

ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนแขวนลอยและ

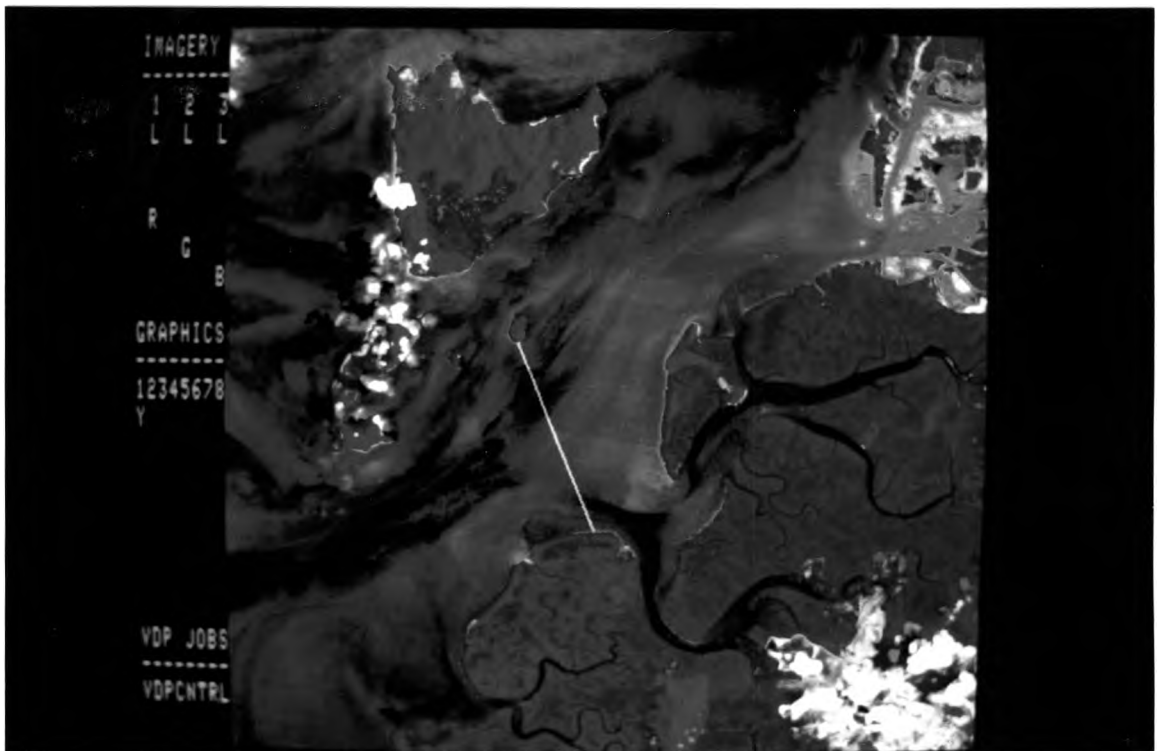
คลอโรฟิลล์-เอ กับค่าการสะท้อนแสง

ของ Landsat TM

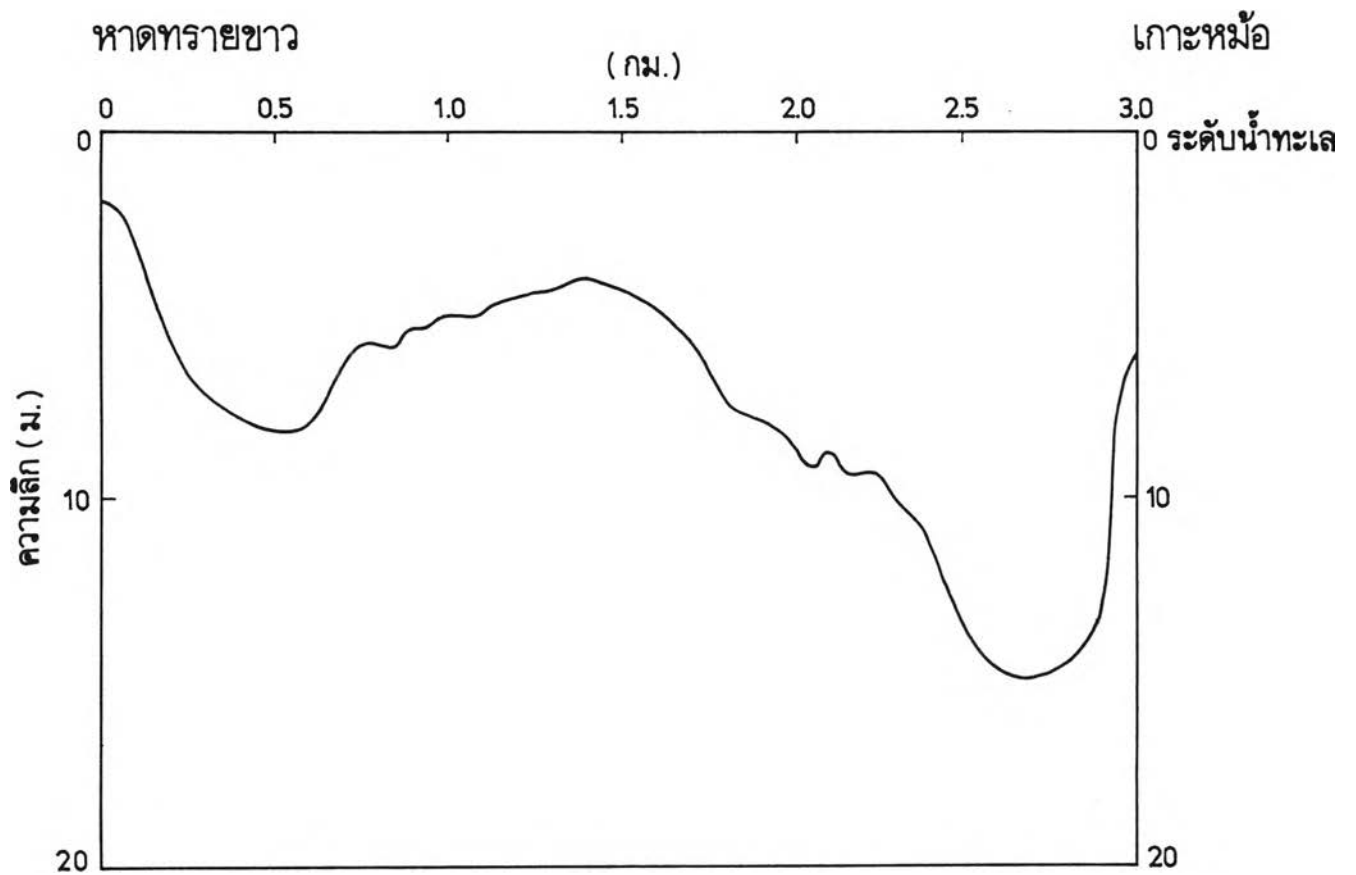
การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขจาก Landsat TM
กับปริมาณตะกอนแขวนลอยและคลอโรฟิลล์-เอ

1. การทำ sea truth

ในการศึกษาข้อมูลจากระยะไกลมีความจำเป็นที่จะต้องทำ sea truth เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนแสง กับตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์ ใน การศึกษาครั้งนี้ บริเวณที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเพื่อทำ sea truth อยู่ระหว่าง ปากคลองหงาวส่วนที่เป็นหาดทรายขาว ถึงเกาะหม้อ โดยแบ่งระยะทางเป็นเส้นตรง (transect, รูปที่ 4.1) มีความยาวประมาณ 3 กิโลเมตร รูปที่ 4.2 แสดงความลึกของ transect (วัดจากเครื่องวัดความลึก echo sounder ในวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ.2531) ทำการเก็บตัวอย่างโดยแบ่งระยะทางจากหาดทรายขาว ถึงเกาะ หม้อ 20 สถานี ห่างกันประมาณ 150 เมตร ใช้เวลาประมาณ 30 - 40 นาที โดยเก็บ ตัวอย่างในเวลาที่ไม่ใกล้เคียงกับที่ดาวเทียมผ่าน การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ เดือนมีนาคม พ.ศ.2531 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2532 (ตารางที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 transect จากหาคทรายชาวดึงเกาะหม้อ



รูปที่ 4.2 ภาคตัดขวางของ transect ซึ่งวัดจากเครื่อง echo sounder
ในวันที่ 6 มีนาคม 2531

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลในการเก็บตัวอย่างตาม transect

