

การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี
ASSESSMENT OF NEARSHORE SEDIMENT TRANSPORT
AT KUNG KRABAEN BAY, CHANTHABURI PROVINCE

ชื่อกมล สุวรรณชาติ

CHUENKAMOL SUWANNACHART

1512

1512

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล

คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

หัวข้อปัญหาพิเศษ การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน
จังหวัดจันทบุรี

ASSESSMENT OF NEARSHORE SEDIMENT TRANSPORT AT
KUNGKRABAEN BAY CHANTHABURI PROVINCE

โดย นางสาวชื่นกมล สุวรรณชาติ

คณะ เทคโนโลยีทางทะเล

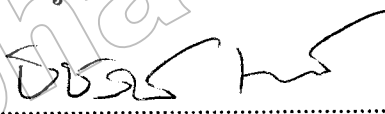
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล

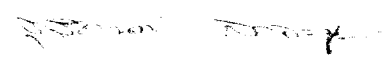
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ สุริยัณฑ์ สาระมุล

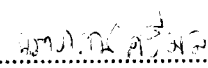
คณะเทคโนโลยีทางทะเลได้พิจารณาปัญหาพิเศษฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล ของ
มหาวิทยาลัยบูรพา

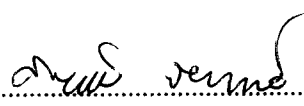

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีทางทะเล
(อาจารย์ วุฒิน ชวนะเคมี)

คณะกรรมการตรวจสอบปัญหาพิเศษ


.....ประธาน
(อาจารย์ ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล)


.....กรรมการ
(อาจารย์ สุริยัณฑ์ สาระมุล)


.....กรรมการ
(อาจารย์ วรากรณ์ ศรีมุล)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สรินย์ กิบาลขนม)

46330061 : สาขาวิชา : เทคโนโลยีทางทะเล ; วท.บ. (เทคโนโลยีทางทะเล)
 คำสำคัญ : การเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง / อัตราการตกตะกอน / ขนาดอนุภาคตะกอน /
 อ่าวคุ้งกระเบน / จังหวัดจันทบุรี

ชื่อกมล สุวรรณชาติ: การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน
 จังหวัดจันทบุรี (ASSESSMENT OF NEARSHORE SEDIMENT TRANSPORT AT KUNGBAEN BAY, CHANTHABURI PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษา: ธชัญญ์ ภัทรสถาพรกุล,วท.ม.
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: สุริยัณฑ์ สาระมูล, วท.ม. 52 หน้า. 2549.

ศึกษาการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี โดยการสำรวจภาคสนามร่วมกับการใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ โดยทำการวางชุดดักตะกอนในเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเดือนธันวาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีอัตราการเคลื่อนตัวและอัตราการสะสมตัวของตะกอนมากกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยมาจากทางทิศใต้ของอ่าวมากที่สุด ในปริมาณ 6.7160×10^5 กรัม/วัน/เมตร² และตะกอนที่ขนานมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอ่าวมากที่สุด ในปริมาณ 2.1215×10^7 กรัม/วัน/เมตร² ส่วนในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อัตราการเคลื่อนตัวของทั้งตะกอนแขวนลอยและที่ขนานมาจากทางทิศใต้ของอ่าวมากที่สุด ในปริมาณ 6.6272×10^3 และ 2.8763×10^4 กรัม/วัน/เมตร² ตามลำดับ ผลจากแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์พบว่า มีอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิ 5.1958085×10^4 กิโลกรัม/เมตร/ปี และมีอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนรวม 2.6719717×10^2 กิโลกรัม/เมตร/ปี โดยมีแนวโน้มการเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตกซึ่งเป็นทิศออกจากปากอ่าว ขนาดอนุภาคตะกอนในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนพบว่าเป็นทรายปนโคลน (Clayey Sand) มีเศษเปลือกหอยปะปนอยู่มาก โดยสัดส่วนขนาดอนุภาคตะกอนที่ได้เป็นทราย 41.59 % ทรายแป้ง 21.38 % และโคลน 36.14 % การแพร่กระจายของปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่า 9.46 ± 5.35 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนกันยายน และ 23.88 ± 1.73 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนธันวาคม

46330061 : MAJOR: MARINE TECHNOLOGY; B.Sc. (MARINE TECHNOLOGY)
 KEYWORDS : NEARSHORE SEDIMENT TRANSPORT / SEDIMENTATION RATE /
 SEDIMENT GRAIN SIZE / KUNG KRABAEN BAY / CHANTHABURI

CHUENKAMOL SUWANNACHART: ASSESSMENT OF NEARSHORE
 SEDIMENT TRANSPORT AT KUNG KRABAEN BAY, CHANTHABURI PROVINCE.
 SPECIAL PROBLEM ADVISOR: TACHANAT BHATRASATAPONKUL, M.Sc.
 SPECIAL PROBLEM CO- ADVISOR: SURIYAN SARAMUL, M.Sc., 52 PAGES. 2006.

A study was investigated at Kung Krabaen Bay in Chanthaburi Province with the aim of assessing the nearshore sediment transport and sedimentation rates. Field observation was conducted and compared with numerical model application. Sediment trap was seasonally deployed in September and December during the year 2006. Results showed that sediment transport rate and sedimentation rate in southwest monsoon were relatively higher than those in the northeast monsoon. In the southwest monsoon, suspended load of $6.7160 \times 10^5 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ was greatly transported from the south and bed load of $2.1215 \times 10^7 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ was largely delivered from the east. In addition to the northeast monsoon, suspended and bed loads of 6.6272×10^3 and $2.8763 \times 10^4 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ were greatly supplied from the south, respectively. On the other hand, mathematical model subsequently illustrated that net sediment transport rate of $5.1958085 \times 10^4 \text{ kg m}^{-1} \text{ year}^{-1}$ and gross sediment transport rate of $2.6719717 \times 10^2 \text{ kg m}^{-1} \text{ year}^{-1}$ were relatively transported offshoreward to the west. With respect to sediment grain size, clayey sand exhibited sand-silt-clay percentage ratio of 41.59, 21.38 and 36.14, respectively. Furthermore, suspended sediment distributions were 9.46 ± 5.35 and $23.88 \pm 1.73 \text{ mg l}^{-1}$ in the southwest and northeast monsoon, respectively.

ประกาศคุณูปการ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ชณัฐ ภัทรสถาพรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ และอาจารย์สุริยัมภ์ สารมุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีตลอดมา รวมทั้งเสียสละเวลาในการตรวจทานแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์วรภรณ์ ศรีมูล และอาจารย์ ดร. ศรีณย์ ภิบาลชนม์ ที่สละเวลาเป็นคณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษและคอยให้คำแนะนำในการแก้ไขตรวจทานปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ช่วยอบรมและสั่งสอนวิชาเรียน ณ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสารสนเทศจันทบุรี

ขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อน ๆ ในกลุ่ม รุ่นน้องคณะเทคโนโลยีทางทะเล เพื่อน ๆ คณะอื่น และลุงเม้ง คนขับเรือ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนามตลอดระยะเวลาการทำงาน

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติ ๆ ทุกคน ที่คอยสนับสนุน ห่วงใย และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาของการศึกษา

นางสาวฉันทกมล สุวรรณชาติ

มีนาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
ประกาศคุณูปการ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ.....	2
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
2 เอกสารและงานวิจัย.....	3
2.1 ความสำคัญของตะกอนชายฝั่ง.....	3
2.2 แหล่งกำเนิดของตะกอนชายฝั่ง.....	3
2.3 รูปแบบของการเกิดตะกอนชายฝั่ง.....	5
2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของตะกอน.....	7
2.5 คุณสมบัติทางเคมีของตะกอน.....	11
2.6 การกร่อนดิน.....	13
2.7 กระบวนการพัดพาตะกอนชายฝั่ง.....	14
2.8 การขุดลอกร่องน้ำ.....	18
2.9 อ่าวคู้งกระเบน.....	20
2.10 การทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	25
3.1 การสำรวจและเก็บตัวอย่างในภาคสนาม.....	25

บทที่	หน้า
3.2 การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอย.....	25
3.3 ชุดคักตะกอน.....	26
3.4 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ.....	27
3.5 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์การเคลื่อนที่ของตะกอน.....	27
4 ผลการศึกษา.....	35
4.1 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอน.....	35
4.2 การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอย.....	35
4.3 ชุดคักตะกอน.....	35
4.4 พื้นที่หน้าตัดปากอ่าวคั้งกระเบน.....	38
4.5 ระดับน้ำและความเร็วกระแสน้ำ.....	38
4.6 ปริมาณตะกอนแขวนลอยและ Salt Flux.....	38
4.7 ข้อมูลลม.....	40
4.8 ผลจากแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์.....	40
5 อภิปราย และสรุปผลการศึกษา.....	42
5.1 อภิปรายผลการศึกษา.....	42
5.2 สรุปผลการศึกษา.....	44
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	45
บรรณานุกรม.....	46
ภาคผนวก.....	50
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	52

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การจำแนกขนาดอนุภาคตะกอน.....	8
4.1 สัดส่วนของขนาดอนุภาคตะกอน.....	36
4.2 อัตราการตกตะกอนในเดือนกันยายนและธันวาคม.....	37
4.3 อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยในเดือนกันยายนและ ธันวาคม.....	37
4.4 อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนที่องน้ำในเดือนกันยายน และธันวาคม.....	37
4.5 ปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอน.....	42
ก-1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากการเก็บตัวอย่าง 25 ชั่วโมง.....	50

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนสัมพัทธ์ของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว.....	10
2.2 รูปร่างลักษณะชายฝั่งทะเล.....	15
2.3 กระแสน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล.....	16
2.4 ความเร็วกระแสน้ำต่อการพัดพาขนาดอนุภาคตะกอน.....	17
3.1 พื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน.....	26
3.2 ชุดคักตะกอน.....	26
4.1 การกระจายของขนาดอนุภาคตะกอน.....	36
4.2 พื้นที่หน้าตัดปากอ่าวคุ้งกระเบน.....	38
4.3 ระดับน้ำและความเร็วกระแสน้ำบริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบน.....	39
4.4 ปริมาณตะกอนแขวนลอยและ Salt Flux บริเวณปากอ่าวคุ้งกระเบน.....	39
4.5 ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนตลอดปี 2006.....	41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ชายฝั่งทะเลมีความสำคัญและเป็นแหล่งที่อุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าอย่างมากต่อระบบเศรษฐกิจ สังคมและนิเวศวิทยา เช่น ป่าชายเลน แหล่งหญ้าทะเล และแนวปะการัง สภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเลโดยทั่วไปถูกเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องจากอิทธิพลของคลื่นลม กระแสน้ำ น้ำขึ้นน้ำลง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก และแผ่นดินทรุดซึ่งนำไปโดยธรรมชาติ นอกจากนี้ยังได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การขุดลอกร่องน้ำ เป็นต้น

อ่าวคุ้งกระเบนเป็นอ่าวกึ่งปิดขนาดเล็ก ตั้งอยู่ในจังหวัดจันทบุรี มีพื้นที่ประมาณ 4,000 ไร่ เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กรูปทรงลิ้นแฉะๆทางด้านทิศตะวันออก โดยลักษณะของพื้นที่อ่าวส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินเหนียวและเปลือกหอยปะปนอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก มีตะกอนประเภท sandy clay ทับถมภายในอ่าวคุ้งกระเบน (นภคล คำชาย, 2547) การที่อ่าวคุ้งกระเบนเป็นอ่าวขนาดเล็กที่มีหัวแหลมล้อมรอบทั้ง 2 ด้านในลักษณะ pocket beach ทำให้มีการพัดพาตะกอนโดยคลื่นและกระแสน้ำมาสะสมอยู่ในอ่าวได้มาก (สิน สินสกุล, 2540) สภาพพื้นที่โดยรอบอ่าวเป็นป่าชายเลนกลางอ่าวเป็นแหล่งหญ้าทะเล มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในการทำนาเกลือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เลี้ยงปลาในกระชัง ทำการประมงพื้นบ้าน เป็นพื้นที่ร่องเดินเรือ ทำให้อ่าวคุ้งกระเบนเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียและตะกอนที่อาจมาจากนาเกลือ บ่อเก็บเลน และแหล่งชุมชนชาวประมงใกล้เคียงดังกล่าว

ลักษณะการสะสมของตะกอนอินทรีย์ในอ่าวคุ้งกระเบนพบว่าด้านทิศเหนือและใต้ของอ่าว มีการสะสมของสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง เนื่องจากทั้งสองบริเวณเป็นแนวร่องน้ำ ของเสียจากนาเกลือและแหล่งชุมชนที่ไหลผ่านแนวร่องน้ำบริเวณนี้ จึงมีอิทธิพลต่อการสะสมตัวของตะกอนอินทรีย์ปริมาณสูง (Sasaki and Inoue, 1985) ทั้งยังมีการขุดลอกร่องน้ำกลางอ่าวเพื่อประโยชน์เป็นร่องเดินเรือของชุมชนด้วยเหตุนี้ ปริมาณตะกอนอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณอ่าวได้ เช่น การบดบังแสงเป็นผลทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงของแหล่งหญ้าทะเลและแพลงก์ตอนพืชลดลง ผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำดิน ปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้นยังทำให้ร่องเดินเรือตื้นเขินเร็วขึ้น ซึ่งกระทบต่อวิถีชีวิตชุมชนในการทำประมงยังชีพ เมื่อมีการขุดลอกร่องน้ำจะทำให้ตะกอนฟุ้งกระจาย ซึ่งอาจไปรบกวนต่อสัตว์น้ำหรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งได้

ดังนั้น การศึกษาการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี สามารถประเมินให้ทราบถึงปริมาณและทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอน รวมไปถึงอัตราการตกตะกอน และปริมาณการสะสมตัวของตะกอนภายในบริเวณอ่าว โดยใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นในการวางแผนตัดสินใจในการขุดลอกร่องน้ำ และเป็นแนวทางในการวางแผนจัดการทรัพยากรภายในอ่าว

1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนพื้นท้องน้ำบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน
2. เพื่อศึกษาอัตราการตกตะกอนและขนาดอนุภาคของดินตะกอนในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางเพื่อการวางแผนและตัดสินใจในการขุดลอกร่องน้ำในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน
2. เป็นแนวทางเพื่อการวางแผนและจัดสรรการใช้พื้นที่และทรัพยากรภายในอ่าวคุ้งกระเบน

1.4 ขอบเขตในการศึกษา

ทำการศึกษาโดยการออกสำรวจในภาคสนามทั้งสิ้น 2 ครั้ง ครั้งแรกในเดือนกันยายนซึ่งใช้เป็นตัวแทนของฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และครั้งสุดท้ายในเดือนธันวาคม ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัย

2.1 ความสำคัญของตะกอนชายฝั่ง

ตะกอน (sediment) หมายถึง อนุภาคอนินทรีย์สารซึ่งเกิดจากการกัดเซาะพังทลายของหิน ซึ่งเป็นแร่กลุ่มอลูมิเนียมซิลิเกต (clay minerals) หรือเกิดขึ้นเองภายในแหล่งน้ำโดยสภาวะทางเคมีฟิสิกัล (physicochemical conditions) รวมไปถึงโครงสร้างแข็งของสิ่งมีชีวิตที่ถูกพัดพามาและตกทับถมลงบนพื้นที่ตื้นน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล โดยระหว่างการพัดพามากับแม่น้ำ ตะกอนเหล่านี้สามารถถูกเคลือบด้วยอินทรีย์สาร (organic coating) ปกคลุมบริเวณผิว บทบาทของตะกอนในวัฏจักรชีวธรณีเคมีทางทะเลเป็นแหล่งสะสมและกักเก็บธาตุอาหาร ตลอดจนยังเป็นแหล่งหมุนเวียนธาตุอาหารแก่มวลน้ำเบื้องบน (sink and source of nutrients) เนื่องจากตะกอนพื้นที่ตื้นน้ำจะเป็นที่รวมของผู้ย่อยสลาย (decomposer) ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปอินทรีย์สารที่มีการตกทับถมลงมาในบริเวณพื้นที่ตื้นน้ำให้กลับไปอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ (remineralization) ซึ่งแพลงก์ตอนพืชและพรรณไม้น้ำต่าง ๆ สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำได้อีกครั้ง นอกจากนี้ บริเวณตะกอนพื้นที่ตื้นน้ำ ยังนับเป็นชุมชนสิ่งมีชีวิตของสัตว์หน้าดินหลายประเภท

2.2 แหล่งกำเนิดของตะกอนชายฝั่ง

องค์ประกอบของตะกอนชายฝั่งทะเล (nearshore sediment) มีที่มาจากหลายแหล่งกำเนิด ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

2.2.1 องค์ประกอบที่มาจากแผ่นทวีป (lithogenous components) นับเป็นส่วนที่มาจากกระบวนการผุพัง (weathering) ของดิน หิน แร่ (land-derived components) ทั้งโดยทางกายภาพและเคมี เช่น ฆนะฝนตก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปะปนในอากาศ เมื่อรวมกับน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิคอ่อนๆ เมื่อฝนตกลงบนหิน ส่วนประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ จะผุกร่อนโดยปฏิกิริยาทางเคมี บางส่วนถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำและถูกพัดพามาสู่ทะเลในที่สุด ส่วนมากเป็นอนุภาคแร่ดินเหนียว (clay minerals) อันเป็นแร่กลุ่ม aluminosilicates ซึ่งมีบทบาทในการช่วยควบคุมองค์ประกอบของน้ำทะเลในระยะยาว โดยที่แร่บางอย่างยังคงสภาพเดิม เช่น feldspar และ quartz ส่วนสารประกอบอื่นที่ละลายมากับน้ำเช่น calcite

ขณะที่แม่น้ำพัดพาตะกอนไหลผ่าน อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จมนก้นกำลังของน้ำพัดพาไปได้ ก็จะตกตะกอนและทับถมกัน ส่วนอนุภาคขนาดเล็กที่กำลังแรงของแม่น้ำพัดพาไปได้ก็จะมีกรจมนตัวลง และทับถมบริเวณปากแม่น้ำและไหลลงสู่ทะเลในที่สุด ดังนั้นอนุภาคต่าง ๆ จึงมีการจัดและเลือกขนาด อย่างเป็นระเบียบและทับถมกัน (sediment sorting) นอกจากนี้ตะกอนต่างๆยังมีแหล่งมาจากภูเขาไฟ รวมถึงตะกอนที่เกิดจากภูเขาไฟใต้น้ำระเบิดขึ้น ทำให้เกิดอนุภาคมีสีขาวเทาและน้ำตาลหลังจากเย็นตัว ตะกอนเหล่านี้จะมีการทับถมบริเวณใกล้กับที่เกิดการระเบิด ภูเขาไฟนี้ประกอบไปด้วยแร่ดินเหนียว หรือฟิลิปไซต์ (phillipsite) และพาลาโกไนท์ (palagonite) ซึ่งมีสีน้ำตาลเหลืองจนถึงน้ำตาลเข้มดำวาว นับเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอนุภาคตะกอนกระจายลงมาสู่แหล่งน้ำได้

2.2.2 องค์ประกอบที่มาจากสิ่งมีชีวิต (biogenous components) เมื่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ตายลงจะเหลือส่วนโครงสร้างที่ไม่พองจมนตัวลงสู่พื้นท้องน้ำ อนุภาคเหล่านี้จึงกลายเป็นส่วนหนึ่งของ ตะกอนพื้นท้องน้ำ ตะกอนประเภทนี้พบมากที่สุดทะเลใกล้ชายฝั่ง เช่น บริเวณกลางอ่าวไทย เป็นต้น การแพร่กระจายของตะกอนเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ชนิดนั้นๆ สภาพแวดล้อมดังกล่าว เช่น ธาตุอาหารในแหล่งน้ำที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำมาใช้ในการสร้าง โครงสร้างแข็ง ความลึกของน้ำที่มีการตกตะกอน คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำที่ส่งเสริมให้ สิ่งมีชีวิตเกิดการแพร่กระจาย เป็นต้น ซึ่งสภาพแวดล้อมแต่ละแบบที่กล่าวมาจะมีความเหมาะสมเฉพาะ บางบริเวณเท่านั้น

