

บทที่ 3

ผลการศึกษา

activity ของ Ra-226 (dpm / l) ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำทะเลชั้นล่างของอ่าวไทยที่ถูกเก็บระหว่างเดือนเมษายน ถึง พฤษภาคม 2538 ซึ่งคำนวณได้ตามสมการที่ 2 จากวิธีการวิเคราะห์ activity ของ Ra-226 ที่ถูกพัฒนาขึ้นมา โดยค่าแปลงค์ของตัวทำละลาย คำนวณได้เท่ากับ 0 dpm และแปลงค์ของ MnO₂ nylon fiber ที่คำนวณได้มีค่าอยู่ในช่วง 24.69 ถึง 49.37 dpm ต่อ 50 กรัมของเส้นใย ประสิทธิภาพของเครื่องนับรังสี และประสิทธิภาพของ MnO₂ nylon fiber มีค่าเป็น 0.306 และ 0.529 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ และความเค็มจากระดับความลึก 38 เมตร ถึงพื้นทะเล แสดงในตารางที่ 1 ภาพแสดงการแพร่กระจายของ Ra-226 อุณหภูมิเฉลี่ย และความเค็มเฉลี่ย ตามตารางที่ 1 แสดงได้ในรูปที่ 11 12 และ 13 ตามลำดับ

activity ของ Th-230 (dpm / g-sed) ที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (2) แสดงในตารางที่ 2 เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยร่วมกับค่าที่ได้รายงานไว้โดย Srisuksawad (1997) แล้วมีค่าเป็น 2.48 dpm / g – sed

ฟลักซ์สุทธิที่ไม่อนุรักษ์ของ Ra-226 (dpy) ที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (5) และความเข้มข้นของ Ra-226 (atom / m³) ที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (9) ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างแสดงในตารางที่ 3

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของมวลน้ำในแนวแกน y (v) และแนวแกน x (u) ที่คำนวณได้จากสมการ (17) และ (18) ซึ่งแปลงให้อยู่ในหน่วยกิโลเมตรต่อวัน และทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลน้ำชั้นล่างในอ่าวไทย แสดงได้ในรูปที่ 14 พร้อมด้วยค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ในแนวแกน y (K_y) และแนวแกน x (K_x) ที่คำนวณได้จากสมการ (19) และ (20) ซึ่งแปลงให้อยู่ในหน่วยของตารางเซนติเมตรต่อวินาที แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 1 activity ของ Ra-226 ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำทะเลชั้นล่างของอ่าวไทย อุณหภูมิ ความเค็ม และความลึก ในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2539 ของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง

สถานี	เรเดียม-226(dpm / l) ^a	อุณหภูมิ (°C) ^b	ความเค็ม(g/l) ^c	ความลึก (m) ^d
8	2.39	28.97	32.08	2
10	2.72	28.11	32.20	10
11	4.44	28.59	32.08	16
12	5.85	28.19	32.32	20
13	5.45	28.36	32.12	24
14	7.32	28.28	32.12	23
15	4.60	28.32	32.17	18
18	2.22	28.16	32.02	23
19	1.83	28.46	31.96	25
20	7.13	28.60	31.82	33
21	3.34	28.24	32.01	31
22	3.63	28.99	32.30	21
25	7.18	29.39	32.12	2
26	4.35	28.41	32.12	28
27	12.00	26.82	33.46	40
28	8.99	28.27	32.47	20
32	10.75	28.10	33.11	17
33	10.13	27.30	33.59	35
34	1.09	27.22	33.87	40
35	5.55	26.09	33.71	34
36	7.46	26.52	33.75	34
37	12.27	28.13	33.62	20
38	9.87	28.64	33.04	11
41	10.82	28.87	33.24	3
42	6.19	27.57	33.67	11
43	8.05	26.90	33.60	13
44	8.55	26.45	33.70	18
45	8.43	27.94	33.90	19
46	6.66	28.85	33.92	14