วัน	เดือน	ปี	เวลา	ช่วงน้ำขึ้นน้ำตาย (วัน)	ช่วงน้ำขึ้นน้ำลง (ชั่วโมง)	ความลึกลงน้ำ (เมตร)	ช่วงของ SS (mg/l)	SS เฉลี่ย (mg/l)	ช่วงของ chl.a ($\mu\text{g/l}$)	chl.a เฉลี่ย ($\mu\text{g/l}$)
6	มิ.ค.	31	9:45	น้ำขึ้น + 3	HW - 2	3.2	41.33-171.39	86.39	2.95- 6.65	4.61
7	เม.ธ.	31	9:58	น้ำตาย - 3	HW - 3	2.4	72.39- 98.83	83.55	5.44-16.75	9.60
8	พ.ค.	31	9:51	น้ำตาย - 1	HW - 4	1.9	41.50- 88.00	68.30	2.93- 6.84	4.71
9	มิ.ย.	31	9:50	น้ำตาย - 2	HW + 4	2.1	49.17- 67.00	57.07	1.99- 3.95	2.97
11	ก.ค.	31	9:46	น้ำขึ้น - 3	HW + 1	3.2	44.17- 81.83	72.77	1.49- 3.55	2.23
28	ล.ค.	31	9:45	น้ำขึ้น + 1	HW - 1	4.1	68.83-132.17	85.59	2.99- 6.72	4.24
29	ก.ย.	31	9:58	น้ำขึ้น + 3	HW - 2	2.8	25.83- 93.83	41.30	1.92- 5.80	3.51
15	ต.ค.	31	9:49	น้ำตาย - 3	HW - 2	2.5	30.17- 50.00	36.99	2.31- 4.81	3.51
16	พ.ย.	31	9:47	น้ำตาย - 1	HW - 4	1.7	59.67- 95.50	70.02	0.95- 6.91	2.64
18	ธ.ค.	31	9:45	น้ำตาย + 2	HW - 8	1.9	38.00- 75.50	50.71	1.56- 6.60	3.50
19	ม.ค.	32	9:23	น้ำตาย + 3	HW + 1	3.0	35.50- 83.50	49.05	0.84- 1.59	1.32
4	ก.พ.	32	9:32	น้ำขึ้น - 3	HW + 1	3.1	65.40- 93.40	79.32	1.62- 5.71	2.99

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมา นำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกอนแขวนลอย และ ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่วิทยา ด้วยเครื่อง X-ray diffractometer และ Scanning Electron Microscope ตามวิธีการในบทที่ 2

แม้ว่าจะทำการเก็บตัวอย่างในช่วงที่ดาวเทียมผ่านเป็นเวลาติดต่อกัน 1 ปี แต่ภาพถ่ายดาวเทียมที่สามารถนำมาทำการ calibration ได้ มีเพียง 4 ภาพ คือ

ภาพวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ.2531

ภาพวันที่ 6 เมษายน พ.ศ.2531

ภาพวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ.2531

และภาพวันที่ 19 มกราคม พ.ศ.2532

เนื่องจากระนองเป็นจังหวัดที่มีฝนตกมากที่สุด มีฤดูฝนถึง 8 เดือน จึงทำให้โอกาสที่จะได้วันที่ปราศจากเมฆมีน้อย และภาพในวันที่ 28 สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ยังมีเมฆและเงาบังคลุมในส่วนของ transect ทำให้สถานที่ที่จะนำมาทำการ calibration ได้เหลือน้อยลง (จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่า บริเวณใกล้หาดทรายขาว ไม่มีข้อมูล เนื่องจากมีเมฆและเงาบัง)

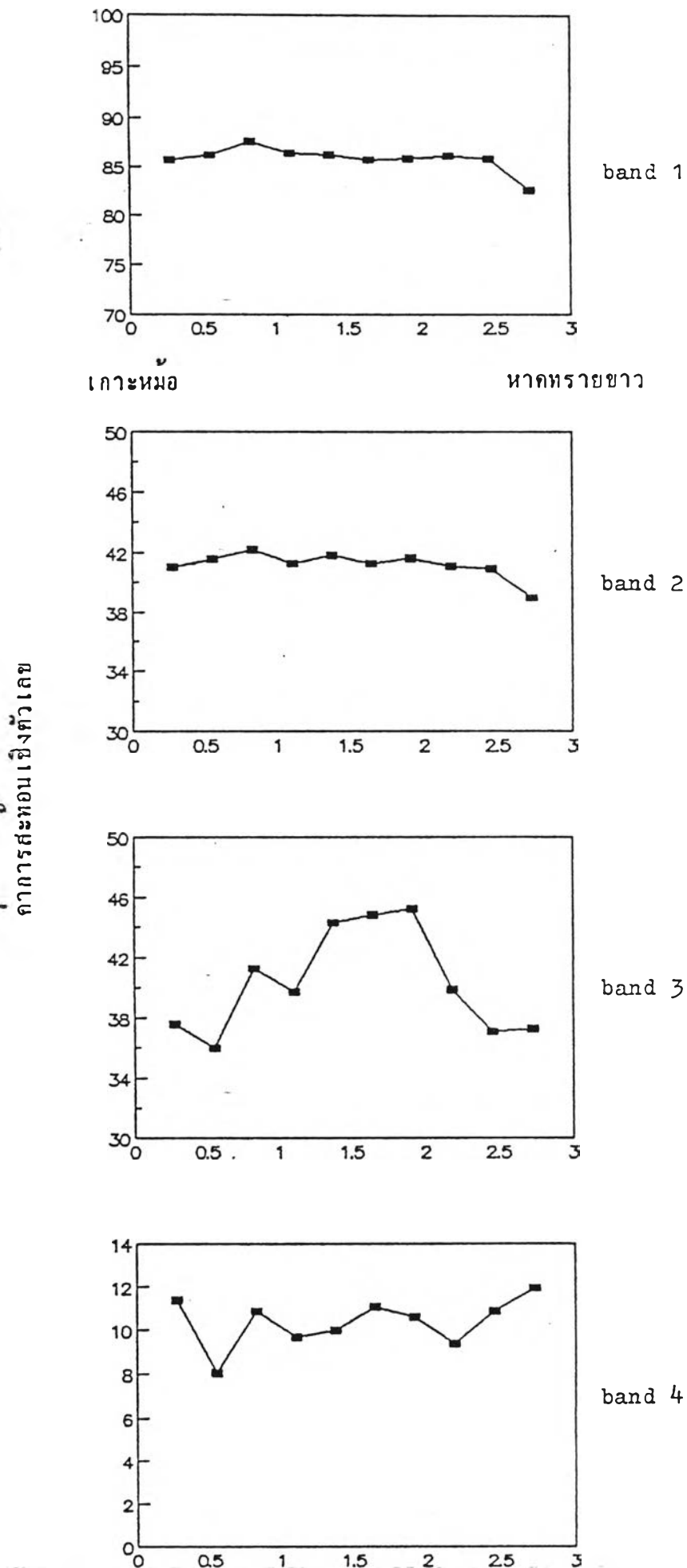
2. การหาสมการแสดงความสัมพันธ์ (calibration)

ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM ซึ่งปรากฏเป็นค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลข (digital reflection value) ที่สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ได้ มี 4 ภาพ ดังกล่าวแล้ว และจากการทำ sea truth 20 สถานี ตาม transect ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่าง และนำไปวิเคราะห์ปริมาณตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์-เอ นำมาหาความสัมพันธ์ โดยใช้ linear regression และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R^2)