2.2.3 องค์ประกอบที่เกิดขึ้นเองภายในมวลน้ำ (hydrogenous components) เป็นตะกอนที่เกิดจากการตกตะกอนขึ้นในมวลน้ำในสภาวะที่เหมาะสมทางเคมีฟิสิกัล (physicochemical conditions) ซึ่งมักเป็นการรวมตัวทางเคมีและตกตะกอนออกมา เช่น flocculation หรือ coagulation บริเวณเอสทูรี รวมไปถึงปฏิกิริยัมพันธ์ของไอออนและสารประกอบต่าง ๆ ในน้ำทะเล โดยแบ่งตามกระบวนการเกิดเป็น กระบวนการ authigenesis จัดเป็นการรวมตัวกันของอนุภาคและตกตะกอนออกมาในมวลน้ำบริเวณนั้น กระบวนการ allogenesis เป็นการรวมตัวทางเคมีของอนุภาคในบริเวณอื่นแล้วถูกพัดพาให้มาตกตะกอน ทับถมในอีกบริเวณหนึ่ง และกระบวนการ diagenesis เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเคมีของแร่ธาตุ หลังจากที่ถูกตกตะกอนทับถมใหม่

2.2.4 องค์ประกอบที่มาจากนอกโลก (cosmogenous components) เป็นตะกอนที่เกิดจาก อนุภาคที่มาจากอวกาศ เช่น อุกาบาต และฝุ่นต่าง ๆ ที่ปลิวอยู่ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งคาดว่าจะตกบนโลก วันละประมาณ 10,000 - 100,000 ตัน บางส่วนตกลงสู่ทะเลด้วย โดยเฉพาะพวกฝุ่นจะมีลักษณะกลม แล้วค่อยจมนตัวลงสู่ทะเล

2.3 รูปแบบของการเกิดตะกอนชายฝั่ง

2.3.1 ตะกอนในบริเวณเอสตูรี (estuarine sediment) มีแหล่งที่มาหลายทางด้วยกัน เช่น การชะล้างจากแผ่นดินโดยน้ำท่าพัดพามากับน้ำทิ้งของชุมชนและโรงงาน เคลื่อนตัวมาตามชายฝั่ง หรือ ลมกักคร่อนและพัดพาทรายจากเนินทรายหรือที่ตื้นน้ำท่วมถึง รวมไปถึงตะกอนจากการขุดลอกร่องน้ำ และชิ้นส่วนของสัตว์หรือพืชเมื่อตายลง เป็นต้น ตะกอนในเอสตูรีจะถูกพัดพา ตกตะกอน จับตัวหรือ แยกตัวตามอิทธิพลของกระแสน้ำและความเค็มของน้ำ

กระแสน้ำมีส่วนในการอุ้มพัดพาตะกอนให้ออกจากแหล่งกำเนิด เมื่อกระแสน้ำอ่อนแรงลง ไม่สามารถอุ้มตะกอนขนาดใหญ่ได้ก็จะเกิดการตกตะกอน โดยเฉพาะที่บริเวณปากแม่น้ำจะมีสันดอน น้ำลง (ebb tidal delta) และสันดอนน้ำขึ้น (flood tidal delta) เกิดขึ้นเข้าไปในแม่น้ำ ซึ่งขนาดของ ตะกอนที่ตกจะขึ้นกับแหล่งที่มาของตะกอน โดยตะกอนละเอียดจะมากับน้ำท่า ในขณะที่ตะกอนทราย มาจากชายฝั่ง การทับถมของตะกอนทรายเนื่องจากคลื่นจะทำให้เกิดสันทรายบริเวณปากแม่น้ำ (spit) สันดอนและสันทรายนี้นั้นจะเปลี่ยนขนาดและรูปร่างอยู่ตลอดเวลา ตามอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำ ตะกอนทรายที่เคลื่อนเข้าไปในแม่น้ำอาจเกิดจาก gravitational circulation หรือ tidal pumping และ รูปร่างของลอนทรายสามารถบอกได้ว่ากระแสน้ำไหลออก (ebb current) หรือไหลเข้า (flood current) แรงกว่ากัน โดยที่ตะกอนดินเหนียวจะเกิดขึ้นบริเวณจุดที่มีความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยสูงสุด (turbidity maximum zone) บริเวณมวลน้ำไหลมาบรรจบกัน กระแสน้ำวนตรงที่น้ำไหลมาบรรจบกัน ทำให้เกิดการกักเซาะท้องน้ำจนเป็นร่องลึก ตะกอนขนาดเล็กในเอสตูรีแบบมวลน้ำผสมผสานบางส่วน (partially mixed estuary) จะผ่านกระบวนการ flocculation/deflocculation โดยตะกอนขนาดเล็กซึ่งมี ประจุไฟฟ้าเมื่อเจอกับน้ำทะเลซึ่งมีความเค็มที่เพิ่มขึ้นจะรวมตัวกันเป็นก้อนเท่าเม็ดทราย (flocculation) แล้วตกตะกอนในทะเล ตะกอนบางส่วนจะไหลย้อนกลับเข้าไปในเอสตูรีในน้ำชั้นล่าง เมื่อถึงบริเวณที่ มีความเค็มลดต่ำลง ตะกอนก็จะมีการกระจายตัวอีกครั้ง (deflocculation) ซึ่งเป็นจุดที่มีความเข้มข้น ตะกอนแขวนลอยสูงสุด เม็ดตะกอนบางส่วนจะผ่านกระบวนการ flocculation/deflocculation ไปเรื่อยๆ

การสร้างเขื่อนกั้นคลื่นและทรายปากร่องน้ำ การสร้างท่าเรือ การขุดลอกร่องน้ำ อาจทำให้ ความสมดุลของตะกอนผิดไปจากธรรมชาติ อาจเกิดสิ่งไม่พึงประสงค์ได้ เช่น การพังทลายของชายฝั่ง การหดหายของชายหาดได้ ในขณะที่การตัดไม้ทำลายป่าทำให้การชะล้างหน้าดินสูงขึ้น เป็นการเพิ่ม ปริมาณของตะกอนในแม่น้ำ โดยสรุปแล้วบริเวณเอสตูรีถือว่าเป็นแหล่งดักตะกอนที่มากับแม่น้ำนั่นเอง

ทราบที่ระดับน้ำทะเลยังทรงตัวอยู่ ตะกอนจะทับถมในเขตเอสตูรีจนตื้นเขินในที่ลุ่ม

2.3.2 ตะกอนในทะเลสาบเปิดใกล้แหล่งทะเล (lagoon sediment) เป็นบริเวณแหล่งน้ำตื้นที่เกิดจากชายฝั่งแยกจากทะเลสาบเปิดโดยมีแนวสันทราย (sand bar) หรือเกาะกีดขวาง (barrier island) และสามารถติดต่อกับทะเลได้โดยมีทางเชื่อมต่อกัน การเกิดทะเลสาบชนิดนี้จะต้องอาศัยปัจจัยที่สำคัญคือ ขนาดของเม็ดทรายซึ่งมีปริมาณมากเพียงพอ ซึ่งสามารถถูกพัดพาโดยแม่น้ำหรือกระแสน้ำในทะเล และมีกระแสน้ำคลื่นลมแรงพอเหมาะที่จะทำให้เกิดการทับถมของทรายได้ การเกิดการทับถมของทรายเป็นดังกล่าวทำให้เกิดแนวสันทรายขึ้น

ตะกอนจะถูกพัดพาเข้ามาสู่ภายในทะเลสาบเปิดโดยผ่านร่องคลองและเกิดการตกทับถมได้เฉพาะเวลาที่มีความเร็วของกระแสน้ำพอเหมาะ นอกจากนี้การที่ทะเลสาบเปิดจะมีน้ำหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในทะเลเปิด ซึ่งผิดกับการทับถมของตะกอนในบริเวณน้ำขึ้นลง (tidal flat) จะไม่มีลักษณะคล้ายกับร่องคลองดังกล่าว ทะเลสาบเปิดบางแห่งมีความเค็มของน้ำทะเลของน้ำทะเลที่แตกต่างจากทะเลภายนอก ทั้งนี้เนื่องจากการระเหยของน้ำหรือการผสมระหว่างน้ำจืดและน้ำทะเล ลักษณะดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญในการจำกัดการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต

2.3.3 ตะกอนในบริเวณที่ราบน้ำขึ้นน้ำลง (tidal flat) บริเวณชายฝั่งที่มีน้ำขึ้นน้ำลงมักเกิดการทับถมของอนุภาคตะกอนในปริมาณมาก บริเวณดังกล่าวมีความเร็วของกระแสน้ำใกล้ฝั่งไม่รุนแรง และทำให้มีการทับถมของอนุภาคต่างๆบนพื้นบริเวณน้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุดได้ ลักษณะโดยทั่วไปของบริเวณทับถมดังกล่าวนี้จะมีลำคลองและคลองย่อยแผ่แขนงออกไป ความเร็วของกระแสน้ำจะอยู่ในช่วง 30-50 เซนติเมตรต่อวินาที การทับถมของดินตะกอนในบริเวณนี้มักเกิดเป็นบริเวณกว้างใหญ่ เช่น ในบริเวณดอนหอยหลอดมีดินตะกอนเป็นชั้นหนาประกอบด้วยชั้นของตะกอนที่ทับถมกันอยู่ก่อนเป็นระยะเวลานานและมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่มาก ได้แก่ พันธุ์พืชในป่าชายเลนและสัตว์หน้าดินต่างๆ

2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของตะกอน

2.4.1 ความหนาแน่นของตะกอน (bulk density) หมายถึง สัดส่วนของมวลต่อปริมาตรของตะกอนโดยรวมช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอน ซึ่งความหนาแน่นของตะกอนลักษณะนี้จะแตกต่างกับความหนาแน่นของสารทั่วไปที่ไม่นับเอาปริมาตรของช่องว่างมารวมด้วย วิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบความหนาแน่นของดินตะกอนมีเหมาะสมสำหรับลักษณะตะกอนที่แตกต่างกันไป วิธีการทั่วไปคือใช้อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นท่อเก็บดินเพื่อมาตรวจวิเคราะห์ (coring method) เป็นวิธีการที่ใช้ในการหาความหนาแน่นแบบแห้ง (dry-bulk density) ในดิน โดยการใช้ท่อเก็บดิน

2.4.2 ปริมาณน้ำในตะกอน (water content) เป็นค่าที่แสดงสัดส่วนของน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักของตะกอน ณ ปริมาตรหนึ่ง ซึ่งแสดงออกมาในรูปของร้อยละของน้ำหนักดินที่ใช้วิเคราะห์ (Whalley, 1981; Gardner, 1986) ปริมาณน้ำในดินตะกอนเป็นปัจจัยทางกายภาพเบื้องต้นที่ทำการวิเคราะห์ได้ไม่ยาก ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถสะท้อนขนาดของอนุภาคดินตะกอนและสภาพความสมบูรณ์ทางอินทรีย์สารของดิน ดินตะกอนที่มีระดับของปริมาณน้ำในดินต่ำ มักมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นทรายที่มีเนื้อหยาบและมีปริมาณอินทรีย์สารต่ำด้วย นอกจากนี้ปริมาณน้ำในดินตะกอนยังสามารถสะท้อนระดับของสิ่งมีชีวิต (การขุดรู การสร้างท่อ และการเคลื่อนที่ในดิน) ดินตะกอนที่มีระดับของปริมาณน้ำในดินสูงมักจะเกิดเนื่องจากการที่สิ่งมีชีวิตมีกิจกรรมในดินมากด้วย

2.4.3 ความพรุนของตะกอน (porosity) โดยทั่วไปสามารถประเมินได้จากการคำนวณโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆของตะกอน เช่น wet-water content, wet-bulk density, dry-bulk density นอกจากนี้ยังสามารถหาค่าความเป็นรูพรุนของดินตะกอนได้โดยตรงจากวิธี mercury porosimetry ของ Rootare (1970) และวิธี helium porosimetry หรือ water immersion ของ American Petroleum Institute (1960) วิธีเหล่านี้ยังให้ข้อมูลในด้านการกระจายของขนาดของรูพรุนในดินตะกอน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการประเมินการซึมผ่านออกของสารและการดูดซับสาร ซึ่งโดยทั่วไปพบว่าค่าความเป็นรูพรุนของดินตะกอนของดินที่ไม่จับตัวกันแน่นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 25-80 % (Freeze and Cherry, 1979)

2.4.4 ขนาดอนุภาคตะกอน (grain size) เป็นปัจจัยหนึ่งมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะในกลุ่ม meiofauna การศึกษาวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์หน้าดินจึงมีความจำเป็นที่จะต้องบันทึกทั้งชนิดของสิ่งมีชีวิตที่พบ และขนาดของอนุภาคตะกอนควบคู่กันไป เนื่องจากขนาดอนุภาคตะกอนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน ตลอดจนมีบทบาทต่อสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินตะกอนอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 การจำแนกขนาดอนุภาคตะกอน

Particle	Wentworth Scale		
	Diameter (mm)	Fraction (mm)	ϕ
Boulder	256		-8
Cobble	64		-6
Pebble	4		-2
Granule	2		-1
Sand			
Very coarse sand	1	1	0
Coarse sand	0.50	1/2	1
Medium sand	0.25	1/4	2
Fine sand	0.125	1/8	3
Very fine sand	0.0625	1/16	4
Silt			
Coarse silt	0.031	1/32	5
Medium silt	0.0156	1/64	6
Fine silt	0.0078	1/128	7
Very fine silt	0.0039	1/256	8
Clay			
Coarse clay	0.00156	1/640	
Medium clay	0.00097	1/1024	
Fine clay	0.00040	1/2360	
Very fine clay	0.00024	1/4096	
Colloid	0.00024	1/4096	

ที่มา : Wentworth (1922)

คุณสมบัติและคุณลักษณะจำเพาะของขนาดอนุภาคตะกอนแต่ละกลุ่ม

1. ทราย (sand) มีลักษณะดังนี้

- ก. เป็นเม็ดเล็กๆ ของแร่ quartz และ feldspar ที่สลายตัวหลุดจากหินต้นกำเนิด
- ข. ขนาดโต มองเห็นด้วยตาเปล่า ยกเว้นกลุ่ม very fine sand สัมผัสทรายมือ
- ค. ร่วน ไม่เกาะกันเป็นเม็ดดิน (aggregate) มักปรากฏตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว (single retention)
- ง. เม็ดทรายเมื่อเรียงตัวกันเกิดช่อง (pore) ขนาดใหญ่ การระบายน้ำและระบายอากาศดี แต่มีความสามารถอุ้มน้ำ (water retention) ต่ำ
- จ. กลุ่มอนุภาคทรายมีเนื้อที่ผิวจำเพาะน้อย จึงมีพื้นผิวสำหรับดูดซับ (adsorb) น้อย

2. ทรายแป้ง (silt) ลักษณะดังนี้

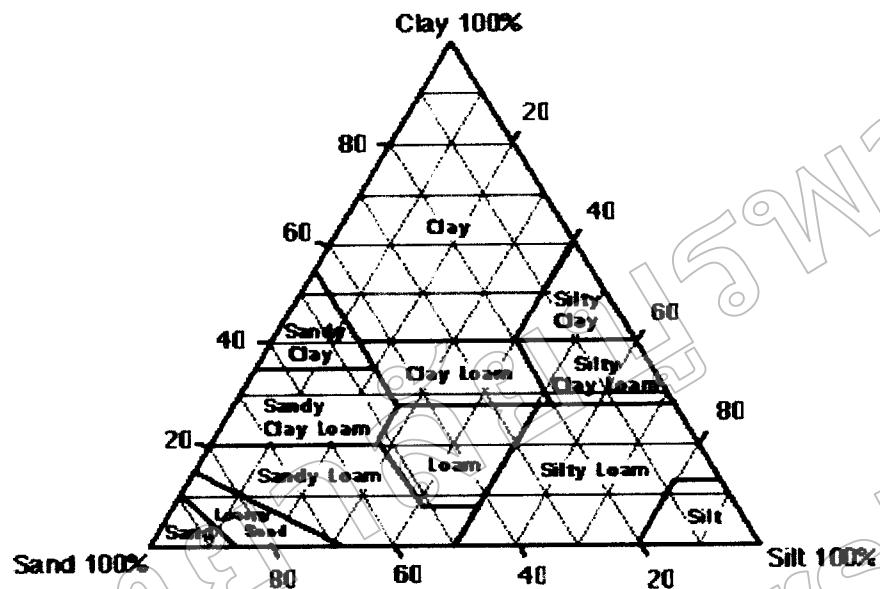
- ก. เป็นกลุ่มอนุภาคขนาดปานกลาง มีองค์ประกอบทางแร่เหมือนกลุ่มขนาดทราย
- ข. อนุภาคมีขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เหลี่ยมมุมของอนุภาคมีน้อย สัมผัสลื่นมือ
- ค. ร่วน ไม่เกาะติดกันเป็นเม็ดดินเหมือน sand
- ง. ทรายแป้งเมื่อเรียงตัวกันเป็นก้อนดินจะเกิดช่องขนาดเหมาะสมที่จะอุ้มน้ำไว้

3. โคลน (clay) มีลักษณะดังนี้

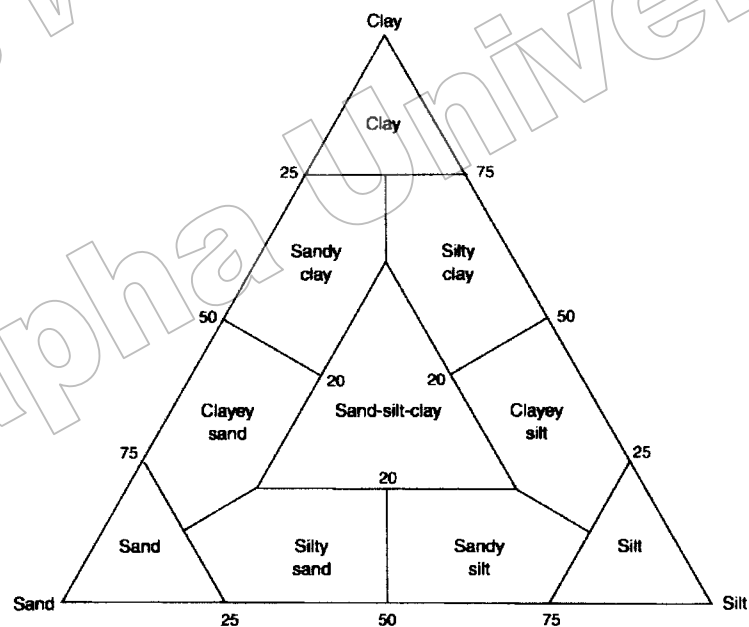
- ก. อนุภาคโคลนมักหมายถึง secondary minerals ที่สังเคราะห์ขึ้นจากแร่ดั้งเดิมที่สลายตัวหลุดและทับถมอยู่ในดิน
- ข. เป็นกลุ่มอนุภาคขนาดเล็กที่สุด มองไม่เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดา อนุภาคมีลักษณะเป็นแผ่นของสารประกอบ aluminosilicates ที่เรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ สัมผัสเมื่อแห้งจะแข็งกระด้าง สากมือคล้ายเม็ดทราย แต่ถ้าเปียกจะเหนียวลื่นและเกาะติดนิ้ว มีความเชื่อมแน่น (cohesion) ได้ดีเมื่อแห้ง เกาะยึดสารอื่น (adhesion) ได้ดีเมื่อเปียก เนื่องจากมีเนื้อที่ผิวจำเพาะสูง เมื่อแห้งจะเกาะกันเป็นก้อนแข็ง โคลนไม่ปรากฏตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว แต่จะเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน โคลนบางชนิดสามารถพองตัว (swelling) เมื่อได้รับน้ำและหดตัว (shrinking) เมื่อสูญเสียน้ำ
- ง. ช่องระหว่างอนุภาคโคลนที่มีขนาดเล็กและมีปริมาตรรวมของช่องมาก มีความพรุนสูง จึงอุ้มน้ำได้มาก โคลนมีการระบายน้ำและระบายอากาศเลว
- จ. เนื่องจากโคลนมีพื้นที่มากและประจุไม่เป็นกลาง อนุภาคโคลนจึงดูดซับสารต่างๆ ได้ดี เช่น น้ำและธาตุอาหาร ดินเหนียวส่วนมากจึงมักเป็นดินอุดมสมบูรณ์

