยู่ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มีเนื้อดินเป็นพวก sandy clayloam เนื่องจากมีอนุภาคของ sand ปนอยู่มากสอดคล้องกับผลการศึกษาของ วิเชียร จาญพจน์ และคณะ (2537 : 152)

ตะกอนบริเวณคลองพะวง มีความเป็นกรด-ด่างต่ำ เช่นเดียวกับตะกอนบริเวณป่าชายเลนทั่วไปที่มีความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.5-6.0 (สนิท อักษรแก้ว, 2532 : 44) สาเหตุสำคัญที่ทำให้ตะกอนเป็นกรดมาก เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์บริเวณผิวดิน (McLean, 1982 : 200) ซึ่งพบว่า บริเวณสถานี 1 และ 4 มีความเป็นกรดมาก เพราะบริเวณดังกล่าวมีอินทรีย์วัตถุสูง นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำในช่วงฤดูร้อน ทำให้ตะกอนมีความเป็นกรดสูงขึ้นอีกด้วย จากการศึกษาพบว่า

สถานี 7 มีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าสถานีอื่นๆ (อยู่ในช่วง 6.6 - 7.7) เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออินทรีย์วัตถุในคลองพะวง คือ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้บริเวณสถานี 1 มีอินทรีย์วัตถุสูง แต่กิจกรรมของสัตว์หน้าดินและจุลินทรีย์ มีส่วนช่วยลดอินทรีย์วัตถุ (Koop and Griffiths, 1982 : 299) สังเกตจากสถานี 5 มีอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด จากการศึกษาครั้งนี้ อินทรีย์วัตถุในคลองพะวง มีค่าอยู่ในช่วง 3.1 - 6.7 เปอร์เซ็นต์ จัดว่าต่ำเมื่อเทียบกับป่าชายเลนทั่วไป ที่พบอยู่ในช่วง 2 - 20 เปอร์เซ็นต์ (สนิท อักษรแก้ว, 2532 : 44) เนื่องจากป่าชายเลนบริเวณคลองพะวง อยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรมและถูกทำลายอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตาม อินทรีย์วัตถุโดยเฉลี่ยยังสูงกว่าบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.7 - 3.1 เปอร์เซ็นต์ (สมศักดิ์ มณีพงศ์ และ Matsumoto, 2537 : 177)

ปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมดในตะกอนบริเวณคลองพะวง ได้รับผลจากการปล่อยทิ้งกากตะกอนของเสียลงในคลองจากโรงงานบริเวณต้นคลอง ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมดสูงในบริเวณสถานี 1, 2 และ 3 ส่วนสถานี 5 มีปริมาณเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลง ในช่วงกว้างตลอดการศึกษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว อาจเกิดจากการกินอาหารของสัตว์หน้าดิน (Seki, 1982 : 14) และการย่อยอินทรีย์สารของจุลินทรีย์พวก anaerobic sulphate - reducing bacteria (Brinkhurst, 1974 : 73; Fonselius, 1983 : 73; Mann, 1982 : 146) โดยเฉพาะสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ (Theede, 1973 : 244) ซัลไฟด์ทั้งหมดในตะกอน มีค่าสูงในช่วงฤดูร้อน (เฉลี่ย 60.5 mg.kg.⁻¹ ในเดือนมีนาคม) และลดลงในช่วงฤดูฝน (เฉลี่ย 7.5 mg.kg.⁻¹ ในเดือนกันยายน และ 3.2 mg.kg.⁻¹ ในเดือนมกราคม) เนื่องจากปริมาณน้ำจืดที่มีมากในช่วงฤดูฝน อาจเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่ช่วยชะล้างซัลไฟด์ในตะกอนให้ลดลง ส่วนสาเหตุที่ซัลไฟด์ทั้งหมด บริเวณสถานี 1 ในเดือนพฤษภาคม 2537 มีค่าลดต่ำลง อาจเนื่องจากอินทรีย์วัตถุในบริเวณดังกล่าว มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับเดือนมีนาคม ถึงแม้ว่าในสถานีดังกล่าวมีอินทรีย์สารที่ละลายอยู่ในน้ำมาก (บีโอดีสูง) แต่ความเค็มที่ลดลง ทำให้กระบวนการตกตะกอน (flocculation) ที่จะเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับผิวหน้าดินเกิดขึ้นได้น้อย (Lows, 1981 : 189) ดังนั้น กระบวนการรีดักชัน ซัลเฟตอ็อกไซด์ โดย sulfate - reducing bacteria ก็เกิดขึ้นได้น้อยเช่นเดียวกัน (Garay and Cohn, 1992 : 286) ส่วนสถานี 6 ในเดือนพฤษภาคม 2537 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้น อาจมาจากมวลน้ำได้ชะล้างเอาตะกอนจากสถานีที่อยู่ตอนในของคลองออกมา แต่ก็ไม่ได้ทำให้ปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อศึกษาข้อมูลปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ พบว่า ในสถานีดังกล่าวมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมาก จึงทำให้กิจกรรมของ anaerobic bacteria เกิดขึ้นได้น้อย

2 สัตว์หน้าดิน

2.1 ความหลากหลาย

สัตว์หน้าดิน 5 ไฟลัมที่พบจากการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ Nemertea, Annelida, Arthropoda, Mollusca และ Chordata เคยมีในรายงานการสำรวจ บริเวณทะเลสาบสงขลาที่ผ่านมา (สวัสดิ์ วงษ์สมนึก และสมชาติ สุขวงศ์, 2511; 2512; 2513; ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และคณะ, 2520; ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และ คณิต ไชยาคำ, 2525) ส่วน ไฟลัม Platyhelminthes ยังไม่เคยมีการรายงานในทะเลสาบสงขลา สาเหตุอาจจะมาจาก คลองพะวงมีอินทรีย์วัตถุสูง เพราะจากการศึกษาของ สมศักดิ์ มณีพงศ์ และ Matsumoto (2537 : 177) พบว่า บริเวณปากคลองพะวง มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง และมีลักษณะเป็นดินโคลนที่เหมาะสมสำหรับการอยู่อาศัยของสัตว์หน้าดินพวก Platyhelminthes (Ruppert and Barnes, 1994 : 212)

จำนวนชนิดของสัตว์หน้าดิน 72 ชนิดที่พบในคลองพะวง จัดว่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ ทะเลเปิดทั่วไป ที่พบสัตว์หน้าดิน 101, 143, 163, 319, 320 และ 394 ชนิด จากการศึกษาของมานพ เจริญรอย และ นีนา เปี่ยมทิพย์มณฑล (2524 : 1), นีนา เปี่ยมทิพย์มณฑล และมานพ เจริญรอย (2528 : 1), สมศักดิ์ เขตสมุทร และคณะ (2522 : 1), นีนา เปี่ยมทิพย์มณฑล และมานพ เจริญรอย (2528 : 1), สมศักดิ์ เขตสมุทร และคณะ (2523 : 1), มานพ เจริญรอย และ อนุวัฒน์ นทีวัฒนา (2521 : 1) ตามลำดับ หรือเมื่อเทียบกับบริเวณป่าชายเลนแหล่งอื่นๆ ของประเทศไทย อาทิเช่น บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดภูเก็ต จากการศึกษาของ Frith *et al.* (1976 : 1), Frith *et al.* (1979, อ้างตาม ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์, 2522), Tantichodok (1980 : 21) พบสัตว์หน้าดิน 103, 139 และ 144 ชนิดตามลำดับ จัดว่ามีจำนวนค่อนข้างน้อยเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับ จำนวน 122 ชนิด ที่พบในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง (Angsupanich and Kuwabara, 1995 : 116) ซึ่งเป็นบริเวณต่อเนื่องกับคลองพะวงโดยตรง การที่พบสัตว์หน้าดินน้อยชนิด พอดีจะเป็นเครื่องชี้บ่งได้ว่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในบริเวณนี้ ได้รับผลกระทบจากภาวะมลพิษที่มาจากโรงงานและชุมชน จึงทำให้ความหลากหลายของสัตว์หน้าดินน้อยลง (Botton, 1979 : 177)

จำนวนชนิดของ polychaetes ในคลองพะวง มีสัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์จากจำนวนชนิดสัตว์หน้าดินทั้งหมดในคลองพะวง นับว่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ใน การศึกษาาระหว่างปี 1991 - 1993 โดย Angsupanich and Kuwabara (1995 : 115) ที่มีจำนวนชนิดของ polychaetes เพียง 36 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากคลองพะวงได้รับอินทรีย์สารปริมาณมาก จากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2533ก : 1) ซึ่งสอดคล้องกับ ผลการศึกษาของ Harkantra *et al.* (1982 : 75) ที่พบว่าในแหล่งน้ำที่มีความเครียด (stress) ทางสิ่ง

แวดล้อม จะพบสัตว์หน้าดินในกลุ่ม polychaetes ในสัดส่วนที่มากกว่ากลุ่มอื่น โดยเฉพาะภาวะที่มีอินทรีย์สารปริมาณมาก จากโรงงานอุตสาหกรรมปลาป่น (จารุวัฒน์ นทีตะภา, 2524 : 17)

สัตว์หน้าดินกลุ่มที่พบบ่อยในคลองพะวง โดยส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่พบบริเวณชายฝั่งและป่าชายเลนทั่วไป ได้แก่ *Heteromastus sp.*, *Nephtys sp.*, *Ceratonereis sp.*, *Grandidierella sp.*, *Eriopisella sp.*, *Upogebia sp.*, *Perna sp.*, *Cerithidea sp.* ซึ่งมีในรายงานของ Dauer and Conner (1980), Flint and Holland (1980), Kalejta and Hockey (1991), Weber *et al.* (1992), Angsupanich and Kuwabara (1995), Llansó (1992), Reid *et al.* (1991), Frith *et al.* (1976) และสัตว์หน้าดินบางชนิดก็มีไข่แก่บริเวณปากคลอง เช่น *Upogebia sp.* มีไข่แก่ในเดือนมีนาคม เนื่องจากความเค็มของน้ำในช่วงดังกล่าวค่อนข้างสูงและคงที่ อาจจะเป็นปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการเจริญพันธุ์ของสัตว์หน้าดินหลายๆชนิดในบริเวณนี้

บริเวณสถานี 6 มีความหลากหลายของชนิดสัตว์หน้าดิน มากกว่าทุกสถานี เพราะเป็นบริเวณปากคลองพะวง ปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นลักษณะตะกอนบริเวณผิวดินและคุณภาพน้ำมีความเหมาะสม โดยเฉพาะปริมาณอินทรีย์สาร (บีโอดี) ที่มีน้อยกว่า สถานี 1 ถึง 5 นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงความเค็ม ซึ่งเป็นปัจจัยจำกัดอย่างหนึ่งในบริเวณนี้ ก็มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่แคบกว่า ทำให้มีสัตว์หน้าดินหลายชนิดที่สามารถปรับตัวอยู่ได้

จากการวิเคราะห์ดรรชนีความหลากหลายแต่ละสถานี พบว่า สถานี 1 มีค่าดรรชนีความหลากหลายค่อนข้างสูง แม้จะมีสัตว์หน้าดินเพียง 6 ชนิด เพราะ จำนวนของสัตว์หน้าดินแต่ละชนิด ไม่แตกต่างกันมาก ($V' = 0.904$) สถานี 3 ไม่มีค่าดรรชนีความหลากหลาย เพราะ พบสัตว์หน้าดินเพียงชนิดเดียวในเดือนพฤศจิกายน (*Anadara sp.*) และเดือนมกราคม (*Malacoceros sp.*) สถานี 4 ดรรชนีความหลากหลายค่อนข้างต่ำ ($H' = 0.277 - 0.802$) เพราะเป็นบริเวณที่ได้รับอินทรีย์สารในปริมาณสูง โดยสังเกตจากชนิดสัตว์หน้าดินที่พบ มีปริมาณแตกต่างกันมาก ($V' = 0.424 - 0.607$) โดยเฉพาะ *Heteromastus sp.* มีปริมาณมากกว่าชนิดอื่นๆ จัดเป็นบริเวณที่คุณภาพน้ำอยู่ในภาวะวิกฤต (Botton, 1979 : 177) ส่วนสถานี 5 และ 6 ดรรชนีความหลากหลายสูงขึ้น จนถึงสถานี 7 ดรรชนีความหลากหลายสูงสุด จัดเป็นบริเวณที่มีปัจจัยสิ่งแวดล้อม เหมาะสำหรับการอยู่อาศัยของสัตว์หน้าดิน (Botton, 1979 : 177)

2.2 ความชุกชุมและการแพร่กระจาย

ความชุกชุมของสัตว์หน้าดิน บริเวณคลองพะวง มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าการศึกษาในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง (Angsupanich and Kuwabara, 1995 : 115) และบริเวณฝั่งอันดามัน (ปกกรณ์ ประเสริฐวงศ์, 2526 : 20; Tantiachodok, 1981 : 45) เนื่องจาก คลองพะวงได้

รับอินทรีย์สารจากโรงงานบริเวณต้นคลองในปริมาณสูง (สังเกตได้จาก ค่าบีโอดี และอินทรีย์วัตถุของตะกอนสูง) สอดคล้องกับผลการสำรวจสัตว์หน้าดินในอ่าวเพ ในสถานที่ที่ได้รับอิทธิพลน้ำทิ้งจากโรงงานปลาป่น พบว่า มีความชุกชุมน้อยกว่า 1,000 ตัวต่อตารางเมตร (จารุวัฒน์ นทีตะกัญ และพิมพ์ บุญญภาศ, 2524 : 11) บริเวณสถานี 4 มีสัตว์หน้าดินหนาแน่นมากที่สุด และสถานี 5 รองลงมา เนื่องจากมีการไหลเข้าออกของน้ำจากทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มากกว่าสถานที่ที่อยู่ตอนในของคลอง ซึ่งทั้งสองสถานีนี้อาจจัดได้ว่าเป็นเขตคืนสภาพ (recovery Zone) ของคลองพะวง นอกจากนี้ลักษณะตะกอนพื้นคลองที่เป็นดินเหนียว ในสถานีดังกล่าว อาจจะเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่ทำให้มีสัตว์หน้าดินอาศัยอยู่ชุกชุม

เมื่อศึกษาแต่ละชนิด พบว่า polychaetes สกุล *Heteromastus* sp. มีความชุกชุมมากที่สุด เพราะสัตว์หน้าดิน F. Capitellidae เป็นพวกที่ชอบอาศัยในตะกอน ที่มีอินทรีย์วัตถุสูง (Blackstock and Filion-Myklebust, 1983 : 159; Chareonpanich *et al.*, 1994b : 314) และสัตว์หน้าดินกลุ่มนี้ ยังอดทนต่อสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ และไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงในระดับหนึ่งได้ (Chareonpanich *et al.*, 1994a : 251; Vismann, 1990 : 236) polychaetes ที่พบรองลงมา ได้แก่ *Nephtys* sp. และ *Nereis* sp. ซึ่งมีรายงานใน แซ่ม้าช้อย สุานหงษ์ และรณชัย หมอดี (2525 : 344), จุมพล สงวนสิน (2525 : 12) และ Tantichodok (1980 : 48) crustaceans พวก amphipods ที่พบรองลงมาจาก polychaetes เพราะสัตว์หน้าดินกลุ่มนี้จะชอบอาศัยในบริเวณป่าชายเลนที่มีอินทรีย์วัตถุสูง (Frith *et al.*, 1976 : 23) สัตว์หน้าดินที่พบชุกชุมรองลงมาอีก ได้แก่ gastropods และ bivalves พวก *Cerithidea* sp. และ *Perna* sp. ซึ่งพบได้ในป่าชายเลนที่พื้นเป็นโคลนปนทราย (Frith *et al.*, 1976 : 24) ส่วนพวก insect (chironomid larvae) จะพบมากในช่วงเดือนมกราคม โดยมีการแพร่กระจายใน สถานี 1, สถานี 4, สถานี 5 และ สถานี 6 เนื่องจากน้ำมีสภาพขุ่น (Slingsby and Cook, 1986 : 125; Osborne and Davies, 1987 : 916) อย่างไรก็ตาม สัตว์หน้าดินกลุ่มนี้โดยทั่วไป จะพบในน้ำที่เกิดความเน่าเสียจากอินทรีย์สารปริมาณมาก (Urk *et al.*, 1992 : 2291; Rasmussen and Lindegaard, 1988 : 1107; Reddy and Rao, 1991 : 65) มีระดับน้ำตื้นและอุณหภูมิสูง (Arthur *et al.*, 1982 : 1475)

ฤดูกาลที่พบสัตว์หน้าดินชุกชุม อยู่ในช่วงเดือนมีนาคม จนถึงเดือน กันยายน เนื่องจากความเค็มของน้ำค่อนข้างคงที่ เหมาะแก่การขยายพันธุ์ของสัตว์หน้าดินหลาย ๆ ชนิด (ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ และคณะ, 2521 : 214) แต่ในฤดูฝนความเค็มของน้ำลดลง ความชุกชุมจึงลดลงด้วย (นิมูรารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522 : 5/8)