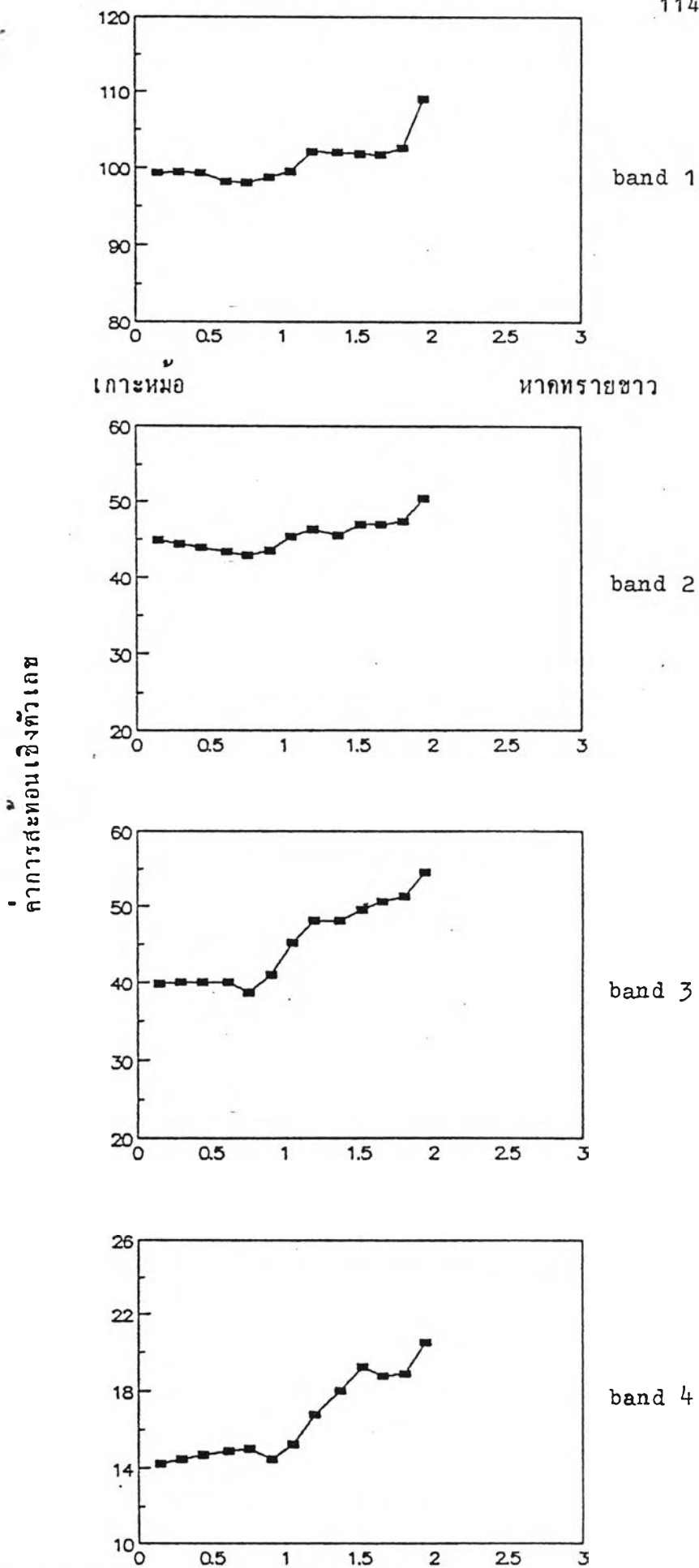
รูปที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 แสดงค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขที่ได้จากการเฉลี่ย 5 x 5 pixels ตาม transect ในแต่ละ band ของวันที่ 5 มีนาคม 2531, 6 เมษายน 2531, 28 สิงหาคม 2531 และ 19 มกราคม 2532 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงตาม transect จากเกาะหม้อไปยังหาดทรายขาวซึ่งเป็นบริเวณปากคลองหงาว

ข้อมูลจาก sea truth ที่จะนำมาทำการหาความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข มี 4 วัน คือ จากวันที่ 6 มีนาคม 2531, 7 เมษายน 2531, 28 สิงหาคม 2531 และ 19 มกราคม 2532 (รูปที่ 4.7, 4.8, 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ) ในวันที่ 6 มีนาคม ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ระหว่าง 41.33 - 171.33 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ อยู่ในช่วง 2.95 - 6.65 ไมโครกรัม/ลิตร ในวันที่ 7 เมษายน ปริมาณตะกอนมีค่า 58.72 - 142.39 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณคลอโรฟิลล์-เออยู่ในช่วง 5.44 - 16.75 ไมโครกรัม/ลิตร สำหรับวันที่ 28 สิงหาคม ค่าความเข้มข้นของตะกอนมีปริมาณ 68.83 - 132.17 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนคลอโรฟิลล์-เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.99 - 6.72 ไมโครกรัม/ลิตร และในวันที่ 19 มกราคม ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยอยู่ในช่วง 35.50 - 83.50 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่คลอโรฟิลล์-เอ 0.84 - 1.59 ไมโครกรัม/ลิตร

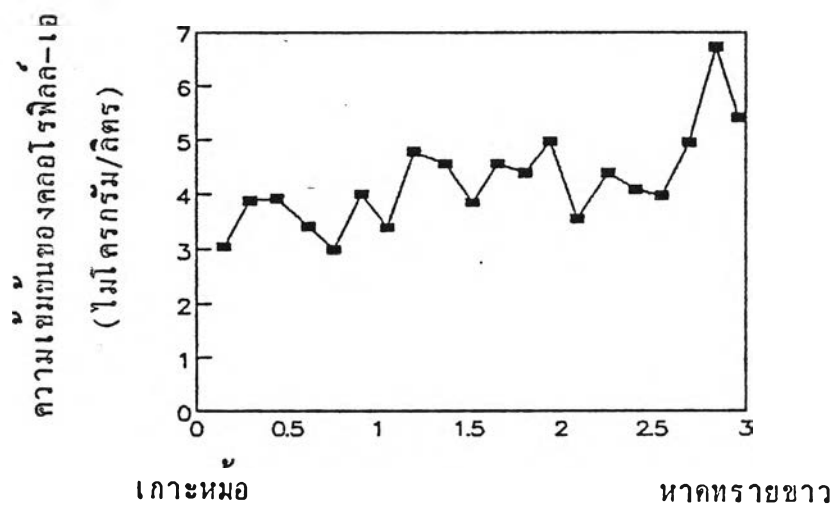
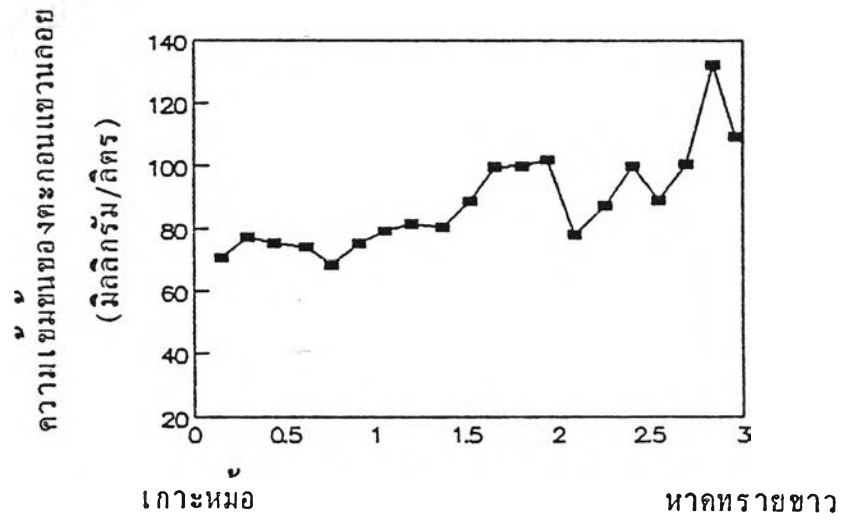
ทำการหาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ในแต่ละ band กับค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์-เอ (จากข้อมูลในตารางที่ 4.2, 4.3, 4.4 และ 4.5) ภาพวันที่ 5 มีนาคม และ 6 เมษายน ใช้ข้อมูล sea truth ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในวันที่ 6 มีนาคม และ 7 เมษายน ส่วนภาพวันที่ 28 สิงหาคม และ 19 มกราคม ใช้ข้อมูลจากวันและเวลาเดียวกัน



รูปที่ 4.3 ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข (5 x 5 pixels) ตาม transect ในแต่ละ band จากภาพวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ.2531



รูปที่ 4.4 ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข (5x 5 pixels) ตาม transect ในแต่ละ band จากภาพวันที่ 6 เมษายน พ.ศ.2531



รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์-เอ ตาม transect จากการทำ sea truth วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ.2531

ตารางที่ 4.2 ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์-เอ
 เพื่อใช้ในการหาความลึกพันธ์ ของวันที่ 5 มีนาคม 2531

ระยะทาง	band 1	band 2	band 3	band 4	SS	log SS	Chlo a.
0.27	85.7	41.0	37.6	11.4	49.50	1.69	2.95
0.55	86.2	41.6	36.0	8.0	41.33	1.62	3.26
0.82	87.60	42.16	41.24	10.85	75.13	1.88	3.83
1.09	86.48	41.24	39.72	9.68	127.63	2.11	3.48
1.37	86.32	41.8	44.3	10.0	86.44	1.94	4.93
1.64	85.8	41.28	44.8	11.0	171.39	2.23	6.65
1.91	85.92	41.6	45.2	10.6	103.44	2.01	5.28
2.18	86.22	41.08	39.8	9.4	82.70	1.92	5.02
2.46	85.96	40.88	37.1	10.8	75.40	1.88	4.71
2.73	82.69	38.92	37.2	11.9	50.92	1.71	5.96

ตารางที่ 4.3 ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์-เอ เพื่อใช้ในการหาความลึมน้ำ ของวันที่ 6 เมษายน 2531