(ก)

USDA Soil Textural Triangle



(ข)



รูปที่ 2.1 สัดส่วนสัมพัทธ์ของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว

ที่มา: (ก) <http://web.cecs.pdx.edu/>

(ข) <http://www-odp.tamu.edu/>

2.5 คุณสมบัติทางเคมีของตะกอน

2.5.1 ออกซิเจนในดินตะกอน สำคัญต่อการแพร่กระจายทางชนิดและปริมาณของสิ่งมีชีวิต ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในช่องว่างระหว่างตะกอน มีอิทธิพลต่อกระบวนการเปลี่ยนรูปทางเคมีและชีวเคมีของสารที่ผ่านทางกระบวนการย่อยสลาย กระบวนการหายใจ และการผลิตของสิ่งมีชีวิต ในบริเวณพื้นที่ท้องน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในบริเวณพื้นที่ท้องน้ำและในดินตะกอน ยังสามารถใช้เป็นดัชนีแสดงสถานะของสิ่งแวดล้อม และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้

แหล่งที่มาของออกซิเจนในดินตะกอน คือ การแพร่ของออกซิเจนลงมาจากพื้นน้ำเบื้องบน แหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ ย่อมจะมีปริมาณออกซิเจนในตะกอนต่ำลงไปด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม หากพื้นที่ท้องน้ำบริเวณนั้นอยู่ในเขตที่แสงส่องถึง โอกาสที่พืชน้ำหรือสาหร่ายขนาดเล็กจะรวมตัวกันก็มีอยู่มาก สาหร่ายเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มออกซิเจนให้แพร่ผ่านไปยังตะกอนระดับลึกลงไปได้ ปริมาณของออกซิเจนที่เราสามารถตรวจวัดได้เป็นปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอน (interstitial space)

นอกจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ท้องน้ำแล้ว ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนในตะกอนอย่างเด่นชัด คือ ปริมาณอินทรีย์สารและสารประกอบที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนโดยตรง (เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ตะกอนที่มีสารอินทรีย์สะสมอยู่มากย่อมจะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก และมีการใช้ออกซิเจนละลายในช่องว่างระหว่างตะกอนได้มาก เมื่อตะกอนมีความลึกมากขึ้นและปริมาณออกซิเจนลดน้อยลง ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียก็จะเปลี่ยนมาใช้ออกซิเจนที่อยู่ในรูปอื่น เช่น แมงกานีสออกไซด์ (MnO_2) ในเตรท (NO_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) และซัลเฟต (SO_4^{2-}) ตามลำดับ ออกซิเจนในรูปต่างๆเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในปฏิกิริยา ผลผลิตจากปฏิกิริยาการย่อยสลายในดินระดับลึกส่วนใหญ่จะได้แก่ แอมโมเนียและซัลไฟด์ ก็สามารถสะสมอยู่ในดิน ณ ระดับที่เกิดปฏิกิริยานั้นๆได้

2.5.2 สารอินทรีย์ในดินตะกอน สารอินทรีย์ในดินเป็นสารประกอบที่มีความซับซ้อนซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากแผ่นดิน เนื่องจากการพัดพาเข้ามา และสามารถเกิดจากการผลิตโดยแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำนั้นโดยตรง สารอินทรีย์จึงพบได้ทั้งในรูปสารละลายในดิน สารแขวนลอยใกล้ผิวหน้าดิน และกลุ่มที่ตกตะกอนและสะสมอยู่ในดินเป็นระยะเวลายาวนาน ปริมาณสารอินทรีย์รวมมักจะมีค่าสูงในพื้นที่ใกล้ฝั่งหรือในแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ให้อาหารเสริม

Chareonpanich et al. (1998) ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์รวมและปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดิน การกระจายของข้อมูลในขณะทีระดับของปริมาณสารอินทรีย์รวมสูงขึ้น อาจเนื่องจากความไม่คงที่ของสัดส่วนอินทรีย์สารหรือสารรูปที่ย่อยสลายยาก ในเขตอ่าวไทยพบว่าระดับของปริมาณสารอินทรีย์รวมมีค่าค่อนข้างต่ำที่ประมาณ 1-2 % ในแหล่งที่เป็นตะกอนทรายบางแห่งอาจพบปริมาณสารอินทรีย์น้อยกว่า 0.3 % สำหรับปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง มักจะมีค่าสูงกว่าดินตะกอนทั่วไปประมาณ 2-5 เท่า โดยปริมาณสารอินทรีย์ที่ตรวจพบผันแปรตามสภาพพื้นบ่อ ลักษณะการจัดการบ่อ และการให้อาหาร

2.5.3 ซัลไฟด์ในดินตะกอน

ซัลไฟด์ในรูปแบบต่างๆที่เกิดขึ้นในดินตะกอนเกิดจากกระบวนการทางชีวภาพและอนินทรีย์เคมี สิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทโดยตรงต่อการเกิดซัลไฟด์ คือ แบคทีเรียกลุ่มที่ทำกรย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินแบบไม่ใช้ออกซิเจน เรียกกลุ่มนี้ว่า sulfate reducing bacteria ซัลไฟด์หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์จะเริ่มปรากฏขึ้นเมื่อระดับความลึกของดินเพิ่มขึ้น ระดับที่มีการสะสมของซัลไฟด์สูงสุดมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและองค์ประกอบทางอินทรีย์สารของดินตะกอน ดินตะกอนธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นทรายอาจมีระดับไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงที่ประมาณ 6-8 เซนติเมตร ดินที่เป็นโคลนปนทรายอาจมีระดับสูงสุดอยู่ที่ใกล้ผิวมากกว่า ในระดับ 2-3 เซนติเมตรเท่านั้น ในดินตามหาดทรายที่สะอาดทั่วไปมักตรวจไม่พบปริมาณซัลไฟด์ ผลการสำรวจดินตะกอนในพื้นที่อ่าวไทยและทางตะวันออกของคาบสมุทรมาเลเซีย แสดงระดับของซัลไฟด์ในดินเฉลี่ยต่ำกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งของดินตะกอน (Chareonpanich et al., 1998) ที่ว่าในพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น บริเวณใกล้เกาะสมุยซึ่งมีกิจกรรมด้านการท่องเที่ยว บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงขณะเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี และบริเวณที่มีการเลี้ยงหอยนางรมอย่างหนาแน่นในพื้นที่ปากแม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรี สามารถพบปริมาณซัลไฟด์สูงถึงประมาณ 0.3, 1.7, 2.0 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งของตะกอน ตามลำดับ

2.5.4 สารอาหารในดินตะกอน

ห้องน้ำที่มีเนื้อดินหยาบ ทรายซึ่งมีการไหลผ่านของน้ำดี มักจะมีความเข้มข้นของสารอาหารในตะกอนที่ผิวหน้าต่ำ เนื่องจากสารอาหารเหล่านั้นมีโอกาสแพร่ผ่านโดยกระบวนการทางเคมี ตลอดจนกิจกรรมทางชีวภาพที่เกิดขึ้นที่บริเวณหน้าดิน เมื่อความลึกของตะกอนเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสารอาหารเหล่านี้จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ สำหรับในดินที่มีเนื้อดินละเอียด และมีปริมาณอินทรีย์สารทับถมกันอยู่ในปริมาณมาก ดินลักษณะดังกล่าวจะพบกิจกรรมการย่อยสลายอินทรีย์สารของแบคทีเรียสูงมาก และปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนจะถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถเกิดขึ้นใกล้ผิวดินได้มาก ดินที่มีลักษณะเช่นนี้ส่วนใหญ่จะพบปริมาณสารอาหารในช่องว่างระหว่างเม็ดดินอยู่ในระดับที่สูงมาก

2.6 การกร่อนดิน (Soil Erosion)

การกร่อนดินเป็นกระบวนการแตกกระจาย (detachment) และพัดพาไป (transportation) โดยตัวการกัดกร่อน (erosive agents) ซึ่งได้แก่ ลมและน้ำ การกร่อนดินแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การกร่อนโดยธรรมชาติ (natural erosion) และการกร่อนโดยมีตัวเร่ง (accelerated or man-made erosion)

2.6.1 การกร่อนดินโดยธรรมชาติ โดยมีทั้งน้ำและลมเป็นตัวการ

1. การชะละลาย (leaching) เป็นการกร่อนชนิดที่แร่ธาตุต่างๆ ธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุ ถูกทำให้ละลายหรืออยู่ในสภาพแขวนลอย แล้วจึงไหลลงสู่ส่วนล่างของหน้าตัดดินไปกับน้ำที่ซึมผ่าน (percolation water) ซึ่งในที่สุดจะไหลลงสู่ทะเล การสูญเสียของดินแบบนี้เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำและมีบทบาทมากที่สุดในแง่ของการกร่อนดินในธรรมชาติ

2. การกร่อนดินที่พื้นผิวดินโดยน้ำ (surface erosion by water) หมายถึงการที่น้ำไหลพัดพาหน้าดินซึ่งขาดพืชพรรณปกคลุม การขาดพืชพรรณปกคลุมนั้นเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ เช่น ลม ฟ้า อากาศ ความสูงต่ำของภูมิประเทศ (topography) เป็นปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

3. แผ่นดินเลื่อนและดินถล่มเนื่องจากถูกตัวการน้ำไหลชะล้างจนเป็น โกลนพัดพาลงสู่ที่ต่ำตามความลาดเทด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

4. การกร่อนโดยลม (wind erosion) คือ การที่ทำให้อนุภาคดินเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งโดยการกระทำของลม เป็นกระบวนการที่ทำให้ดินหลวมตัว (destabilization) จนกระทั่งเกิดกระบวนการกัดกร่อนและตกลงมารวมตัวและคงตัว (stabilization) ในวัฏจักรการกร่อนดินโดยลมนั้น บริเวณที่มีลมแรงและขาดสิ่งปกคลุมโดยธรรมชาติประกอบกับอุณหภูมิสูง เช่น ริมฝั่งทะเล ลมจะเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสียดิน

2.6.2 การกร่อนดินที่มีตัวเร่ง (accelerated or man-made erosion) หมายถึง การกร่อนดินที่มนุษย์หรือสัตว์เลี้ยงเข้ามาช่วยเร่งให้มีการกัดกร่อนเพิ่มขึ้นจากการกร่อนดินโดยธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำอยู่แล้ว เช่น การหักล้างถางป่าเพื่อทำการเพาะปลูก ทำให้พื้นดินปราศจากสิ่งคลุม เป็นผลให้การกัดกร่อนโดยลมและฝนเกิดขึ้นและพัดพาดินให้สูญเสียบเพิ่มขึ้น การสูญเสียนั้นจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ทำการกสิกรรม

2.6.3 มลพิษจากการกร่อนดิน

1. มลพิษจากตะกอน เมื่อพิจารณาตะกอนที่ถูกพัดพาในรูปแหล่งของมลภาวะจะเห็นได้ว่า ตะกอนที่ถูกพัดพาโดยน้ำไหลบ่าไปยังที่ลุ่มต่ำ เมื่อลงสู่แหล่งน้ำย่อมทำให้ขุ่น ลดการส่องผ่านของแสง ซึ่งส่งปัญหาต่อพืชน้ำในการสังเคราะห์แสง ตะกอนได้น้ำจะทำให้เกิดปัญหาด้านการวางไข่ของสัตว์น้ำ

และอุตสาหกรรมน้ำธรรมชาติ ทำให้ลำน้ำตื้นเขิน เมื่อน้ำท่าถูกกักเก็บในเขื่อน ตะกอนขนาดทรายแป้ง จะตกตะกอนในเขื่อนทำให้เขื่อนตื้นเขินรับน้ำได้น้อยลง จึงทำให้อายุการใช้งานของเขื่อนลดลงได้มาก และเมื่อนำน้ำที่ขุ่นไปใช้ในการชลประทานก็ย่อมจะเกิดปัญหากับเครื่องมือชลประทาน นอกจากนี้แล้ว การฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองในอากาศยังนับเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของทั้งคนและสัตว์

2. มลพิษจากปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดิน ปุ๋ยที่ใส่ลงไปดินย่อมจะถูกพัดพาไปกับตะกอนได้เช่นกัน หากมีการสูญเสียหน้าดินออกไปก็จะมี การสูญเสียฟอสฟอรัสได้มาก ทั้งนี้เพราะ ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงโดยอนุภาคดินและตกตะกอนในดินบนได้มาก ขณะที่ธาตุอื่น เช่น ไนโตรเจน สามารถเคลื่อนย้ายในรูปไนเตรทลงมายังดินชั้นล่างได้

ตะกอนที่ทำให้น้ำขุ่นขึ้นนั้น หากมีธาตุอาหารอยู่มากจะกระตุ้นให้สิ่งมีชีวิตในน้ำเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งจุลินทรีย์และพืชน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่าย ซึ่งจะทำให้น้ำมีกลิ่น สี ที่ไม่พึงประสงค์ ตลอดจนการอุดตันของเครื่องมือชลประทาน และมีการใช้ออกซิเจนในน้ำมากจนอาจเป็นอันตรายต่อ ปลาและสัตว์น้ำอื่น เรียกปรากฏการณ์เช่นนี้ว่า ภาวะสิ้นผลากของธาตุอาหาร (eutrophication)

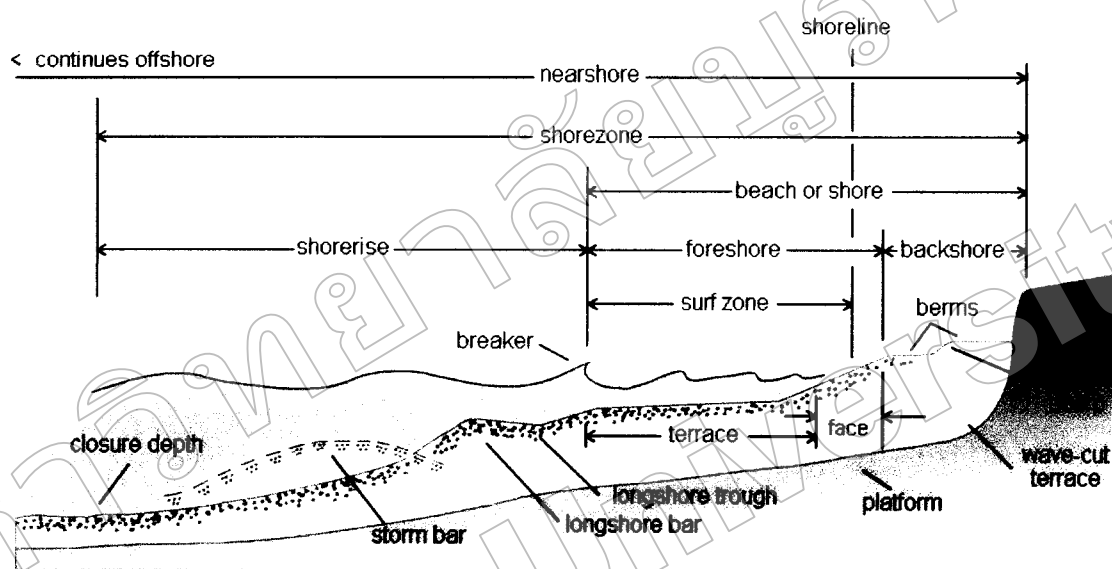
การที่ตะกอนมีฟอสฟอรัสอยู่ แม้เพียงในปริมาณต่ำก็สามารถทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ ทั้งนี้เพราะในกรณีของพืชน้ำนั้น ฟอสฟอรัสนับเป็นธาตุที่เป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) ที่ควบคุม การเจริญเติบโต นอกจากนั้นการมีไนเตรทในน้ำแม้เพียง 10 มิลลิกรัม/ลิตรขึ้นไป ถ้าใช้เป็นน้ำบริโภค จะเป็นอันตรายต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องและเด็กอ่อนได้ โดยไนเตรทจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบินทำให้ ฮีโมโกลบินไม่สามารถนำออกซิเจนไปให้ส่วนต่างๆของร่างกายได้ เรียกโรคนี้ว่า methemoglobinemia

3. ผลเสียต่อการสาธารณสุขและคุณภาพชีวิต น้ำขุ่นที่ตะกอนมากย่อมมีคุณภาพต่ำสำหรับการบริโภคและไม่สบายตาในสถานพักผ่อนหย่อนใจ ในแหล่งกักเก็บน้ำที่มีตะกอนมากเกินไปอาจเกิดการตื้นเขินและน้ำล้นเป็นที่ขื่นแฉะจนกลายเป็นแหล่งเพาะเชื้อมาเลเรีย เยื่อหุ้มสมองอักเสบและโรคอื่น ที่มีขุ่นเป็นพาหะนำเชื้อได้

2.7 กระบวนการพัดพาตะกอนชายฝั่ง (Nearshore Sediment Transport)

การพัดพาตะกอนเป็นกระบวนการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งตามธรรมชาติซึ่งทำให้เกิด การพอกพูนและการกัดเซาะแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณ การเคลื่อนย้ายตะกอนบริเวณชายฝั่งเป็น การนำพาไปในรูปสารละลาย (saltation) ตะกอนที่ได้จากการกัดเซาะโดยคลื่นและกระแสน้ำซึ่งยังมี แรงพุงตัวโดยพลังงานของคลื่นจะถูกพัดพาออกไปสู่บริเวณอื่นได้ไกล (longshore drift) ทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงรูปร่างของชายฝั่งทะเล ส่วนสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดกระบวนการพัดพาตะกอน ได้แก่

2.7.1 รูปร่างลักษณะชายฝั่งทะเล (shore profile) ขอบแผ่นดินที่ติดกับทะเลเป็นแนวชายฝั่ง (shoreline) ส่วนบริเวณตั้งแต่ตีนผาลงไปถึงแนวน้ำลงต่ำสุดแบ่งได้เป็น ชายทะเลส่วนนอก (foreshore) ซึ่งได้แก่อาณาเขตบริเวณระหว่างแนวน้ำลงต่ำสุดถึงแนวน้ำขึ้นสูงสุด และชายทะเลส่วนใน (backshore) อันเป็นบริเวณระหว่างแนวน้ำขึ้นสูงสุดถึงตีนผา โดยมีบริเวณที่เป็นหน้าหาด (berm) ซึ่งเป็นส่วนบนของหาดทรายที่น้ำทะเลขึ้นไม่ถึงเว้นแต่ในเวลาที่มีพายุจึงจะมีคลื่นซัดไปถึง