สำหรับมวลชีวภาพของสัตว์หน้าดิน มีค่าเฉลี่ยเพียง 5.4 กรัมต่อตารางเมตร เมื่อเทียบกับ บริเวณทะเลฝั่งอันดามัน (ปกกรณ์ ประเสริฐวงศ์, 2526 : 52), บริเวณอ่าวเพ (จารุวัฒน์ นกิตะภัก, 2524 : 14) และบริเวณป่าชายเลนจังหวัดภูเก็ต (Tantichodok, 1980 : 44) จัดว่าค่อนข้างต่ำ เพราะกลุ่มเด่นที่พบบริเวณนี้ ส่วนมากเป็นพวก polychaetes ซึ่งเป็นสัตว์หน้าดินที่ปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลง ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมได้ค่อนข้างกว้าง และมักจะมีขนาดเล็ก (Fauchald, 1977 : 22; ปกกรณ์ ประเสริฐวงศ์, 2526 : 65) เช่น F. Nephtyidae, F. Cirratulidae, F. Spionidae (Dauer and Conner, 1980 : 339; Oyarzum et al., 1987 : 429) ส่วนสาเหตุที่สถานี 5 (เดือนพฤษภาคม 2537) มีมวลชีวภาพสูงสุด เพราะมี gastropods (*Cerithidea* sp.) อาศัยอยู่มาก

การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินบริเวณคลองพะวง ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางเคมี, กายภาพ และชีวภาพที่แตกต่างในแต่ละฤดูกาล เพราะสัตว์หน้าดินแต่ละชนิด อาศัยอยู่ในแหล่งที่มีสภาพดังกล่าวแตกต่างกัน (James and Gibson, 1980 : 672) ปัจจัยทางชีวภาพ ที่มีความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อาหาร (Gambi and Giangrande, 1986 : 847) และในลักษณะพฤติกรรมการอยู่ร่วมกัน (Service et al., 1992 : 277) มีความสัมพันธ์ต่อการแพร่กระจายเช่นกัน โดยทั่วไป polychaetes มีพฤติกรรมการอยู่อาศัยแบบ hosts หรือ guests และพฤติกรรมการกินอาหารแตกต่างกันแต่ละชนิด (Ruppert and Barnes, 1994 : 527) อย่างไรก็ตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางอย่าง ก็ยังเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญ ต่อการอยู่อาศัยของสัตว์หน้าดินที่พบในคลองพะวง ในขณะที่น้ำในคลองพะวง มีความเค็มลดลงอย่างรวดเร็ว สัตว์หน้าดินหลายชนิดไม่สามารถทนอยู่ได้ เช่นในเดือนกรกฎาคม ไม่พบกลุ่มสัตว์หน้าดินหลายชนิด ที่แพร่กระจายในเดือนพฤษภาคม

ในสถานี 1 กลุ่มสัตว์หน้าดินชนิดเด่น เป็นกลุ่มที่พบแพร่กระจายในแหล่งน้ำที่มีภาวะมลพิษสูง และใช้เป็นเครื่องชี้บ่งถึงภาวะมลพิษได้ (Walker et al., 1979 : 112) ได้แก่ *Polydora* sp. พบเสมอในบริเวณที่มีการปล่อยทิ้งของเสียจากโรงงาน (Aschan and Skullerud, 1990 : 177) สถานี 3 มีการอยู่อาศัยของพวก *Malacoceros* sp. (F. Spionidae) เป็นสัตว์หน้าดินที่กินอาหารแบบ Non - selective deposit - feeders และพบเฉพาะแหล่งที่มีสภาวะมลพิษ (Rainer, 1982 : 432)

สถานี 4 พบ *Dendronereis* sp. และ *Nereis* sp. ซึ่งเป็น polychaetes ที่พบเสมอในบริเวณที่ได้รับภาวะมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม (Ferraro et al., 1991 : 388), oligochaetes และ crustaceans พวก *Grandidierella* sp. และ *Upogebia* sp. ที่พบชุกชุมในแหล่งน้ำที่มีความเครียดทางสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกัน (Weber, et al., 1992 : 325; Llansó, 1992 : 501) ส่วนไฟลัม

Platyhelminthes และ ลูกปลาวัยอ่อนบางชนิด ก็มีรายงานว่าพบในแหล่งน้ำทิ้ง ในสภาวะที่มี อินทรีย์สารมาก (Kalejta and Hockey, 1991 : 181)

สถานี 5 พบ *Heteromastus sp.* เป็นชนิดเด่น เพราะคุณภาพน้ำบริเวณนี้มี อินทรีย์สารไม่มาก เหมาะสำหรับอยู่อาศัยของสัตว์หน้าดินกลุ่มนี้ (Aschan and Skullerud, 1990 : 177) นอกจากนั้นยังพบ *Tharyx sp.* ซึ่งชอบอยู่ในบริเวณหน้าดินที่ไม่ลึกมาก และมี %silt - clay ในตะกอนค่อนข้างสูง (Poore and Rainer, 1979 : 485) สถานี 6 พบสัตว์หน้าดินคล้าย กับ สถานี 5 แต่จะพบลูกปลาวัยอ่อนมากขึ้น ส่วนสถานี 7 พบสัตว์หน้าดินคล้ายกับสถานี 5 อาทิเช่น *Upogebia sp.*, *Solen sp.*, *Apeudes sp.* และ *Sigambra sp.* ซึ่งเป็นสัตว์หน้าดินที่พบ เสมอในบริเวณชายฝั่งที่ได้รับอินทรีย์สารจากชุมชน (Marques et al., 1992 : 411; Lewis and Hollingworth, 1982 : 44; Llansó, 1992 : 502)

3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ความสัมพันธ์ของสัตว์หน้าดินกลุ่มเด่น กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในคลองพะวง มีความแตกต่างกันแต่ละกลุ่ม โดย polychaetes เพิ่มจำนวนมากขึ้น เมื่อน้ำมีความโปร่งแสงมาก และ อนุภาคของตะกอนมีขนาดเล็กลง ดังเช่น การศึกษาของ Ahn and Kang (1991 : 61) แต่มีจำนวน ลดลงเมื่อระดับน้ำลึกมากขึ้น เนื่องจากสัตว์หน้าดินพวกนี้ อาศัยบริเวณผิวหน้าดิน จึงมีความ สัมพันธ์กับการส่องลงไปของแสง (Edgar, 1991 : 589) และขนาดอนุภาคตะกอนพื้นท้องน้ำ (Gambi and Giangrande, 1986 : 847; Poore and Rainer, 1979 : 493) สำหรับสัตว์หน้าดินกลุ่ม crustaceans เพิ่มมากขึ้น เมื่อมีความเค็ม และความโปร่งแสงมากขึ้น (Apollov, 1990 : 50) เพราะที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ amphipods ซึ่งเป็นสัตว์หน้าดินที่ชอบอาศัยบริเวณชายฝั่งทะเล (Ruppert and Barnes, 1994 : 734) นอกจากนี้ สัตว์หน้าดินในกลุ่มนี้ยังพบบริเวณชายฝั่งที่ ระดับน้ำลึกกว่า และมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมากกว่าบริเวณที่พบ polychaetes (Kalejta and Hockey, 1991 : 181) อย่างไรก็ตาม amphipods มีความอดทนต่อภาวะที่มีอินทรีย์สารได้น้อย กว่า polychaetes (Reid et al., 1991 : 1 ; Llansó, 1992 : 509) สาเหตุที่สัตว์หน้าดินกลุ่ม bivalves เพิ่มจำนวนขึ้นเมื่อค่าบีโอดีมากขึ้น เพราะ ที่พบขุกชุมในคลองพะวง ได้แก่ *Perna sp.* และ *Modiolus sp.* ซึ่งเป็นพวกเกาะกับที่และกินอาหารแบบ filter feeding (Brey, 1991 : 344) ส่วนสาเหตุที่กลุ่ม gastropods เพิ่มจำนวนมากขึ้นเมื่อปริมาณ บีโอดี และไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงขึ้น เพราะพวก *Cerithidea sp.* ที่พบขุกชุมในคลองพะวง เป็นสัตว์ที่พบได้เสมอในป่าชายเลน (Frith et al., 1976 : 24) ที่มี บีโอดี และไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง (Fenchel and Riedl, 1970 : 255) โดยมี

เหตุผลสนับสนุนจากการศึกษาสัตว์พวก molluscs ที่อาศัยบริเวณป่าชายเลน จะมีระบบควบคุมร่างกายที่มีลักษณะเฉพาะ (Oeschger and Storey, 1993 : 214) อีกประการหนึ่ง ไฮโดรเจนซัลไฟด์ทั้งหมดที่ตรวจวัดได้ในตะกอน บางส่วนอาจจะเป็นเกลือซัลไฟด์ ซึ่งอาจจะไม่เป็นพิษต่อสัตว์หน้าดินเลยก็ได้

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันตลอดการศึกษา คือ เดือนพฤษภาคม 2536 กลุ่ม polychaetes มีความชุกชุมสัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Oyarzum *et al.* (1987 : 429) ส่วนสัตว์หน้าดินในกลุ่ม crustaceans มีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยสัตว์กลุ่มนี้จะไม่ชอบอาศัยบริเวณที่รับน้ำทิ้งจากโรงงาน (Botton, 1979 : 177) ซึ่งมีอินทรีย์สารมาก (บีโอดีสูง) สังเกตจากการศึกษาครั้งนี้ ไม่พบกลุ่ม crustaceans เลย ในบริเวณสถานี 1 ถึง 3 สำหรับสัตว์หน้าดินในกลุ่ม bivalves กับ gastropods มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมน้อย เพราะปัจจัยที่จำเป็น เช่น ความโปร่งแสง, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงน้อย แต่ตะกอนมีความเป็นกรดน้อยลง ในเดือนกรกฎาคม ทำให้ polychaetes เพิ่มจำนวนมากขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีซัลไฟด์ทั้งหมดสูงขึ้นก็ตาม (Theede *et al.*, 1969 : 335) เพราะโดยธรรมชาติ สัตว์หน้าดินพวกนี้ชอบขุดรูอยู่ในดิน สามารถทนต่อสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย และไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงในระดับหนึ่งได้ (Vismann, 1990 : 236; ภูมิฐรัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2528 : 8) จึงสังเกตพบว่า ในเดือนนี้สัดส่วนของ polychaetes (F. Capitellidae, F. Nephtyidae, F. Sabellidae และ F. Paraonidae) สูงกว่าสัตว์หน้าดินกลุ่มอื่น ๆ ในขณะที่สถานี 5 มีสัตว์หน้าดินชุกชุมมาก กิจกรรมที่เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณของเสียถูกขับถ่ายออกมาในรูปอินทรีย์สาร ทำให้เกิดขบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจน มีผลทำให้ซัลไฟด์ทั้งหมดในตะกอนของสถานีนี้มากขึ้นด้วย (Brinkhurst, 1974 : 73) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น ออกซิเจนที่ละลายน้ำ, บีโอดี, ความโปร่งแสง, ความเป็นกรด - ต่างของน้ำ และอนุภาคของตะกอน มีผลต่อความชุกชุมของสัตว์ในกลุ่ม bivalves และ gastropods แต่สำหรับสัตว์หน้าดินพวก crustaceans ยังมีความเค็มของน้ำ, อินทรีย์วัตถุในตะกอน และซัลไฟด์ทั้งหมด เข้ามาเป็นปัจจัยร่วมในการเปลี่ยนแปลงความชุกชุม

ในเดือนกันยายน สัตว์หน้าดินกลุ่ม polychaetes, crustaceans และ bivalves มีความชุกชุมสัมพันธ์กับความเค็ม และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เพราะปัจจัยทั้งสองของสถานี 4 ถึง 7 ในเดือนนี้ มีค่าค่อนข้างสูง ถึงแม้ว่าจะมีความแปรผันมาก แต่ก็ยังมีผลให้สัตว์หน้าดินเพิ่มจำนวนขึ้น เพราะสัตว์ในบริเวณแอสซูรีส่วนใหญ่ จะมีการปรับตัวให้ออดทน เพื่ออาศัย

อยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ความเค็ม และ ปริมาณออกซิเจนที่แปรผันได้ในช่วงกว้าง (Theede *et al.*, 1969 : 325) นอกจากนี้ polychaetes ยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก กับ %silt - clay เพราะมันชอบอาศัยในตะกอนที่เป็นโคลน (Hyllberg and Nateewathana, 1984 : 289) และบางครั้งการอยู่อาศัยของมันก็จะทำให้ตะกอนมีอนุภาคเล็กลงได้ (James and Gibson, 1980 : 671)

ในเดือนพฤศจิกายน กลุ่ม polychaetes, crustaceans และ bivalves มีความชุกชุมสัมพันธ์ในเชิงบวกกับ ความเค็มของน้ำ, ความเป็นกรด - ด่างของน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เพราะ ปัจจัยทั้งสามมีลักษณะลดต่ำลงมาก ส่วน polychaetes และ crustaceans ยังสัมพันธ์เชิงลบกับ บีโอดี และเชิงบวกกับความลึก เนื่องจากในเดือนนี้ ปริมาณ บีโอดี ตั้งแต่สถานี 3 ถึง 7 ค่อนข้างต่ำ และระดับน้ำลึกมาก สัตว์หน้าดินกลุ่ม gastropods ชุกชุมมาก เมื่อปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมดสูง เนื่องจากชนิดที่พบมาก ได้แก่ *Cerithidea sp.* โดยปกติจะพบอาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลน (สนิท อักษรแก้ว, 2532 : 92; Frith *et al.*, 1976 : 24) และจากพฤติกรรมการกินอาหาร (แบบ deposit feeding) ซึ่งต้องอาศัยอยู่บริเวณผิวหน้าดิน และเคลื่อนที่ได้ช้า จึงทำให้สัตว์หน้าดินกลุ่มนี้มีความสามารถในการปรับตัว เพื่ออาศัยในบริเวณที่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงได้ (ณัฐวรัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2523 : 3)

ในเดือนมกราคม 2537 สัตว์หน้าดินมีความชุกชุมน้อยลง เนื่องจากปัจจัยที่สำคัญคือ ความเค็ม (ณัฐวรัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522 : 5/8) ลดลงต่ำมาก จึงทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับปัจจัยต่าง ๆ น้อย ที่พบได้แก่ polychaetes สัมพันธ์กับความเค็ม เพราะสัตว์ในกลุ่มนี้ อดทนต่อความเค็มได้ในช่วงกว้าง (Sun and Tung, 1989 : 261)

ในเดือนมีนาคม การเปลี่ยนแปลงของ ความเค็ม และความลึก ของน้ำจะเพิ่มขึ้นตามระยะทางออกสู่ปากคลอง ทำให้บริเวณที่มีความเค็มสูง และระดับน้ำลึกมาก (สถานี 5 ถึง 7) มีความหลากหลายของชนิดมากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Flint and Holland (1980 : 13) และเป็นที่น่าสังเกตว่า บริเวณที่มีค่าบีโอดีต่ำ จะมีความหลากหลายของจำนวนชนิด polychaetes มากขึ้น ซึ่งพอจะสันนิษฐานได้ว่า สัตว์หน้าดินกลุ่มนี้เจริญพันธุ์ได้ดี เมื่อน้ำมีอินทรีย์สารน้อยลง และมีความเค็มเพิ่มขึ้น แต่ก็สามารถปรับตัวเข้าไปเจริญเติบโต และหาอาหารในบริเวณที่น้ำมีคุณภาพต่ำกว่าได้ (Botton, 1979 : 178) ส่วนความโปร่งแสงของน้ำมีลักษณะเพิ่มขึ้น จากสถานีต้นคลองออกสู่ปากคลอง ทำให้สถานี 5 และ 6 ซึ่งมีความโปร่งแสงมาก เป็นแหล่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และอาศัยอยู่ของพวก bivalves ที่พบส่วนใหญ่ จะเกาะติดกับวัสดุในน้ำและกินอาหารแบบ filter feeding (Ruppert, and Barnes, 1994 : 461)

ในเดือนพฤษภาคม สัตว์หน้าดินบางกลุ่มมีความชุกชุมขึ้น เพราะ บริเวณสถานี 4 และ 5 พวก bivalves เริ่มตายเนื่องจากน้ำจืด (มีฝนตกชุก) สัตว์หน้าดินกลุ่ม polychaetes ซึ่งมีบางพวกที่กินอาหารแบบ scavenger (Ruppert and Barnes, 1994 : 527) เพิ่มขึ้นทั้งชนิดและจำนวน ส่วนพวก crustaceans ซึ่งส่วนใหญ่เป็น amphipods ก็จะเข้าไปอาศัยอยู่ในบริเวณนั้นด้วย เพราะโดยปกติ พวกมันจะหากินรวมอยู่กับ polychaetes บริเวณผิวน้ำดินในแอ่งสุรี้ (Junoy and Vieitez, 1992 : 331; Flint and Holland, 1980 : 12)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

1 คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในคลองพระวงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดปี โดยเฉพาะความเค็ม, ความลึก, ความโปร่งแสง ปริมาณบีโอดี และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง ทั้งในระหว่างสถานีและระหว่างเดือน โดยพบว่า สถานี 6, 7 มีความเค็มมากที่สุด และสถานี 1 น้อยที่สุด ความเค็มเพิ่มขึ้นมากในเดือนมีนาคม และลดต่ำลงในเดือนมกราคม, ระดับน้ำ บริเวณสถานี 5 ลึกมากที่สุด ส่วนสถานี 1 ตื้นที่สุด โดยมีระดับน้ำลึกมากในเดือนพฤศจิกายน และตื้นในเดือนกันยายน และพฤษภาคม 2537, ความโปร่งแสงมากที่สุดสถานี 4 และน้อยที่สุดสถานี 1 โดยในเดือนพฤษภาคม 2536 มีความโปร่งแสงมาก และเดือนพฤษภาคม 2537 มีความโปร่งแสงน้อย, ปริมาณบีโอดี สถานี 1 มีค่ามากที่สุด สถานี 7 น้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยสูงในเดือนพฤษภาคม 2536 และลดต่ำลงในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งตรงข้ามกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่มีค่ามากที่สุดในสถานี 7 และมีค่าน้อยที่สุดในสถานี 1