ระยะทาง	band 1	band 2	band 3	band 4	SS	log SS	Chlo a.
0.15	103.7	49.6	58.8	17.2	98.83	1.99	9.41
0.29	103.5	49.0	53.8	15.2	89.94	1.95	10.27
0.44	102.5	46.6	51.9	15.1	87.39	1.94	10.27
0.61	100.0	46.7	47.6	15.0	83.50	1.92	5.44
0.75	101.6	47.2	48.6	15.5	82.11	1.91	9.23
0.90	101.5	47.0	48.8	15.2	80.44	1.91	7.00
1.04	100.8	46.2	45.2	14.4	80.33	1.90	9.41
1.19	102.6	47.4	48.5	14.6	80.72	1.91	10.03
1.36	104.8	49.6	55.6	16.0	83.56	1.92	10.27
1.51	104.9	49.7	57.3	18.6	84.83	1.93	10.68
1.65	103.9	46.8	58.3	17.9	82.33	1.92	7.95
1.80	103.5	49.0	57.4	17.4	91.89	1.96	8.37
1.94	103.7	49.0	56.2	16.2	90.72	1.96	8.07
2.09	103.5	48.8	55.2	16.4	87.28	1.94	6.67
2.26	103.2	48.4	54.5	15.8	80.11	1.90	8.04
2.41	102.4	47.3	52.0	16.9	79.61	1.90	10.36
2.55	100.6	46.6	50.1	16.2	85.89	1.93	7.85
2.70	99.9	47.3	52.2	17.2	74.39	1.87	10.48
2.84	100.6	47.5	52.0	16.8	75.28	1.88	15.47
2.96	97.6	45.7	53.9	27.3	72.39	1.86	16.75

ตารางที่ 4.4 ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์-เอ
เพื่อใช้ในการหาความลึมน้ำ ของวันที่ 28 สิงหาคม 2531

ระยะทาง	band 1	band 2	band 3	band 4	SS	log SS	Chlo a.
0.15	99.3	44.9	39.8	14.2	70.83	1.85	3.05
0.29	99.4	44.4	40.0	14.4	77.50	1.89	3.89
0.44	99.3	44.0	40.0	14.7	75.33	1.88	3.92
0.61	98.2	43.4	40.0	14.9	74.17	1.87	3.41
0.75	98.0	42.9	38.7	15.0	68.33	1.83	2.99
0.90	98.7	43.5	41.0	14.4	75.50	1.88	4.00
1.04	99.6	45.4	45.2	15.2	79.50	1.90	3.40
1.19	102.2	46.4	48.1	15.8	81.83	1.91	4.79
1.35	102.0	45.5	49.1	18.0	80.50	1.91	4.57
1.51	101.8	47.0	49.6	19.2	89.00	1.95	3.85
1.65	101.8	47.0	50.7	18.8	99.80	2.00	4.55
1.80	102.6	47.5	51.3	18.9	100.00	2.00	4.40
1.94	109.1	50.5	54.5	20.5	102.17	2.01	4.97
2.09	-	-	-	-	78.17	1.89	3.55
2.25	-	-	-	-	87.50	1.94	4.40
2.41	-	-	-	-	100.00	2.00	4.09
2.55	-	-	-	-	89.17	1.95	3.97
2.70	-	-	-	-	100.67	2.00	4.95
2.84	-	-	-	-	132.17	2.12	6.72
2.96	-	-	-	-	109.67	2.04	5.41

หมายเหตุ - ข้อมูลถูกบังด้วยเมฆ

ตารางที่ 4.5 ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์-เอ
เพื่อใช้ในการหาความลึกมันน์ ของวันที่ 19 มกราคม 2532

ระยะทาง	band 1	band 2	band 3	band 4	SS	log SS	Chlo a.
0.15	75.6	32.0	32.6	9.3	41.17	1.61	1.22
0.29	75.6	32.0	32.4	9.9	35.50	1.55	1.47
0.44	73.0	29.7	32.8	10.0	40.50	1.61	0.99
0.61	74.4	30.9	31.4	9.1	36.33	1.56	0.85
0.75	74.7	30.8	32.3	8.4	39.17	1.59	0.97
0.90	75.8	32.0	31.7	8.9	43.33	1.64	1.55
1.04	78.2	34.2	35.8	9.3	37.17	1.57	1.57
1.19	78.4	34.8	35.9	10.0	53.33	1.73	1.50
1.36	78.6	35.0	37.0	10.0	54.67	1.74	1.45
1.51	78.6	35.6	38.4	9.7	58.50	1.77	1.55
1.65	78.6	34.8	37.3	9.3	55.83	1.75	1.45
1.80	79.1	35.0	37.1	9.4	43.83	1.64	1.43
1.94	79.8	35.7	36.7	9.7	47.50	1.68	1.31
2.09	79.1	35.7	38.8	10.4	80.50	1.91	1.47
2.26	77.6	34.9	37.2	10.8	51.33	1.71	1.51
2.41	76.1	33.6	35.2	10.7	48.17	1.68	1.29
2.55	74.3	30.9	31.8	9.2	39.50	1.60	0.84
2.70	74.9	31.7	33.8	9.7	44.67	1.65	0.87
2.84	76.3	33.4	35.2	10.0	46.50	1.67	1.49
2.96	77.5	36.6	42.8	12.8	83.50	1.92	1.59

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยและคลอโรฟิลล์-เอ
กับการสะท้อนเชิงตัวเลข

1. ตะกอนแขวนลอย

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข มีได้หลายรูปแบบ เช่น มีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น (จากการศึกษาของ Ritchie et al. (1975), Narasimhan (1984), Kovantanakul (1986) และ Delu and Shouren (1989)) และไม่เชิงเส้น (non-linear) (จากการศึกษาของ Klemas et al. (1974) และ Munday และ Alfoidi (1979))

จากข้อมูลที่มีอยู่ ได้คำนวณเพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดโดยใช้ค่า \log_2 ของตะกอนแขวนลอย (S) และค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลขในแต่ละ band ได้ความสัมพันธ์กันเป็นแบบเชิงเส้น และเมื่อนำค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลขของแต่ละ band มารวมกัน (combination) เช่น ทำเป็นอัตราส่วน (ratio) นำมารวมกัน (combination) อาจได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงขึ้น ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในแต่ละ band และ หลาย band (ratio) ของข้อมูลทั้ง 4 ภาพ

การหาความสัมพันธ์ของค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขในวันที่ 5 มีนาคม พบว่า band 3 มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยมากที่สุด ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.57 เมื่อใช้ค่า band 3 หารด้วย ผลรวมของทั้ง 4 band (band 1+2+3+4) ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.54 เมื่อนำค่า \log_2 ของความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยมาพล็อตกับค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลขของทั้ง 3 แบบ ดังกล่าวแล้วนั้น (รูปที่ 4.11) ซึ่ง

ตารางที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยและค่าสะท้อนเชิงตัวเลข ของภาพทั้ง 4 วัน

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
5 มีนาคม 2531		
band 1	log S	0.08
band 2	log S	0.09
band 3	log S	0.57
band 4	log S	0.01
band 3/sum(1+2+3+4)	log S	0.56
band 3/band 1	log S	0.54
6 เมษายน 2531		
band 1	log S	0.43
band 2	log S	0.38
band 3	log S	0.19
band 4	log S	0.13
band 3/band 4	log S	0.35

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
28 สิงหาคม 2531		
band 1	$\log S$	0.65
band 2	$\log S$	0.81
band 3	$\log S$	0.87
band 4	$\log S$	0.81
band 3/sum(1+2+3+4)	$\log S$	0.81
band 3/band 1	$\log S$	0.84
19 มกราคม 2532		
band 1	$\log S$	0.33
band 2	$\log S$	0.57
band 3	$\log S$	0.75
band 4	$\log S$	0.50
band 3/sum(1+2+3+4)	$\log S$	0.74
band 3/band 1	$\log S$	0.75

ให้ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยเป็นแกน y และค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขเป็นแกน x พบว่ามีความสัมพันธ์กันตามสมการ

$$\log S = 0.0419[\text{band 3}] + 0.2099 \quad R^2 = 0.57 \quad (4.1)$$

$$\log S = 10.2833[\text{band 3}/\text{sum}(1+2+3+4)] - 0.4311 \quad (4.2)$$

$$R^2 = 0.56$$

$$\log S = 3.6215[\text{band 3}/\text{band 1}] + 0.1990 \quad R^2 = 0.54 \quad (4.3)$$

ในวันที่ 6 เมษายน การหาความสัมพันธ์ได้รูปแบบที่เหมาะสมในการทำงานเดียวกัน คือใช้ค่า \log ของปริมาณตะกอนแขวนลอย กับค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข (รูปที่ 4.12) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\log S = 0.0114[\text{band 1}] + 0.7601 \quad R^2 = 0.43 \quad (4.4)$$

$$\log S = 0.0152[\text{band 2}] + 1.1480 \quad R^2 = 0.38 \quad (4.5)$$

$$\log S = 0.0636[\text{band 3}/\text{band 4}] + 1.7172 \quad R^2 = 0.43 \quad (4.6)$$

สำหรับความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขกับปริมาณตะกอนแขวนลอยของภาพวันที่ 28 สิงหาคม ได้รูปแบบความสัมพันธ์ (รูปที่ 4.13) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ดี โดยใช้ band 3 เป็น band หลัก

$$\log S = 0.0099[\text{band 3}] + 1.4667 \quad R^2 = 0.87 \quad (4.7)$$

$$\log S = 3.7923[\text{band 3}/\text{sum}(1+2+3+4)] + 1.0938 \quad (4.8)$$

$$R^2 = 0.81$$

$$\log S = 1.2354[\text{band 3}/\text{band 1}] + 1.3620 \quad R^2 = 0.84 \quad (4.9)$$

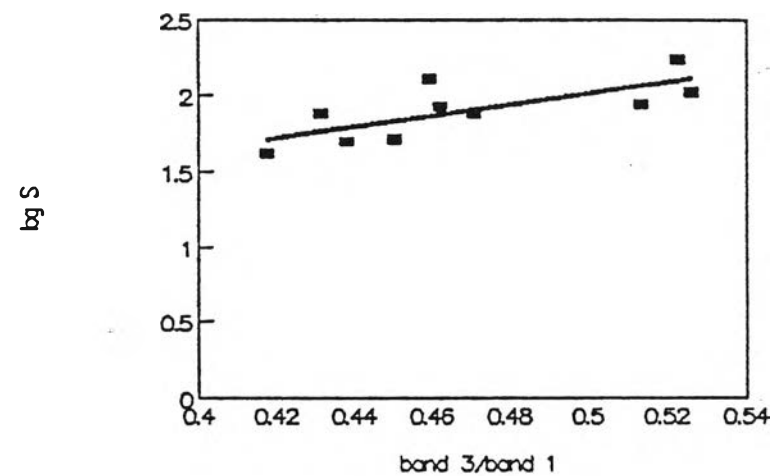
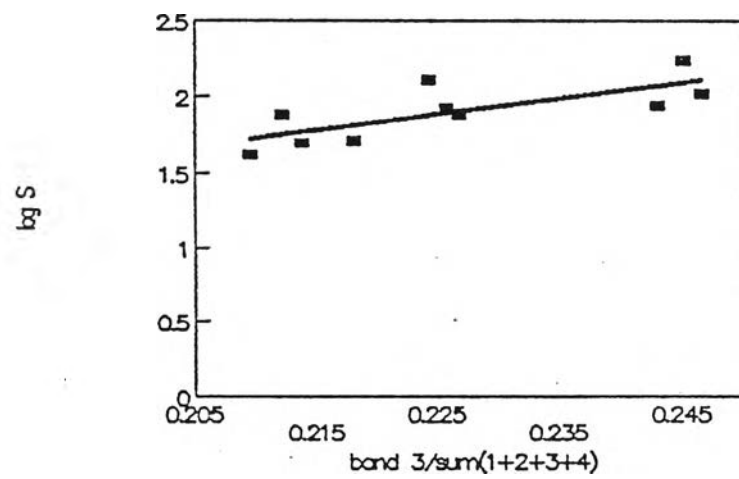
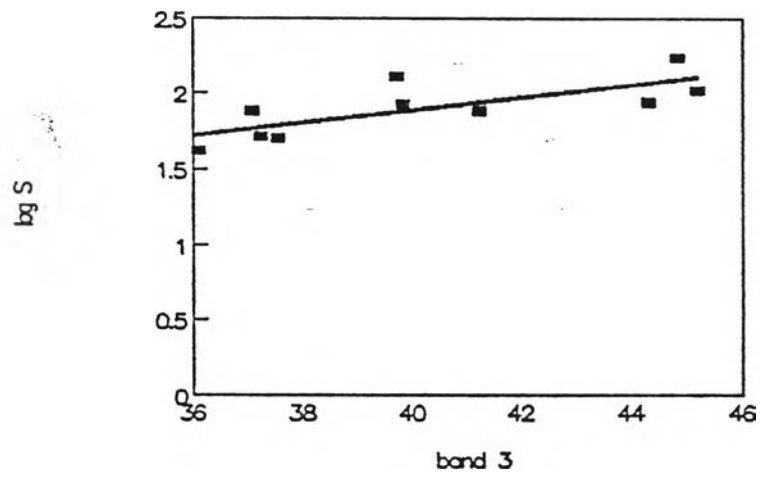
และในวันที่ 19 มกราคม รูปแบบของความสัมพันธ์มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ดี (รูปที่ 4.14) และยังให้ค่าสูงที่สุดใน band 3 เช่นเดียวกับ 3 วันแรก ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\log S = 0.0298[\text{band 3}] + 0.6258 \quad R^2 = 0.75 \quad (4.10)$$

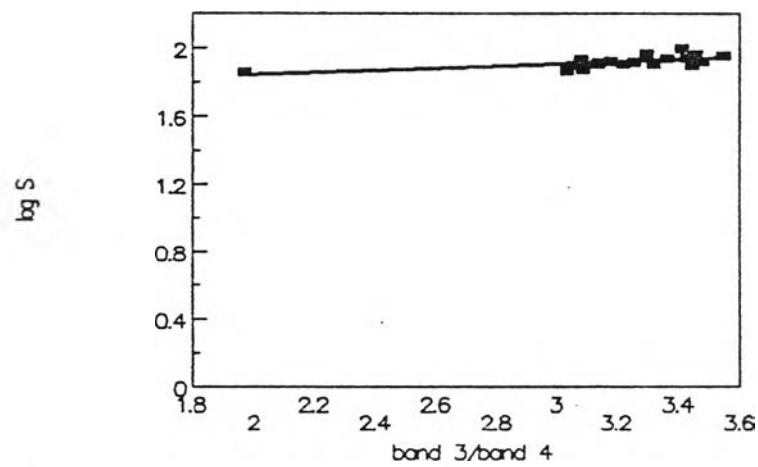
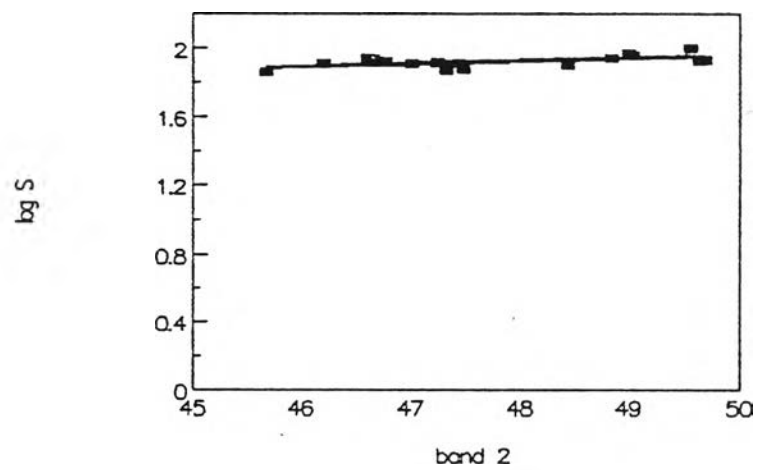
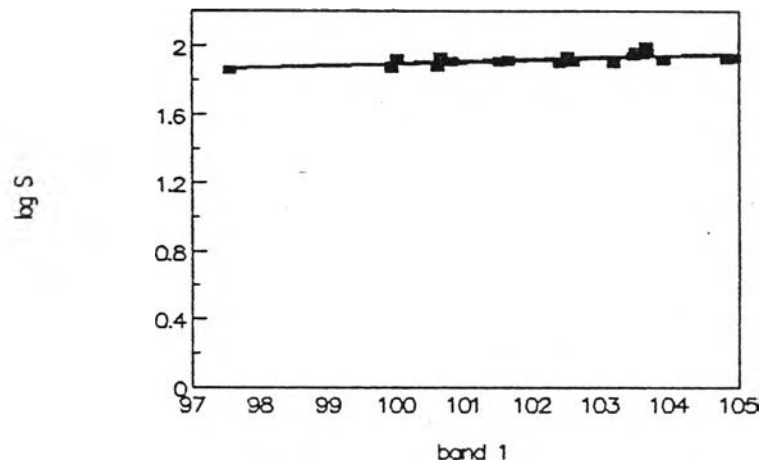
$$\log S = 9.6370[\text{band 3}/\text{sum}(1+2+3+4)] - 0.5081 \quad (4.11)$$