ที่มา : <http://coastalchange.ucsd.edu/swf/nearshore.swf>

รูปที่ 2.2 รูปร่างลักษณะชายฝั่งทะเล

2.7.2 ฤดูมรสุม (monsoon seasons) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านบริเวณอ่าวไทย ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งนำมวลอากาศเย็นและแห้งมาจากประเทศจีนตอนบน ลมมรสุมนี้จะมีอิทธิพลต่อคลื่นลมในอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ส่วนลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุม ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม นำไอน้ำความชุ่มชื้นจากมหาสมุทรอินเดียทำให้ฝนตก ลมในช่วงฤดูนี้มีกำลังค่อนข้างแรงจึงมักส่งผลกระทบต่อชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออก

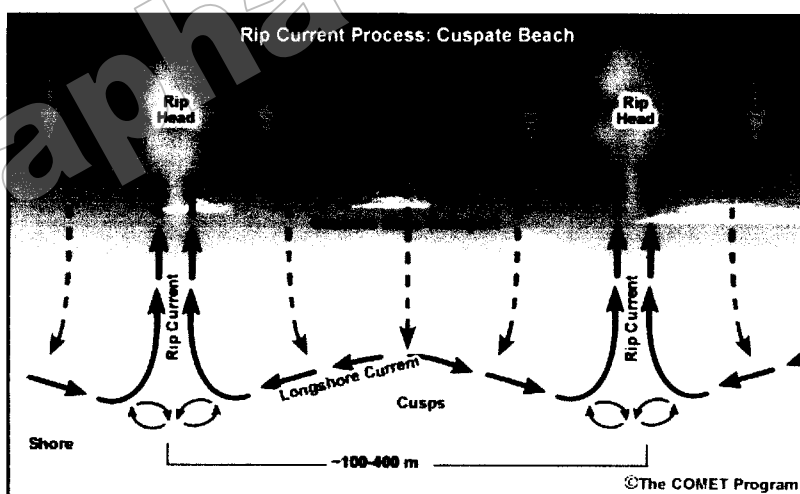
2.7.3 คลื่นลม (wind waves) เมื่อลมพัดและถ่ายทอดพลังงานสู่ผิวน้ำน้ำเกิดขึ้นเป็นคลื่น แบ่งเป็น คลื่นที่ยังอยู่ในบริเวณที่ลมพัด (sea) ยอดคลื่นผสมและความยาวคลื่นสั้น และคลื่นที่เคลื่อนที่ ออกนอกบริเวณที่ลมพัด (swell) ความยาวคลื่นขยายออก และยอดคลื่นเตี้ยกลมมน ทำให้สามารถคงรูป พลังงานและเดินทางไปได้ไกล

คลื่นที่ซัดเข้าหาฝั่งและไหลบนชายหาดที่มีความลาดชันน้อย เป็นการเข้าหาฝั่งของน้ำทะเล (swash) เมื่อกระทบหาดแล้วสลายตัว ไหลจากหาดกลับสู่ทะเล เรียกว่าเป็นการถอยกลับของน้ำทะเล (backwash) บริเวณระหว่างคลื่นหัวแตกที่อยู่ข้างนอกสุดทางทะเลกับขีดจำกัดนอกสุดของการถอยกลับของน้ำทะเลเรียก เขตคลื่นหัวแตก (surf zone) (คณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ, 2546) การแตกตัวของคลื่นที่ชายหาดทำให้ตะกอนแขวนลอยไปกับน้ำในฤดูกาลที่คลื่นแรง คลื่นจะกัดเซาะชายหาดแล้วนำตะกอนไปทับถมนอกชายฝั่งเกิดเป็นสันทรายใต้น้ำ เมื่อถึงฤดูกาลที่คลื่นอ่อนตัวคลื่นจะพัดพาตะกอนนอกชายฝั่งกลับมาทับถมที่ชายฝั่งอีกครั้งหนึ่งเป็นสมดุลพลวัตของตะกอนชายฝั่งทะเล

2.7.4 กระแสน้ำ (currents)

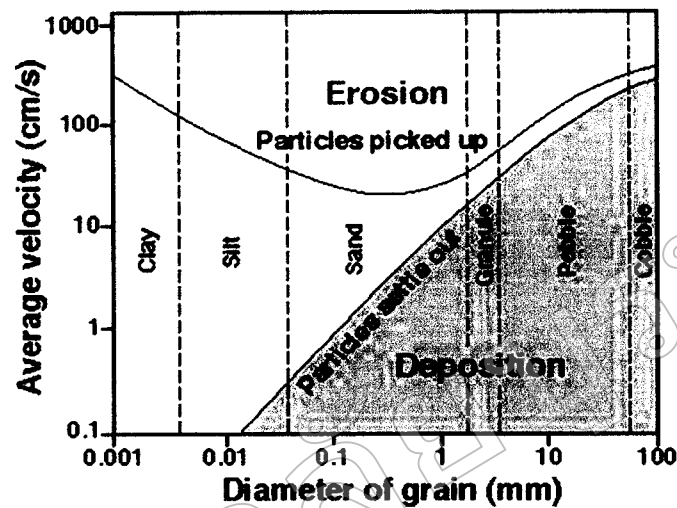
กระแสน้ำชายฝั่ง (longshore currents) เมื่อคลื่นซัดฝั่งในแนวที่ทำมุมเอียงกับชายทะเล แทนที่จะซัดตรงหน้า ทำให้เกิดกระแสน้ำชายฝั่งขนานกับแนวชายฝั่ง เป็นกระแสน้ำในเขตคลื่นหัวแตก สามารถพัดลากเม็ดทรายและกรวดให้ครูดไปตามท้องน้ำ (ปัญญารัตน์วงศ์นภาพรรณ, 2539) นอกจากนี้ยังทำให้ตะกอนเหล่านี้ลอยจากกันขึ้นมาเบื้องบนในบริเวณที่มีคลื่นหัวแตก

กระแสน้ำจากคลื่นซัดหาด (rip currents) เมื่อคลื่นซัดไปปะทะกับชายฝั่งทำให้เกิดเป็นกระแสน้ำไหลออกจากฝั่ง กระแสน้ำนี้จะไหลเป็นร่องแคบ ๆ ตัดผ่านสันดอนคลื่นหัวแตกออกสู่ทะเล กระแสน้ำนี้จะอ่อนตัวลงและหมดไปในที่ลึก แต่บนพื้นผิวจะไปได้เป็นระยะไกล



ที่มา : <https://www.meted.ucar.edu/>

รูปที่ 2.3 กระแสน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล



ที่มา : Tom Beer (1997)

รูปที่ 2.4 ความเร็วกระแสน้ำต่อการพัดพาขนาดอนุภาคตะกอน

2.7.5 น้ำขึ้นน้ำลง (tides) เป็นการเปลี่ยนแปลงระดับของผิวน้ำทะเลซึ่งจะแตกต่างกันไป

ตามลักษณะภูมิประเทศด้วย ภายใต้แรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก ลักษณะของการขึ้นลงของน้ำทะเลนั้นแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

น้ำเดี่ยว (diurnal tide) น้ำขึ้นและน้ำลง 1 ครั้งในรอบวัน

น้ำคู่ (semidiurnal tide) น้ำขึ้นและน้ำลง 2 ครั้งในรอบวัน โดยแต่ละครั้งมีการขึ้นลงเท่ากัน

น้ำผสม (mixed tide) นับว่าเป็นลักษณะของน้ำขึ้นน้ำลงในรอบวัน ที่ไม่เป็นระบบแน่นอน

จึงต้องใช้ลักษณะเด่นที่พบมากเป็นการจัดจำแนกชนิดของน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งจะสามารถแบ่งออกได้เป็น

น้ำผสมชนิดน้ำคู่ (mixed semidiurnal dominated tide) เป็นลักษณะน้ำขึ้นและน้ำลง 2 ครั้งในรอบวันเป็นส่วนใหญ่ แต่ความสูงและเวลาน้ำขึ้นจะแตกต่างกันมาก

น้ำผสมชนิดน้ำเดี่ยว (mixed diurnal dominant tide) เป็นลักษณะน้ำขึ้นและน้ำลง 1 ครั้งในรอบวันเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งความสูงและเวลาน้ำขึ้นจะแตกต่างกันมาก

กระแสน้ำขึ้นน้ำลง (tidal current) ในอ่าวไทยจะมีความสำคัญต่อพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล กระแสน้ำขึ้นน้ำลงจะไหลในทิศทางเดียวเป็นเวลาประมาณ 8 -10 ชั่วโมง พร้อมทั้งช่วงเวลาที่เป็นกระแสนิ่ง (slack) ประมาณ 2-4 ชั่วโมง ความเร็วของกระแสน้ำในอ่าวไทยจะน้อยกว่า 3 นอต (Snidvongs, 1998) ส่วนทิศทางการไหลของกระแสน้ำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศแต่ละบริเวณ

2.8 การขุดลอกร่องน้ำ (dredging)

การขุดลอกร่องน้ำ นิยามโดย The International Association of Ports and Harbors (1991) หมายถึง การขุดดินและหินที่เกิดได้น้ำหรือที่มีอยู่ใต้ทะเล โดยประกอบไปด้วยกระบวนการสำคัญคือการขุด (excavation) การขนส่ง (transports) และการทิ้ง (disposal) หรือการนำวัสดุที่ได้จากการขุดลอกมาใช้ประโยชน์ต่อไป (ปิยรัตน์ ปิติวัฒนกุล, 2543) การขุดลอกนั้นกระทำได้น้ำโดยไม่สามารถมองเห็นได้ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจในกรรมวิธีการขุดลอก (สุวัจน์ ธีรุต, 2549)

2.8.1 ประเภทการขุดลอก การขุดลอกโดยใช้ระบบเครื่องยนต์ (Mechanical Devices) ระบบนี้จะมีการขุดตะกอนที่บริเวณพื้นที่ท้องทะเลแล้วนำไปทิ้งยังในสถานที่ทิ้ง (สุวัจน์ ธีรุต, 2549) แบ่งออกได้หลายประเภท ได้แก่

1. Dipper Dredge เครื่องขุดประเภทนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ตักโดยมีเครื่องบังคับอยู่บนเรือ โดยทั่วไปใช้ตักเศษหินและก้อนกรวดได้ครั้งละประมาณ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบ มีเส้นผ่านศูนย์กลางท่อขนาดใหญ่เป็นตัวช่วยในการทรงตัวของเรือขณะขุดลอก มีท่อขนาดใหญ่ 3 ท่อ ใช้ในการขนย้ายตะกอนระหว่างการขุดลอก ตะกอนที่ได้จะอยู่ภายใน Dipper Boom เครื่องมือประเภทนี้จะใช้ขุดลอกในที่มีระดับน้ำตื้นกว่า 20 เมตร

2. Bucket Dredge ใช้สำหรับโครงการขุดลอกที่มีขนาดเล็ก โดยเรือต้องจอดสนิทและมีสายสมอเป็นตัวทำให้เรือทรงตัวอยู่ได้ขณะทำงาน ใช้คนบนเรือเป็นตัวเคลื่อนย้ายถังตัก ซึ่งปากถังตักมีหลายรูปแบบ เช่น แบบ Clamshell, Orange Peel และ Dragline

3. Ladder Dredge เครื่องมือประเภทนี้มีสายโซ่ยาวติดที่ถังตัก (Bucket Amounts) บนเรือ มีสายเคเบิลช่วยรักษาการทรงตัวของเรือขณะทำงาน ความจุของถังตักประมาณ 1-2 ลูกบาศก์เมตร มีรางรองรับตะกอนจากการขุดและปล่อยออกทางท่อ โดยทำงานได้ที่ระดับน้ำลึกไม่เกิน 30 เมตร

การขุดลอกโดยใช้ระบบไฮดรอลิก (hydraulic devices) ระบบการขุดลอกแบบนี้ ลำดับแรกจะทำให้ตะกอนร่วนซุยโดยการปั่น (agitation) โดยใช้แรงดันน้ำ หลังจากนั้นตะกอนจะฟุ้งกระจายขึ้นมา จากนั้นจะสูบไปทิ้งหรือสูบกักไว้บนเรือแล้วนำไปทิ้งในที่ที่จัดไว้ แบ่งออกได้หลายประเภท ได้แก่

1. Agitation Dredge เป็นการขุดลอกที่ใช้มานานกว่า 2,000 ปีแล้ว เป็นเครื่องมือที่เก่าแก่เป็นการรวมเอาทั้งระบบ Mechanical และ Hydraulic เข้าด้วยกัน โดยเครื่องขุดประเภทนี้ประกอบด้วยตัวกราด (Drag) ใช้กราดไปตามพื้นทะเล โดยมีกระแสน้ำเป็นตัวพัดพาเอาตะกอนออกไปจากบริเวณขุด

2. Hopper Dredge เครื่องขุดลอกประเภทนี้จะใช้ขุดลอกในบริเวณที่มีน้ำลึกมากกว่า 30 เมตร โดยตะกอนที่ได้จากการขุดไม่ถูกปล่อยเหมือนวิธีอื่นๆแต่จะถูกเก็บไว้ในถังเก็บ (Hopper) เพื่อนำไปทิ้งในสถานที่ที่จัดไว้ต่อไป โดยถังเก็บจะมีความจุมากกว่า 10,000 ลูกบาศก์เมตร

3. Hydraulic Pipeline Dredge ปัจจุบันจะนิยมใช้ประเภทนี้มาก เพราะสามารถดูดตะกอนได้ถึง 2 ใน 3 ของตะกอนทั้งหมด ทำให้เสร็จเร็ว สามารถขุดได้ตั้งแต่ตะกอนละเอียดไปจนถึงหินที่มีความแข็งแรงมาก สามารถใช้ที่ระดับความลึกมากกว่า 20 เมตร เครื่องมือประเภทนี้เป็นที่นิยมในการขุดลอกบริเวณชายฝั่ง มีหัวคัดดินตะกอนแล้วดูดผ่านท่อไปทิ้งในที่สำหรับทิ้งที่อยู่ไกลออกไป

2.8.2 ผลกระทบจากการขุดลอก คือ การทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์หน้าดิน โดยที่ตะกอนจากพื้นทะเลมีการฟุ้งกระจายขณะขุด บางส่วนของสัตว์หน้าดินถูกขุดไปพร้อมกับดินตะกอนทำให้เกิดการตาย และต้องใช้เวลามากกว่า 1 ปี ในการคืนสภาพความอุดมสมบูรณ์กลับมาเหมือนเดิม ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิศาสตร์ องค์ประกอบของตะกอน และประเภทของสิ่งมีชีวิต นอกจากผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินแล้ว การขุดลอกยังทำให้เกิดความขุ่นของน้ำและเพิ่มความเข้มข้นของสารพิษบางชนิด โดยความขุ่นจะส่งผลต่อกำล้างผลิตเบื้องต้นในทะเล แต่ผลกระทบเช่นนี้จะเกิดเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น กรณีที่มีการปลดปล่อยธาตุอาหารจากตะกอนขณะทำการขุดลอกจะมีผลต่อกำล้างผลิตเบื้องต้นเช่นกัน โดยจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำ เช่น เพิ่มค่าพีเอช ออกซิเจน และค่าบีโอดีในทะเล

ตะกอนพื้นท้องทะเลบริเวณท่าเรือและร่องน้ำที่ใช้เดินเรือที่อยู่ใกล้แหล่งชุมชน และแหล่งอุตสาหกรรม มักจะมีการปนเปื้อนโลหะหนัก ยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน สารบีโตรีเนียม ไฮโดรคาร์บอน รวมถึงสารประกอบเคมีอย่างอื่น การขุดลอกทะเลในบริเวณนี้จะทำให้มีการปล่อยสารพิษเหล่านี้กลับสู่มวลน้ำ อย่างไรก็ตาม ในบางพื้นที่ความเข้มข้นของสารมลพิษดังกล่าวอาจลดลงเนื่องจากเกิดการดูดซับกับตะกอนที่ฟุ้งกระจายจากการขุดลอก

การเพิ่มขึ้นของสารปนเปื้อนปริมาณน้อย ได้แก่ PCBs ดีดีที และสารไฮโดรคาร์บอน มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยารีดอกซ์และพีเอช ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยารีดอกซ์ และพีเอช สามารถส่งผลต่อพฤติกรรมทางด้านเคมีของโลหะในตะกอน ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตหน้าดินจะเกิดขึ้น ถ้าหากมีการทิ้งตะกอนประเภททรายลงบนพื้นทะเลที่มีลักษณะเป็นโคลน หรือการนำตะกอนที่เป็นโคลนไปทิ้งในพื้นที่ที่เป็นทราย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงประเภทของตะกอนจะมีผลต่อชุมชนของสัตว์หน้าดิน ซึ่งจะกระทบต่อความหนาแน่นของประชากรและความหลากหลาย

การขุดลอกทำให้ตะกอนลอยตัวขึ้นและกระจัดกระจายไปในระบบนิเวศ เช่น แนวปะการัง อาจส่งผลให้แนวปะการังถูกทำลายอย่างถาวรได้ (สุวัจน์ ธีรุต, 2549) อย่างไรก็ตาม สามารถสรุปผลกระทบที่เกิดจากการขุดลอกและกักตะกอนได้ ดังนี้

1. เปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ท้องทะเลในธรรมชาติ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัยของสัตว์บริเวณท้องทะเล
2. ทำลายปะการัง เนื่องจากการทับถมของตะกอนและเพิ่มความขุ่นของน้ำ
3. การกระจัดกระจายและการตกตะกอน ซึ่งประกอบไปด้วยวัตถุอันตรายซึ่งจะส่งผลกระทบต่อ การลดปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำและแสงแดดส่องผ่านได้น้อย ปกคลุมสิ่งมีชีวิตที่อยู่ใต้ทะเล
4. พื้นที่ชายทะเลเปลี่ยนแปลงไป หาดทรายถูกกัดเซาะ เร่งอัตราการตกตะกอนให้เร็วขึ้น เกิดสันทรายในทะเลทำให้ตื้นเขิน
5. สูญเสียสิ่งมีชีวิตใต้ทะเล เช่น หอย อาหารสัตว์น้ำ การสูญเสียศักยภาพในด้าน ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตทางน้ำ
6. เปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำ การทะลักเข้ามาของน้ำเค็ม น้ำผิวดินไหลลงสู่ปากแม่น้ำ
7. ทำให้มีจำนวนชนิดของสัตว์ และความหลากหลายทางชีวภาพลดลง

2.9 อ่าวคุ้งกระเบน

อ่าวคุ้งกระเบน อ่าวขนาดเล็กกึ่งปิดตั้งอยู่ในจังหวัดจันทบุรี ภาคตะวันออกของประเทศไทย เป็นระบบน้ำกร่อย มีลักษณะเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กรูปทรงกลมแคบๆทางด้านทิศตะวันออก ส่วนด้าน ทิศตะวันตกมีภูเขาเล็กๆ เริ่มตรงปากอ่าวคุ้งกระเบนขนานไปกับแนวชายฝั่งทางด้านทิศเหนือ บริเวณ ส่วนกลางของพื้นที่มีเนื้อที่ประมาณ 4,000 ไร่ มีรูปทรงคล้ายไต เป็นอ่าวที่เกือบถูกปิดล้อมโดยสันทราย มีทางเข้าน้ำทะเลทางเดียว ปากอ่าวกว้างประมาณ 650 เมตร ตัวอ่าวกว้าง 2.6 กิโลเมตร ยาว 4.6 กิโลเมตร มีความลึกสูงสุด 8 เมตร มีคลองสั้นๆไหลลงอ่าว 7 คลอง พื้นที่บริเวณรอบอ่าวมีลักษณะเป็นที่ราบ รอบอ่าวมีป่าชายเลนขึ้นกระจายอยู่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ ไล่ลงไปตามขอบอ่าวเป็นแนวยาว 5 กิโลเมตร ความกว้างของแนวป่าโดยเฉลี่ยประมาณ 30-200 เมตร ถัดจากป่าชายเลนขึ้นไปเป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้ง ของราษฎรในโครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีการสร้างบ่อ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งรอบอ่าวคุ้งกระเบน บริเวณพื้นที่บ่อทั้งหมดจะมีช่องนำน้ำเข้าและช่องระบาย น้ำออก ประมาณ 1,000 ไร่ของพื้นที่โครงการ