2 คุณภาพตะกอน

ลักษณะของตะกอน มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับคุณภาพน้ำ ซัลไฟด์ทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า ค่าความเป็นกรด - ด่างของตะกอน และ % silt - clay โดยมีค่ามากที่สุดในเดือนมีนาคม น้อยที่สุดในเดือนมกราคม สถานี 5 ซัลไฟด์ทั้งหมดมากที่สุด และสถานี 7 น้อยที่สุด ค่าความเป็นกรด - ด่างของตะกอนสูงสุดในเดือนมีนาคม ต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม สถานี 7 มีค่าความเป็นกรด - ด่างสูงสุด และสถานี 1 ค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำสุด % silt - clay สูงสุดในเดือนกันยายน ต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม 2536 สถานี 5 จะมีค่าสูงสุด และสถานี 7 ต่ำสุด

3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและตะกอน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในคลองพระวง โดยส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกลงมาในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และการขึ้นลงของน้ำในบริเวณทะเลสาบตอนล่าง เนื่องจากใน

บริเวณนี้อยู่ใกล้ปากทะเลเปิด ปริมาณฝนที่ตกลงมาในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาทั้งหมด จะไหลออกสู่ทะเลโดยผ่านบริเวณนี้ จึงทำให้ในบางครั้ง แม้ว่าจะมีปริมาณฝนตกน้อยในทะเลสาบตอนล่าง แต่น้ำกลับมีความขุ่นมาก และมีความเค็มลดลง ส่วนคุณภาพของตะกอน ส่วนใหญ่จะมีผลมาจาก การเปลี่ยนแปลงความขุกขุมของสัตว์หน้าดิน, การปล่อยน้ำและกากของเสียจากโรงงาน

4 การเปลี่ยนแปลงความขุกขุมและชนิดของสัตว์หน้าดิน

การเปลี่ยนแปลงความขุกขุมของสัตว์หน้าดิน ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำและตะกอนที่เปลี่ยนไป โดยพบว่า สัตว์หน้าดินที่สำรวจพบในคลองพะวง ส่วนใหญ่เป็นสัตว์หน้าดินในกลุ่ม polychaetes; *Heteromastus* sp. เป็นชนิดเด่น ซึ่งพบขุกขุมตลอดทั้งปี รองลงมาเป็น crustaceans; *Grandidierella* sp. และ *Eriopisella* sp. เป็นชนิดเด่น ซึ่งพบขุกขุมในเดือนมีนาคม และพฤษภาคม ส่วนพวกสัตว์หน้าดินในกลุ่ม bivalves และ gastropods จะพบในเดือนที่มีความเค็ม และปริมาณน้ำที่ต่ำ สัตว์หน้าดินในกลุ่มอื่นๆ เช่น Platyhelminthes, Nemertea และ Chordata พบว่ามีความขุกขุมน้อย สัดส่วนระหว่างสัตว์หน้าดินกลุ่ม polychaetes กับสัตว์หน้าดินกลุ่มอื่น ๆ แตกต่างกันไปมากในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงพฤศจิกายน แต่จะแตกต่างกันน้อยในช่วงตั้งแต่เดือนมกราคม จนถึง มีนาคม สถานี 4, 5 และ 6 แตกต่างกันในสัดส่วนมากกว่าสถานี 7 สำหรับสัตว์หน้าดินที่มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันมากระหว่างฤดูกาล คือ chironomid larvae ซึ่งพบขุกขุมเฉพาะเดือนมกราคม เพราะเป็นสัตว์ที่อยู่ได้เฉพาะในน้ำจืดเท่านั้น

5 การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพของสัตว์หน้าดินบริเวณคลองพะวงจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ย 5.4 กรัมต่อตารางเมตร เดือนที่มีมวลชีวภาพสูงสุด ได้แก่ เดือนพฤษภาคม 2537 รองลงมา ได้แก่ เดือนพฤศจิกายน, มีนาคม, กันยายน, พฤษภาคม 2536 และ กรกฎาคม ตามลำดับ ส่วนเดือนมกราคม มีมวลชีวภาพของสัตว์หน้าดินต่ำที่สุด สาเหตุที่สำคัญเนื่องจากปัจจัยด้านความเค็มของน้ำเป็นหลัก (ณิษฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2522 : 5/8) สัตว์หน้าดินพวก gastropods จะมีมวลชีวภาพสูงสุด รองลงมาได้แก่ polychaetes, bivalves และ crustaceans ส่วนสัตว์หน้าดินในกลุ่ม insect, Platyhelminthes, Nemertea และ Chordata มีค่ามวลชีวภาพน้อยมาก สำหรับสถานีที่สำรวจทั้ง 7 สถานีพบว่า สถานี 5 มีมวลชีวภาพมากที่สุด รองลงมาเป็นสถานี 7, 6, 4, 3 และ 1 ตามลำดับ ส่วนสถานี 2 ไม่พบสัตว์หน้าดินชนิดใดเลย ซึ่งเป็นเครื่องชี้บ่งชี้ได้ว่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทั้งคุณภาพตะกอนและคุณภาพน้ำ อยู่ในสภาพที่เน่าเสียอย่างรุนแรง ซึ่งแม้ว่าคุณภาพน้ำ

และตะกอนของสถานีนี้จะมีคุณภาพต่ำกว่าสถานีอื่นไม่มาก แต่เมื่อเกิดปฏิกิริยาโดยรวมแล้วก็ทำให้เกิดความรุนแรงขึ้นได้ตามกฎความอดทนของเซลฟอร์ด (ศิริพรต ผลสินธุ์, 2534 : 72) โดยสังเกตได้จากปัจจัยทางชีวภาพ คือ สัตว์หน้าดินไม่สามารถอาศัยอยู่ได้

6 ธรรมชาติความหลากหลายและการกระจาย

ธรรมชาติความหลากหลายของสัตว์หน้าดินในบริเวณคลองพะวง มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าระหว่าง 0.277 ถึง 1.127 เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมที่แปรผันอย่างมากในบริเวณนี้ ทำให้เกิดสภาวะวิกฤต สังเกตจากบริเวณสถานี 7 (ซึ่งอยู่ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง) มีค่าธรรมชาติความหลากหลายโดยเฉลี่ยสูงกว่าสถานีที่อยู่ในคลอง เดือนที่มีธรรมชาติความหลากหลายสูงสุด ได้แก่ เดือนพฤษภาคม 2537 เพราะน้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้น สำหรับจำนวนชนิดสัตว์หน้าดิน พบว่า สถานี 6 เดือนกันยายน มีชนิดสัตว์หน้าดินมากที่สุด (28 ชนิด) รองลงมาได้แก่ สถานี 7 ในเดือนพฤศจิกายน (24 ชนิด) เป็นที่น่าสังเกตว่า ความหลากหลายของสัตว์หน้าดินลดลง ในบริเวณสถานี 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงสภาวะวิกฤตของคุณภาพน้ำและตะกอนในบริเวณดังกล่าว

7 ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณคลองพะวง มีความแปรผันอย่างมาก เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ซึ่งเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำฝน กระแสลม และน้ำขึ้นน้ำลง จากบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน ได้แก่ ความเค็ม, ค่าบีโอดี, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ, ความลึก, ความโปร่งแสง และความเป็นกรด - ด่างของน้ำ ส่วนปัจจัยอื่นๆ มีความสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินน้อยกว่า สรุปได้ว่า สัตว์หน้าดินในคลองพะวงแพร่กระจายสัมพันธ์กับคุณภาพของน้ำ ที่ได้รับอิทธิพลจากทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มากกว่าคุณภาพตะกอน

สัตว์หน้าดินในกลุ่ม polychaetes บางชนิด สามารถนำมาเป็นเครื่องชี้บ่งภาวะวิกฤตของคลองพะวงได้ เพราะจากการศึกษาพบว่า สัตว์หน้าดินในกลุ่มนี้มีความหลากหลาย, สามารถพบทุกครั้งที่สำรวจ และมีปริมาณมากกว่าสัตว์หน้าดินกลุ่มอื่น โดยเฉพาะ *Heteromastus* sp. ซึ่งเป็น polychaetes ที่สามารถปรับตัวให้มีชีวิตอยู่ได้ในที่ที่มีออกซิเจนน้อย (Pals and Pauptit, 1979 : 583) และ *Polydora* sp. ทนต่อแหล่งที่มีสภาพสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมได้ดี (Walker et al., 1979 : 112) นอกจากนี้ยังมีแมลงพวก chironomid larvae ที่พบได้ในน้ำที่มีออกซิเจนน้อย

(Bairlein, 1989 : 523) และมีความสามารถในการปรับตัว อยู่ในบริเวณที่มีภาวะวิกฤตทางสิ่งแวดล้อมได้เช่นเดียวกับ polychaetes บางชนิดที่กล่าวมา (Gaston et al., 1988 : 192)

8 สภาวะของคลองพะวงในปัจจุบัน

คลองพะวงในสภาพปัจจุบัน ได้รับผลกระทบอย่างมาก จากการปล่อยทิ้งของเสีย ทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และชุมชนที่กำลังขยายตัวเพิ่มมากขึ้นในบริเวณนี้ จากการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำบริเวณต้นคลองซึ่งอยู่ใกล้แหล่งน้ำทิ้งของโรงงาน มีคุณภาพต่ำกว่าสถานีตอนนอกของคลอง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง จะแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะปัจจัยที่ชี้บอกความสกปรก เช่น บีโอดี, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ นอกจากรู้นั้นตะกอนบริเวณต้นคลอง ก็เป็นเครื่องชี้บอกได้อย่างชัดเจนว่า การปล่อยทิ้งของเสียบริเวณต้นคลอง ประกอบด้วยน้ำและสิ่งแขวนลอยในน้ำ ทำให้ระดับความลึกบริเวณสถานีต้นคลอง พะวงตื้นเขิน ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของตะกอน เช่น ปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมด, ความเป็นกรด - ด่าง ส่วนการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของคุณภาพน้ำในคลอง มักจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ ได้แก่ การขึ้นลงของน้ำ และการตกของฝนรอบลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เช่น ความเค็ม ความโปร่งแสง ความลึก ปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมา นับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินในบริเวณนี้ การที่มีสัตว์หน้าดินบางพวกสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ในขณะที่อีกพวกหนึ่งไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ ในแต่ละฤดูกาลและแต่ละสถานี ก็เป็นเครื่องชี้บอกได้ว่า คลองพะวง มีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามการที่พบสัตว์หน้าดินบางกลุ่มที่มักพบเสมอในแหล่งน้ำคุณภาพต่ำ เช่น chironomid larvae ก็พอจะบอกถึงสภาวะคุณภาพน้ำคลองพะวงที่กำลังอยู่ในภาวะวิกฤต โดยเฉพาะสถานีบริเวณต้นคลอง (สถานี 1 ถึง 4) มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำน้อยกว่ามาตรฐานที่กำหนดได้โดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ(2533 : 11)

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พอจะสรุปเป็นข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมของคลองพะวง ให้มีความเหมาะสม เพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติในบริเวณนี้มีความสมดุลย์ตามธรรมชาติและมีความยั่งยืน (sustainable) ในการใช้ประโยชน์ต่อไป

1. ในการขยายความเจริญของชุมชนเมือง ในบริเวณนี้จะต้องมีการควบคุมไม่ให้มีการทำลายป่าชายเลน ที่ยังเหลืออยู่จนหมดสภาพ เพราะจากการสังเกตตลอดการศึกษา ตั้งแต่ปี

2536 จนถึง 2537 พบว่า มีการทำลายป่าชายเลนจนถึงริมคลองพะวง ซึ่งตามกฎหมายป่าไม้ ระบุให้การใช้ประโยชน์ป่าชายเลน สามารถทำได้ในเขตห่างจากริมฝั่งแม่น้ำลำคลองธรรมชาติไม่น้อยกว่า 20 เมตร (สนธิ อักษรแก้ว, 2534 : 777)

2. สถานี 1, 2 และ 3 จัดเป็นเขตย่อยสลาย และเขตเน่าเสีย (degradation zone and septic zone) มีระดับน้ำตื้น ควรจะมีการขุดลอกเลนบริเวณนี้ ออก ถึงแม้ว่ามีผลกระทบต่อระบบนิเวศบ้าง (เพราะมีสัตว์หน้าดินแพร่กระจายอยู่บ้าง) แต่ก็ไม่มาก หลังจากขุดลอกแล้ว ต้องควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งของชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมที่ยังคงดำเนินการอยู่ โดยให้มีการใช้ระบบบำบัดน้ำทิ้งอย่างเหมาะสม ก่อนที่จะปล่อยลงสู่คลองพะวง

3. ในอนาคตบริเวณใกล้ปากคลอง (สถานี 5) เป็นที่ตั้งโรงพยาบาลจังหวัดสงขลา จะมีการปล่อยน้ำทิ้งที่มากทั้งปริมาณและของเสียที่เป็นสารอันตราย ต้องมีการควบคุมและติดตาม การบำบัดน้ำก่อนทิ้ง เพื่อมิให้กระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อม เพราะจากการศึกษาพบว่า สถานี 5 มีความขุกขุมและความหลากหลายของสัตว์หน้าดินมากที่สุด จัดเป็นเขตคืนสภาพ (recovery zone) ของคลองพะวง

4. บริเวณใต้สะพานที่ถนนลพบุรีราเมศวร์ตัดกับคลองพะวง มีเศษซากปูนและหินจากการก่อสร้าง เป็นอุปสรรคต่อการไหลเวียนของน้ำ ในบริเวณสถานี 1, 2 และ 3 เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำเน่าเสีย จะต้องเคลื่อนย้ายออก

5. ในการเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ซึ่งมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำแบบลากูน (Tunsakul, 1987 : 56; Angsupanich and Kuwabara, 1995 : 115) มีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมตลอดเวลา ไม่ควรเก็บเฉพาะข้อมูลด้านใดด้านหนึ่ง เพราะความแปรผันของปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กันทั้งระบบจึงควรเก็บข้อมูลทางกายภาพ, เคมี และชีวภาพ ควบคู่กันทุกครั้ง และถ้าเพิ่มความถี่ในการเก็บมากขึ้น จะอธิบายได้ถูกต้องมากขึ้นด้วย

6. มีการให้ความรู้เกี่ยวกับความสำคัญของคลองพะวง แก่ชุมชนที่อยู่รอบลุ่มน้ำ ให้ตระหนัก และเห็นความจำเป็นที่จะต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการ, การใช้ประโยชน์, การอนุรักษ์ ตลอดจนถึงเฝ้าระวังและติดตามตรวจสอบโดยองค์กรที่จัดขึ้นโดยชุมชนเอง

บรรณานุกรม

กรมแผนที่ทหาร. 2528. แผนที่จังหวัดสงขลา. ชุด 15015. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : กองบัญชาการทหารสูงสุด.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน. 2533 ก. "การติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา", ใน รายงานฉบับสุดท้าย สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 1 - 12.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน. 2533 ข. มาตรฐานคุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ : กองมาตรฐานคุณภาพน้ำ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.(สำเนา)

จารุวัฒน์ นกัตะภักฏ และพิมพ์ร บุญญภาส. 2523. "การศึกษาสัตว์หน้าดินในอ่าวเพ", ใน รายงานวิชาการประจำปี สถาบันประมงจังหวัดระยอง. หน้า 1 - 29.

จุมพล สงวนสิน. 2533. "สัตว์พื้นทะเลบริเวณอ่าวระยอง", ใน รายงานสัมมนาวิชาการประจำปี กรมประมง. หน้า 425 - 436.

_____. 2534. "ตะกอนพื้นทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (ช่องแสมสาร - ตราด)", ใน รายงานสัมมนาวิชาการประมง กรมประมง. หน้า 265 - 270.

ฉัตรไชย รัตน์ไชย, รพีพรรณ สุวรรณณัฐโชติ, ณรงค์ ณ. เชียงใหม่ และ ไรจน์ฉรีย์ ด้านสวัสดิ์. 2532. "โครงการศึกษาเพื่อกำหนดแผนการจัดการ และดำเนินการเพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา", ใน แนวทางการใช้ประโยชน์จากลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (เอกสารประกอบการสัมมนา ศูนย์ข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติฯ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 89 - 109. สงขลา.