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สถานี	เรเดียม-226(dpm / l) ^a	อุณหภูมิ (°C) ^b	ความเค็ม(g / l) ^c	ความลึก (m) ^d
47	6.83	28.21	33.81	22
48	6.28	28.23	33.90	20
49	6.40	27.20	33.86	18
50	5.64	26.56	33.61	13
51	4.41	27.33	33.41	10
52	9.04	27.45	33.31	1
53	6.48	26.89	33.82	15
54	4.80	26.90	33.88	23
55	8.04	26.73	33.85	23
56	6.35	26.86	33.88	20
57	4.94	26.49	33.88	24
58	5.89	26.47	33.79	24
59	4.66	26.41	33.82	26
60	6.87	26.46	33.86	19
61	6.44	26.68	33.77	14
62	5.93	26.39	33.84	23
63	7.14	26.17	33.82	26
64	8.46	26.30	33.80	21
65	6.67	25.97	33.83	28
66	7.26	25.30	33.91	35
67	5.68	24.54	33.96	38
68	5.96	25.44	33.84	33
69	7.40	26.16	33.77	29
72	5.95	26.24	33.72	17
73	6.94	25.51	33.79	34
74	7.41	25.95	33.72	34
75	6.85	26.28	33.72	12
78	6.30	26.42	33.78	27
79	4.67	26.26	33.80	21
81	6.74	26.01	33.81	13

- หมายเหตุ a คำนวณตามสมการที่ (1)
- b ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจากระดับความลึก 38 เมตรถึงพื้นทะเล (Snidvongs, 1996)
- c ค่าเฉลี่ยความเค็มจากระดับความลึก 38 เมตรถึงพื้นทะเล (Snidvongs, 1996)
- d ความแตกต่างของความลึกจากระดับ 38 เมตรถึงพื้นทะเล

ตารางที่ 2 activity ของ Th-230 ตามระดับความลึก (ซม.) จากตะกอนจากพื้นที่ทะเลของอ่าวไทย สถานีที่ 21, 27 และ 41 ในเดือนตุลาคม 2538 คำนวณตามสมการที่ (3)

ความลึกตะกอน (cm)	ทอเรียม-230 (dpm / g-sed)
สถานีที่ 21 : 9.83°N ; 101.25°E	
1	2.53 ± 0.11
5	2.30 ± 0.11
9	4.75 ± 0.17
13	4.20 ± 0.15
สถานีที่ 27 : 8.83°N ; 101.75°E	
1	2.29 ± 0.10
5	1.71 ± 0.08
9	1.64 ± 0.06
สถานีที่ 41 : 7.33°N ; 101.25°E	
1	3.54 ± 0.13
5	3.06 ± 0.11
9	2.73 ± 0.11
13	2.83 ± 0.10
ค่าเฉลี่ย	2.87 ± 0.11

ตารางที่ 3 พลิกซ์สุทธิที่ไม่อนุรักษ์ของ Ra-226 (D) และความเข้มข้นของ Ra-226 ของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง

สถานี	D (atom / y) ^a	Ra-226 (atom / m ³) ^b
8	1.5909E+18	2.936E+12
10	2.4390E+19	3.344E+12
11	8.3561E+19	5.457E+12
12	1.5037E+20	7.193E+12
13	1.5784E+20	6.700E+12
14	1.8318E+20	9.006E+12
15	1.1260E+20	5.656E+12
18	7.2511E+19	2.736E+12
19	4.5607E+19	2.249E+12
20	2.3377E+20	8.775E+12
21	1.0824E+20	4.105E+12
22	7.7710E+19	4.471E+12
25	1.2540E+19	8.835E+12
26	1.3176E+20	5.352E+12
27	5.6736E+20	1.477E+13
28	1.9213E+20	1.107E+13
32	1.9656E+20	1.323E+13
33	3.9885E+20	1.246E+13
34	4.2971E+19	1.338E+12
35	2.3224E+20	6.823E+12
36	2.9060E+20	9.177E+12
37	2.7585E+20	1.509E+13
38	1.4265E+20	1.215E+13
41	3.1916E+19	1.330E+13
42	1.0208E+20	7.611E+12
43	1.2171E+20	9.907E+12
44	1.9387E+20	1.052E+13
45	1.8046E+20	1.037E+13
46	1.0111E+20	8.199E+12