$$R^2 = 0.72$$

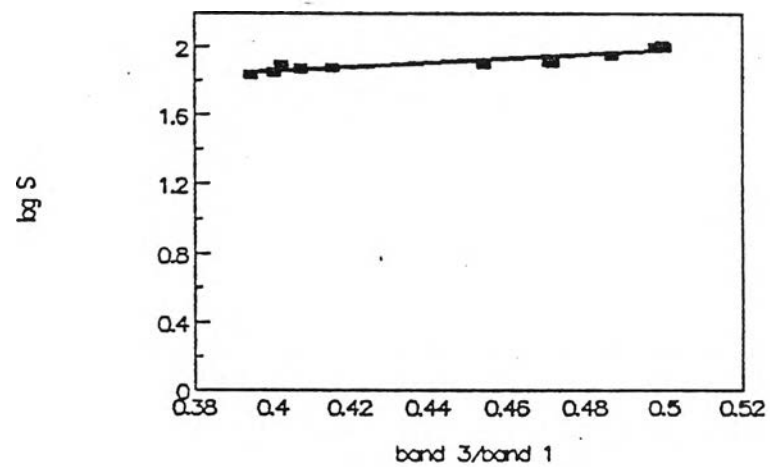
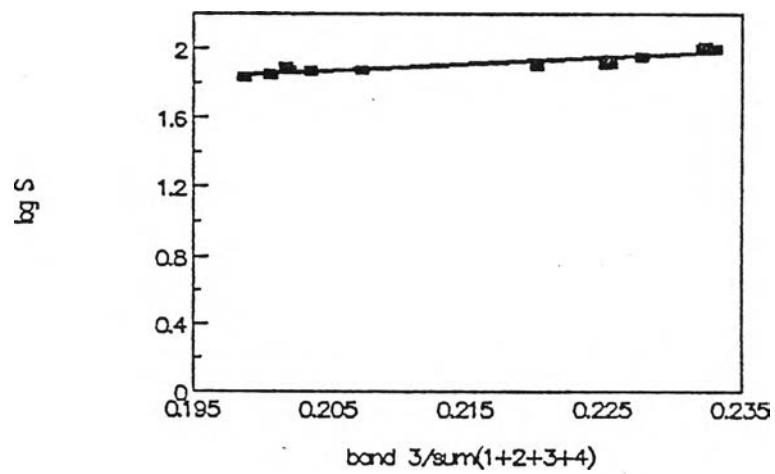
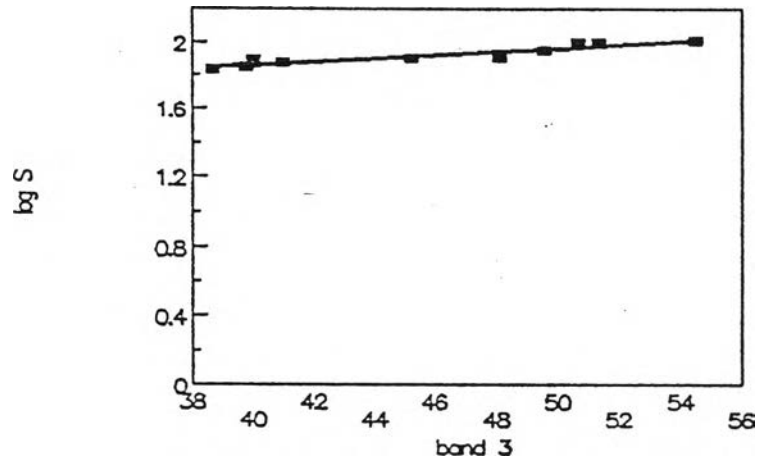
$$\log S = 2.8767[\text{band 3}/\text{band 1}] + 0.3570 \quad R^2 = 0.75 \quad (4.12)$$



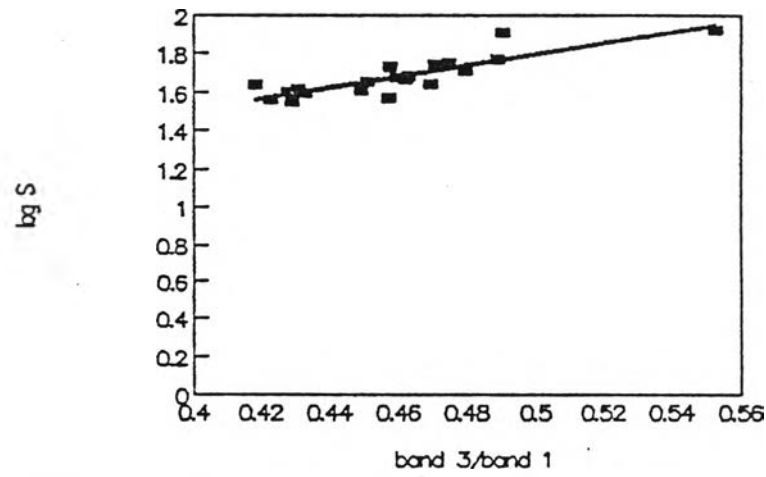
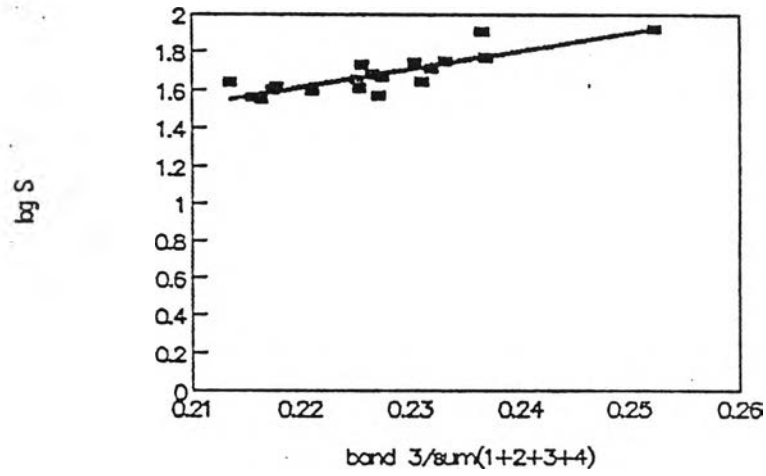
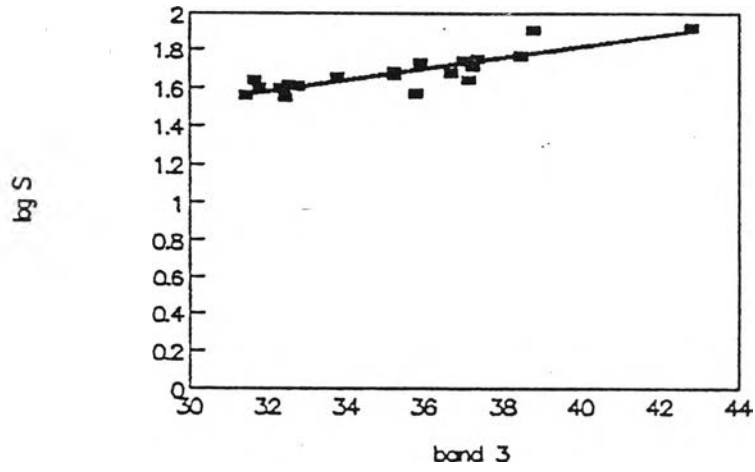
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอย($\log S$) และค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ของวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ.2531



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอย($\lg S$) และ ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ของวันที่ 6 เมษายน พ.ศ.2531



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอย ($\log S$) และค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ของวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ.2531



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอย (log S) และค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ของวันที่ 19 มกราคม พ.ศ.2532



ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยและค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขของทั้งสี่วัน จะเห็นได้ว่า ในวันที่ 28 สิงหาคม และ 19 มกราคม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าสูงกว่า ในวันที่ 5 มีนาคม และ 6 เมษายน ทั้งนี้เนื่องมาจาก ในลองวันแรกนั้นได้ทำ sea truth ในวันและเวลาเดียวกับที่ดาวเทียมผ่าน ส่วนในวันที่ 5 มีนาคม และ 6 เมษายน ได้ออกเก็บตัวอย่างหลังจากที่ดาวเทียมผ่านไปแล้ว 1 วัน ข้อมูลจากการวิเคราะห์จึงอาจคลาดเคลื่อนจากวันที่ดาวเทียมผ่าน แต่อย่างไรก็ตาม ยังเห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์กันระหว่างตะกอนแขวนลอยและค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขอยู่

เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละ band ตามตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า band 3 ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด ด้วยเหตุที่ band 3 ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่น 0.63 - 0.69 ไมครอน เป็นช่วงที่ให้ค่าการสะท้อนจากตะกอนแขวนลอยสูง (Klemas, 1973)

2. คลอโรฟิลล์-เอ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอ และค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขของแต่ละ band จากภาพ Landsat TM แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 ในวันที่ 5 มีนาคม ได้สมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงเท่ากับ 0.59 โดยใช้ band 2หารด้วย ผลรวมของทั้ง 4 band นอกจากนี้การใช้อัตราส่วน (ratio) ระหว่าง band 3 และ band 2 ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.44 ตามสมการ (รูปที่ 4.15)

$$C = -200.021[\text{band } 2 / \text{sum}(1+2+3+4)] + 50.9384 \quad (4.13)$$

$$R^2 = 0.59$$

$$C = 10.4988[\text{band } 3 / \text{band } 2] - 5.6702 \quad R^2 = 0.44 \quad (4.14)$$