- ฉัตรไชย รัตนไชย และ ชุตมผล พิชนีโพบูลย์. 2535. "การก่อสร้างเขื่อนกั้นน้ำเค็ม ทะเลสาบสงขลา : ผลกระทบด้านกายภาพ", ใน เขื่อนกั้นน้ำเค็มทะเลสาบสงขลา (เอกสารสรุปการสัมมนา) กองทัพภาคที่ 4, ศูนย์อำนวยการบริหารชายแดนภาคใต้ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 81 - 90. สงขลา.
- แถมชัย ฐานพงษ์. 2522. "การเปลี่ยนแปลงอัตราความชุกชุมและกลุ่มประชากรของสัตว์หน้าดินในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา", ใน รายงานสรุปผลการสัมมนาวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 1 28 - 30 พฤษภาคม 2522 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 193 - 195.
- แถมชัย ฐานพงษ์ และ รณชัย หมอดี. 2525. "สัตว์พื้นทะเลและสภาวะแวดล้อมของพื้นทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนกลาง(เขต 1)", ใน รายงานการสัมมนาวิทยาศาสตร์ทางทะเลแห่งชาติ ครั้งที่ 2 8 - 11 กันยายน 2525 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 340 - 365.
- ณรงค์ ณ. เชียงใหม่. 2534. "ปัญหาสภาวะแวดล้อมทะเลสาบสงขลา", ใน การนำบัดน้ำเสีย: คุ้มไม่คุ้ม (เอกสารประกอบการสัมมนา) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. หน้า 23 - 31. สงขลา.
- ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์. 2522. สมุทรศาสตร์ชีวภาพของเอสทูรี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา)
- _____. 2523. "ผลของสารประกอบซัลไฟด์ (H_2S) ที่มีต่อสัตว์ทะเลหน้าดิน ที่ไม่มีกระดุกสันหลังบางชนิด", ใน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 1 - 40. กรุงเทพฯ

ณัฐวรรัตน์ ปภาวสิทธิ์, สมถวิล เดชะพรหมพันธ์ และ เอกพล อ่วมนุษ. 2528. "ผลของความเค็ม และ สารประกอบซัลไฟด์ (H_2S) ที่มีต่ออนุแกมดาบสองชนิด", ใน รายงานการสัมมนาระบบนิเวศวิทยาป่าชายเลน ครั้งที่ 5 26 - 29 ก.ค. 2528. เล่มที่ 2. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 1 - 14. กรุงเทพฯ.

ณัฐรา นังสพฤกษ์. 2535. นิเวศวิทยาเชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (สำเนา)

ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์. 2521. "การศึกษาลักษณะคุณสมบัติและผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตของน้ำเสียบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองจังหวัดสมุทรสงคราม", ใน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 209 - 214. กรุงเทพฯ.

_____. 2522. "ผลกระทบด้านต่าง ๆ จากการพัฒนาป่าชายเลน", ใน รายงานผลการประชุมสัมมนาระบบนิเวศวิทยาป่าชายเลน ครั้งที่ 3, วันที่ 8 - 12 เมษายน 2522. เล่มที่ 1. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 322 - 335. กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์, สุทธิชัย เตมียวณิชย์, ณัฐวรรัตน์ จิโรจน์, นงนารถ เซทที. 2521. "การศึกษาเกี่ยวกับความหนาแน่นของประชากรและมวลชีวภาพของสัตว์หน้าดินในอ่าวไทย และ ทะเลอันดามัน", ใน สรุปผลสัมมนาไปเยี่ยมชมการสำรวจและวิจัยสภาวะน้ำเสียในน่านน้ำไทย วันที่ 20 - 25 มีนาคม 2521 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 209 - 214. กรุงเทพฯ.

นิกร ฤทธิบูรณ์. และ เสาวภา อังสุภาณิช. 2539. "โครงสร้างของประชาคมและการแปรผันตามฤดูกาลของแพลงก์ตอนพืชในคลองพะวง ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา", วารสารสงขลานครินทร์. 18 : 221 - 237.

นิธิ ฤทธิพรพันธุ์, วิเชียร จากุพนธ์, จรมัน ว่องวิทย์, สมหมาย เขียววาริสังข์, จารุณี จันทร์ประมุข, เยาวลักษณ์ ดิสระ, เสาวภา อังสุภาณิช, ชุติมา ตันติกิตติ, วิมลรัตน์ เกษมทรัพย์ และ เซอร์ สุวรรณรัตน์. 2526. "ป่าชายเลนในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง", ในรายงานผลการสัมมนา เรื่อง แนวทางการพัฒนาชุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา 17 - 19 กรกฎาคม 2526 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, กองทัพอากาศที่ 4 และสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. หน้า 136 - 140. ณรงค์ ณ. เชียงใหม่ บรรณาธิการ.

นีนา เปี่ยมทิพย์มนัส และ มานพ เจริญรอย. 2528. "สัตว์พื้นทะเลบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก 2526", ใน รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2528 กรมประมง. หน้า 508 - 516.

_____. 2528. "สัตว์พื้นทะเลบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก 2526", ใน รายงานวิชาการที่ สจ./27/1. สถานวิจัยประมงทะเล กองประมงทะเล กรมประมง. หน้า 1 - 35.

บุญล อินทระสังขา. 2536. "การศึกษาผลกระทบของการขยายชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมต่อสภาพแวดล้อมทางน้ำในจังหวัดสงขลา", ใน รายงานการวิจัยภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตภาคใต้. หน้า 1 - 29.

บำรุงศักดิ์ จัตรอนันตเวช และ สมชัย บุศราวิช. 2528. "การสำรวจสัตว์พื้นทะเลทางฝั่งตะวันตกของประเทศไทย", ใน รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี กรมประมง. หน้า 497 - 508.

ปกรณ์ ประเสริฐวงศ์. 2526. "การฟื้นฟูสภาพของสัตว์ทะเลหน้าดินหลังการทำเหมืองแร่ในทะเล", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา)

- ปิยาภรณ์ มัณฑะจิตร. 2535. "หลายชีวิตในทะเลสาบสงขลา", สารคดี. ปีที่ 8 ฉบับที่ 89 (กรกฎาคม). หน้า 72 - 99.
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2534. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมล เรียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525. เคมีสภาวะแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- เพิ่มศักดิ์ เพ็งงาม. 2531 "สภาพตะกอนบริเวณแหล่งเลี้ยงปลากะพงขาว ในกระชังบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก", เอกสารวิชาการ จ. 8/2531 สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา. หน้า 1 - 5.
- ไพบุลย์ นัยเนตร. 2532. "สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง", ใน การสัมมนาชีววิทยา ครั้งที่ 7 เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย 16 - 17 ตุลาคม 2532 คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย และองค์การยูเนสโก. หน้า 123 - 125. เชียงใหม่.
- ไพโรจน์ พรหมานนท์ และ สุชาติ วิเชียรสรรค์. 2510. "การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของอุณหภูมิ และความเค็มของน้ำ ในทะเลสาบสงขลา และบริเวณใกล้เคียง", ใน รายงานประจำปี 2509 - 2510 สถาบันประมงทะเลสงขลา กรมประมง. หน้า 69 - 95.
- ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และคณิต ไชยาคำ. 2525. "การศึกษานิเวศวิทยาในทะเลสาบสงขลา", ใน รายงานประจำปี สถาบันพัฒนาประมงชายฝั่งทะเลสงขลา กรมประมง. หน้า 238 - 259.

ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และสิริ ทุกขวีนาศ. 2529. "ผลการศึกษาร่องรอยประกอบของสัตว์
หน้าดิน", เอกสารวิชาการ จ.2/2529 สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
สงขลา. หน้า 38 - 48.

ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์, สุชาติ วิเชียรสรรค์ และ สุจิตรา กระบวนรัตน์. 2520. "การ
ศึกษานิดและปริมาณเบนโทส ในทะเลสาบสงขลา", ใน รายงานสถานี
ประมงทะเลสงขลา กรมประมง. หน้า 312 - 330.

มนูดี นังสพฤกษ์. 2532. สมุทรศาสตร์เคมี. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

มานพ เจริญรอย และ นีนา เปียมทิพย์มันต์. 2524. "สัตว์พื้นทะเลในบริเวณอ่าวไทยนอก
ฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี 2523", เอกสารวิชาการที่ สจ./23/6 สถานีวิจัยประมง
ทะเล กองประมงทะเล กรมประมง. หน้า 1 - 13.

มานพ เจริญรอย และ อนุวัฒน์ นทีวัฒนา. 2521. "ผลการสำรวจสภาพ และความอุดม
สมบูรณ์ ของพื้นทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนใน 2519", เอกสารวิชาการที่
สจ./20/11 สถานีวิจัยประมงทะเล 2521. กรมประมง. หน้า 1 - 30.

เริงชัย ดันสกุล. 2535. "ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการสร้างเขื่อนกั้นน้ำเค็มทะเลสาบ
สงขลา", ใน เอกสารสรุปการสัมมนา : เขื่อนกั้นน้ำเค็มทะเลสาบสงขลา
กองทัพภาคที่ 4 ศูนย์อำนวยการบริหารชายแดนภาคใต้ และมหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์. หน้า 91 - 112. สงขลา.

วชิระ เหล็กนิ่ม และ พิมลพรรณ สีละวัฒนากุล. 2532. "นิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตในเขต
ห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลสาบ (คุซุด) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา : 1 ผลการศึกษาเบื้องต้น
ต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ, ชุมชนพืช, สัตว์หน้าดิน, ปลา และนก, ปี 2530 -
2531", ใน แนวทางการใช้ประโยชน์จากลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา 27 - 28
กรกฎาคม 2532 ณ โรงแรมโนรา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา จัดโดยศูนย์ข้อมูล
ทรัพยากรธรรมชาติและจัดการสิ่งแวดล้อม ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 110 - 125.

วิเชียร จาญพจน์, สมศักดิ์ มณีพงศ์ และ Satoshi Matsumoto. 2537. "ดินตะกอน
พลวัตของธาตุอาหารในดินตะกอน", ใน รายงานการวิจัย : พลวัตของระบบ
นิเวศในทะเลสาบสงขลาตอนนอก ประเทศไทยทางใต้. คณะทรัพยากร
ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 136 - 155.

ศิริพรต ผลสินธุ์. 2534. ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ดี.ดี บั๊คสโตร์.

สมศักดิ์ เขตสมุทร, นีนา เปี่ยมทิพย์มณี และ มานพ เจริญรอย. 2522. "ชนิดและปริมาณ
ของสัตว์พื้นทะเลในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก 2520", เอกสารวิชาการสถาน
วิจัยประมงทะเล 2522. กองประมงทะเล. หน้า 1 - 27.

_____. 2523. "ชนิดและปริมาณของสัตว์พื้นทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก 2522",
เอกสารวิชาการที่ สจ./22/2 สถานวิจัยประมงทะเล กองประมงทะเล กรม
ประมง. หน้า 1 - 31.

สมศักดิ์ มณีพงศ์ และ Satoshi Matsumoto. 2537. "การสะสมของอินทรีย์วัตถุและโลหะ
หนัก พลวัตของระบบนิเวศ ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก ประเทศไทยทาง
ใต้", ใน รายงานการวิจัย : พลวัตของระบบนิเวศในทะเลสาบสงขลาตอนนอก
ประเทศไทยทางใต้. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
หน้า 160 - 181.

สนิท อักษรแก้ว. 2532. ป่าชายเลน : นิเวศวิทยาและการจัดการ. กรุงเทพฯ : หจก.คอมพิวแอตเวอร์ไพซิงค์.

สนิท อักษรแก้ว. 2534. "การจัดการป่าชายเลน", เอกสารการสอนชุดวิชานิเวศวิทยาและการจัดการป่าไม้. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. หน้า 735 - 786.

สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และ สมชาติ สุขวงศ์. 2511. "การสำรวจความชุกชุมและการแพร่กระจายของเบนโทส ในทะเลสาบสงขลาตอนใน", ใน รายงานวิชาการประจำปี 2511 สถาบันประมงทะเลสงขลา, กรมประมง. หน้า 41 - 75.

_____ . 2512. "การสำรวจความชุกชุมและการแพร่กระจายของเบนโทส ใน ทะเลสาบสงขลา ปี 2512", ใน รายงานวิชาการประจำปี 2512, สถาบันประมงทะเลสงขลา, กรมประมง. หน้า 69 - 100.

_____ . 2513. "การศึกษาปริมาณความชุกชุมและการแพร่กระจายของเบนโทส ในบริเวณทะเลสาบสงขลาปี 2513", ใน รายงานวิชาการประจำปี 2513 สถาบันประมงสงขลา, กรมประมง. หน้า 231 - 261.

สิริ ทุกขวินาศ, ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และ ไภษัชย์ แซ่จู. 2528. "การศึกษาสภาวะนิเวศทางการประมง บริเวณลุ่มแม่น้ำทะเลสาบสงขลา", ใน รายงานวิชาการประจำปี สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา, กรมประมง. หน้า 1 - 18.

สุชาติ สว่างอารีย์ และ เพ็ญศรี บุญเรือง. 2531. "ชนิด, ความชุกชุม และการแพร่กระจายของสัตว์พื้นทะเล บริเวณอ่าวพังงา", ใน รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี กรมประมง. หน้า 391 - 398

สุวรรณ สิทธิเกษม, ชลัญญา ธารบุปผา, สุวรรณี นวลกระโทก และ กิติพงษ์ ลีลสัตยกุล.

2524. “คุณสมบัติและปริมาณของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมการประมง
ในบริเวณปากแม่น้ำของอ่าวไทยตอนใน”, ใน เอกสารวิชาการที่ สจ./23/14
สถานวิจัยประมงทะเล กองประมงทะเล, กรมประมง. หน้า 1 - 32.

อภิญา วงศ์กิตติการ . 2533 . สถิติสำหรับชีววิทยา. สงขลา : ภาควิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

Abbott, R. T. and Dance, S. P. 1985. Compendium of Seashells. Tokyo : Heibonsha
Limited Publisher.

Ahn, I. Y. and Kang, Y. C. 1991. “Preliminary Study on the Macrobenthic Community
of Maxwell Bay, South Shetlands, Antarctica”, Korean Journal Polar Research.
2 : 61 - 71.

Aksornkoae, S. 1993. Ecology and Management of Mangroves. Bangkok : IUCN.

Angsupanich, S. and Kuwabara, R. 1995. “Macrobenthic Fauna in Thale Sap Songkhla,
A Brackish Lake in Southern Thailand”, Lakes & Reservoirs: Research and
Management. 1 : 115 - 125.

APHA - AWWA - WPCF. 1985. Standard Methods for the Examination Water and
Wastewater. 16th edition. New York : American Public Health Publishers, Inc.

Apollov, A. B. 1990. “Well - being of Macrobenthic Fauna on Eastern Baltic in
1986 - 1988” Fisheries Investigations of GDR and UDSSR in the
Baltic. 28 : 50 - 54.

- Arthur, J. W., Zischke, J. A. and Erickson, G. L. 1982. "Effect of Elevated Water Temperature on Macroinvertebrae Communities in Outdoor Experimental Channels", Water Research. 16 : 1465 - 1477.
- Aschan, M. M. and Skullerud, A. M. 1990. "Effects of Changes in Sewage Pollution on Soft - Bottom Macrofauna Communities in the Inner Oslofjord, Norway", Sarsia. 75 : 169 - 190.
- Bairlein, F. K. 1989. "The Respiration of Chironomus - larvae (Diptera) from Deep and Shallow Waters under Environmental Hypoxia and at Different Temperatures", Archiv Für Hydrobiologie. 115 : 523 - 536.
- Barnes, R. K. and Mann K. H. 1980. Fundamentals of Aquatic Ecosystems. London : Blackwell Scientific Publication.
- Bazzanti, M. and Seminara, M. 1987. "Environmental Stress in a Regulated Eutrophic Lake Indicated by the Profundal Macrobenthic Community", Bulletin Zoologisch Museum Universiteit van Amsterdam. 4 : 261 - 266.
- Bechara, J. A. and Andreani, N. L. 1989. "The Macrobenthos in a Lagoon Covered by *Eichhornia crassipes* in the Flood Plain of the Parana River (Argentina)", Tropical Ecology. 30 : 142 - 155.
- Bianchi, T. S., Dawson, R. and Sawangwong, P. 1988. "The Effects of Macrobenthic Deposit - Feeding on the Degradation of Chloropigments in Sandy Sediments", Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 122 : 243 - 255.

- Blackstock, J. and Filion-Myklebust, C. 1983. "Environmental and Biochemical Investigation of Some Effects of Organic Pollution in Inner Oslofjord, Norway", Marine Biology. 73 : 155 - 163.
- Botton, M. L. 1979. "Effects of Sewage Sludge on the Benthic Invertebrate Community of the Inshore New York Bight", Estuarine and Coastal Marine Science. 8 : 169 - 180.
- Bretthauer, R. 1991. "Bioindicators and Biomonitors in Aquatic Ecosystems with Special Attention to Potential Applications in Developing Countries", In Biological monitoring signals from the environment , pp. 129 - 197. Ellenberg, H. , et al., eds. Eschborn : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Brey, T. 1991. "The Relative Significance of Biological and Physical Disturbance : An Example from Intertidal and Subtidal Sandy Bottom Communities", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 33 : 339 - 360.
- Brinkhurst, R. O. 1974. The Benthos of Lakes. London : The Macmillan Press Ltd.
- Chapman, H. D. and Pratt, P. F. 1982. Methods of Analysis for Soil Plants and Waters. Berkeley, California : University of California Press.
- Chareonpanich, C., Montani, S., Tsutsumi, H. and Nakamura, H. 1994a. "Estimation of Oxygen Consumption of a Deposit - Feeding Polychaete *Capitella sp. I*", Fisheries Science. 60 : 249 - 251.