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สถานี	D (atom / y) ^a	Ra-226 (atom / m ³) ^b
47	1.4812E+20	8.408E+12
48	1.6042E+20	7.725E+12
49	1.2479E+20	7.877E+12
50	8.8588E+19	6.937E+12
51	4.9390E+19	5.428E+12
52	7.1010E+18	1.112E+13
53	1.1087E+20	7.971E+12
54	1.2167E+20	5.903E+12
55	2.4763E+20	9.888E+12
56	1.5678E+20	7.810E+12
57	1.6724E+20	6.083E+12
58	1.6631E+20	7.250E+12
59	1.3473E+20	5.732E+12
60	1.4516E+20	8.446E+12
61	1.0157E+20	7.924E+12
62	1.6361E+20	7.298E+12
63	2.3509E+20	8.778E+12
64	2.1831E+20	1.041E+13
65	2.4205E+20	8.209E+12
66	3.2577E+20	8.930E+12
67	2.9588E+20	6.984E+12
68	2.5521E+20	7.336E+12
69	2.8604E+20	9.101E+12
72	1.1997E+20	7.317E+12
73	2.9251E+20	8.541E+12
74	3.1487E+20	9.120E+12
75	9.4062E+19	8.427E+12
78	2.0165E+20	7.753E+12

หมายเหตุ

a ฟลักซ์สุทธิที่ไม่อนุรักษ์ของ Ra-226 (dpy) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 2

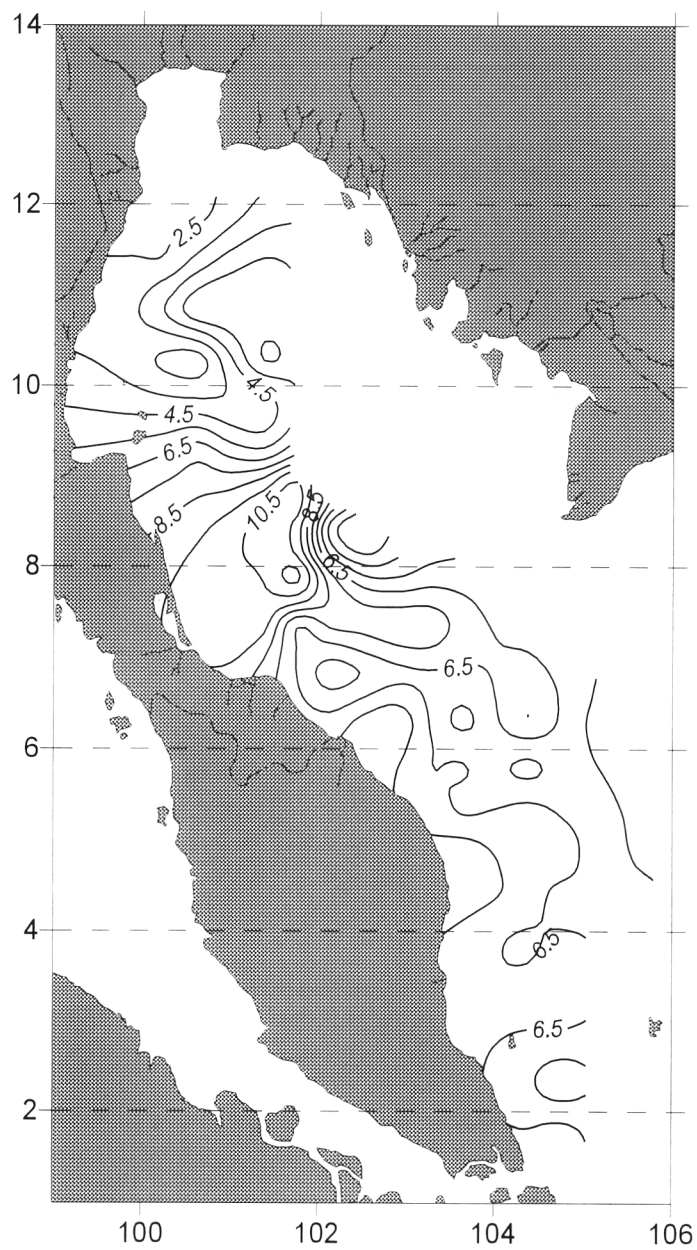
b ความเข้มข้นของ Ra-226 (atom / m³) ซึ่งคำนวณตามสมการที่ 6