ลักษณะของพื้นที่อ่าวส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินเหนียวและเปลือกหอยปะปนอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก มีตะกอนพวก sandy clay ทับถมภายในอ่าวคุ้งกระเบนโดยเฉพาะในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ของทุกปี ในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน (นภคล คำชาย, 2547) มีร่องเดินเรือภายในอ่าว รอบอ่าวคุ้งกระเบนเป็นป่าชายเลน 6,500 ไร่

ลักษณะการขึ้นลงของน้ำทะเลในอ่าวคุ้งกระเบนเป็นแบบน้ำเตี้ย (regular diurnal tide) กล่าวคือ มีการขึ้นลงวันละครั้งเดียว ในช่วงเดือนตุลาคมถึงมีนาคม น้ำทะเลจะขึ้นในช่วงกลางวันและลงในช่วงเวลากลางคืน ส่วนในช่วงเดือนเมษายนถึงกันยายน น้ำจะขึ้นในช่วงเวลากลางคืนและจะลงในช่วงเวลากลางวัน ค่าเฉลี่ยน้ำขึ้นสูงสุดมีค่า 0.55 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง และลงต่ำสุดที่ระดับ 0.77 เมตร ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยค่าช่วงน้ำขึ้นลงเฉลี่ย (mean tidal range) 1.22 เมตร (ศูนย์ศึกษาเพื่อการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน, 2545)

การใช้ประโยชน์พื้นที่อ่าวคุ้งกระเบน

2.9.1 การเพาะเลี้ยง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ ได้ขออนุญาตใช้พื้นที่ป่าสงวนเสื่อมโทรมรอบอ่าวคุ้งกระเบนประมาณ 1,650 ไร่ โดยแบ่งพื้นที่เป็น พื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเล 104 แปลง จำนวน 728 ไร่ โดย ประจวบ ลีรักษาเกียรติ (2543) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นส่วนนากุ้งบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม เปรียบเทียบปี พ.ศ. 2534 และ 2539 เป็นจำนวน 2,764.00 และ 3,767.25 ไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นนากุ้งเพิ่มมากขึ้น การเลี้ยงกุ้งทะเลรอบอ่าวคุ้งกระเบน เป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา น้ำทะเลที่นำมาใช้สำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเลมาจากอ่าวคุ้งกระเบน ในช่วงเวลาน้ำขึ้นนั้น น้ำทะเลจะไหลผ่านคลองต่างๆ เข้าสู่บ่อเลี้ยงกุ้งทะเล ส่วนน้ำทะเลที่ระบายทิ้งจากบ่อเลี้ยงจะไหลลงสู่คลองเดียวกัน แล้วไหลลงสู่บริเวณอ่าวคุ้งกระเบนในช่วงน้ำลง ปัญหาที่พบจากการเพาะเลี้ยง เช่น

1. อ่าวคุ้งกระเบนมีสภาพเป็นอ่าวปิด น้ำทะเลที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งมีธาตุอาหาร (ไนโตรเจน และฟอสเฟต เป็นต้น) มีปริมาณสูงมากจะเกิดการสะสมอยู่ในอ่าวคุ้งกระเบน โดยเฉพาะคลองต่างๆ ซึ่งทำให้ขาดแคลนน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งทะเล
2. น้ำเค็มที่ระบายทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งทะเล ถึงแม้ว่าจะผ่านการตกตะกอนแล้ว แต่น้ำเค็มดังกล่าวยังไม่ได้ผ่านการบำบัด เมื่อระบายลงสู่อ่าวคุ้งกระเบน ส่วนหนึ่งของน้ำเค็มที่ธรรมชาติไม่สามารถบำบัดได้หมด จะย้อนกลับเข้ามาตามคลองส่งน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกร ทำให้ประสบปัญหาตามมาภายหลัง

3. ราษฎรผู้เลี้ยงกุ้ง โดยรอบ ไม่ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ของศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน โดยไม่ยอมทำบ่อบำบัดน้ำเสียและบ่อทิ้งขี้เลน แต่กลับทิ้งน้ำเสียและขี้เลนจากการล้างบ่อกุ้งลงสู่คลองระบายน้ำ ทำให้คลองระบายน้ำตื้นเขินและปิดทวงน้ำเข้าออกป่าชายเลน เกิดตะกอนทับถมในตัวอ่าว อาจเกิดการเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำทะเลในอ่าว ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรชายฝั่งและพื้นที่ใกล้เคียง

2.9.2 การเลี้ยงปลาน้ำกร่อยในกระชัง มีการใช้ประโยชน์พื้นที่ภายในตัวอ่าว โดยส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงปลาน้ำกร่อยในกระชัง ในพื้นที่ 2 หมู่บ้าน คือ หมู่บ้านคุ้งกระเบน หมู่ที่ 7 และหมู่บ้านอัมพวา หมู่ที่ 8 ต. คลองขุด อ. ท่าใหม่ จ. จันทบุรี เพื่อแก้ไขความเสื่อมของสภาวะแวดล้อมทางด้านทรัพยากรประมง ซึ่งชาวประมงขนาดเล็ก มักจะประสบปัญหาขาดทุน เนื่องจากปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ไม่คุ้มค่าการลงทุน ตลอดจนปัญหาราคาปัจจัยทางการประกอบอาชีพเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ ได้ดำเนินการศึกษาและส่งเสริมต่อเนื่องพบว่าได้ผลดี ปลาที่เลี้ยงส่วนใหญ่นิยมปลากะรังปากแม่น้ำหรือปลาเก๋า ปลากะพงขาว ปลากะพงแดง เป็นต้น การเลี้ยงนิยมเลี้ยงในกระชังบริเวณชายฝั่งทะเล มีการขึ้นลงของกระแสน้ำ ที่น้ำลงต่ำสุดควรมีความลึกไม่น้อยกว่า 2 เมตร เป็นบริเวณที่มีคลื่นลมสงบ รูปแบบของกระชังที่เลี้ยง มีทั้งแบบกระชังประจำที่ และกระชังลอยน้ำ เป็นต้น (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน, 2541)

2.9.3 แหล่งชุมชนประมง บริเวณรอบอ่าวคุ้งกระเบนเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและพื้นที่ประมงประกอบไปด้วย หมู่บ้านคุ้งกระเบน และหมู่บ้านหัวแหลม ที่อาศัยอยู่โดยรอบปากอ่าว โดยการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนฯ ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม ประจวบ ลีรักษาเกียรติ (2543) พบว่า พื้นที่หมู่บ้านคุ้งกระเบน มีจำนวน 716.50 ไร่ และพื้นที่หมู่บ้านหัวแหลม มีจำนวน 2,739.75 ไร่ ชุมชนเหล่านี้ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพประมง มีการทำประมงพื้นบ้านภายในอ่าวคุ้งกระเบน และนอกชายฝั่งออกไปเพื่อการดำรงชีพ รวมทั้งมีการระบายของเสียต่างๆที่เกิดจากกิจกรรมการดำรงชีวิตลง เช่น ของเสียจากสิ่งปฏิกูลบ้านเรือน น้ำอับเฉาเรือ เศษปลาที่ติดอวนลงสู่อ่าวคุ้งกระเบน หากไม่มีการจัดการที่ดีจะทำให้มีน้ำทะเลเสื่อมคุณภาพได้

2.9.4 หญ้าทะเล หญ้าทะเล มีความสำคัญต่อระบบนิเวศชายฝั่ง เช่น เป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อน แหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอาหารและที่หลบภัยของสัตว์ทะเลหลายชนิด รวมไปถึงคุณค่าทางเศรษฐกิจ อันเนื่องจากการทำประมงในแนวหญ้าทะเล เช่น การทำประมงอวนรุน ลอบดักลูกปลาเก๋า เพื่อนำไปเพาะเลี้ยงต่อในกระชังจนได้ขนาดต้องการ การรุนเคยเพื่อนำไปทำกะปิ ซึ่งสร้างรายได้ให้ชาวบ้านอย่างมาก การประมงประเภทอื่น เช่น อวนจมปู ลอบปู ลอบปลา และไซปลา เป็นที่นิยมทำกันในแนวหญ้าทะเล นอกจากนี้ผลของหญ้าทะเลบางชนิด (หญ้าชะเงาใบมน) สามารถนำมาบริโภคได้

นอกจากนั้นยังสามารถนำมาเป็นสมุนไพร สานตะกร้า ทำเป็นที่นอน นำมาungหลังคา เป็นปุ๋ย และเป็นยาสูบได้ (ศูนย์ศึกษาเพื่อการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน, 2545) จากการศึกษาของ จิตติมา อายุดตะกะ และคณะ (1992) พบหญ้าทะเลที่พบในอ่าวคุ้งกระเบน มี 4 ชนิด คือ หญ้าชะเงาใบยาว (*Enhalus acoroides*) หญ้าใบมะขามหรือใบมะกรูด (*Halophila decipiens*) หญ้าใบมะกรูดเล็ก (*H. minor*) และหญ้าผมนาง (*Halodule pinifolia*) แต่ที่พบเด่นมากที่สุดได้แก่ หญ้าชะเงาใบยาวและหญ้าผมนาง

2.9.5 ป่าชายเลน การใช้ประโยชน์จากป่าชายเลน เช่น นำมาทำเป็นถ่าน ทำการก่อสร้าง ทำเสาเข็ม ทำอุปกรณ์การประมง และเครื่องมือในการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง เปลือกไม้ป่าชายเลนหลายชนิด เช่น ฝาด ตะบัน โกงกาง โปรง สามารถใช้ประโยชน์ในการทำสี กาวติดไม้ สีย้อมอวน ฟอกหนัง ทำไม้อัด เยื่อกระดาษ บางชนิด เช่น เปลือกโปรงแดง ซึ่งมีรสฝาดใช้ทำความสะอาดแผล หรือรักษาโรคได้ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหาร แหล่งอนุบาลตัวอ่อน และแหล่งหลบภัยของสัตว์น้ำชายฝั่งที่สำคัญด้วย ประจวบ ลีรักษาเกียรติ (2543) ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนด้วยภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ. 2539 พบว่ามีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นป่าชายเลนจำนวน 1,342.50 ไร่ ป่าชายเลนปลูกใหม่จำนวน 416.25 ไร่ และป่าชายเลนเสื่อมโทรมจำนวน 411.25 ไร่ ในปีพ.ศ. 2524 ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ จึงได้จัดสรรพื้นที่ป่าชายเลน บริเวณที่เสื่อมโทรม เพื่อสาริดและส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงกุ้งกุลาดำและการพัฒนาอื่นๆ

2.9.6 การขุดลอกร่องน้ำ ภายในอ่าวคุ้งกระเบนมีการขุดลอกร่องน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ในการเดินเรือ พื้นที่ร่องเดินเรือที่ตื้นเขิน สาเหตุมาจาก น้ำเสีย และตะกอน ที่อาจมาจากนาุ้ง บ่อฉีดเลน และแหล่งชุมชนชาวประมงโดยรอบ มีการสะสมของตะกอนอินทรีย์มาก การขุดลอกพื้นที่เพื่อจัดทำแนวร่องน้ำเข้าท่าเรือ มี 2 ขั้นตอน คือ การเคลื่อนย้ายดินตะกอนจากพื้นที่ท้องน้ำ และการทิ้งดินตะกอนก่อให้เกิดการเพิ่มปริมาณตะกอนและสารแขวนลอยในน้ำ การเพิ่มความขุ่นของน้ำการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ท้องน้ำ (ถ้ากรณีทิ้งดินตะกอนในทะเลการเปลี่ยนแปลงจะเกิดจากการทับถมของตะกอนดิน) กรณีทิ้งดินตะกอนบนฝั่งอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะอุทกวิทยาของพื้นที่ เช่น ทิศทางการไหลของน้ำผิวดิน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมุทรศาสตร์ชายฝั่ง การฟุ้งกระจายของสารอาหารและสารเป็นพิษ การเปลี่ยนแปลงปริมาณของพืชและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนท้องน้ำการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมที่กล่าวมาข้างต้นจะมีความรุนแรงจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมมากเพียงใดขึ้นอยู่กับระดับของการเปลี่ยนแปลง สถานภาพและความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรสิ่งแวดล้อมก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมประเด็นหลักได้แก่ ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิต การประมง การท่องเที่ยว เป็นต้น

๒๓.
๒๕๖๑
๒๕๖๑

1512

2.10 การทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nielsen and Adamantidis (2000) ได้พัฒนาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้ศึกษาการเคลื่อนตัวของตะกอนที่อ่างน้ำบริเวณปากร่องน้ำสงขลา ปี 2543 โดยมีการปรับแก้กับผลการตรวจวัดจริงด้วยเทคนิคสารไอโซโทป พบว่าแบบจำลองนี้สามารถประเมินปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนที่อ่างน้ำได้ใกล้เคียงกับผลที่ตรวจวัดด้วยเทคนิคไอโซโทป โดยแบบจำลองดังกล่าวได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งในพื้นที่ต่าง ๆ อันได้แก่ บริเวณอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก จังหวัดสมุทรสาคร (ณัฐวุฒิ อภิวัฒน์ศรี, 2547) บริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร (ธราพล จิตมั่นขวัญยืน, 2548) และบริเวณบ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการ (Thipayamongkhonkun, 2005)

ณัฐวุฒิ อภิวัฒน์ศรี (2547) ได้ประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งบริเวณอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนที่อ่างน้ำจะขึ้นอยู่กับพลังงานคลื่น ในขณะที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนที่อ่างน้ำจะขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสน้ำเป็นหลัก โดยที่ลมเป็นตัวกำหนดความเร็วสูง คาบ และทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

ธราพล จิตมั่นขวัญยืน (2548) ได้ประเมินอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร พบว่ามีการพัดพาตะกอนไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ทั้งสองฤดูมรสุม ซึ่งเป็นการพาตะกอนออกจากฝั่ง ทำให้เกิดการกัดเซาะของแผ่นดิน (erosion) โดยที่การเคลื่อนตัวของตะกอนในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีอัตราการเคลื่อนตัว 49.01 กรัม/ตารางเมตร/วัน ในขณะที่ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีอัตราการเคลื่อนตัว 6.854 กรัม/ตารางเมตร/วัน

Thipayamongkhonkun (2005) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของตะกอนแนวชายฝั่งบริเวณบ้านขุนสมุทรจีน จังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 - 2547 พบว่าปริมาณสุทธิของตะกอนที่เคลื่อนที่มีประมาณ 1,000 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยการเคลื่อนที่ของตะกอนสุทธิมีแนวโน้มการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือในทิศเข้าหาฝั่ง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 การสำรวจและเก็บตัวอย่างในภาคสนาม

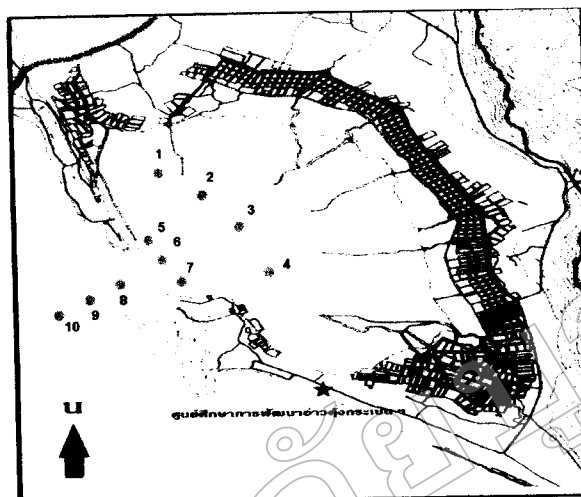
ตรวจวัดความลึกและระดับน้ำทะเลที่ระยะห่างทุก 100 เมตร เพื่อหาพื้นที่หน้าตัดปากอ่าว เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ระดับความลึกจากผิวน้ำลงไป 50 เซนติเมตร และเนื่องจากพื้นที่ท้องน้ำขึ้นมา 50 เซนติเมตร ชั่วโมงละครั้ง ตลอด 25 ชั่วโมง โดยบันทึกค่าความเค็ม และอุณหภูมิ เพื่อนำไปสู่การหาค่าปริมาณ Salt Flux (kg/s) วัดค่าความลึกน้ำเพื่อประโยชน์ในการหาพื้นที่หน้าตัดปากอ่าว และตรวจวัดความเร็วกระแสน้ำและตะกอนแขวนลอย เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ต่อไป

3.2 การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอย

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณผิวน้ำจำนวนทั้งสิ้น 10 จุด จุดละ 2 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ตามพิกัดตำแหน่งในตารางที่ 3.1 เพื่อวิเคราะห์การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอยรวมในบริเวณอ่าว

ตารางที่ 3.1 พิกัดตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

location	latitude	longitude
station 1	N 12° 35' 10.0"	E 101° 53' 16.4"
station 2	N 12° 35' 04.8"	E 101° 53' 32.5"
station 3	N 12° 34' 59.2"	E 101° 53' 34.4"
station 4	N 12° 34' 52.9"	E 101° 53' 36.3"
station 5	N 12° 35' 00.4"	E 101° 53' 18.7"
station 6	N 12° 34' 57.0"	E 101° 53' 19.7"
station 7	N 12° 34' 51.9"	E 101° 53' 21.2"
station 8	N 12° 34' 51.5"	E 101° 53' 16.9"
station 9	N 12° 34' 50.5"	E 101° 53' 12.5"
station 10	N 12° 34' 49.4"	E 101° 53' 07.6"



รูปที่ 3.1 พื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวคู้งกระเบน

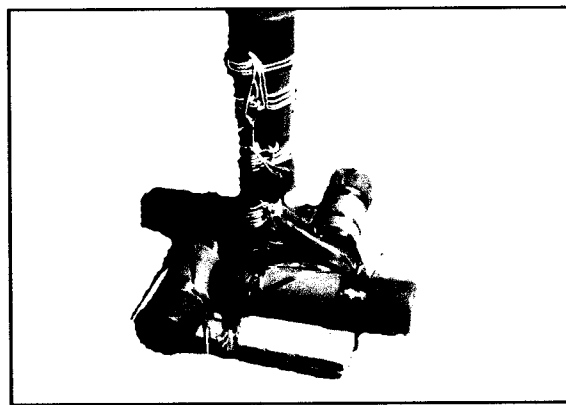
3.3 ชุดดักตะกอน

ชุดดักตะกอน (Sediment Trap) ประกอบด้วยท่อดักตะกอน 2 ชุด จำนวนทั้งสิ้น 9 กระบอก โดยท่อดักตะกอนชุดแรกจำนวน 4 กระบอกจะถูกจัดไว้แนวกลางน้ำ เพื่อรองรับตะกอนแขวนลอย ขณะที่ท่อดักตะกอนชุดที่สองจำนวน 5 กระบอกจะถูกจัดไว้บนพื้นทะเล เพื่อรองรับตะกอนพื้นท้องน้ำ และอัตราการตกตะกอนตามแนวคอลัมน์น้ำ

ท่อดักตะกอนทั้งสองชุดจะถูกจัดไว้ให้ตรงกับทิศที่ตั้งตามตำแหน่งของปากอ่าวคู้งกระเบน โดยวางท่อดักตะกอนทิ้งไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำน้ำในท่อดักตะกอนมาวิเคราะห์หาปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำและน้ำหนักตะกอนทั้งหมดในท่อดักตะกอน (กรัม/วัน/ตารางเมตร)

(ก)

(ข)