- Chareonpanich, C., Tsutsumi, H. and Montani, S. 1994b. "Efficiency of the Decomposition of Organic Matter, Loaded on the Sediment, as a Result of the Biological Activity of *Capitella sp.I*", Marine Pollution Bulletin. 28 : 314 - 318.
- Chatanantawej, B. and Bussarawit, S. 1987. "Quantitative Survey of the Macrobenthic Fauna Along the West Coast of Thailand in the Andaman Sea", Research Bulletin of the Phuket Marine Biology Center. 47 : 1 - 23.
- Dauer, D. M. and Conner, W. G. 1980. "Effects of Moderate Sewage Input on Benthic Polychaete - Population", Estuarine and Coastal Marine Science. 10 : 335 - 346.
- Day, J. H. 1967 a. A Monograph on the Polychaeta of Southern Africa. Part 1 Errantia. London : Trustees of the British Museum (Natural History).
- _____ . 1967 b. A Monograph on the Polychaeta of Southern Africa. Part 2 Sedentaria. London : Trustees of the British Museum (Natural History).
- Diaz - Castaneda, V., Frontier, S. and Arenas, V. 1993. "Experimental Re - Establishment of a SoftBottom Community : Utilization of Multivariate Analyses to Characterize Different Benthic Recruitment", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 37 : 387 - 402.
- Dugan, P. J. and Livingston, R. J. 1982. "Long - Term Variation of Macroinvertebrate Assemblages in Apache Bay, Florida", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 14 : 391 - 403.

- Edgar, G. J. 1991. "Distribution Patterns of Mobile Epifauna Associated with Rope Fibre Habitats within the Bathurst Harbour Estuary, South - Western Tasmania", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 33 : 589 - 604.
- Escobar, N. A. 1989. "Study of the Macrobenthic Communities in the Manzanares River and its Main Tributaries and their Relationship with Water Quality", Actualidades Biologicas. 18 : 45 - 60.
- Fauchald, K. 1977. The Polychaete Worms : Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera. Natural History Museum of Los Angeles County, University of Southern California : The Allan Hancock Foundation.
- Fauvel, P. 1953. The Fauna of India, Annelida Polychaeta. Allahabad : The Indian Press, Ltd.
- Fenchel, T. M. and Riedl, R. J. 1970. "The Sulfide System : a New Biotic Community Underneath the Oxidized Layer of Marine Sand Bottoms", Marine Biology. 7 : 255 - 268.
- Ferraro, S. P., Swartz, R. C., Cole, F. A. and Schults, D. W. 1991. "Temporal Changes in the Benthos along a Pollution Gradient : Discriminating the Effects of Natural Phenomena from Sewage - Industrial Wastewater Effects", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 33 : 383 - 407.
- Flint, R. W., Holland, J. S. 1980. "Benthic Infaunal Variability on a Transect in the Gulf of Mexico", Estuarine and Coastal Marine Science. 10 : 1 - 14.

- Fonselius, S. H. 1983. "Determination of Hydrogen Sulfide", In Method of Seawater Analysis , pp. 73 - 80. Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K. , eds. Verlag Chemie, Weinheim : FRG.
- Frith, D. W. 1977. " A Preliminary List of Macrofauna from a Mangrove Forest and Adjacent Biotopes at Surin Island, Western Peninsular Thailand.", Research Bulletin of the Phuket Marine Biology Center. 17 : 1 - 14.
- Frith, D. W., Tantanasiwong, R. and Bhatia, O. 1976. " Zonation of Macrofauna on a Mangrove Shore, Phuket Island", Research Bulletin of the Phuket Marine Biology Center. 10 : 1 - 37.
- Gambi, M. C. and Giangrande, A. 1986. "Distribution of Soft - Bottom Polychaetes in Two Coastal Areas of the Tyrrhenian Sea (Italy) : Structural Analysis", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 23 : 847 - 862.
- Garay, P. N. and Cohn, F. M. 1992. High - Quality Industrial Water Management Manual. Lilburn, Georgia : The Fairmont Press.
- Guyard, A., Verneaux, J. and Verneaux, V. 1993. "Biological Classification of 9 Lakes of the French Jura Using a New Comparative Analysis of the Macrobenthic Populations 1. Variety and Density of the Fauna", Annales de Limnologie. 29 : 59 - 77.
- Harkantra, S. N. 1982. "Studies on Sublittoral Macrobenthic Fauna of the Inner Swansea Bay", Indian Journal of Marine Sciences. 11 : 75 - 79.

- Hayashi, I. 1988. "Vertical Distribution of Macrobenthic Organisms in Various Sediments of the Shelf Area in the Sea of Japan with Special Reference to Polychaetes Annelids", Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 54 : 2071 - 2078.
- Hylleberg, J. and Nateewathana, A. 1984. "Responses of Polychaete Families to Monsoon and Offshore Mining - Associated Sediment Disturbance." In Proceedings of the First International Polychaete Conference. pp. 279 - 291. Hutchings, P. A. , eds. Sydney : Linnean Society of the New South Wales.
- Imajima, M. and Hartman, O. 1964. The Polychaetes Annelida of Japan (Part 2). Los Angeles, California : University of Southern California.
- Jakher, G. R. 1986. "Species Diversity of Macrobenthic Fauna in a Tropical Lake", Comparative Physiology and Ecology. 11 : 217 - 225.
- James, C. J. and Gibson, R. 1980. "The Distribution of the Polychaete *Capitella capitata* (Fabricius) in Dock Sediments", Estuarine and Coastal Marine Science. 10 : 671 - 683.
- Jones, S. E. and Jago, C. F. 1993. "In Situ Assessment of Modification of Sediment Properties by Burrowing Invertebrates", Marine Biology. 155 : 133 - 142.
- Junoy, J. and Vieitez, J. M. 1990. "Macrozoobenthic Community Structure in the Ria de Foz, an Intertidal Estuary (Galicia, Northwest Spain)", Marine Biology. 107 : 329 - 339.

- _____. 1992. "Macrofaunal Abundance Analysis in the Ria de Foz (Lugo, Northwest Spain)", Cahiers de Biologie Marine. 33 : 331 - 345.
- Kalejta, B. and Hockey, P. A. R. 1991. "Distribution, Abundance and Productivity of Benthic Invertebrates at the Berg River Estuary, South Africa", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 33 : 175 - 191.
- Kensley, B. 1978. Guide to the Marine Isopods of Southern Africa. The Republic of South Africa : The Rustica Press Ltd.
- Kikuchi, T. 1991. "Macrobenthic Succession in the Organically Polluted Waters, and Ecological Characteristics of Some Pollution Indicator Species", In Marine Biology. Its Accomplishment and Future Prospect : Proceedings International Marine Biology Symposium, Tokyo, Nov. 29 - 30, 1989. pp. 144 - 163. Mauchline, J. and Emote, T., eds. Hokusensha, Tokyo.
- Kjerfve, B. 1986. "Comparative Oceanography of Coastal Lagoons", In Estuarine Variability, p. 63 - 81. Douglas, A. W., eds. New York : Academic Press, Inc.
- Koop, K. and Griffiths, C. L. 1982. "The Relative Significance of Bacteria, Meiofauna and Macrofauna on an Exposed Sandy Beach", Marine Biology. 66 : 295 - 300.
- Krajca, J. M. 1989. Water Sampling. Chichester : Ellis Horwood Limited.
- Kullberg, A. 1992. "Benthic Macroinvertebrate Community Structure in 20 Streams of varying pH and Humic Content", Environmental Pollution. 78 : 103 - 106.

- Kuwabara, R. and Akimoto, Y. 1986. "The Offshore Environment fo Tungkang, Southwest Taiwan 2. Macrobenthos", In Proceedings of the First Asian Fisheries Forum, Manila Philippines, May 26 - 31 , 1986. pp. 193 - 198.
Macleon, J. L., Dizon, L. B., Hosillos, L. V. , eds.
Manila : Asian Fisheries Forum.
- Laws, E. A. 1981. Aquatic Pollution. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Lewis, J. B. and Hollingworth, C. E. 1982. "Leaf Epifauna of the Seagress *Thalassia testudinum.*", Marine Biology. 71 : 41 - 49.
- Lim, H. S., Je, J. G., Choi, J. W. and Lee, J. H. 1991. "Distribution Pattern of the Macrozoobenthos at Yoja Bay in Summer", Oceanographic Research. 13 : 31 - 46.
- Llansó, R. J. 1992. "Effects of Hypoxia on Estuarine Benthos : the Lower Rappahannock River (Chesapeake Bay), a Case Study", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 35 : 491 - 515.
- Mann, K. H. 1982. Ecology of Coastal Waters. Oxford : Blackwell Scientific Publications.
- Marques, J. C., Maranhao, P. and Pardal, M. A. 1992. "Human Impact Assessment on the Subtidal Macrobenthic Community Structure in the Mondego Estuary (Western Portugal)", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 37 : 403 - 419.
- Masters, M. G. 1991. Introduction to Environmental Engineering and Science.
New Jersey : Prentice - Hall.

- McLean, E. O. 1982. "Soil pH and Lime Requirement", In Methods of Soil Analysis , pp. 501 - 534. Page, A. L. , eds. 2nd edition. Wisconsin : American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Inc.
- Michaelis, H., Fock, H., Grotjahn, M. and Post, D. 1992. "The Status of the Intertidal Zoobenthic Brackish - Water Species in Estuaries of the German Bight.", In Proceedings of the 26th European Marine Biology Symposium Biological Effects of Disturbances on Estuarine and Coastal Marine Environments. Vol. 30 , pp. 201 - 207. Heip, C. H. R. and Nienhuis, P. H. , eds. German Bight : ANE.
- Nateewathana, A. and Chatanthawej, B. 1982. "Effect of Offshore Mining on Macrobenthic Community on the West Coast of Ko Phuket (1980 - 1981)", Thai Fishery Gazette. 35 : 135 - 152.
- Oeschger, R. and Storey, K. B. 1993. "Impact of Anoxia and Hydrogen Sulfide on the Metabolism of *Arctica islandica* (Bivalvia)", Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 170 : 213 - 226.
- Osborne, L. L. and Davies, R. W. 1987. "The Effects of a Chlorinated Discharge and a Thermal Outfall on the Structure and Composition of the Aquatic Macroinvertebrate Communities in the Sheep River, Alberta, Canada.", Water Research. 21 : 913 - 921.
- Oyarzum, C., Carrasco, F. D. and Gallardo, V. A. 1987. "Some Characteristics of Macrobenthic Fauna from the Organic - Enriched Sediments at Talcahuana, Chile.", Cahiers de Biologie Marine. 28 : 429 - 446.

- Page, A. L., Baker, D. E. and Keeney, D. R. 1982. Methods of Soil Analysis. 2nd edition. American Society of Agronomy Soil Science Society of America. Wisconsin : Madison Inc.
- Pals, G. and Pauptit, E. 1979. "Oxygen Binding Properties of the Coelomic Hemoglobin of the Polychaete *Heteromastus filiformis*. Related with Some Environmental Factors", Netherlands Journal of Sea Research. 13 : 581 - 592.
- Pielou, E. C. 1977. Mathematical Ecology. New York : John Wiley & Sons.
- Poore, G. C. and Rainer, S. 1979. "A Three - Year Study of Benthos of Muddy Environments in Port Phillip Bay Victoria", Estuarine and Coastal Marine Science. 9 : 477 - 497.
- Prabhu, H. V., Narayana, A. C. and Katti, R. J. 1993. "Macrobenthic Fauna in Nearshore Sediments of Gangdli, West Coast of India", Indian Journal of Marine Science. 22 : 168 - 171.
- Rainer, S. F. 1982. "Trophic Structure and Production in the Macrobenthos of a Temperate Australian Estuary", Estuarine and Coastal Marine Science. 15 : 423 - 441.
- Rasmussen, K. and Lindegaard, C. 1988. "Effects of Iron Compounds on Macroinvertebrate Communities in a Danish Lowland River system", Water Research. 22 : 1101 - 1108.

- Reddy, M. V. and Rao, B. M. 1991. "Benthic Macroinvertebrates as Indicators of Organic Pollution of Aquatic Ecosystems in a Semi - Arid Tropical Urban System", In Bioindicators and Environmental Management , p. 71. Jeffrey, D. W. and Madden, B. , eds. London : Academic Press.
- Reid, R. N., Radosh, D. J., Frame, A. B. and Fromm, S. A. 1991. "Benthic Macrofauna of the New York Bight, 1979 - 1989", NOAA Technical Report NMFS SSRE. 103 : 1 - 36.
- Rhode, B. 1985. "Long - term Changes in Stocks of Macrobenthic Fauna in the Wadden near Norderney : Non - Dominant Species", In Jahresber Forschungsstelle Kueste Niedersaechs Landesamt Wasserwirtsch. Norderney , Vol 37 , pp. 147 - 174. Federal Republic of Germany : ANE.
- Ristich, S. S., Crandall, M. and Frontier, J. 1977. "Benthic and Epibenthic Macroinvertebrates of the Hudson River I. Distribution, Natural History and Community Structure", Estuarine and Coastal Marine Science. 6 : 254 - 265.
- Rowe, G. T. and Margalef, R. 1985. "Benthic Production and Processes off Baja California, North West Africa and Peru : A Classification of Benthic Subsystems in Upwelling Ecosystems", In International Symposium on the Most Important Upwelling Areas off Wertern Africa Cape Blanco and Benguela. Vol. 2 , pp. 589 - 612. Bas, C. and Rubies, P. , eds. Mexico : ISE.
- Ruppert, E. E. and Barnes, R. D. 1994. Invertebrate Zoology. 6th edition, New York : Saunders College Publishing.

- Schaffner, L. C. 1990. "Small - Scale Organism Distributions and Patterns of Species Diversity : Evidence for Positive Interactions in an Estuarine Benthic Community", Marine Ecology Progress Series. 61 : 107 - 117.
- Seki, H. 1982. Organic Materials in Aquatic Ecosystems. Florida : C.R.C Press.
- Service, S. K. and Feller, R. J. 1992. "Long - Term Trends of Subtidal Macrobenthos in North Inlet, South Carolina", Hydrobiologia. 231 : 13 - 40.
- Service, S. K., Feller, R. J., Coull, B. C. and Woods, R. 1992. "Predation Effect of Three Fish Species and a Shrimp on Macrobenthos and Meiobenthos in Microcosms", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 34 : 277 - 293.
- Slingsby, D. and Cook, C. 1986. Practical Ecology. Hong Kong : McMillan Education Ltd.
- Smith, D. L.. 1977. A Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. Iowa : Kenadll / Hunt Publishing Company.
- Steimle, F. W. 1990. "Benthic Macrofauna and Habitat Monitoring on the Continental Shelf of the Northeastern United States. 1 Biomass", NOAA Technical Report NMFS SSRE. 86 : 1 - 27.
- Sun, D. and Tang, Z. 1989. "Ecological Characteristics of Macrobenthos of the Huanghe River Estuary and Adjacent Waters", Singapore Journal of Tropical Geography. 30 : 261 - 275.

- Swartz, R. C., Cole, F. A., Schults, D. W. and DeBen, W. A. 1986. "Ecological Changes in the Southern California Bight Near a Large Sewage Outfall : Benthic Conditions in 1980 and 1983", Marine Ecology Progress Series. 31 : 1 - 13.
- Tansakul R. 1987. "Ecology of Songkhla Lake" In 13th Conference on Science and Technology of Thailand 20 - 22 Oct. 1987. Songkhla : Prince of Songkhla University.
- Tantanasiriwong, R. 1978. An Illustrated Checklist of Marine Shelled Gastropods from Phuket Island, Adjacent Mainland and Offshore Islands, Western Peninsular Thailand. Phuket : Phuket Marine Biological Center.
- Tantichodok, P. 1980. "Species Composition, Density and Biomass of Mangrove Macrofauna at Ko Maphrao, Phuket", M. Sc. Thesis, Chulalongkorn University. (Unpublished)
- Theede, H. 1973. "Comparative Studies on the Influence of Oxygen Deficiency and Hydrogen Sulphide on Marine Bottom Invertebrates", Netherlands Journal of Sea Research. 7 : 244 - 252.
- Theede, H., Ponat, A., Hiroki, K. and Schlieper, M. 1969. "Studies on the Resistance of Marine Bottom Invertebrates to Oxygen - Deficiency and Hydrogen Sulphide", Marine Biology. 2 : 325 - 337.
- UNESCO. 1979. UNESCO Reports in Marine Science. Unitedworld College of the Atlantic , UNESCO

- Urk, G. V., Kerkum, F. C. M. and Smit, H. 1992. "Life Cycle Patterns, Density and Frequency of Deformities in *Chironomus* larvae (Diptera : Chironomidae) over a Contaminated Sediment Gradient", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 49 : 2291 - 2299.
- Valiela, I. 1995. Marine Ecological Processes. 2nd edition. New York : Springer-Verlag, Inc.
- Vismann, B. 1990. "Sulfide Detoxification and Tolerance in *Nereis* (Hediste) *diversicolor*, and *Nereis* (Neanthes) *virens*. (Annelida : Polychaeta)", Marine Ecology Progress Series. 59 : 229 - 238.
- Walker, H. A., Saita, S. B. and Anderson, E. L. 1979. "Exploring Data Structure of New York Bight Benthic Data Using Post - Collection Stratification of Samples, and Linear Discriminant Analysis for Species Composition Comparisons", Estuarine and Coastal Marine Science. 9 : 101 - 120.
- Weber, D. E., Flemer, D. A. and Bundrick, C. M. 1992. "Comparison of the Effects of Drilling Fluid on Macrobrnthic Invertebrates Associated with the Seagrass, *Thalassia testudinum*, in the Laboratory and Field", Estuarine, Coastal and Shelf Science. 35 : 315 - 330.
- Wilson, J. G. and Elkaim, B. 1991. "The Toxicity of Freshwater : Estuarine Bioindicators", In Bioindicators and Environmental Management , pp. 311- 322. Jeffrey, D. W. and Madden, B. , eds. San Diego : Academic Press.