ตารางที่ 4 แสดง advection ในการเคลื่อนที่ของมวลน้ำชั้นล่างในอ่าวไทยจากการคำนวณตามสมการที่ 17 และ 18 dispersion ในแนวแกน y (Ky) และในแนวแกน x (Kx) จากการคำนวณตามสมการที่ 19 และ 20 ในแต่ละสถานี

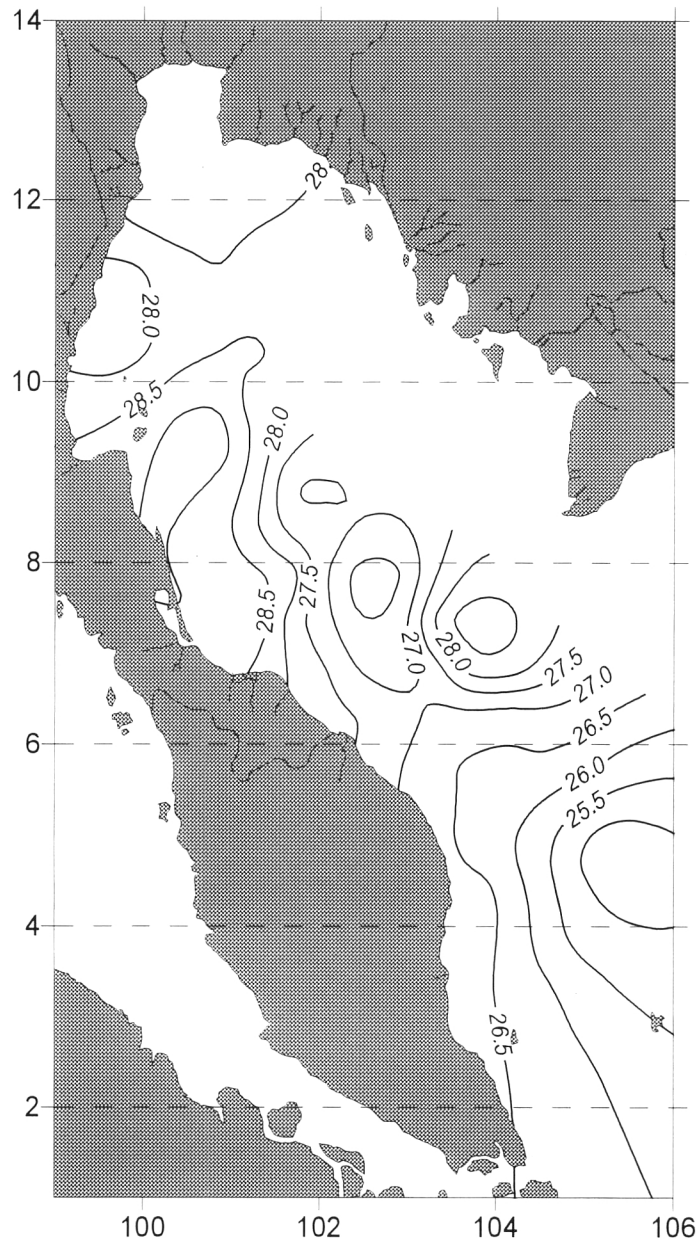
สถานี	v (km. / d)	u (km / d)	Ky (cm^2 / s)	Kx (cm^2 / s)
18	-7.614	6.504	1.179E+05	1.215E+05
15	17.975	-11.468	7.152E+04	7.301E+04
10	0.000	17.975	0.000E+00	7.152E+04
25	1.656	-1.270	2.269E+05	2.280E+05
22	24.397	7.669	1.563E+06	1.553E+06
19	0.256	-2.299	2.615E+05	2.615E+05
14	-79.472	39.404	2.694E+06	2.693E+06
11	0.000	-61.497	0.000E+00	2.766E+06
41	47.324	-47.324	1.077E+05	9.792E+04
38	221.571	49.894	1.006E+07	9.991E+06
32	16.790	47.146	3.955E+06	3.989E+06
28	12.758	14.977	6.184E+05	6.260E+05
42	-1.731	-10.390	4.229E+05	4.235E+05
37	-876.579	-325.657	6.616E+07	6.594E+07
33	-13.838	1.365	2.021E+06	2.006E+06
51	-3.872	3.872	6.610E+05	6.623E+05
43	66.835	2.213	6.638E+06	6.641E+06
36	-3.380	17.297	2.001E+06	2.002E+06
52	-2.633	2.304	9.937E+05	9.893E+05
50	-7.118	-17.076	6.667E+05	6.623E+05
44	11.676	29.442	1.042E+06	1.037E+06
61	-296.376	260.452	1.412E+07	1.409E+07
53	-25.385	27.790	4.715E+05	4.756E+05
49	-41.844	-7.249	2.749E+06	2.750E+06
64	28.092	-25.226	7.629E+05	7.597E+05