ภาพที่ 3.2 ชุดดักตะกอน โดยประกอบไปด้วย (ก) ชุดตะกอนแขวนลอย และ (ข) ชุดตะกอนพื้นท้องน้ำ

3.4 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยรวม ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) โดยกรองน้ำผ่านกระดาษกรอง (grass microfibre filter) ขนาดรูเฉลี่ย 0.7 ไมครอน (GF/F Whatman) และนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 60 – 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 – 3 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น นำมาชั่งจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่

3.4.2 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอน ตามหลักการและวิธีของ สิริชัย ธรรมวานิช (2539) โดยนำดินตะกอนตัวอย่างมาทำลายสารอินทรีย์ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Walton, 1978) และทำลายสารประกอบคาร์บอนด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง (Ingram, 1971) จากนั้นนำมาร่อนแยกตามวิธี sieve analysis นำดินตะกอนที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาดมาชั่งน้ำหนัก และนำตะกอนส่วนที่ลอดผ่านตะแกรงชั้นสุดท้ายที่ 0.063 มิลลิเมตร ไปวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ นำผลที่ได้จากทั้งสองส่วนมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์สะสมของน้ำหนักดินตะกอนแต่ละขนาดอนุภาค เพื่อใช้ประเมินหาขนาดอนุภาคดินตะกอนที่เปอร์เซ็นต์สะสมที่ 50 และ 90 ซึ่งถือเป็นขนาดอนุภาคเฉลี่ย และนำไปสู่แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ต่อไป

3.5 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์การเคลื่อนที่ของตะกอน (Nielson and Adamantidis, 2000)

3.6.1 ข้อมูลลม ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดจันทบุรี เป็นข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ปี 2549 ซึ่งในการวิเคราะห์หาขนาดความเร็ว และทิศทางของลมตัวแทนในแต่ละเดือนหรือฤดูกาล จะต้องใช้ข้อมูลลมเป็นรายชั่วโมง เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์คลื่น ในที่นี้เป็นการประมาณค่าแบบเชิงเส้นเฉพาะความเร็วเท่านั้น ส่วนทิศทางจะกำหนดให้เป็นค่าคงที่ ข้อมูลลมที่ได้ หน่วยเป็น “นอต” จะต้องทำหน่วยให้เป็น “เมตรต่อวินาที(m/s)” ดังสมการ (1) และการนำไปใช้ในการวิเคราะห์คลื่นนั้นจะต้องเป็นข้อมูลความเร็วลม ณ ความสูง 10 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล สามารถคำนวณได้ดังสมการ(2)

$$V(m/s) = 0.514 \times \text{knot} \dots\dots\dots (1)$$

$$U(10) = (0.514 \times U(z)) \left[\frac{10}{z} \right]^{\frac{1}{7}} \dots\dots\dots (2)$$

เนื่องจากข้อมูลลมดังกล่าวเป็นข้อมูลตรวจวัดจริง ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาบนแผ่นดิน ซึ่งมีความเร็วต่ำกว่าความเร็วลมเหนือผิวน้ำทะเล จึงต้องมีการคำนวณลมผิวน้ำทะเลด้วยสมการ (3)

$$\frac{U_w}{U_L} = -0.317797 \ln(U_L) + 1.88576 \dots \dots \dots (3)$$

เมื่อ U_w = ความเร็วลมเหนือผิวน้ำทะเล

U_L = ความเร็วลมเหนือแผ่นดิน

3.6.2 ข้อมูลคลื่น เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความสูงคลื่นนัยสำคัญ (H_s) และคาบคลื่น (T_p)

โดยคำนวณจากข้อมูลลม ดังสมการ (4) และ (5) ตามลำดับ

$$H_s = \frac{0.2433 \times U_A^2}{g} \dots \dots \dots (4)$$

$$T_p = \frac{8.134 \times U_A}{g} \dots \dots \dots (5)$$

เมื่อ U_A (wind stress factor) = $0.71 \times U_w^{1.23}$

3.6.3 การเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง เกิดจากกระแสน้ำอย่างเดียว หรืออิทธิพลของคลื่นหรือทั้งคลื่นและกระแสน้ำรวมกัน ซึ่งเมื่อตะกอนเคลื่อนที่แล้วอาจแบ่งการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เคลื่อนที่บริเวณพื้นท้องน้ำ (bed load) และส่วนที่แขวนลอยในน้ำ (suspended load)

กระแสน้ำ

ภายใต้เงื่อนไขที่ว่ากระแสน้ำไหลแบบ steady uniform flow โดยความเร็วไม่ขึ้นกับเวลา และระยะทางที่เปลี่ยนไป เราอาจเขียนสมการของความเสียดทานที่พื้น ($\tau_{b,c}$) ได้ดังสมการ (6)

$$\tau_{b,c} = \frac{\rho g u^2}{C^2} = \frac{\rho u^2 f_c}{8} \dots \dots \dots (6)$$

เมื่อ u = ความเร็วเฉลี่ยตามความลึก

C = ค่าสัมประสิทธิ์ Chezy ($C^2 = \frac{8g}{f_c}$)

f_c = ตัวคูณความเสียดทาน สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่พื้นขรุขระ (rough turbulent flow)

$$= 0.24 \ln^{-2} \left(\frac{12h}{k_{s,c}} \right) \text{ สำหรับ } C = 18 \ln \left(\frac{12h}{k_{s,c}} \right)$$

h = ความลึกน้ำ

$k_{s,c}$ = ความขรุขระที่พื้น (effective bed roughness)

ความขรุขระที่พื้น (bed roughness) ภายใต้อิทธิพลของกระแสน้ำแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ความขรุขระเนื่องจากตะกอน ($k'_{s,c}$) ความขรุขระเนื่องจากรูปร่างของตะกอน ($k''_{s,c}$) อันเป็นผลจากลักษณะของท้องน้ำซึ่งแปรผันไปตามความลึกและความเร็วกระแสน้ำและคุณสมบัติของตะกอนและน้ำ ดังนั้น $k_{s,c}$ สามารถหาได้จากสมการ (7)

$$k_{b,c} = k'_{s,c} + k''_{s,c} \dots\dots\dots (7)$$

เมื่อ $k'^{s.c} = 3d_{90}$

$$k''_{s,c} = 3 \times \text{ripple height} + \text{dune height}$$

โดยปกติแล้ว ขนาดความยาวของ ripple ของทรายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.5 เมตร และแอมพลิจูดถึงขนาด 30 มิลลิเมตร สำหรับบริเวณที่ค่า Reynolds numbers มีค่าต่ำ ขนาดของ ripple จะเป็นฟังก์ชันของขนาดของตะกอนซึ่งมีขนาดประมาณ 1,000 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางตะกอน (600 ถึง 2,000 เท่า) และความเอียงของ ripple ประมาณ 0.15 (0.006 ถึง 0.20) (Nielsen, 2000 อ้างถึงใน Raudkivi, 1990) ดังนั้นสำหรับทรายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตร ความยาวของ ripple อาจมีค่าตั้ง 0.2 ถึง 0.6 เมตร และมีความสูงจนถึงประมาณ 40 มิลลิเมตร ขนาดของ dune มีค่าความสูง 0.3 เมตร และกว้างถึง 6 เมตร (สำหรับแม่น้ำสายเล็ก) จนถึงขนาดความสูงประมาณ 12 เมตรและความยาวประมาณ 100 เมตร (สำหรับแม่น้ำสายใหญ่) (Nielsen, 2000 อ้างถึงใน Simon และ Richardson, 1961)

คลื่น

ความเสียดทานที่พื้นอันเนื่องมาจากอิทธิพลของคลื่น ($\tau_{h,w}$) สามารถคำนวณได้ดังสมการ (8)

$$\tau_{h,w} = \frac{\rho U_s^2 f_w}{4} \dots\dots\dots (8)$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นน้ำ

U_s = ค่าพีคของ orbital velocity ที่บริเวณผิวพื้นท้องทะเล

f_w = ตัวคูณความเสียดทาน สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่พื้นขรุขระ (rough turbulent flow)

$$= \exp \left[-6 + 5.2 \left(\frac{A_s}{k_{s,w}} \right)^{-0.19} \right] \text{ และ } f_{w,max} = 0.3$$

สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่พื้นเรียบ (smooth turbulent flow) f_w มีสมการ (9)

$$f_w = 0.09 \left(\frac{U_\delta A_\delta}{\nu} \right)^{-0.2} \dots \dots \dots (9)$$

เมื่อ A_δ = ค่าพีคของ wave orbitol ที่บริเวณผิวพื้นท้องน้ำ

$k_{s,w}$ = ค่าความขรุขระที่พื้นผิว (effective bed roughness) อันเนื่องมาจากอิทธิพลของคลื่น

ภายใต้สมมติฐานที่ว่าคลื่นที่สูงจะส่งผลต่อกระบวนการเคลื่อนตัวของตะกอน ดังนั้นแล้ว ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (H_s) และคาบ (T_p) เป็นตัวแปรที่นำมาใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากคลื่น

ความขรุขระที่พื้นผิว (effective bed roughness) อันเนื่องมาจากอิทธิพลของคลื่น ($k_{s,w}$) ภายใต้อิทธิพลของคลื่นแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ความขรุขระเนื่องจากตะกอน ($k'_{s,w}$) และความขรุขระเนื่องจากรูปร่างของตะกอน ($k''_{s,w}$) อันเป็นผลมาจากลักษณะของท้องน้ำ ซึ่งแปรผันไปตามความลึกและความเร็วกระแส น้ำ และคุณสมบัติของตะกอนและน้ำ ดังนั้น $k_{s,w}$ สามารถหาได้จากสมการ (10)

$$k_{b,w} = k'_{s,w} + k''_{s,w} \dots \dots \dots (10)$$

เมื่อ $k'_{s,c} = 3d_{90}$

$k''_{s,c} = 3 \times \text{ripple height}$

Nielsen (1981) อ้างถึงใน Nielsen (2000) กล่าวถึงความสูงของ ripple (Δr) จะขึ้นกับค่า Ψ สำหรับ $\Psi < 12$, Δr จะมีค่าดังสมการ (11)

$$\Delta r = (0.275 - 0.22\Psi^{0.5}) A_\delta \dots \dots \dots (11)$$

สำหรับ $\Psi > 12$, Δr จะมีค่าดังสมการ (12)

$$\Delta r = 21\Psi^{-1.85} A_\delta \dots \dots \dots (12)$$

เมื่อ Ψ = sediment mobility parameter

$$= \frac{U_\delta^2}{(S-1)gd_{50}}$$

$$S = \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

คลื่นและกระแสน้ำ

การเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากอิทธิพลของคลื่นร่วมกับกระแสน้ำเป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน การศึกษาโดยวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทำให้เข้าใจว่าการทำให้หน้าไหลแรงขึ้นเนื่องจากการกระทำของคลื่นสามารถอธิบายได้จาก apparent roughness (k_a) ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า physical roughness (k_s) คลื่นจะทำให้ค่า bed-shear stress มากขึ้น ซึ่งส่งผลต่ออัตราการไหล ดังสมการ (13) และ (14)

$$\frac{k_{a,c}}{k_{s,c}} = e^{(\alpha \bar{U}_s / \bar{v}_r)} \dots \dots \dots (13)$$

$$\frac{k_{a,c}}{k_{s,c}} (\max) = 10 \text{ for } \bar{U}_s / \bar{v}_r = 3 \dots \dots \dots (14)$$

เมื่อ \bar{U}_s = ความเร็วสูงสุดของเวกเตอร์ความเร็วคลื่นใกล้ท้องน้ำ

\bar{v}_r = เวกเตอร์ความเร็วเฉลี่ยตามความลึก

γ = มีค่าตั้งแต่ 0.75 สำหรับคลื่นสวน ถึง 1.1 สำหรับคลื่นตาม

กระแสน้ำที่สัมพันธ์กับ shear stress ($\tau_{b,c}$) หาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ Chezy ซึ่งขึ้นกับ $k_{a,c}$ มากกว่า $k_{s,c}$ ค่า time-averaged bed-shear stress สำหรับการรวมกันของคลื่นและกระแสน้ำสามารถคำนวณได้จากการรวมกันของเวกเตอร์ shear stress เนื่องจากกระแสน้ำและคลื่นดังสมการ (15)

$$\bar{\tau}_{b,cw} = \bar{\tau}_{b,c} + \bar{\tau}_{b,w} \dots \dots \dots (15)$$

ลักษณะของตะกอนและค่า critical shear stress สำหรับการเคลื่อนตัว

ตะกอนจะเริ่มเคลื่อนที่เมื่อค่า shear stress ถึงจุดหนึ่ง ซึ่งเริ่มต้นจากการที่ตะกอนบนผิวพื้นเริ่มขยับ ถัดจากนั้นก็เริ่มเกิดการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งซึ่งอยู่ในลักษณะที่เรียกว่า bed load และ suspended load ค่า shear stress ที่สัมพันธ์สำหรับการเคลื่อนที่ของตะกอนจะขึ้นกับลักษณะของตะกอนซึ่งเกี่ยวพันกับความขรุขระของลักษณะพื้นที่ท้องทะเล สำหรับทรายสามารถพิจารณาได้จากขนาดของอนุภาค การจัดเรียงตัว และ fall velocity

ความสัมพันธ์ระหว่าง fall velocity และ ขนาดของทราย ถูกพัฒนาโดย Van Rijn (1989) (Nielsen, 2000) ดังสมการต่อไปนี้

$$w_s = \frac{10v \left(\sqrt{\frac{(1 + 0.01(s-1)gd^3}{v^2}} - 1 \right)}{d^*} \dots\dots\dots (16)$$

$$v = \left[1.14 - 0.031(Te - 15) + 0.00068(Te - 15)^2 \right] \times 10^{-6} \dots\dots\dots (17)$$

เมื่อ w_s = fall velocity สำหรับตะกอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง d^*

v = kinetic viscosity สำหรับน้ำ

Te = อุณหภูมิ (°C)

d^* = ขนาดของตะกอนที่สัมพันธ์กับ fall velocity

จุดวิกฤตที่ทำให้ทรายเคลื่อนที่

ภายใต้อิทธิพลของ steady flow พิจารณาจาก Shields criteria (1936) (Nielsen, 2000) สำหรับทรายบริเวณเอสทูรี ($d_{50} = 0.2$ mm) สำหรับกระแสน้ำที่วัดเหนือพื้นที่ท้องทะเล 1 เมตร ความแรงที่จะทำให้ตะกอนทรายเกิดการเคลื่อนตัวได้โดยไม่มีอิทธิพลจากคลื่น คือค่าประมาณ 0.2 เมตรต่อวินาที ภายใต้อิทธิพลของคลื่น Nielson (2000) อ้างถึงใน Van Rijn (1989) กล่าวว่าสำหรับพื้นที่เรียบ Shields curve สามารถนำมาใช้เป็นตัววิเคราะห์จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ของตะกอนอันเนื่องจากอิทธิพลของคลื่น ซึ่ง Van Rijn ยังแนะนำว่าตัวคูณความเสียหายเนื่องจากคลื่นอาจมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.3

อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอน

การเคลื่อนที่ของตะกอนสุทธิภายใต้อิทธิพลของกระแสน้ำและคลื่นสามารถแบ่งออกเป็น การเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากกระแสน้ำและเนื่องจากคลื่น กลไกการเคลื่อนตัวของมวลทรายคือการฟุ้งของตะกอนเนื่องจากคลื่นที่กวานหน้าดินและโดยขนส่งไปโดยกระแสน้ำ

Current-related Transport

อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจาก Current-related bed-load คำนวณจากสมการ (18)

$$q_{b,c} = \frac{0.25u_{*c}' d_{50} T^{1.5}}{D_*^{0.3}} \dots\dots\dots (18)$$

เมื่อ $q_{b,c}$ = the time-averaged bed-load transport

$u_{*,c}$ = the grain-related bed-shear velocity

d_{50} = the median particle diameter of bed material

T = the dimensionless bed-shear stress parameter เนื่องจากกระแสน้ำและคลื่น
= สัดส่วนของ excess bed shear stress ต่อ critical bed shear stress สำหรับการเคลื่อนที่

D_* = the dimensionless particle size parameter

$$= \sqrt[3]{\frac{(s-1)g}{v^2}} d_{50}$$

ค่าการเคลื่อนที่ของตะกอนเนื่องจาก Current-related suspended load คำนวณได้จากการอินทิเกรตตลอดความลึกน้ำคูณด้วยความเร็วและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยดังสมการ (19)

$$q_{s,c} = \int_a^h v_R c dz \dots\dots\dots (19)$$

เมื่อ $q_{s,c}$ = the time averaged suspended load transport

v_R = ความเร็วที่ความสูง z เหนือพื้นท้องน้ำ (ในทิศทางของเวกเตอร์กระแสน้ำ)

c = ความเข้มข้นของตะกอนที่ความสูง z เหนือพื้นท้องน้ำ

a = จุดอ้างอิง

h = ความลึกน้ำ

Wave-related Transport

อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจาก net wave-related ในทิศทางของ shear stress ที่มีค่ามากที่สุดเขียนได้ดังสมการ (20)

$$q'_w = \alpha \bar{U}_{\delta,\max} \delta_{w,\max} (c_{a,\max} - c_a) - \alpha \bar{U}_{\delta,\min} (c_a - c_{a,\min}) \dots\dots\dots (20)$$

เมื่อ q'_w = the time-averaged bed concentration

$c_{a,\max}$ = the maximum bed concentration

$c_{a,\min}$ = the minimum bed concentration

$\bar{U}_{\delta,\max}, \bar{U}_{\delta,\min}$ = the maximum and minimum peak orbital velocities near bed (Stoke's theory)

$\delta_{w,\max}, \delta_{w,\min}$ = the wave boundary layer thickness based on $\bar{U}_{\delta,\max}$ and $\bar{U}_{\delta,\min}$

$$\alpha = 0.3$$

Total Transport

ค่าอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนเฉลี่ยตามเวลาสุทธิ (q'_t) เนื่องจากอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำคำนวณได้โดยการหาผลรวมของเวกเตอร์ดังสมการ (21)

$$q'_t = \sqrt{q_c'^2 + q_w'^2 + 2|q_c'| |q_w'| \cos \phi} \dots \dots \dots (21)$$

เมื่อ q'_c = the total current-related transport rate

$$= q'_{b,c} + q'_{s,c}$$

$q'_{b,c}$ = the current-related bed-load transport rate

$q'_{s,c}$ = the current-related suspended load transport rate

q'_w = the net wave-related sediment transport rate ในทิศทางของ shear stress ที่มีค่ามากที่สุด

ϕ = มุมระหว่างทิศของกระแสน้ำและทิศของการเคลื่อนที่คลื่น

การคำนวณปริมาณการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง จะใช้ข้อมูลความสูงคลื่นนัยสำคัญ คาบคลื่น ทิศทาง และ/หรือ กระแสน้ำเป็นข้อมูลนำเข้า กระบวนการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น (Nielsen, 2000)

ตารางที่ 4.2 อัตราการตกตะกอน

ตัวอย่างตะกอน	น้ำหนักตะกอน (กรัม/สัปดาห์)	อัตราการสะสมตัวของตะกอน (เซนติเมตร/วัน)
กันยายน	472	23.3
ธันวาคม	48.54	2.4