Yamamuro, M. 1987. "Macrobenthic Faunas of Two Brackish Lagoons with Different Salinity in Kamikoshiki Island, Kagoshima Prefecture", Journal of Japanese Limnology. 48 : 177 - 186.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

1. การหาค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำ

หลักการ

pH เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของโปรตอน (H^+) ในน้ำ โดยคำนวณได้จาก

สูตร

$$pH = -\log [H^+]$$

เมื่อ $[H^+]$ = ความเข้มข้นของ H^+ มีหน่วยเป็นโมลต่อลิตร

แต่แนวทางปฏิบัติ ค่า pH แสดงถึงความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทั้ง น้ำทิ้งที่มีสมบัติเป็นกรดจะมีค่าน้อยกว่า 7 เป็นด่าง (เบส) จะมีค่า pH มากกว่า 7 และเป็นกลางจะมีค่า pH เท่ากับ 7

การวัด pH ทำได้หลายวิธี วิธีที่ได้ค่า pH ที่ละเอียดต้องใช้เครื่อง pH meter

วิธีการ

1. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างเยื่อแก้วอิเล็กโตรด และคาโลเมลอิเล็กโตรดให้สะอาด ใช้กระดาษทิสชูซับน้ำให้แห้ง
2. ปรับค่ามาตรฐานเครื่องมือด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่า pH ใกล้เคียง กับค่าของตัวอย่างน้ำที่จะวัด
3. ใช้น้ำกลั่นฉีดอิเล็กโตรดอีกครั้งซับน้ำให้แห้ง
4. วัดค่า pH ของตัวอย่างน้ำ

2. การวิเคราะห์หาออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Azide - modification of the Iodometric method)

หลักการ

วิธีนี้เหมาะสำหรับการหาปริมาณสารละลายออกซิเจนในน้ำโสโครก น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำในแม่น้ำลำคลอง

วิธีการ

1. จากตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ในขวด 300 มิลลิลิตร เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 2 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายยาลดคลอรีน - ไฮไฮโดร - เอชดี ตามลงไปทันที 2 มิลลิลิตร
3. ปิดจุก ไม่ให้มีฟองอากาศติดอยู่ในขวด จับขวดคว่ำลง เขย่าแบบพลิกมือให้ขวดตั้งขึ้นและคว่ำลง สลับกัน 15 ครั้ง
4. ตั้งปล่อยทิ้งไว้ ให้ตะกอนที่เกิดขึ้นนอนกัน รอจนได้น้ำใสส่วนบน 100 มิลลิลิตร ค่อย ๆ เปิดจุก
5. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไปทันที 2 มิลลิลิตร ให้กรดไหลลงไปตามคอขวด
6. ตวงสารละลายที่ได้ 203 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลาส ขนาด 500 มิลลิลิตร
7. ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.0250 จนได้สีเหลืองอ่อน ๆ
8. เติมน้ำแข็ง 1 มิลลิลิตร แล้วไตเตรตต่อ จนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป

การคำนวณ

เนื่องจาก 1 มิลลิลิตรของ 0.025 N โซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตจะเท่ากับ ปริมาณดีไอ 0.200 มิลลิกรัม ดังนั้น 1 มิลลิลิตรของโซเดียมไทโอซัลเฟตจะเท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ดีไอ เมื่อใช้ปริมาตรของตัวอย่าง 200 มิลลิลิตร ในการไทเทรต

3. การวิเคราะห์ปริมาณ บี โอ ดี (Biochemical oxygen demand = BOD)

หลักการ

บีโอดี คือค่าความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้ง โดยขบวนการทางชีววิทยา ปกตินิยมใช้ค่าที่ 5 วัน (BOD_5) และรักษาไว้ในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี โดยขบวนการทางชีววิทยา ใช้แบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำทิ้ง ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องใช้คือ ปริมาณบีโอดี การย่อยสลายอินทรีย์สารโดยแบคทีเรียเป็นไปอย่างช้า ๆ ไม่เหมือนกับการออกซิไดซ์โดยสารเคมี กว่าจะถูกย่อยสลายหมด จะใช้เวลาหลายสิบวัน ตามมาตรฐานสากลจึงวัดค่าบีโอดี ทั้งหมดในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของน้ำ ในฤดูร้อนในประเทศหนาว จึงใช้ได้โดยตรงในการประมาณจำนวนสารละลายออกซิเจนในแหล่งน้ำที่แบคทีเรียจะใช้ ถ้ามีการระบายน้ำทิ้งลงไปในระยะเวลา 5 วัน จะทำให้แบคทีเรียทำลายอินทรีย์สารได้ประมาณ 70 - 80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นปริมาณบีโอดี จึงมากพอที่จะวัดได้

โดยทฤษฎีแล้วการหาบีโอดี โดยเอาตัวอย่างน้ำทิ้งใส่ขวด 2 ขวด ขวดหนึ่งวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้งทันที อีกขวดหนึ่งปิดจุกแน่นไม่ให้อากาศเข้าได้ เก็บไว้ใน

ที่มีด (ป้องกันการสังเคราะห์แสง) รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่เหลือ ปริมาณออกซิเจนที่หายไปคือค่าบีโอดี

วิธีการ

1. การเตรียมน้ำสำหรับใช้เจือจาง

1.1 ตวงน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร ลงในภาชนะที่สะอาด

1.2 เติมน้ำตาลละลาย ฟอสเฟตบัพเฟอร์, แมกนีเซียมซัลเฟต, แคลเซียม

คลอไรด์ และเฟอร์ริกคลอไรด์ อย่างละ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร

1.3 เป่าอากาศที่สะอาดลงไป เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายให้กับน้ำเจือจาง เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

2. การเตรียมตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์

2.1 ตัวอย่างน้ำที่เป็นต่าง หรือกรด จะต้องปรับให้เป็นกลาง คือประมาณ 7 ด้วยกรดซัลฟูริก 1 นอร์มอล หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล

2.2 ตัวอย่างน้ำที่มีคลอรีนเหลืออยู่ ต้องกำจัดโดยใช้โซเดียมซัลไฟด์

3. วิธีการเจือจางน้ำตัวอย่าง

3.1 เลือกเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างในการเจือจาง โดยทั่วไป ถ้าค่าบีโอดี อยู่ในช่วง 4 - 14 จะใช้ ตัวอย่าง 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าบีโอดี อยู่ในช่วง 10 - 35 จะใช้ตัวอย่าง 20 เปอร์เซ็นต์

3.2 ค่อย ๆ รินน้ำเจือจาง 3 - 500 มิลลิลิตร ลงในกระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิลิตร โดยพยายามไม่ให้มีฟองอากาศ

3.3 เติมน้ำตัวอย่างจำนวนที่ต้องการ แล้วเติมน้ำเจือจาง จนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3.4 ใช้แท่งแก้วคนให้เท่ากัน อย่าให้มีฟองอากาศ

3.5 ค่อย ๆ ริน ใส่ขวดบีโอดี 3 ขวด ปิดจุก นำไปเก็บในตู้ 20 องศาเซลเซียส 2 ขวด ส่วนขวดที่เหลือนำไปหาดีไอ ทันท์ เพื่อทราบค่าออกซิเจนละลายน้ำที่จุดเริ่มต้น (DO₀)

4. การหาปริมาณออกซิเจน

หาปริมาณออกซิเจนที่จุดเริ่มต้น และปริมาณออกซิเจนของวันที่ 5 โดยวิธี Azide - modification of the Iodometric method

$$\text{BOD}_5 \text{ (mg l}^{-1}\text{)} = A / B \times (C - D) + D$$

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

1. การวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มอนุภาคขนาดทราย, ซิลท์ และดินเหนียว

หลักการ

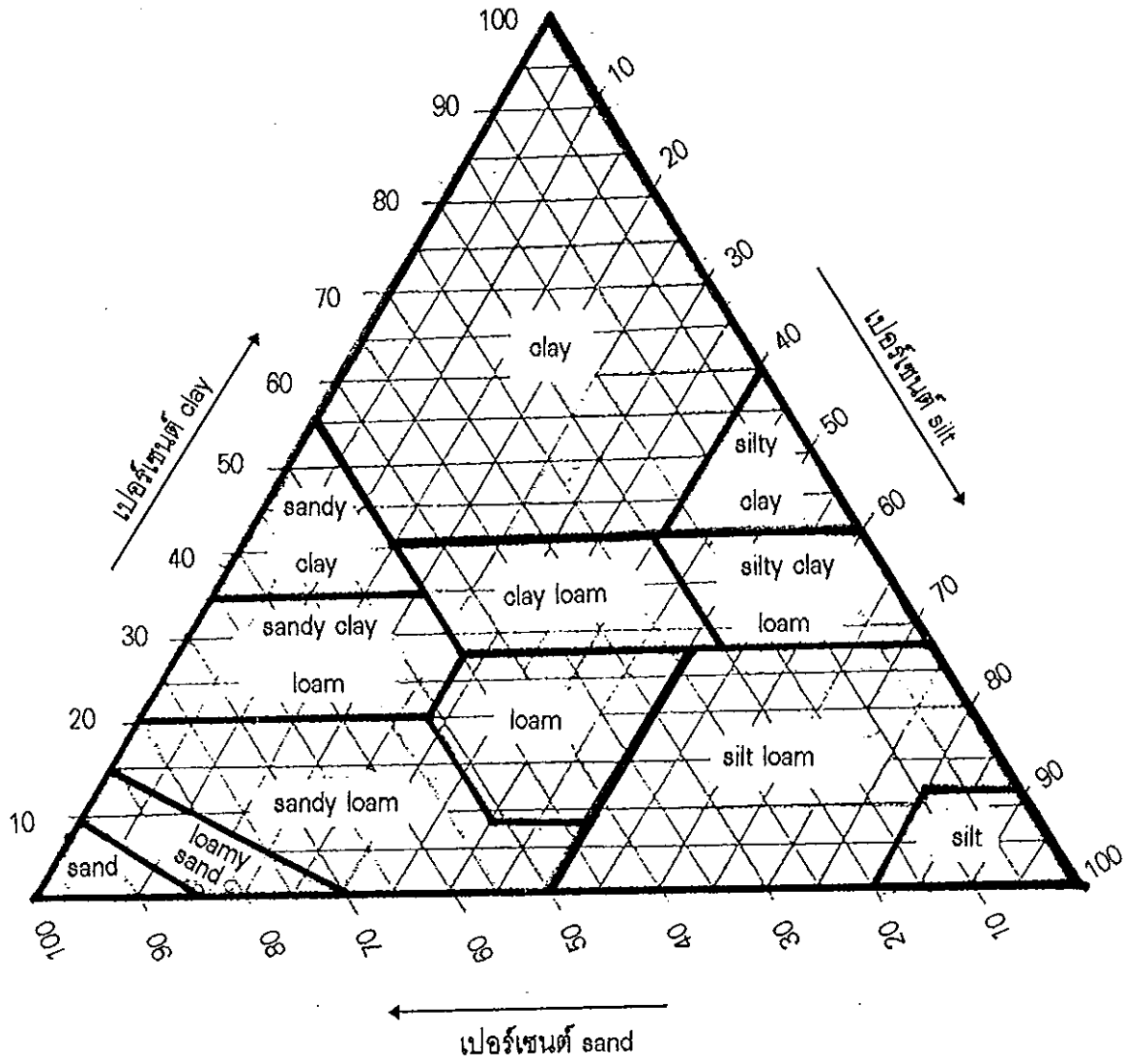
เนื้อดินเป็นสมบัติที่บ่งชี้ถึงความหยาบหรือละเอียดของดินโดยการประเมินจากการกระจายของกลุ่มอนุภาคขนาดทราย อนุภาคขนาดซิลท์ และอนุภาคขนาดดินเหนียว (sand, silt and clay particles) เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลของอนุภาคทราย ซิลท์ และดินเหนียว เท่ากับ 2.0 - 0.02, 0.02 - 0.002 และ < 0.002 มิลลิเมตร ตามลำดับ อนุภาคแต่ละกลุ่มนี้จะมีลักษณะทางเคมีและกายภาพที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด ดังนั้นการจำแนกประเภทของเนื้อดินทำให้สามารถประเมินคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินได้อย่างคร่าว ๆ เพราะสมบัติของอนุภาคแต่ละกลุ่มจะเด่นชัด ถ้ามีปริมาณมากในดิน

การวิเคราะห์เชิงกล (Mechanical analysis) หรือการวิเคราะห์ขนาดอนุภาค (particle size analysis) โดยการขจัดเกาะยึดของอนุภาคโดยการทำลายสารเชื่อม (cementing agent) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอินทรีย์วัตถุ เมื่ออนุภาคดินอยู่ในสภาพปฐมภูมิแล้ว ต้องป้องกันการเกาะกันใหม่ ของอนุภาคเหล่านั้น โดยเติมสารละลายของไฮดรอนวคที่ส่งเสริมการฟุ้งกระจาย (dispersing agent) อนุภาคดิน วิธีการวิเคราะห์เชิงกลที่นิยมมี 2 วิธี แต่วิธีที่เลือกใช้ในการศึกษาคั้งนี้ คือวิธีการวิเคราะห์โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer method) อาศัยหลักการตกตะกอนของอนุภาคของสารแขวนลอยที่มีน้ำเป็นตัวกลางของการแขวนลอย โดยที่อนุภาคเดี่ยวแต่ละขนาดจะต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอในทุก ๆ ส่วนของสารแขวนลอยในขณะที่เริ่มทำการวิเคราะห์ แล้วปล่อยให้อนุภาคเหล่านี้ตกตะกอนได้อธิทธิพลแรงดึงดูดของโลก อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกตะกอนก่อนด้วยความเร็วสูงกว่าอนุภาคขนาดเล็ก ถ้ากำหนดระดับความลึกและระยะเวลาในการตกตะกอนก็สามารถกระจายของอนุภาคต่าง ๆ ในสารแขวนลอยนั้นได้

การวิเคราะห์เชิงกลจะได้ค่าปริมาณขนาดทราย ซิลท์ และดินเหนียวที่อยู่ในอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร แต่ถ้าต้องการทราบประเภทของเนื้อดินก็ต้องใช้ตารางสามเหลี่ยมที่แสดงประเภทของเนื้อดิน

จากตารางสามเหลี่ยมสำหรับใช้พิจารณาประเภทของเนื้อดิน(รูปผนวกที่ 1) สามารถแบ่งเนื้อดินเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ดินเหนียว ได้แก่ sandy clay, silty clay และ clay
2. ดินร่วนเหนียว ได้แก่ sandy clayloam, clayloam และ silty clayloam
3. ดินร่วน ได้แก่ sandy loam, loam, silt loam และ silt



ภาพประกอบผนวก 1 ตารางสามเหลี่ยมสำหรับใช้พิจารณาประเภทเนื้อดิน

4. ดินทราย ได้แก่ sand, loamy sand

วิธีการ

การเตรียมตัวอย่างดิน

ชั่งตัวอย่างดินหนักประมาณ 50 กรัม (ถ้าเป็นดินทรายให้ชั่งประมาณ 100 กรัม) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 กรัม ทำการแยกอนุภาคทุติยภูมิโดยการเติมน้ำกลั่นลงไป 100 - 150 มิลลิลิตร คนให้เข้ากับดินแล้วค่อย ๆ เติม H_2O_2 ลงไปอีก 5 มิลลิลิตร ทำแบบนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งครั้งสุดท้ายที่ใส่ H_2O_2 ลงไปในดินไม่มีฟองก๊าซเกิดขึ้นอีก วางบีกเกอร์บนเตาร้อน อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ระวังอย่าให้ H_2O_2 ถูกผิวหนังและเสื้อผ้า) อบตัวอย่างดินให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

การวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ทั้งหมด (ทศนิยม 3 ตำแหน่ง) ถ่ายดินลงไปในเครื่องบดดิน แล้วเติมน้ำละลาย 5 % แคลกอน 100 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปปั่นเป็นเวลา 5 นาที

2. ถ่ายตัวอย่างดินที่ปั่นแล้วผ่านตะแกรง 300 เมช (mesh) ลงในกระบอกตกตะกอน ปรับปริมาตรของสารละลายดินให้ได้ 1000 มิลลิลิตร

3. ใช้ไม้คนคนสารละลายจนกระทั่งอนุภาคดินที่กระจายอย่างสม่ำเสมอ แล้วตั้งไม้คนออกพร้อมทั้งเริ่มจับเวลา (ถ้าบนสารแขวนลอยมีฟองมากหยดแอลกอฮอล์ ลงไป 1 หยด) เมื่อครบเวลา 15 นาที ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปในสารแขวนลอย จับไฮโดรมิเตอร์ออกวัดอุณหภูมิของสารแขวนลอย หลังจากนั้นปล่อยสารแขวนลอยทิ้งไว้ อย่ามีการกระเทือน

การวัดในช่วงดังกล่าวเป็นการวัดความหนาแน่นของสารแขวนลอยที่มีอนุภาคขนาดซิลท์และดินเหนียว

4. เมื่อครบ 2 ชั่วโมง วัดค่าไฮโดรมิเตอร์และอุณหภูมิของสารแขวนลอยอีกครั้ง เป็นการวัดความหนาแน่นของสารแขวนลอยที่มีอนุภาคขนาดดินเหนียว

5. ปฏิบัติตามข้อ 2 และ 3 ใหม่ แต่ไม่ใช้ตัวอย่างดิน จะใช้เฉพาะ 5 % แคลกอน 100 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นถึงขีดบอกปริมาตร

6. คำนวณเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกลุ่มอนุภาคทราย ซิลท์ และดินเหนียว

โดยใช้สูตร

$$R_c = \frac{A - 0.5(T - B)}{\quad} \quad (1)$$

สูตรนี้ใช้เมื่ออุณหภูมิของแคลกอนไม่เท่ากับอุณหภูมิของสารแขวนลอย ต้องปรับค่าของแคลกอนที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์ ให้เป็นค่าที่น่าจะได้เมื่ออุณหภูมิของแคลกอนเท่ากับอุณหภูมิของสารแขวนลอยดิน โดยที่

R_c = ค่าของแคลกอนหลังจากปรับอุณหภูมิแล้ว (กรัม/ลิตร)

A = ค่าของแคลกอนที่อ่านจากไฮโดรมิเตอร์ (กรัม/ลิตร)

T = อุณหภูมิของสารแขวนลอยดิน (องศาเซลเซียส)

B = อุณหภูมิของสารละลายแคลกอน (องศาเซลเซียส)

เนื่องจากค่าความหนาแน่นของสารละลายแขวนลอยที่วัดได้เมื่อสิ้นสุดเวลา 50 วินาที และ 2 ชั่วโมง เป็นความหนาแน่นของอนุภาคแคลกอนรวมกับอนุภาคดิน ดังนั้นจะต้องหักอนุภาคแคลกอนออกโดยใช้สูตร

$$R_{sA} = \frac{R - R_c}{\quad} \quad (2)$$

โดยที่

R_{sA} = ค่าความหนาแน่นของสารแขวนลอยดินเมื่อหักแคลกอนออก ที่อุณหภูมิ T (กรัม/ลิตร)

R = ค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์ เมื่อสิ้นสุดเวลา 50 วินาที หรือ 2 ชั่วโมง แล้วแต่กรณี

ค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์จะถูกตั้งที่สุด เมื่ออุณหภูมิของสารแขวนลอยเท่ากับอุณหภูมิที่ระบุกับไฮโดรมิเตอร์ ดังนั้นจะต้องปรับค่าที่ได้จาก (2) ให้เป็นค่าที่ถูกตั้ง หลัการโดยทั่วไปให้เพิ่ม 0.2 ทุก ๆ 1 องศาฟาเรนไฮด์ ที่เพิ่มขึ้นจาก 67 องศาฟาเรนไฮด์ (ประมาณ 20 องศาเซลเซียส) หรือใช้สูตร

$$R_{sB} = \frac{R_{sA} + 0.36(T - 20)}{\quad} \quad (2)$$

โดยที่

R_{sB} = ค่าที่ควรอ่านได้ของสารแขวนลอยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

หลังจากนั้นนำค่า R_{sB} มาคำนวณ เปอร์เซนต์ ทราย, ซิลท์ และดินเหนียว จากสูตร

$$\% \text{ ดินเหนียว} = R_{sB} / m \times 100$$

$$\% \text{ ซิลท์} = (R_{sB1} - R_{sB2}) / m \times 100$$

$$\% \text{ ทราย} = (m_s - R_{sB1}) / m \times 100$$

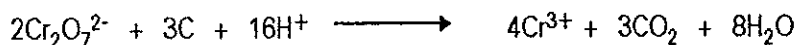
m	=	มวลของดินตัวอย่างดินแห้งที่ใช้ (กรัม)
Rs _{B1}	=	Rs ที่ 50 วินาที
Rs _{B2}	=	Rs ที่ 2 ชั่วโมง

2. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter)

หลักการ

ดินส่วนใหญ่มีสารประกอบอินทรีย์ (organic compound) เป็นองค์ประกอบอยู่ สารอินทรีย์เหล่านี้มาจากซากพืช ซากสัตว์ หรือวัสดุเหลือใช้บางชนิด จากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใส่ลงไปในดิน สารประกอบอินทรีย์ในดินรวมเรียกว่า อินทรีย์วัตถุ (organic matter) อินทรีย์วัตถุประกอบด้วยธาตุหลายชนิด (คาร์บอน 58 เปอร์เซ็นต์, ไฮโดรเจน 10 เปอร์เซ็นต์, ออกซิเจน 20 เปอร์เซ็นต์, ไนโตรเจน 5 เปอร์เซ็นต์, ฟอสฟอรัส 1 เปอร์เซ็นต์, กำมะถัน 1 เปอร์เซ็นต์ และที่เหลือเป็นธาตุอื่นๆ) ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ จะเป็นประโยชน์เมื่ออินทรีย์วัตถุถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ผลที่ได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุทำให้คาร์บอนส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนของสารประกอบที่สลายตัว

หลักการที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โดยการเปลี่ยนคาร์บอนที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้ววิเคราะห์ปริมาณหรือความเข้มข้นของก๊าซที่เกิดขึ้น เนื่องจากอินทรีย์วัตถุทุกชนิดมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นถ้าทราบปริมาณคาร์บอนก็จะทำให้ประมาณปริมาณอินทรีย์วัตถุได้ โดยทั่วไปถือว่าอินทรีย์วัตถุมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ 58 เปอร์เซ็นต์ (ค่านี้ได้มาจากปริมาณคาร์บอนในเซลล์ลูโลส) วิธีที่ใช้เปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้วิธี ออกซิเดชันเปียก (Wet oxidation) โดยใช้สารที่เป็นตัวออกซิไดส์อย่างแรง เช่น $K_2Cr_2O_7$ ในกรด H_2SO_4 เข้มข้น ทำปฏิกิริยากับอินทรีย์คาร์บอน ดังสมการ



ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นิยมวิเคราะห์โดยจับก๊าซนี้ด้วย Soda lime หรือ Ascarite แล้วชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

วิธีการ (โดยวิธี wet oxidation)

1. ชั่งตัวอย่างดินประมาณ 2.5 กรัม ใส่ลงไปในฟลาส ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ทำ 2 ซ้ำ)
2. เติมสารละลาย 1.0 N $K_2Cr_2O_7$ ด้วยไปเปิดลงไป 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นด้วยกระบอกลงไป 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แก้วฟลาสเบา ๆ เพื่อให้สารละลายกับดินผสมกันประมาณ 1 - 2 นาที แล้วทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ในขั้นตอนนี้ให้ทำในตู้ควัน
3. เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร และหยด Ferroin indicator ลงไป 5 - 7 หยด แล้วไทเทรตด้วยสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต จนกระทั่งสีของสารแขวนลอยเปลี่ยนจากเขียวเป็นน้ำตาลปนแดง บันทึกปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้

หมายเหตุ

ถ้าไทเทรตด้วยเฟอร์รัสซัลเฟต (ข้อ 3) เกินจุดยุติ ให้เติมสารละลายโปตัสเซียมไดโครเมต ลงไปอีก 0.5 - 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร และไทเทรตด้วยเฟอร์รัสซัลเฟตในการไทเทรตน้อยกว่า 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ควรทำการทดลองใหม่โดยลดน้ำหนักตัวอย่างดินให้น้อยลง

4. วิเคราะห์หาความเข้มข้นที่แน่นอนของเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาอินทรีย์วัตถุในดิน (ทำตามข้อ 2 และ 3) แต่ไม่มีการใส่ตัวอย่างดิน (ทำ blank) บันทึกปริมาตรเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้

5. คำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต จากผลการไทเทรต blank ในข้อ 4 โดยใช้สูตร

	N_2	=	N_1V_1 / V_b
เมื่อ	N_2	=	ความเข้มข้นของเฟอร์รัสซัลเฟต (N)
	N_1	=	ความเข้มข้นของโพแตสเซียมไดโครเมต (N)
	V_1	=	ปริมาตรของโพแตสเซียมไดโครเมต ที่ใช้ในข้อ 2 (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
	V_b	=	ปริมาตรของเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต blank ในข้อ 4 (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

6. คำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุเป็นร้อยละ โดยน้ำหนักของดินแห้ง โดยถือว่าอินทรีย์วัตถุมีคาร์บอนอยู่ 58 เปอร์เซ็นต์ (w/w) โดยใช้สูตร

$$\% \text{ อินทรีย์คาร์บอน} = 0.399 (N_1V_1 - N_2V_2) / m$$

$$\% \text{ อินทรีย์วัตถุ} = \% \text{ อินทรีย์คาร์บอน} \times 1.72$$

เมื่อ V_2 = ปริมาตรของเฟอร์ริสซัลเฟตที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง
ดินในข้อ 3 (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
m = น้ำหนักแห้งของดิน (g.)

3. ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil pH)

หลักการ

ความเป็นกรด - ด่าง (pH) เป็นสมบัติทางเคมีของดิน ที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางเคมีและชีวภาพที่เกิดขึ้นในดิน ดังนั้นในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์ทางดิน เรียกความเป็นกรด - ด่างของดินว่า ปฏิกริยาดิน (soil reaction) ความเป็นกรด - ด่างมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ความเป็นกรด - ด่างของดิน แบ่งได้เป็น 1) Active acidity และ 2) Potential acidity ชนิดแรกเกิดจากไฮโดรเจนไอออนที่อยู่ในสารละลายดิน ส่วนชนิดหลังเกิดจากไฮโดรเจนไอออนและไอออนที่เกิดปฏิกริยาไฮโดรไลซิสได้ ซึ่งไอออนทั้งสองชนิดนี้ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดิน การวัดความเป็นกรด - ด่างของดินทำให้ทราบเพียงระดับ Active acidity เท่านั้นไม่สามารถทราบปริมาณความเป็นกรดทั้งหมดของดินได้ ดินที่มีความเป็นกรด - ด่างเท่ากัน ไม่จำเป็นต้องมีความเป็นกรดเท่ากัน

วิธี Potentiometric method อาศัยหลักการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโตรดคู่หนึ่ง ซึ่งคั่นกลางด้วยแก้วชนิดพิเศษ ศักย์ไฟฟ้าระหว่างผิวทั้งสองของแก้วชนิดพิเศษนี้เปลี่ยนแปลงตาม activity ของไฮโดรเจนไอออนในสารละลาย อิเล็กโตรดและแก้วพิเศษนี้มักออกแบบรวมอยู่ในชุดเดียวกัน เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งเรียกว่า combined pH electrode ความต่างศักย์ที่วัดได้ ไม่สามารถบอกค่าความเป็นกรด - ด่างได้โดยตรง จะต้องเทียบกับสารละลายที่ทราบค่าความเป็นกรด - ด่างแล้ว (buffer solution) หลังจากเทียบความเป็นกรด - ด่างแต่ละครั้ง ศักย์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนไปจากเดิมอย่างช้า ๆ ดังนั้นจึงต้องเทียบค่าความเป็นกรด - ด่างใหม่เป็นระยะ ๆ เครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโตรดนี้ ผู้ผลิตมักออกแบบให้สะดวกต่อการวัดความเป็นกรด - ด่าง จึงนิยมเรียกว่า pH meter วิธีนี้วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง ได้ละเอียดและแม่นยำกว่าวิธีแรก ใช้ได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม

วิธีการ

1. ชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. เติมน้ำกลั่นลงไป 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. ใช้แท่งแก้วคนประมาณ 2 - 3 นาที แล้ววางทิ้งไว้ 30 นาที

4. ทเทียบค่า (calibrate) เครื่อง pH meter ด้วย Standard buffer solution pH 6.68 และ

4.01

5. วัดค่าความเป็นกรด - ด่างของสารแขวนลอยดิน

4. การวิเคราะห์หาซัลไฟด์ทั้งหมดในตะกอน

หลักการ

ซัลไฟด์ทั้งหมด หมายถึง ไฮโดรเจนซัลไฟด์, ซัลไฟด์ที่อยู่ในสภาพมีประจุ และซัลไฟด์ที่จับกับโลหะบางชนิด

หลักการของ Methylene blue method

ใช้วิธีการกลั่นในสภาวะที่เป็นกรด ทำการผ่านก๊าซไนโตรเจนเข้าในระบบกลั่น ที่มีดินตะกอนที่จะวิเคราะห์ ก๊าซไนโตรเจนดังกล่าวจะเข้าไปแทนที่ออกซิเจน แล้วทำการเติมกรด ส่วนซัลไฟด์ที่กลั่นได้ จะแยกออกมาอยู่ในสารละลาย ที่มี Zinc acetate จับอยู่ แล้วทำปฏิกิริยากันกลายเป็น Zinc sulfide ที่ไม่ละลายน้ำ Zinc sulfide จะทำปฏิกิริยากับ 4 - Amino - N, N - Dimethylaniline dihydrochloride ในสภาวะที่มีกรด hydrochloric อยู่ กลายเป็นสารประกอบตัวกลางที่จะถูกออกซิไดซ์ด้วย Ferric chloride กลายเป็นสารสีน้ำเงินที่เรียกว่า Methylene blue ซึ่งความเข้มของสีน้ำเงินเป็นสัดส่วนกับปริมาณของซัลไฟด์ นำไปวัด การดูดกลืนแสงที่ 650 นาโนเมตร (nm)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น ชุดกลั่นทั้งหมดจะต้องเป็นแก้ว สำหรับตัวอย่างปริมาณมากจะต้องใช้ฟลาสก์กลั่นขนาด 2 ลิตร และที่ปลายของเครื่องควบแน่น จะต้องจุ่มถึงก้นของหลอดเก็บตัวอย่าง
2. หลอดเก็บตัวอย่างซัลไฟด์ที่กลั่นได้ จะเป็นหลอดทดลองที่มีฝาเกลียว ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่สามารถวัดได้ในช่วงคลื่น 650 นาโนเมตร และมีช่องผ่านของแสง 1 เซนติเมตร ขึ้นไป

สารเคมี

1. ก๊าซไนโตรเจน
2. Zinc acetate 2 N.; เตรียมโดย ชั่ง $Zn(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2H_2O$ 220 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

3. Zinc acetate 0.2 N.; โดยการ นำ 0.2 N Zinc acetate มา 100 มิลลิลิตร เติม Acetic acid ลงไปใน 0.2 N Zinc acetate หลาย ๆ หยด แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
4. Hydrochloric acid solution 1 : 1; โดยเติม HCl เข้มข้น 500 มิลลิลิตร ใน 500 มิลลิลิตร ของน้ำกลั่น ผสมและทิ้งไว้ให้เย็น โดยแช่ในน้ำและเปิดน้ำให้ไหลเบา ๆ
5. Methyl orange; โดยการชั่ง Methyl orange 250 มิลลิกรัม แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
6. Treated hydrochloric acid; โดยการใส่โลหะอลูมิเนียม 1 - 2 ชิ้น ในกรด hydrochloric เข้มข้น หลังจากเกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรง แล้วเทกรดมาใช้ได้
7. 4 - Amino - N, N - Dimethylaniline dihydrochloride ($C_8H_{12}N_2 \cdot 2HCl$); เตรียมโดยชั่ง 4 - Amino - N, N - Dimethylaniline dihydrochloride 2 กรัม แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
8. Ferric Chloride solution เตรียมโดยการละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 8 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์

การเก็บตัวอย่าง

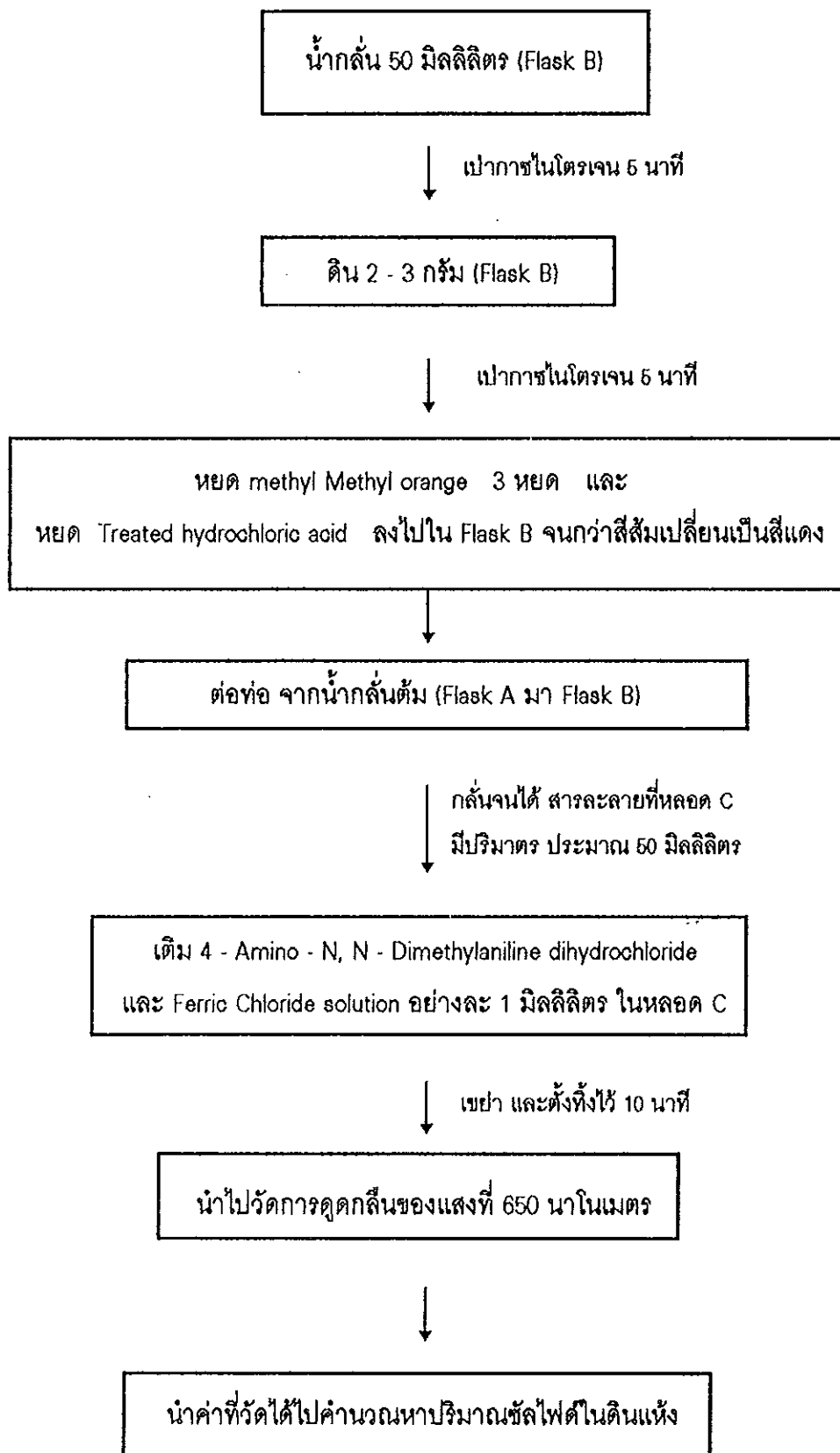
เก็บตัวอย่างดินตะกอน ในสภาวะที่ให้ถูกเติมอากาศน้อยที่สุด เพราะว่ามันออกจากซัลไฟด์จะมีการระเหยด้วยการเติมอากาศแล้ว ออกซิเจนยังสามารถออกซิไดซ์ให้ซัลไฟด์กลายเป็น Sulfur อีกด้วย