ตารางที่ 4 (ต่อ)

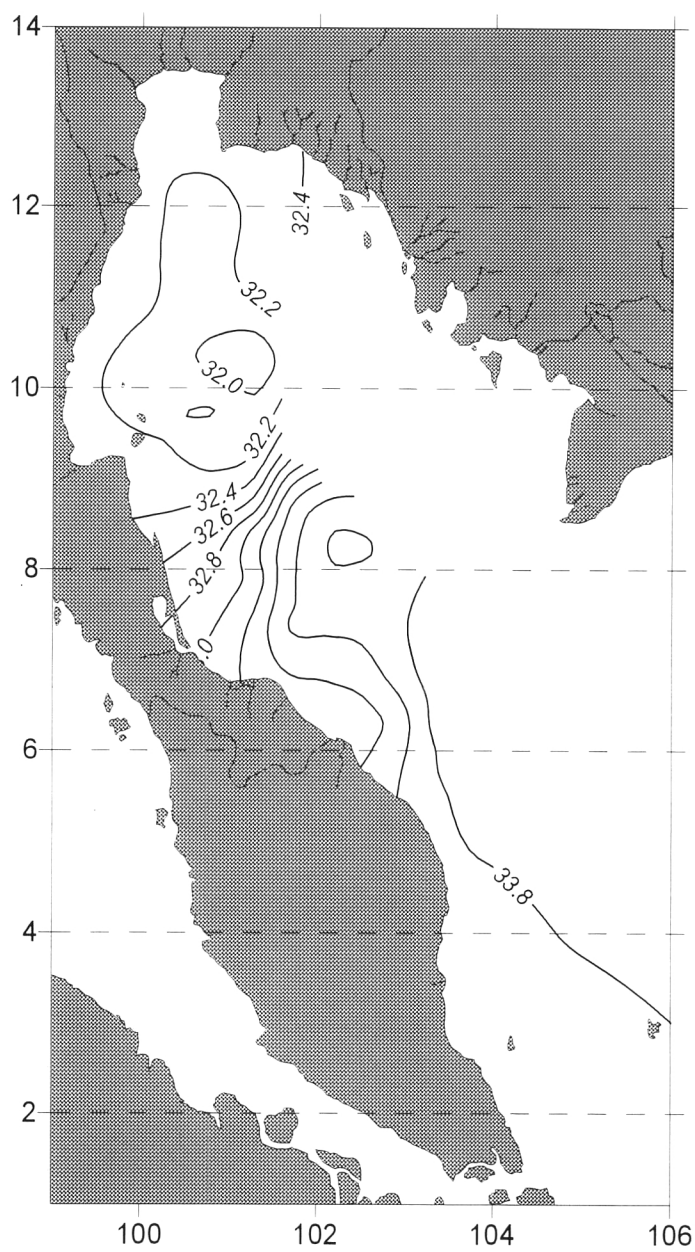
สถานี	v (km / d)	u (km / d)	Ky (cm ² / s)	Kx (cm ² / s)
62	-32.675	-47.399	2.052E+06	2.082E+06
60	-21.473	22.158	2.056E+05	2.033E+05
54	11.013	-13.081	2.769E+05	2.760E+05
48	123.455	-84.866	1.367E+06	1.391E+06
75	40.419	-25.482	8.616E+05	8.619E+05
72	-32.330	-21.633	8.291E+05	8.319E+05
69	278.424	137.017	1.593E+07	1.596E+07
65	-67.127	-102.874	6.168E+06	6.165E+06
63	5.221	34.131	3.504E+06	3.504E+06
59	274.653	-142.114	1.372E+07	1.375E+07
55	-46.640	41.917	6.402E+05	6.358E+05