ตารางที่ 4.3 อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอย

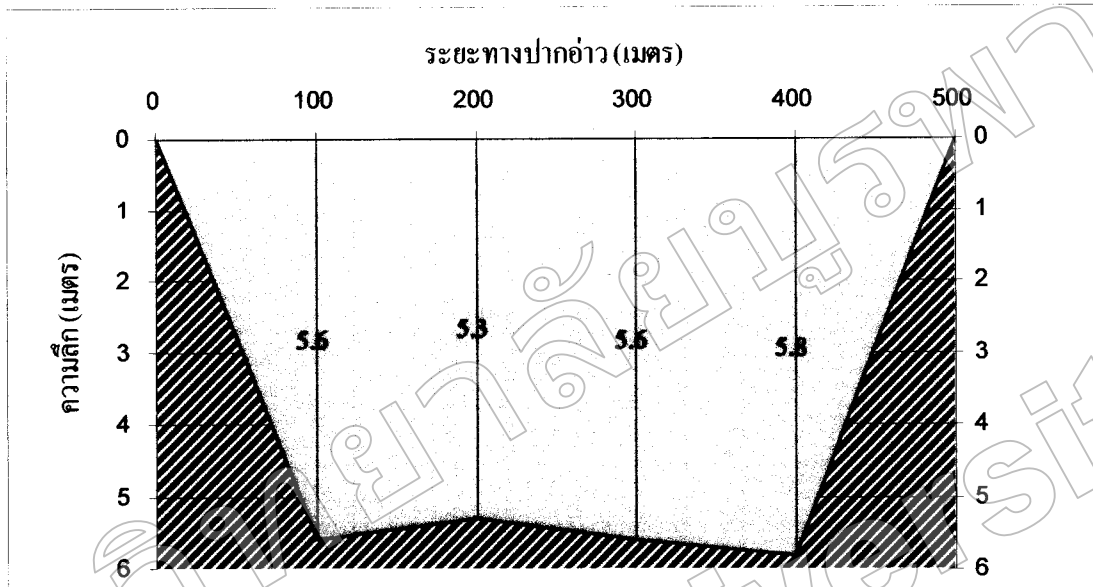
ตัวอย่างตะกอน	น้ำหนักตะกอน (กรัม/วัน)		น้ำหนักตะกอน (กรัม/สัปดาห์)		อัตราการเคลื่อนตัว ของตะกอนแขวนลอย (กรัม/วัน/ตารางเมตร)	
	กันยายน	ธันวาคม	กันยายน	ธันวาคม	กันยายน	ธันวาคม
Suspended north	277.75	2.51	1,944.25	17.54	547,830.37	4,942.24
Suspended south	340.5	3.36	2,383.50	23.52	671,597.63	6,627.22
Suspended east	167.88	2.15	1,175.13	15.04	331,114.40	4,237.81
Suspended west	174.32	2.86	1,220.24	20.04	343,826.43	5,646.89

ตารางที่ 4.4 อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนพื้นท้องน้ำ

ตัวอย่างตะกอน	น้ำหนักตะกอน (กรัม/วัน)		น้ำหนักตะกอน (กรัม/สัปดาห์)		อัตราการเคลื่อนตัว ของตะกอนพื้นท้องน้ำ (กรัม/วัน/ตารางเมตร)	
	กันยายน	ธันวาคม	กันยายน	ธันวาคม	กันยายน	ธันวาคม
Bed load north	3,460.65	8.91	24,224.53	62.38	6,825,734.94	17,576.78
Bed load south	561.00	14.58	3,927.00	102.08	1,106,508.88	28,763.03
Bed load east	10,755.85	4.18	75,290.97	29.24	21,214,699.80	823.89
Bed load west	630.77	4.61	4,415.37	32.26	1,244,117.36	9,089.88

4.4 พื้นที่หน้าตัดปากอ่าวคู้งกระเบน

จากการสำรวจภาคสนามบริเวณปากอ่าวคู้งกระเบน โดยกำหนดให้ระยะทางที่ 0 เมตร คือบริเวณเจดีย์ปากอ่าวด้านทิศเหนือ เรื่อยมาจนกระทั่งถึงระยะทางที่ 500 เมตร คือบริเวณปากอ่าวด้านทิศใต้ พบว่าพื้นที่หน้าตัดปากอ่าวคู้งกระเบนมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.2



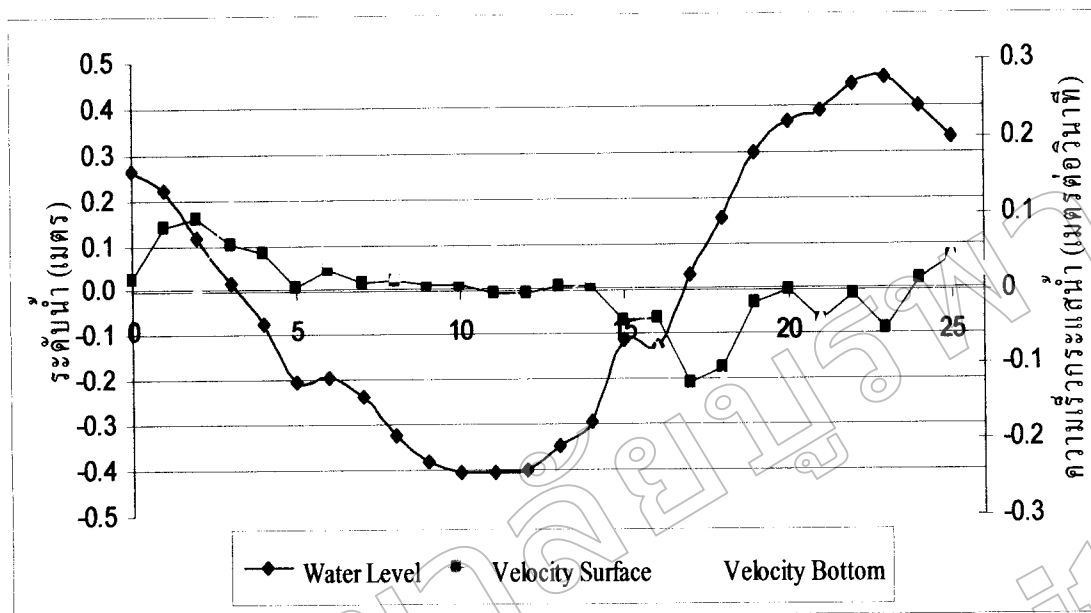
รูปที่ 4.2 พื้นที่หน้าตัดปากอ่าวคู้งกระเบน

4.5 ระดับน้ำและความเร็วกระแสน้ำ

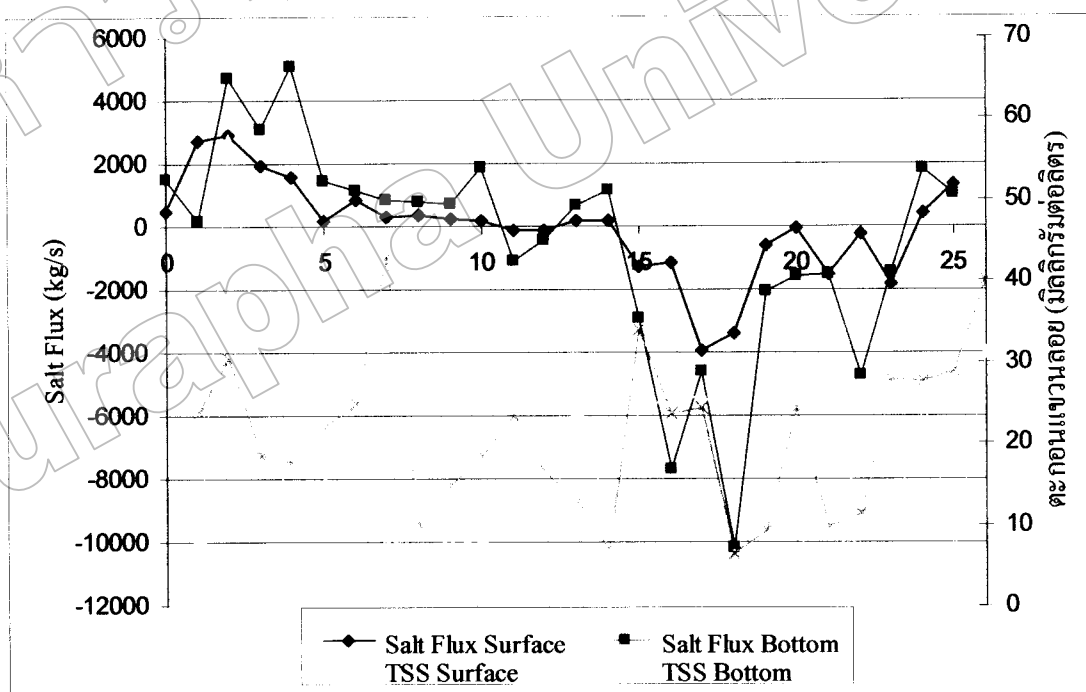
จากการสำรวจภาคสนาม 25 ชั่วโมง พบว่าน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวคู้งกระเบนเป็นน้ำเค็ม มีการขึ้นลงเพียงรอบเดียวในหนึ่งวัน โดยระดับน้ำกำลังขึ้นในตอนกลางคืนและระดับน้ำกำลังลงในตอนกลางวัน นอกจากนี้ยังพบว่ากระแสน้ำที่พื้นที่ท้องน้ำไหลเร็วกว่ากระแสน้ำที่ผิวหน้าน้ำทะเล ดังแสดงในรูปที่ 4.3

4.6 ปริมาณตะกอนแขวนลอยและ Salt Flux

จากการสำรวจภาคสนาม 25 ชั่วโมง พบว่า Salt Flux และปริมาณตะกอนแขวนลอย ตำแหน่งที่พื้นท้องทะเลมีค่ามากกว่าตำแหน่งที่ผิวหน้าน้ำทะเล ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 ระดับน้ำและความเร็วกระแสน้ำบริเวณปากอ่าวคู้งกระเบน



รูปที่ 4.4 ปริมาณตะกอนแขวนลอยและ Salt Flux บริเวณปากอ่าวคู้งกระเบน

4.7 ข้อมูลลม

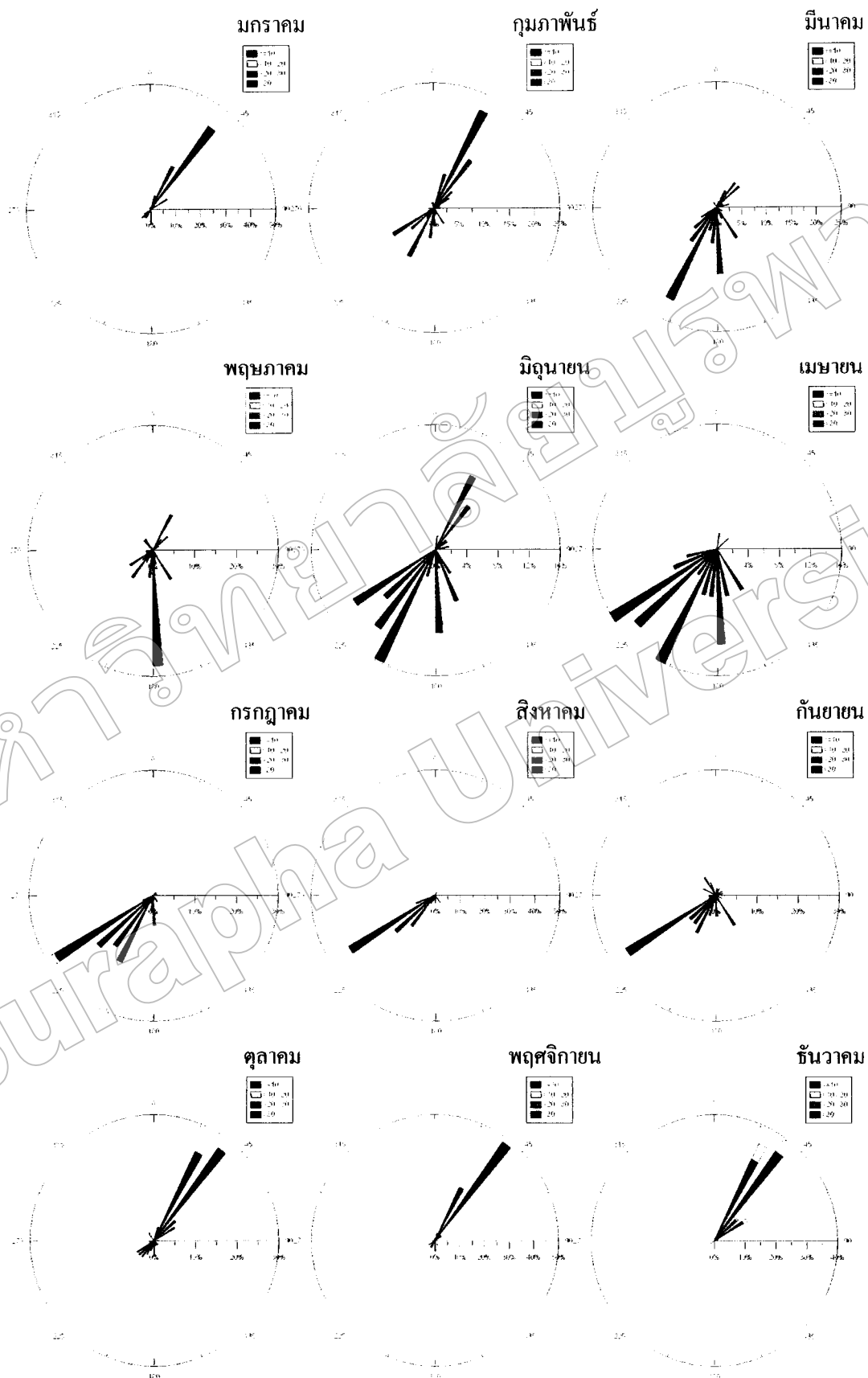
ข้อมูลลมที่ใช้ในแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดจันทบุรี โดยถือเป็นข้อแม้ (assumption) ว่าลมที่ได้จากสถานีตรวจวัดดังกล่าวและลมบริเวณพื้นที่ศึกษา ณ บริเวณอ่าวคุ้งกระเบนเป็นตำแหน่งเดียวกันทุกประการไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทิศทางและความเร็ว จากการวิเคราะห์ข้อมูลลมพบว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน มีลมเด่นตามฤดูกาลในทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลัก ส่วนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ เป็นลมทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่ โดยลมมีกำลังแรงในช่วงเดือนธันวาคม และระหว่างเดือนมีนาคมถึงเมษายนเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม มีลมใต้เป็นส่วนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.5

4.8 ผลจากแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

ผลลัพธ์จากแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของ Nielson and Adamantidis (2000) ซึ่งอาศัยข้อมูลลม กระแสน้ำ ความลึกเฉลี่ยอ่าว และเปอร์เซ็นต์สะสมของขนาดอนุภาคตะกอนที่ 50 (D_{50}) และ 90 (D_{90}) พบว่าปริมาณอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนรวมและสุทธิแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณและทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอน

	ปริมาณตะกอนรวม (กิโลกรัมต่อเมตร)	ปริมาณตะกอนสุทธิ (กิโลกรัมต่อเมตร)	ทิศ
ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือ (ธันวาคม)	$2.6719717 * 10^2$	$5.1958050 * 10^4$	270



รูปที่ 4.5 ทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนตลอดปี 2006

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

5.1 อภิปรายผลการศึกษา

5.1.1 ขนาดอนุภาคตะกอน

ขนาดอนุภาคตะกอนจากการศึกษาเป็นทรายปนโคลน (Clayey Sand) สอดคล้องกับ จิตติมา อายุตะกอนและคณะ (2535) ที่ได้ศึกษาดินตะกอนในแหล่งหน้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน ห่างจากปากอ่าวเป็นระยะทาง 600 เมตร พบว่าตะกอนจะเป็นทรายละเอียดผสมทรายละเอียดมาก โดยมีปริมาณโคลนเลนอยู่ระหว่าง 34-63 % ซึ่งผลขัดแย้งกับ ชนินทร์ แสงรุ่งเรืองและคณะ (2005) ที่ศึกษาคูณภาพดินในอ่าวคุ้งกระเบนซึ่งทำการเก็บตัวอย่างดินแนวชายฝั่งพบว่าปริมาณทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และโคลน (clay) เท่ากับ 75.13, 18.16 และ 6.72 % ตามลำดับ และจำแนกเนื้อดิน เป็น Sandy Loam โดย Tookwinas S. & Sangrungruang C. (1996) รายงานลักษณะเนื้อดินในอ่าว ช่วงฤดูมรสุมเป็น Sandy Loam ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของวิธีการวิเคราะห์ ตำแหน่ง การเก็บตัวอย่าง สภาพแวดล้อมและฤดูกาล เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างจากร่องน้ำ ชุมชนประมงบ้านหัวแหลม ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่างทั่วทั้งบริเวณอ่าว ขนาดอนุภาคตะกอนที่ได้จึง เป็นตัวแทน ณ บริเวณร่องน้ำนี้ รวมทั้งสภาพแวดล้อมรอบอ่าวเป็นนาุ้งและแหล่งที่อยู่อาศัยของ ชุมชนประมง มีการระบายของเสียลงสู่อ่าวคุ้งกระเบนทั้งเลนจากนาุ้ง ของเสียจากแหล่งชุมชน ไหลผ่านร่องน้ำนี้ อนุภาคทรายแป้งและโคลนมีขนาดเบากว่าอนุภาคทรายสามารถถูกพัดพาไปได้ ไกลกว่า ดังนั้นจึงตกลงสะสมมากบริเวณคลองและร่องน้ำนี้ (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน, 2542 อ้างถึง ศิริพร วรกุลดำรงชัย, 2540 และ สนิท อักษรแก้ว, 2538) การศึกษาครั้งนี้จึงพบ เปอร์เซ็นต์ทรายแป้ง (silt) และโคลน (clay) มากกว่างานวิจัยของ ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง และคณะ (2548) และ Tookwinas S. & Sangrungruang C. (1996) นอกจากนี้ฤดูกาลสามารถส่งผลต่อขนาด อนุภาคตะกอนได้ โดยขนาดอนุภาคทรายแป้งและโคลน ได้รับอิทธิพลของคลื่นลมและกระแสน้ำที่ เป็นปัจจัยในการเคลื่อนย้ายตะกอนได้มากกว่าอนุภาคทราย ซึ่งจะถูกพัดพาออกจากอ่าวหรือสะสม อยู่ส่วนใดส่วนหนึ่งของอ่าว ทำให้แต่ละบริเวณในอ่าวคุ้งกระเบนมีขนาดอนุภาคตะกอนที่แตกต่างกัน

5.1.2 การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอย

การแพร่กระจายของตะกอนพบมากในบริเวณทิศเหนืออ่าว ใกล้แหล่งชุมชนประมง หมู่บ้านหัวแหลม เนื่องจากเป็นบริเวณที่ใกล้แนวร่องน้ำและท่าเรือของชุมชน มีการชะล้างของเสีย จากกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งจากชุมชนและท่าเรือ ทำให้มีการสะสมของตะกอนเป็นจำนวนมาก ประกอบ