ตัวอย่างที่เก็บได้จะถูกตรึงด้วย Zinc acetate 2 มิลลิลิตร โดยวิธีการนี้ จะทำให้ซัลไฟด์ตกตะกอนในรูปของ Zinc sulfide ซึ่งนอกจากจะป้องกันการออกซิเดชันของซัลไฟด์แล้วยังป้องกันการผลิตซัลไฟด์ขึ้นมาใหม่อีกด้วย

ขบวนการกลั่น (ภาพประกอบผนวก 2)

1. จัดอุปกรณ์ที่ใช้ในการกลั่น ให้เรียบร้อย Condenser โดยให้ปลายท่อยาวถึงก้นหลอดเก็บตัวอย่าง ฟลาสก์ (3) จะต้องมีช่องเติมตัวอย่างตะกอน และสารเคมี
2. ต้มน้ำกลั่นที่ Flask (A) จนเดือด เพื่อเวลากลั่นจะได้ไม่ใช้เวลามากจนเกินไป
3. เติมน้ำกลั่น จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงใน Flask B เป่า ก๊าซไนโตรเจนลงไป 5 นาที เพื่อที่จะไล่ก๊าซออกซิเจน
4. ใส่ดิน 2 - 3 กรัม ลงใน Flask B แล้วเป่าด้วย ก๊าซไนโตรเจนอีกครั้งหนึ่ง นาน 5 นาที

5. หลังจากนั้น เปิดจุก D เพื่อทำการหยด Methyl orange จำนวน 3 หยดสีของน้ำกลั่นจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม
 6. หยด Treated hydrochloric acid ลงไปจนกว่าสีของน้ำกลั่นจะเปลี่ยนเป็นสีแดง แสดงว่าสภาวะที่ได้เป็นกรด เหมาะสมต่อการกลั่นซัลไฟด์
 7. ต่อก่อนจากน้ำกลั่นที่ต้มไว้ ต้มน้ำกลั่นอีกครั้งให้เดือด เพื่อเริ่มกลั่นซัลไฟด์จากดิน
 8. ก่อนที่น้ำจะเดือด เตรียมเก็บก๊าซซัลไฟด์ที่จะได้จากการกลั่น โดยเตรียมหลอดฝาเกลียวที่มี 0.2 N Zinc acetate 20 มิลลิลิตร ลดปลาย Condenser ให้จุ่มลงไปใต้ระดับของเหลว (หลอด C)
 9. ทำการกลั่นจนได้สารละลายที่หลอด C มีปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร รีบปิดฝาหลอดทดลอง แต่อย่าให้แน่นจนเกินไป เพราะฝาหลอดจะแตกได้
 10. รอจนสารละลายในหลอด C ชุ่ม เต็ม N, N - Dimethyl - p - phenylene diamine dihydrochloride และ Ferric Chloride solution อย่างละ 1 มิลลิลิตร
 11. เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วทำการวัด การดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร โดยใช้ สเปคโตรโฟโตมิเตอร์
 12. หลังจากนั้นนำค่าที่ได้จาก สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ มาคำนวณหาปริมาณซัลไฟด์จากปริมาณดินแห้งทั้งหมด
- หมายเหตุ blank เตรียมโดย ใส่น้ำกลั่นที่เป่าก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลา 10 นาที จำนวน 30 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดเก็บสารที่มี 0.2 N Zinc acetate 20 มิลลิลิตร แล้วทำตามข้อ 10 - 12



ภาพประกอบผนวก 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ทั้งหมดในตะกอน

วิธีการคำนวณปริมาณซัลไฟด์ทั้งหมดจากดินแห้ง

โดยการหาค่าดังต่อไปนี้....

A	แทน	น้ำหนักดินก่อนตักดินไปทำการวิเคราะห์
B	แทน	น้ำหนักดินหลังตักดินไปทำการวิเคราะห์
C	แทน	น้ำหนักดินก่อนอบ
D	แทน	น้ำหนักดินหลังอบ
E	แทน	ค่าที่ได้จากการวัด โดยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร)
F	แทน	น้ำหนักดินเปียก (ได้จาก A - B)
G	แทน	เปอร์เซ็นต์ดินแห้ง (ได้จาก D x 100 / C)
H	แทน	น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ได้จาก F x G / 100)
I	แทน	ซัลไฟด์ทั้งหมด (ได้จาก E x 50 / 1000) เนื่องจากค่า E ที่ได้ หมายถึง ...

ในน้ำตัวอย่าง 1000 มิลลิลิตร มีซัลไฟด์ทั้งหมด E มิลลิกรัม
จากการวิเคราะห์ได้น้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร มีซัลไฟด์ทั้งหมด E x 50 / 1000 มิลลิกรัม

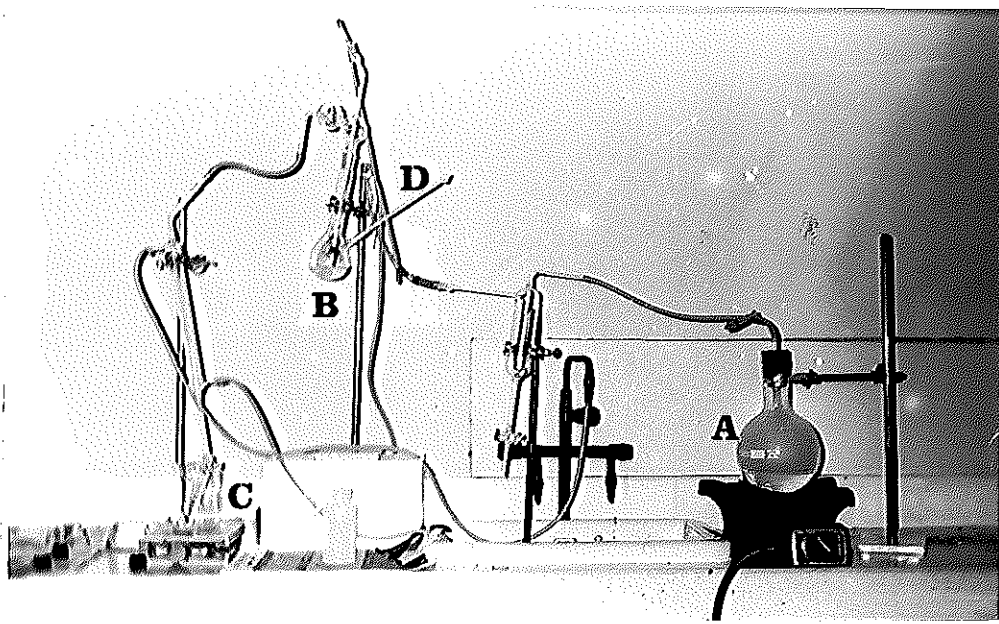
J	แทน	ซัลไฟด์ทั้งหมดในดินแห้ง (ได้จาก I x 1000 / H) เนื่องจากค่า I ที่ได้หมายถึง...
---	-----	--

ในดินแห้งที่ใช้ในการวิเคราะห์ H กรัม มีซัลไฟด์ทั้งหมด I มิลลิกรัม
ถ้าดินแห้ง 1000 กรัม มีซัลไฟด์ทั้งหมด ...

$$= I \times 1000 / H \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม(ดินแห้ง)}$$

สูตรการหาซัลไฟด์ทั้งหมดในดินแห้ง

ค่าซัลไฟด์ทั้งหมด	=	I x 1000 / H
หน่วย		มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม(ดินแห้ง)



ภาพประกอบผนวก 3 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หัลไฟด์ทั้งหมดในตะกอน

ภาคผนวก ค. ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

ตารางผนวก 1 คุณภาพน้ำและตะกอนบริเวณคลองพวง ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2536 ถึงเดือนพฤษภาคม 2537

สถานีเก็บตัวอย่าง	ตัวแปรคุณภาพน้ำ (หน่วย)	ความลึก (m)	ความโปร่งแสง (cm)	อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)	pH ของน้ำ	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	Silt-Clay (%)	pH ของตะกอน	O.M. (%)	H ₂ S (mg/kg)
1	พฤษภาคม 2536	.60	40	35.4	9.8	7.9	3.6	24.5	52.1	4.3	4.5	51.2
	กรกฎาคม 2536	.50	20	32.9	7.3	7.3	3.5	10.5	51.7	5.0	4.6	17.0
	กันยายน 2536	.40	15	35.0	4.8	8.0	1.2	13.2	49.3	5.9	6.7	6.6
	พฤศจิกายน 2536	1.10	20	27.5	0.1	7.5	1.2	14.3	50.5	5.5	5.3	15.6
	มกราคม 2537	.96	50	27.5	0.1	6.7	3.7	10.0	40.9	6.0	4.6	2.6
	มีนาคม 2537	.85	25	28.3	14.2	7.6	0.0	27.0	55.4	6.7	5.6	76.7
	พฤษภาคม 2537	.50	15	28.5	10.0	7.7	0.0	34.5	56.0	4.3	4.0	8.3
2	พฤษภาคม 2536	1.10	70	34.0	9.6	7.5	5.3	20.9	41.6	7.6	3.7	4.0
	กรกฎาคม 2536	1.20	55	34.3	11.2	6.7	2.6	7.0	57.5	4.5	4.2	3.6
	กันยายน 2536	.95	65	33.4	10.6	7.1	2.1	6.7	57.6	5.5	5.0	7.5
	พฤศจิกายน 2536	1.90	10	26.5	0.1	6.8	1.6	8.9	58.7	6.6	5.0	12.2
	มกราคม 2537	1.50	80	28.0	0.1	6.8	7.7	7.7	61.0	6.3	5.1	3.8
	มีนาคม 2537	1.30	70	28.5	15.2	8.0	3.7	10.8	59.7	7.4	5.0	117.9
	พฤษภาคม 2537	.95	30	29.5	12.0	7.6	4.3	24.6	60.0	4.9	4.6	78.3

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

สถานีเก็บตัวอย่าง	ตัวแปรคุณภาพน้ำ (หน่วย)	ความลึก (m)	ความโปร่งแสง (cm)	อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)	pH ของน้ำ	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	Silt-Clay (%)	pH ของตะกอน	O.M. (%)	H ₂ S (mg/Kg)
3	พฤษภาคม 2536	2.00	100	34.4	10.5	7.8	4.5	17.4	44.2	7.4	3.8	18.3
	กรกฎาคม 2536	1.70	60	32.9	17.4	6.6	3.4	5.4	45.3	5.0	4.9	3.0
	กันยายน 2536	1.50	70	32.9	19.0	7.1	3.8	6.3	55.5	6.5	4.3	6.9
	พฤศจิกายน 2536	2.50	10	27.0	0.2	7.1	1.6	4.7	43.8	7.5	3.5	14.8
	มกราคม 2537	2.30	75	28.8	0.1	7.2	8.5	8.2	35.6	7.5	3.7	2.1
	มีนาคม 2537	1.80	90	29.9	26.6	7.9	3.6	10.2	36.4	7.7	3.6	51.4
	พฤษภาคม 2537	1.50	28	29.0	11.1	8.1	7.0	14.4	41.6	6.7	5.5	60.0
4	พฤษภาคม 2536	1.50	90	34.1	9.6	8.1	5.2	13.3	54.9	5.0	5.1	8.1
	กรกฎาคม 2536	1.60	50	32.7	18.0	6.7	5.1	9.3	63.5	4.0	4.7	9.8
	กันยายน 2536	1.50	55	32.0	21.4	6.3	4.8	6.7	69.3	6.1	5.6	9.8
	พฤศจิกายน 2536	2.20	105	27.1	0.7	6.6	2.5	4.4	63.9	5.6	4.3	23.7
	มกราคม 2537	1.80	70	28.7	0.2	6.9	8.3	7.8	64.9	5.2	5.3	0.3
	มีนาคม 2537	1.70	100	29.0	25.6	8.0	6.1	9.1	59.5	7.4	4.7	45.2
	พฤษภาคม 2537	1.20	100	29.0	8.2	7.9	4.6	4.0	46.1	6.9	3.1	32.4

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

สถานที่เก็บตัวอย่าง	ตัวแปรคุณภาพน้ำ (หน่วย)	ความลึก (m)	ความโปร่งแสง (cm)	อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)	pH ของน้ำ	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	Silt-Clay (%)	pH ของตะกอน	O.M. (%)	H ₂ S (mg/Kg)
5	พฤษภาคม 2536	1.40	95	33.8	9.3	7.5	5.6	7.5	61.3	6.4	4.0	17.2
	กรกฎาคม 2536	1.50	70	30.5	21.4	7.0	5.2	6.1	59.9	6.9	3.6	86.6
	กันยายน 2536	2.30	55	31.1	25.7	6.3	5.4	5.7	65.7	5.4	4.1	9.8
	พฤศจิกายน 2536	2.70	20	27.4	14.3	7.7	5.3	3.0	64.2	5.8	3.4	37.4
	มกราคม 2537	2.60	35	28.7	0.3	7.2	6.1	2.2	65.6	7.1	4.6	12.1
	มีนาคม 2537	2.20	130	29.0	27.7	8.0	4.9	7.0	61.6	7.3	3.8	76.4
6	พฤษภาคม 2537	2.30	15	29.3	1.7	7.7	4.5	3.3	61.9	6.2	4.2	47.2
	พฤษภาคม 2536	2.25	190	33.7	14.6	7.3	5.1	3.8	60.8	6.4	3.6	4.1
	กรกฎาคม 2536	1.90	60	29.7	24.3	7.3	5.7	3.5	60.1	6.0	4.0	24.8
	กันยายน 2536	1.70	50	30.5	27.2	6.5	3.5	3.5	55.7	6.2	5.4	10.2
	พฤศจิกายน 2536	2.80	60	27.5	15.1	8.0	5.9	2.9	54.6	6.5	4.5	3.7
	มกราคม 2537	2.05	35	28.0	0.3	7.1	6.2	3.3	62.5	7.3	4.6	0.5
มีนาคม 2537	1.95	100	28.6	29.3	8.3	6.4	5.8	5.8	61.0	6.7	4.0	47.0
	พฤษภาคม 2537	1.90	15	28.3	2.0	7.9	5.5	3.3	49.2	6.2	6.4	10.7

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

สถานีเก็บตัวอย่าง	ตำแหน่ง	ความลึก (m)	ความโปร่งแสง (cm)	อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)	pH ของน้ำ	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	Silt-Clay (%)	pH ของตะกอน	O.M. (%)	H ₂ S (mg/kg)
7	พฤษภาคม 2536	1.65	135	33.4	12.0	7.2	7.7	2.7	41.4	6.9	4.1	1.1
	กรกฎาคม 2536	1.80	105	29.7	24.4	7.6	6.8	2.0	40.0	7.0	4.4	1.6
	กันยายน 2536	1.75	65	29.2	27.8	6.3	6.5	2.9	47.4	6.9	4.2	1.8
	พฤศจิกายน 2536	2.50	85	26.9	16.6	8.5	6.3	2.3	42.1	7.4	4.3	1.7
	มกราคม 2537	2.30	20	27.7	0.2	7.4	7.0	2.5	42.7	7.7	4.9	0.7
	มีนาคม 2537	2.50	60	28.4	29.7	8.1	6.0	2.9	41.5	7.5	3.8	9.1
	พฤษภาคม 2537	1.75	20	28.5	2.0	8.8	5.8	5.0	41.8	6.6	4.3	0.9

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายคณิศร์ เกตุมณี
วัน เดือน ปีเกิด 11 พฤษภาคม 2507

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
เทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต	สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้	2529

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ปี	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน
พ.ศ. 2530 - 2533	อาจารย์ 1 ระดับ 3	วิทยาลัยเกษตรกรรมโสธร
พ.ศ. 2533 - ปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 4	วิทยาลัยประมงสงขลาติณสุลานนท์