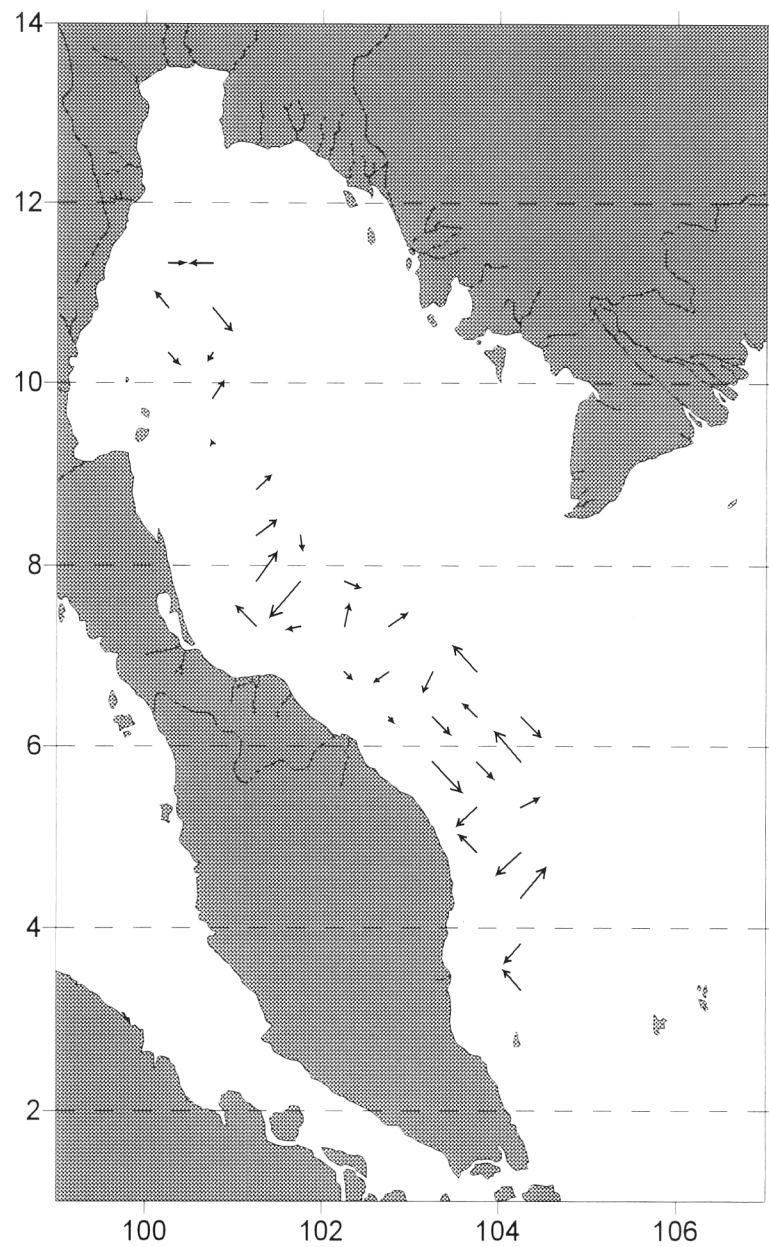
รูปที่ 11 แสดงการแพร่กระจายของเรเดียม-226 ในมวณน้ำชั้นล่างของอ่าวไทย ในช่วงเดือน
เมษายน ถึงพฤษภาคม 2539.