ตารางที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอ และ
ค่าสะท้อนเชิงตัวเลข ของภาพทั้ง 4 วัน

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
5 มีนาคม 2531		
band 1	C (คลอโรฟิลล์)	0.22
band 2	C	0.13
band 3	C	0.27
band 4	C	0.17
band 2/sum(1+2+3+4)	C	0.59
band 3/band 2	C	0.44
6 เมษายน 2531		
band 1	C	0.15
band 2	C	0.03
band 3	C	0.01
band 4	C	0.41
band 4/sum(1+2+3+4)	C	0.44

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
28 สิงหาคม 2531		
band 1	C	0.60
band 2	C	0.52
band 3	C	0.62
band 4	C	0.52
band 3/band 1	C	0.56
19 มกราคม 2532		
band 1	C	0.53
band 2	C	0.60
band 3	C	0.41
band 4	C	0.16
band 2/band 1	C	0.56

ส่วนในวันที่ 6 เมษายน ความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์-เอ และค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.4 ตามสมการ (รูปที่ 4.16)

$$C = 0.6254[\text{band 4}] - 0.8729 \quad R^2 = 0.41 \quad (4.15)$$

$$C = 154.4304[\text{band 4}/\text{sum}(1+2+3+4)] - 2.1573 \quad (4.16)$$

$$R^2 = 0.44$$

สำหรับความสัมพันธ์ของวันที่ 28 สิงหาคม และวันที่ 19 มกราคม ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต่ำกว่า 2 วันแรก ซึ่งเป็นผลจากวันที่คลาดเคลื่อนในการทำ sea truth ดังกล่าวแล้ว รูปแบบของสมการที่ได้จากการคำนวณเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้

วันที่ 28 สิงหาคม 2531 (รูปที่ 4.17)

$$C = 0.0933[\text{band 3}] - 0.2260 \quad R^2 = 0.62 \quad (4.17)$$

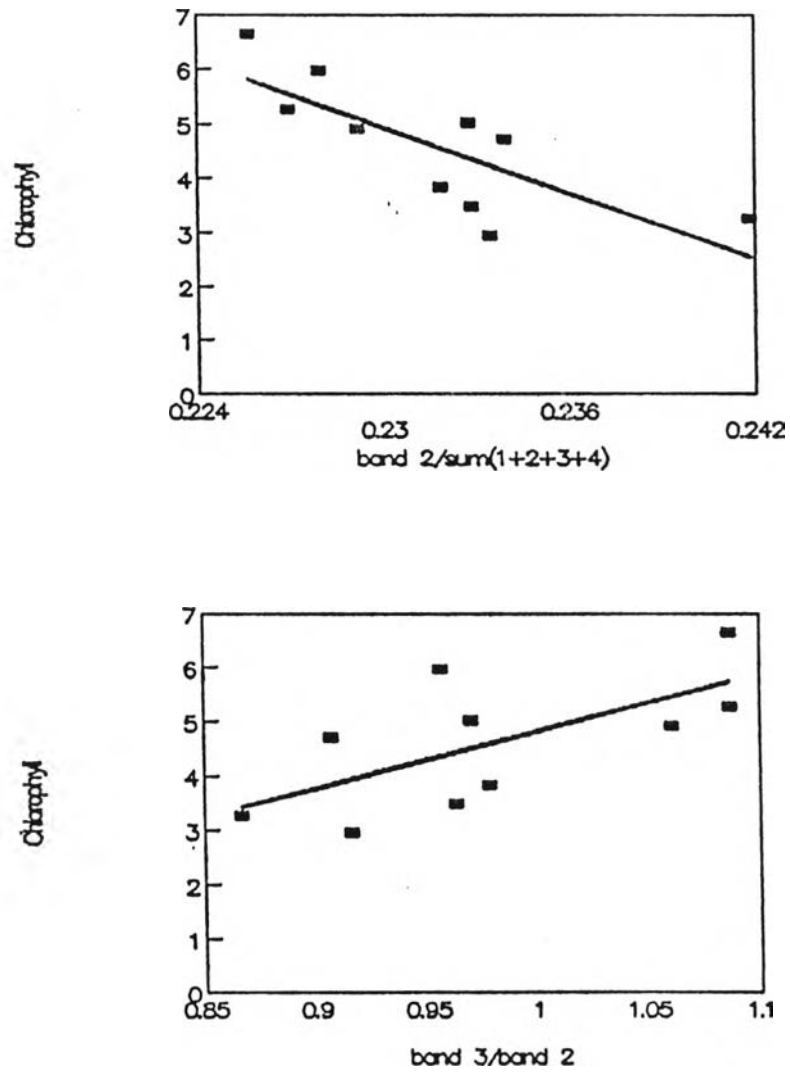
$$C = 11.2424[\text{band 3}/\text{band 1}] - 1.0344 \quad R^2 = 0.56 \quad (4.18)$$

วันที่ 19 มกราคม 2531 (รูปที่ 4.18)

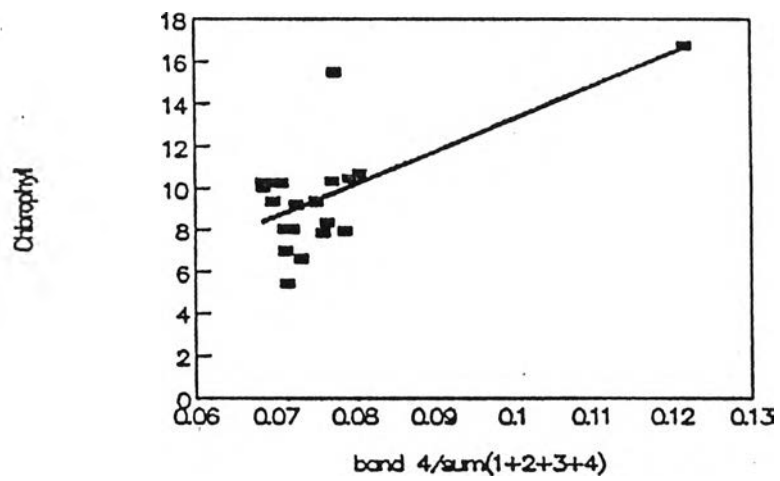
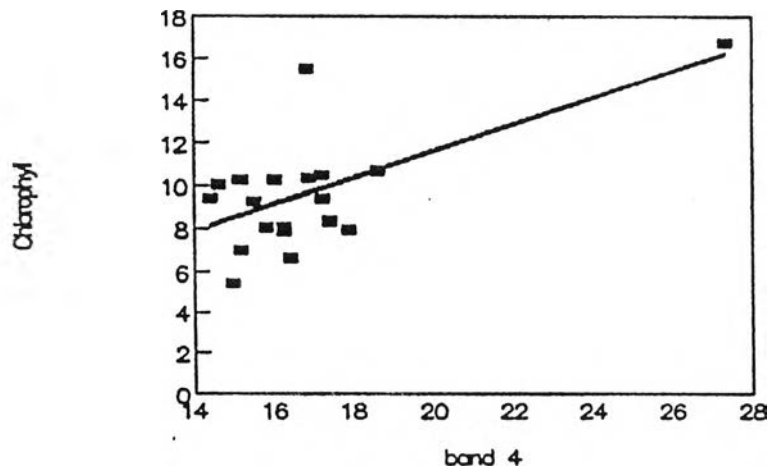
$$C = 0.0998[\text{band 2}] - 2.0210 \quad R^2 = 0.60 \quad (4.19)$$

$$C = 11.7422[\text{band 2}/\text{band 1}] - 3.7920 \quad R^2 = 0.56 \quad (4.20)$$