กับไกลร่องเดินเรือที่ใช้สัญจรไปมาในอ่าว เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนขณะเรือแล่นผ่านจึงทำให้บริเวณนี้มีการแพร่กระจายของตะกอนมากกว่าบริเวณอื่น ถัดมาคือบริเวณริมปากอ่าวเนื่องจากเป็นบริเวณไกลร่องเดินเรือของชาวประมง มีแนวหินยาวตลอดจนถึงชุมชนประมงบ้านหัวแหลม ได้รับอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำรุนแรงในช่วงฤดูมรสุม การศึกษาพบว่าความเร็วกระแสน้ำที่พื้นท้องน้ำ (bottom velocity) ไหลแรงกว่ากระแสน้ำที่ผิวหน้าน้ำ (surface velocity) (รูปที่ 4.3) ประกอบกับลักษณะท้องน้ำเป็นร่องลึกประมาณ 5.6 เมตร ที่ระยะทาง 0 - 100 เมตร (รูปที่ 4.5) เนื่องจากคลื่นเกิดการปะทะกับแนวโขดหิน ทำให้กระแสน้ำไหลรุนแรงปั่นป่วนกว่าในบริเวณอื่น เกิดการกวาดและฟุ้งกระจายของตะกอนพื้นท้องน้ำได้ตลอดเวลา และบริเวณทางทิศใต้อ่าวเนื่องจากไกลร่องเดินเรือ ลักษณะท้องน้ำมีความลึกประมาณ 5.8 เมตร ที่ระยะ 400-500 เมตร (รูปที่ 4.5) ได้รับการฟุ้งกระจายของตะกอนพื้นท้องน้ำจากร่องเดินเรือ ของเสียดจากชุมชนหมู่บ้านคู้กระเบน และตะกอนที่มีการสะสมตัวอยู่ก่อนแล้ว โดยศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน (2542) อ้างถึง ศิริพร วรกุลดำรงชัย (2540) และ สนิท อักษรแก้ว (2538) รายงานว่า ในตัวอ่าวทิศเหนือและทิศใต้ จะมีการสะสมของตะกอนอินทรีย์สูง สำหรับตะกอนแขวนลอยบริเวณอื่นพบว่าปริมาณไม่สูงมาก เนื่องจากได้รับอิทธิพลของการแลกเปลี่ยนมวลน้ำโดยกระแสน้ำขึ้นน้ำลงพัดพาตะกอนออกจากอ่าว หรือพัดไปสะสมอยู่ส่วนใดส่วนหนึ่งของอ่าวได้

5.1.3 การเคลื่อนตัวของตะกอน

อัตราการเคลื่อนตัวและอัตราการสะสมตัวของตะกอนในเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อยู่ในระดับที่สูงกว่าเดือนธันวาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากตัวอ่าวตั้งอยู่ในสภาพที่ปะทะกับคลื่นลมในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ประกอบกับในอ่าวมีปริมาณตะกอนและสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง คลื่นและกระแสน้ำจึงแรงในช่วงฤดูมรสุมนี้ ทำให้เกิดการกวาดตะกอนที่ส่วนใหญ่เป็นขนาดอนุภาคละเอียดฟุ้งกระจายขึ้นมา เป็นผลให้มีอัตราการเคลื่อนตัวและอัตราการสะสมตัวของตะกอนสูง โดยส่วนใหญ่มาจากทางด้านทิศใต้ของอ่าว สอดคล้องกับรายงานของศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน (2542) อ้างถึง ศิริพร วรกุลดำรงชัย (2540) และ สนิท อักษรแก้ว (2538) ที่พบว่าทิศเหนือและทิศใต้ของอ่าวคุ้งกระเบนจะมีการสะสมตะกอนอินทรีย์สูง ทั้งนี้เนื่องมาทั้งสองบริเวณเป็นแนวร่องน้ำ มีการปล่อยของเสียทั้งจากนาุ้งและบ้านเรือนไหลผ่านแนวร่องน้ำมากกว่าบริเวณกลางอ่าว และเมื่อพิจารณาลักษณะการไหลของมวลน้ำในอ่าวคุ้งกระเบน ระดับน้ำจะเริ่มขึ้นจากบริเวณกลางอ่าวออกสู่ทางด้านข้างของตัวอ่าว (Sasaki and Inoue, 1985) ซึ่งส่งผลต่อการพัดพาของเสียดจากบริเวณกลางอ่าวมาตกตะกอนสะสมอยู่บริเวณด้านข้างอ่าว สอดคล้องกับการสำรวจของจิตติมา อายุตตะกะและคณะ (2535) ที่รายงานว่

ด้านข้างอ่าวทั้งสองมีปริมาณสารอินทรีย์ในดินสูง โดยบริเวณกลางอ่าวพบว่าเป็นแหล่งหญ้าทะเลที่หนาแน่นซึ่งสามารถดูดซับธาตุอาหารได้มาก ส่งผลให้การสะสมสารอินทรีย์บริเวณกลางอ่าวลดลง

เมื่อเปรียบเทียบกับผลของแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้มีทิศการเคลื่อนตัวของตะกอนแตกต่างกัน โดยผลจากชุดตัดตะกอนพบว่าตะกอนส่วนใหญ่มาจากทางทิศใต้ของอ่าว แต่ผลจากแบบจำลองมีทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนไปทางด้านตะวันตก ในทิศออกจากปากอ่าว ซึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากความเร็วกระแสน้ำพื้นท้องน้ำที่ไหลแรง (รูปที่ 4.2) ในทิศออกจากปากอ่าว ประกอบกับทางทิศตะวันออกของอ่าวเป็นพื้นที่น้ำกึ่ง และยังเป็นช่วงที่เก็บเกี่ยวผลผลิตจากน้ำกึ่ง โดย สิริ ทุกข์วินาศ และคณะ (2541) ได้ศึกษาผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นต่อคุณภาพดินตะกอนในอ่าวคุ้งกระเบน พบว่าในช่วงเดือนตุลาคมถึงมกราคมเป็นช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตน้ำกึ่ง จึงทำให้มีการปล่อยของเสีย เช่น เลนจากบ่อเก็บเลน ออกสู่ภายในอ่าวคุ้งกระเบนเป็นปริมาณมาก เมื่อได้รับอิทธิพลจากคลื่นและกระแสน้ำพื้นท้องน้ำที่มีทิศไหลออกจากปากอ่าว ประกอบกับด้านทิศตะวันออกมีปริมาณตะกอนมาก เป็นผลให้มีผลการเคลื่อนตัวของตะกอนจากแบบจำลองไปทางทิศตะวันตกซึ่งเป็นทิศที่ตะกอนไหลออกจากอ่าว

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่งภายในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนไปยังทิศใดที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่ากัน เนื่องด้วยขาดข้อมูลกระแสน้ำที่ตรวจวัดจริงในภาคสนามอย่างต่อเนื่องและเพียงพอ แต่สามารถสรุปได้ว่ามีอัตราการเคลื่อนตัวและอัตราการสะสมตัวของตะกอนในอ่าวคุ้งกระเบนสูง ผลของตะกอนที่มีแหล่งที่มาจากของเสียต่างๆ อาจรบกวนสิ่งมีชีวิตภายในอ่าว เช่น ระบบนิเวศหญ้าทะเล สัตว์หน้าดิน เป็นต้น หรือส่งผลทำให้ร่องน้ำสัญจรทางเรือของชุมชนประมงตื้นเขินเร็ว จำเป็นต้องมีการขุดลอกร่องน้ำบ่อยครั้งมากขึ้น ดังนั้นจึงควรเตรียมการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นตามมาในอนาคตต่อไป

5.2 สรุปผลการทดลอง

5.2.1 ผลจากการสำรวจในภาคสนาม

ขนาดอนุภาคตะกอนในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนพบว่าเป็นทรายปนโคลน (Clayey Sand) มีเศษเปลือกหอยปะปนอยู่มาก โดยสัดส่วนขนาดอนุภาคตะกอนที่ได้เป็นทราย (sand) 41.59 % ทรายแป้ง (silt) 21.38 % และ โคลน (clay) 36.14 % ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์สะสมขนาดอนุภาคตะกอนที่ 50 (D_{50}) และ 90 (D_{90}) คือ 0.0045 และ 0.50 มิลลิเมตร

การแพร่กระจายของปริมาณตะกอนแขวนลอยบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.46 ± 5.35 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนกันยายน และ 23.88 ± 1.73 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนธันวาคม

โดยพบว่าการแพร่กระจายของตะกอนมีแนวโน้มสูงในบริเวณทิศเหนืออ่าว บริเวณริมปากอ่าว และ บริเวณที่อยู่ทางทิศใต้อ่าว ตามลำดับ

ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พบว่ามีอัตราการตกตะกอนที่ 23.3 เซนติเมตรต่อวัน และในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีอัตราการตกตะกอนที่ 2.4 เซนติเมตรต่อวัน นอกจากนี้พบว่าในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยมาจากทางด้านทิศใต้ของอ่าวมากที่สุด โดยมีอัตราการเคลื่อนตัวเท่ากับ 6.7160×10^5 กรัม/วัน/เมตร² ส่วนอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนที่องน้ำมาจากทิศตะวันออกของอ่าวมากที่สุด โดยมีอัตราการเคลื่อนตัวเท่ากับ 2.1215×10^7 กรัม/วัน/เมตร² ส่วนในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนแขวนลอยและตะกอนที่องน้ำมาจากทางทิศใต้ของอ่าวมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 6.6272×10^3 และ 2.8763×10^4 กรัม/วัน/เมตร² ตามลำดับ

5.2.2 ผลจากแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

ตะกอนในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนมีการเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตกของอ่าวในปี 2549 โดยมีอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนสุทธิ เท่ากับ 5.1958085×10^4 กิโลกรัม/เมตร/ปี และอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนรวม เท่ากับ 2.6719717×10^2 กิโลกรัม/เมตร/ปี

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการเคลื่อนตัวและการสะสมตัวของตะกอนในอ่าวคุ้งกระเบนต่อไป เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีความแตกต่างกันของผลจากแบบจำลองและการสำรวจภาคสนาม
2. ควรทำการศึกษาปัจจัยทางสมุทรศาสตร์สภาพแวดล้อมและอุทกพลศาสตร์ร่องน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการทำนายการเคลื่อนตัวของตะกอนจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำ โดยจำเป็นต้องมีข้อมูลการสำรวจในภาคสนามที่ต่อเนื่องเพื่อใช้เปรียบเทียบ
3. ในการสำรวจภาคสนามทางสมุทรศาสตร์ ควรเตรียมความพร้อมทางด้านเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพต่าง ๆ ด้วย เพื่อความสะดวกในการเก็บตัวอย่างและข้อมูลที่ถูกต้อง

บรรณานุกรม

- จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2545). *ดินตะกอน*. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- จิตติมา อายุตะตะกะ, สันติ สังข์ทอง และ กมลพันธ์ อวัยวานนท์. (2535). *แหล่งหญ้าทะเล บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี*. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก.
- ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง, เจษฎา เจริญวัฒน์ และ ทิศจิยา แซ่ม้วน. (2548). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพดินในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ในช่วงก่อนและหลังการใช้ระบบชลประทานน้ำเค็มของศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมง อ่าวคุ้งกระเบน*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 23/2548. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมง อ่าวคุ้งกระเบน จันทบุรี.
- ณัฐวุฒิ อภิวัฒน์สร. (2547). *การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง บริเวณอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก จังหวัดสมุทรสาคร โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์*. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธราพล จิตมั่นขวัญยืน. (2548). *การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของตะกอนบริเวณป่าชายเลน ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร*. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นภคล คำชาย. (2547). *โครงสร้างสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ปัญจรัตน์ วงศ์ภาพรรณ. (2539). *สัณฐานวิทยาชายฝั่ง*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปิยรัตน์ ปิติวัฒนกุล. (2543). *การขุดลอกทะเล*. *วารสารกรมเจ้าท่า กันยายน-ธันวาคม 2543*. หน้า 33-38.
- ประจวบ สรีกษาเกียรติ. (2543). *การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2543
- ศิริชัย ธรรมวานิช. (2539). *การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอน*. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 8 หน้า.

- ศิริพร วรกุลดำรงชัย. (2540). อิทธิพลของน้ำและดินตะกอนของน้ำทิ้งจากนาทุ่งต่อโครงสร้างและการเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน บริเวณอ่าวคู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2541). คู่มือการเลี้ยงปลาน้ำกร่อยในกระชัง. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ: จันทบุรี.
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2541). คู่มือการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ: จันทบุรี.
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2545). หญ้าทะเล อ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ: จันทบุรี.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2546). สาระวิทยาศาสตร์ทางทะเล. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: สีน สีนสกุล. (2540). ชายฝั่งทะเลของไทย. รายงานการสัมมนาวิทยาศาสตร์ทางทะเลแห่งชาติ. ครั้งที่ 5. สถานภาพของทะเลไทยและแนวโน้มในอนาคต, 22-24 สิงหาคม 2537, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- สุวัจน์ ธีธรรมา. (2549). มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- สนธิ อักษรแก้ว. (2538). การอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อคุณภาพชีวิต. รายงานการสัมมนาแบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 9, (7 หน้า) 6-9 กันยายน 2538 จังหวัดภูเก็ต, สำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ.
- อัปสรสุดา ศิริพงษ์, สนใจ หะวานนท์, เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, จูริวัตร บุญญะฐิติ, ศุภิชัย ตั้งใจตรง, ปราโมทย์ โสจิสุกร. (2547). การป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณบ้านแหลมสิงห์ จังหวัดสมุทรปราการ.
- เอิบ เขียววีร์นรมย์. (2548). การสำรวจดิน มโนทัศน์ หลักการและเทคนิค. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- American Petroleum Institute (API). (1960). *Recommended Practices for Core-Analysis Procedure*. API Recommended Practice 40, Washington D.C.
- Chareonpanich, C., Seurungreong S. & Meksumpun S.. (1998). Nutrient diagenesis in sediments of the South China Sea, Area II: Sabah, Sarawak, and Brunei Darussalam water. *Proceedings of the Second Technical Seminar on Marine Fishery Resources Survey in the South China Sea Area II: West coast of Sabah, Sarawak and Brunei Darussalam*. 111-128.
- Freeze, R.A. & Cherry J. A.. (1979). *Groundwater*. Prentic-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 604.
- Ingram, R.L. (1971). *Sieve Analysis*. In *Procedures in Sedimentary Petrology*, R.E. Carver (ed.). Wiley Interscience, New York, 49-68.
- International Association of Ports & Harbours (1991). Practical guidelines for ports on environmental issues. *Water Pollution: a concern for Port Authorities. Report prepared by the Port Safety Sub-Committee*, IAPH, Tokyo, pp 23.
- Nielsen, A.F. & Adamantidis. C.A. (2000). Sediment Transport Modelling. *Water Research Laboratory Technical Report* ., 99/64.
- Nielsen, A.F. & Adamantidis, C.A. (2000). Wave Modelling. *Water Research Laboratory Technical Report* ., 99/64.
- Raudkivi, A.J. (1990). *Loose Boundary Hydraulics*, 3rd Edition. Pergamon Press.
- Rootare, H. M. (1970). *A Review of Mercury Porosimetry*. Powder Metall., 5: 225 pp.
- Sanidvongs, A. (1998). *The oceanography of the Gulf of Thailand: research and management priorities*. In SEAPOL intergrated Studies of the Gulf of Thailand Volume 1. Southeast Asian Programme in Ocean Law, Policy and Management.
- Sasaki, T. & Inoue, H. (1985). *Studies on Fundamental Environments in the Kung Krabeian Bay. In Mangrove Estuarine Ecology in Thailand*. Thai - Japanese Cooperation Research Project on Mangrove Productivity and Development. 77-89 pp.
- Shields, A (1936). *Anwendung der Ahnlichkeits Mechanik und der. Turbulenzforschung Auf die Geschiebe Bewegung*, Preuss. Versuchanstatt fur Wasserbau und Schiffbau, Berlin, 20p.
- Simons, D.B. & Richardson, E.V. (1961). *Forms of Bed Roughness in Alluvial Channels*. Hydraulics Div, 87-105 pp.

- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. (1972). *Practical handbook of seawater analysis* (2nd ed.). Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa: tile algar press Limid.
- Susan, M. (1976). Classification of sediments. *Marine Biogeochemistry*, 207 pp.
- Thippayamongkhonkun, W. (2005). *Nearshore Sediment Transport Change along the Coastline of Ban Khun Samutchin Samutprakarn Province..*The bachelao of science, department of geology, Chulalongkorn University.
- Tookwinas S. & Sangrungruang C. (1996). *Study on the impact of intensive Marine Shrimp Farm Effluent on Sediment Quality in Kung Krabean Bay, Eastern Thailand.* Kung Krabean Bay Royal Development Study Center Thamai District, 21 pp.
- Van Rijn, L.C. (1989). Handbook, Sediment Transport by Currents and Waves, *Delft Hydraulics Report* , 461 pp.
- Walton, A. (1978). *Methods for Sampling and Analysis of Marine Sediment.* Department of Fisheries and the Environment, 74 pp.
- Whalley, B. (1981). *Physical properties. In Geomorphological Techniques.* Goudie George, 80 pp.

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ตารางที่ ก ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากการเก็บตัวอย่าง 25 ชั่วโมง

Hour	Depth (m)	Temperature (°C)		Salinity (ppt)		TSS (mg/L)		Velocity (m/s)		Sediment Transport (kg/s)		Salt Flux (kg/s)	
		surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom
0	5.6	31	30.5	30	29	8.5	23.7	0.14	0.40	0.1404	1.2499	495.56	1529.42
1	5.5	31	30	30	31	57.4	30.5	0.96	0.51	5.1696	0.1997	2701.88	202.71
2	5.45	31.5	30.5	29	32	27	18.49	0.45	0.31	2.7388	2.7221	2938.07	4710.46
3	5.4	32	32	30	32	9.8	17.7	0.16	0.30	0.6406	1.7230	1954.29	3109.10
4	5.3	32	31	31	32	15.1	22	0.25	0.37	0.7695	3.5090	1579.78	5111.68
5	5.2	31	31	31	31	10.8	24.7	0.18	0.41	0.0536	1.1818	153.24	1483.28
6	5	30.5	30	31	32	7.4	43	0.12	0.72	0.2014	1.5448	843.87	1149.59
7	5.1	29.5	30	31	31	9.3	10	0.16	0.17	0.0908	0.2680	303.82	828.01
8	5.1	30	30.5	32	30	7.2	14.9	0.12	0.25	0.0867	0.3906	383.65	786.46
9	5.13	30	30.5	32	32	8.2	18.5	0.14	0.31	0.0583	0.4246	226.63	735.79
10	5.15	30	30.5	30	30	9.7	23.29	0.16	0.39	0.0680	1.4642	211.07	1886.35
11	5.18	30	30	31	32	9	16.4	0.15	0.27	-0.0422	-0.5636	-145.40	-1097.51
12	5.2	29.5	29.5	31	31	24	12.8	0.40	0.21	-0.1129	-0.1831	-145.59	-443.50
13	5.25	29.5	29	32	32	10.3	6.8	0.17	0.11	0.0489	0.1386	152.47	648.86
14	5.3	29.5	29.5	32	32	24.4	33.9	0.41	0.57	0.1176	1.1915	154.45	1124.72
15	5.35	29	29	31	31	25.3	23.5	0.42	0.39	-1.0228	-2.2244	-1253.24	-2930.15
16	5.42	29	29	31	31	25.6	24.2	0.43	0.40	-0.9680	-6.0395	-1170.65	-7725.86
17	5.45	29	29.5	31	31	6.2	6.4	0.10	0.11	-0.7977	-0.9398	-3967.29	-4576.07
18	5.5	29	29	31	31	6.7	9.1	0.11	0.15	-0.7345	-3.0027	-3415.41	-10191.67
19	5.5	29	29	31	31	5	24.3	0.08	0.41	-0.0964	-1.6110	-601.95	-2058.07
20	5.55	29.5	29.5	31	31	22.4	9.6	0.37	0.16	-0.0631	-0.4843	-87.19	-1563.73
21	5.58	29.5	29.5	31	32	12	11.4	0.20	0.19	-0.5752	-0.5376	-1490.08	-1514.06
22	5.6	31	30	30	32	9.9	27.7	0.17	0.46	-0.0850	-4.0734	-257.67	-4705.70
23	5.62	30	31	30	30	24.7	27.6	0.41	0.46	-1.4916	-1.3269	-1809.27	-1440.57
24	5.61	29.5	29.5	30	30	6.8	28.7	0.11	0.48	0.0963	1.7473	425.01	1828.60
25	5.5	32	31	30	30	31	40.1	0.52	0.67	1.3847	1.3416	1341.51	1002.84