รูปที่ 12 แสดงการแพร่กระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยในมวลน้ำชั้นล่างของอ่าวไทย ในช่วงเดือน
เมษายน ถึงพฤษภาคม 2539.



รูปที่ 13 แสดงการแพร่กระจายของความเค็มเฉลี่ยในมวลน้ำชั้นล่างของอ่าวไทย ในช่วงเดือน
เมษายน ถึงพฤษภาคม 2539.



รูปที่ 14 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลน้ำชั้นล่างในอ่าวไทย ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือน
พฤษภาคม 2539

อภิปรายผลการศึกษา

วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ activity ของ Ra-226 ครั้งนี้ เป็นวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อทดลองใช้สำหรับการวิเคราะห์ activity ของ Ra-226 จากมวลน้ำชั้นล่างของอ่าวไทย ซึ่งพัฒนามาจากวิธีวิเคราะห์ Ra-226 ในน้ำจืดของชนิษฐา กมลรัตน์ (2523) และบุญสม พรเทพเกษมสันต์ (2525) ซึ่งเพิ่มขึ้นตอนของวิธีการเก็บตัวอย่าง Ra-226 ในรูปที่ทำให้เข้มข้น (concentrate) โดยการใส่เส้นใยไพลอนที่ประยุกต์มาจากการเตรียมเส้นใยแมงกานีสออกไซด์อะคริลิก ตามวิธีของ Moore (1976) และ Nozaki (1983) เนื่องจากเส้นใยไพลอนที่ใช้ในการทดลองนี้มีขนาดใหญ่กว่าจากที่รายงานในเอกสาร ซึ่งทำให้มีพื้นที่ผิวที่น้อยกว่า อาจเป็นไปได้ว่า จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดจับ Ra-226 ในน้ำลดลง ดังนั้นจึงทำการแก้ไขโดยการเพิ่มปริมาณเส้นใยที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็น 2 เท่าของที่เคยรายงานไว้ และในการกรองน้ำทะเลผ่านเส้นใยนี้ ได้ควบคุมอัตราการไหลออกของน้ำให้เป็นเพียงครึ่งหนึ่งของที่เคยมีการรายงานไว้ ในการแยกเรเดียมออกจากเส้นใย โดยใช้วิธีการต้มใน 1.5 N HCl ซึ่งทำการทดสอบความเข้มข้นของกรดเฉพาะที่จะไม่ทำให้เส้นใยไพลอนละลายตามไปด้วย แต่ไม่ได้ทำการทดสอบกับเส้นใยไพลอนที่ได้เติมสารมาตรฐาน Ra-226 ลงไป เพื่อทดสอบดูว่าความเข้มข้นของกรดที่ใช้ได้สามารถแยกเรเดียมออกจากเส้นใยได้ทั้งหมดหรือไม่ อย่างไรก็ตามในขั้นตอนดังกล่าวของการวิเคราะห์จริง ก็ได้มีการเติม Ba^{2+} carrier ที่รู้ปริมาณแบบเตรียมแน่นอนแล้ว เป็นตัวติดตามในขั้นตอนการแยกเรเดียมจากเส้นใยไพลอน เพื่อหาค่าเคมีคัล ยิลด์ ผลที่ได้จากการทดลอง พบว่า ความหนาของตะกอนที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 1.09 – 3.82 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเนื่องจากขั้นตอนสุดท้ายในการทำให้ตัวอย่างของเรเดียมที่ตกตะกอนแล้วนั้น กลายเป็นตะกอนแห้งภายใต้หลอดไฟอินฟราเรด ได้ใช้เวลาในการทำให้แห้งประมาณ 6 ชั่วโมง และสังเกตจากตะกอนสีขาวที่เหลือค้างอยู่ภายในจานนับรังสี โดยขั้นตอนนี้ ควรจะมีการชั่งน้ำหนักตะกอนที่คงที่ก่อน แล้วจึงนำไปใช้ในการคำนวณค่าเคมีคัล ยิลด์ เหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ถ้าใช้ค่าน้ำหนักตะกอนที่ชั่งได้จริงนำมาใช้ในการคำนวณหาเคมีคัล ยิลด์ แล้วจะทำให้ค่าที่ได้ มีค่ามากกว่าร้อยละร้อย ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าเคมีคัล ยิลด์ ของสารมาตรฐาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.729 แทนค่าจริงของตัวอย่างทั้งหมดในการคำนวณ ซึ่งอาจทำให้ activity ของ Ra-226 ที่กำหนดได้มีค่ามากหรือน้อยกว่าค่าที่มีอยู่จริงเล็กน้อย