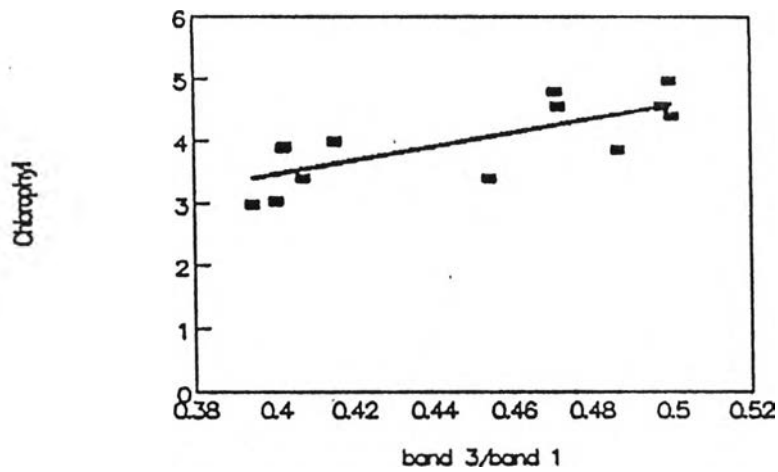
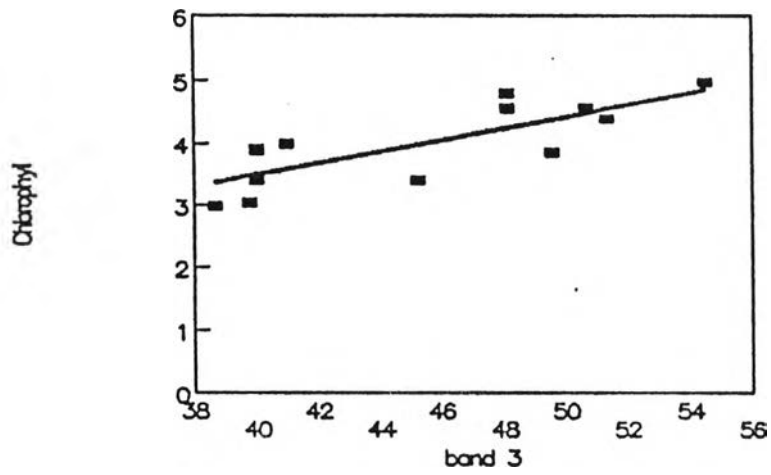
จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์-เอ และค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขจากภาพ Landsat ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้มีค่าไม่สูงนัก อาจเนื่องมาจากคลอโรฟิลล์ถูกบดบังด้วยตะกอนแขวนลอย ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งการศึกษาคลอโรฟิลล์-เอโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมจะให้ผลชัดเจน และให้ค่าถูกต้อง ถ้าในบริเวณนั้นมีความขุ่นต่ำ (Szekielda, 1988) สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทะเล อาจมีผลต่อการสะท้อนแสงของคลอโรฟิลล์-เอ (Hojerslev, 1981) แต่อย่างไรก็ดี จากผลการหาความสัมพันธ์ พอจะมองเห็นแนวโน้มถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในน้ำทะเล และค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลขได้



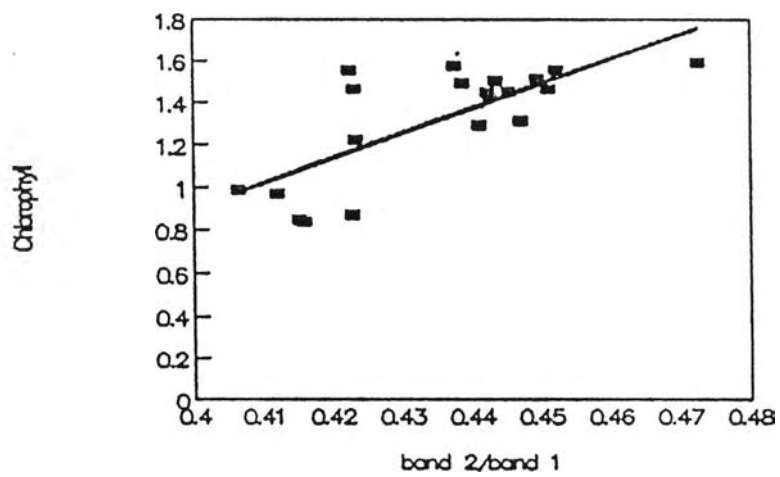
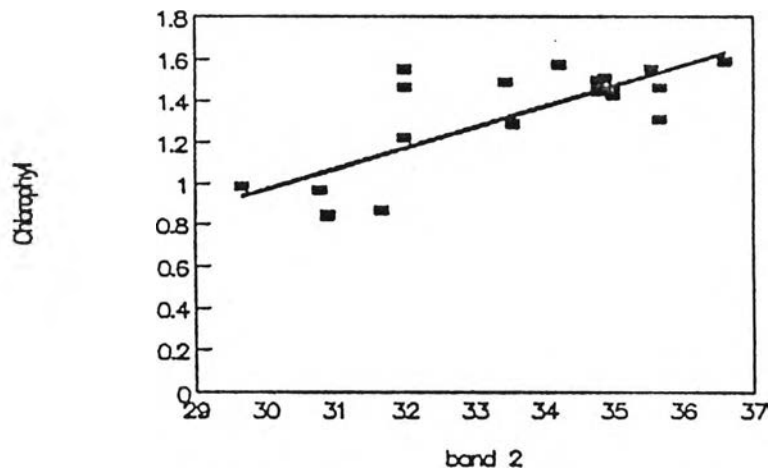
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์-เอ และ ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ของวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ.2531



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์-เอ และ ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ของวันที่ 6 เมษายน พ.ศ.2531



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์-เอ และ ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ของวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ.2531



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์-เอ และ ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข ของวันที่ 19 มกราคม พ.ศ.2532

การประมาณค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยจากภาพถ่ายดาวเทียม

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย กับค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขจาก Landsat TM สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับภาพที่ได้จากการทำ colour density slicing ซึ่งแบ่งช่วงของค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขออกเป็นกลุ่ม และให้สีตามกลุ่มแตกต่างกันไป โดยใช้สมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่สัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลข ตารางที่ 4.8 แสดงการประมาณค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยใน 4 วันที่ ซึ่งได้จากการทำ colour density slicing (ในบทที่ 3) เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ของภาพวันที่ 5 มีนาคม 2531 และภาพวันที่ 6 เมษายน 2531 มีค่าค่อนข้างต่ำ เพราะการทำ sea truth ไม่ตรงกับวันที่ดาวเทียมผ่าน การประมาณค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจึงอาจคลาดเคลื่อนไป สำหรับภาพวันที่ 19 มกราคม 2532 ซึ่งอยู่ในช่วงน้ำตาย ขณะน้ำกำลังลง บริเวณริมฝั่ง (ในภาพให้ค่าสีชมพู) มีค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยอยู่ในช่วง 122 - 140 มิลลิกรัม/ลิตร ในช่วงน้ำตาย น้ำขึ้นและน้ำลงมีระดับไม่ต่างกันมากนัก ช่วงริมฝั่งเป็น mud flat มีน้ำท่วมอยู่บ้าง จึงให้ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขสูง เนื่องจากตะกอนจากพื้น เพราะฉะนั้นช่วงนี้จึงไม่ใช่ค่าการสะท้อนจากตะกอนแขวนลอยโดยตรง แต่น่าจะมีสาเหตุมาจากการสะท้อนจากพื้นในบริเวณ mud flat สำหรับภาพจากวันที่ 28 สิงหาคม 2531 ช่วงปริมาณตะกอนแขวนลอยสูงสุด (สีน้ำอ่อน) คือ 129 - 162 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 28 สิงหาคม นี้ เป็นช่วงน้ำเป็น ก่อนน้ำขึ้นสูงสุด 1 ชั่วโมง บริเวณริมฝั่งซึ่งเป็น mud flat มีน้ำท่วมในระดับสูงพอควร ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่ประมาณได้จึงเป็นค่าที่น่าเชื่อถือได้มากกว่า 3 วันที่กล่าวมา อย่างไรก็ตาม การประมาณค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจากสมการที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนเชิงตัวเลข และค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการทำ sea truth สามารถใช้เพียงในการศึกษารายนี้ เนื่องจาก ค่าการสะท้อนเชิงตัวเลขที่ใช้เป็นค่าแสดงความต่างระดับของแสงที่แสดงในภาพ 256 ระดับ (0 - 255) ซึ่งในภาพหนึ่ง ๆ อาจแทนค่าความเข้มข้นที่ต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของชั้นบรรยากาศ และการส่องสว่างของดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดู

ตารางที่ 4.8 การประมาณค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย
จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM

ภาพที่	วันที่	สี	ค่าการสะท้อน เชิงตัวเลข	ค่าความเข้มข้นของ ตะกอนแขวนลอย (mg/l)
3.7ค	5 มีค.	แดง	20 - 30	11 - 29
		เขียว	- 37	- 58
		น้ำเงิน	- 45	- 124
		เหลือง	- 56	- 359
3.8ก	6 เมย.	แดง	68 - 91	34 - 62
		เขียว	- 99	- 77
		น้ำเงิน	- 103	- 85
		เหลือง	- 109	- 99
		ชมพู	- 114	- 113
		ฟ้าอ่อน	- 125	- 151

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ภาพที่	วันที่	สี	ค่าการสะท้อน เชิงตัวเลข	ค่าความเข้มข้นของ ตะกอนแขวนลอย (mg/l)
3.9ค	28 สค.	แดง	10 - 39	37 - 71
		เขียว	- 42	- 76
		น้ำเงิน	- 47	- 85
		เหลือง	- 55	- 103
		ชมพู	- 65	- 129
		ฟ้าอ่อน	- 75	- 162
3.10ค	19 มค.	แดง	25 - 31	23 - 35
		เขียว	- 37	- 54
		น้ำเงิน	- 45	- 93
		เหลือง	- 49	- 122
		ชมพู	- 51	- 140