จากผลการคำนวณ activity ของ Ra-226 ซึ่งมีอยู่จริงในน้ำทะเลจากการศึกษาในครั้งนี้ หลังจากหักค่าเบี่ยงลค์ของเส้นใยแมงกานีสออกไซด์ไพลอน และค่าเบี่ยงลค์ของน้ำกลั่นออก

แล้วได้ทำการเทียบให้อยู่ในเวลาเดียวกันแล้ว พบว่า activity ของ Ra-226 จากน้ำทะเลชั้นล่างของอ่าวไทยทั้งหมด 59 ตัวอย่างนี้มีค่าอยู่ในช่วง 1.09 – 12.27 dpm/l ซึ่งค่าที่คำนวณได้นี้มีค่าสูงกว่าการศึกษาโดย Fanning, K. A. *et al.* (1982) ซึ่งรายงานไว้ประมาณ 10 เท่า

ประสิทธิภาพของเส้นใยแมงกานีสออกไซด์ในตอนที่ถูกเตรียมเพื่อใช้ในการทดลองนี้ พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดจับ Ra-226 คิดเป็นร้อยละ 52.9 ซึ่งน้อยกว่าการใช้เส้นใยแมงกานีสออกไซด์อะคริลิก แต่มีค่าเบี่ยงเบนของเส้นใยในตอนที่สูงกว่าของเส้นใยอะคริลิกมาก โดยสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Moore และ Reid (1973) Nozaki (1983) และ Moore และ Santschi (1986) ว่าเส้นใยอะคริลิกมีประสิทธิภาพในการดูดจับเรเดียมและธาตุปริมาณน้อยคิดเป็นร้อยละ 70 – 90 โดยมีค่าเบี่ยงเบนน้อยมากจนไม่ต้องคำนึงถึง ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นไปได้ว่า เส้นใยในตอนที่ใช้นั้นมีพื้นที่ผิวที่น้อยกว่าเส้นใยอะคริลิก จึงทำให้เมื่อถูกนำไปข้อมเป็นเส้นใยแมงกานีสออกไซด์แล้ว ทำให้ปริมาณแมงกานีสออกไซด์จับบนผิวของเส้นใยในตอนที่น้อยกว่าเส้นใยอะคริลิก เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการดูดจับเรเดียมของเส้นใยในตอนที่น้อยกว่าเส้นใยอะคริลิกตามไปด้วย และเนื่องจากใช้ MnO_2 nylon fibers ปริมาณมากจึงทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมากโดยไม่จำเป็น

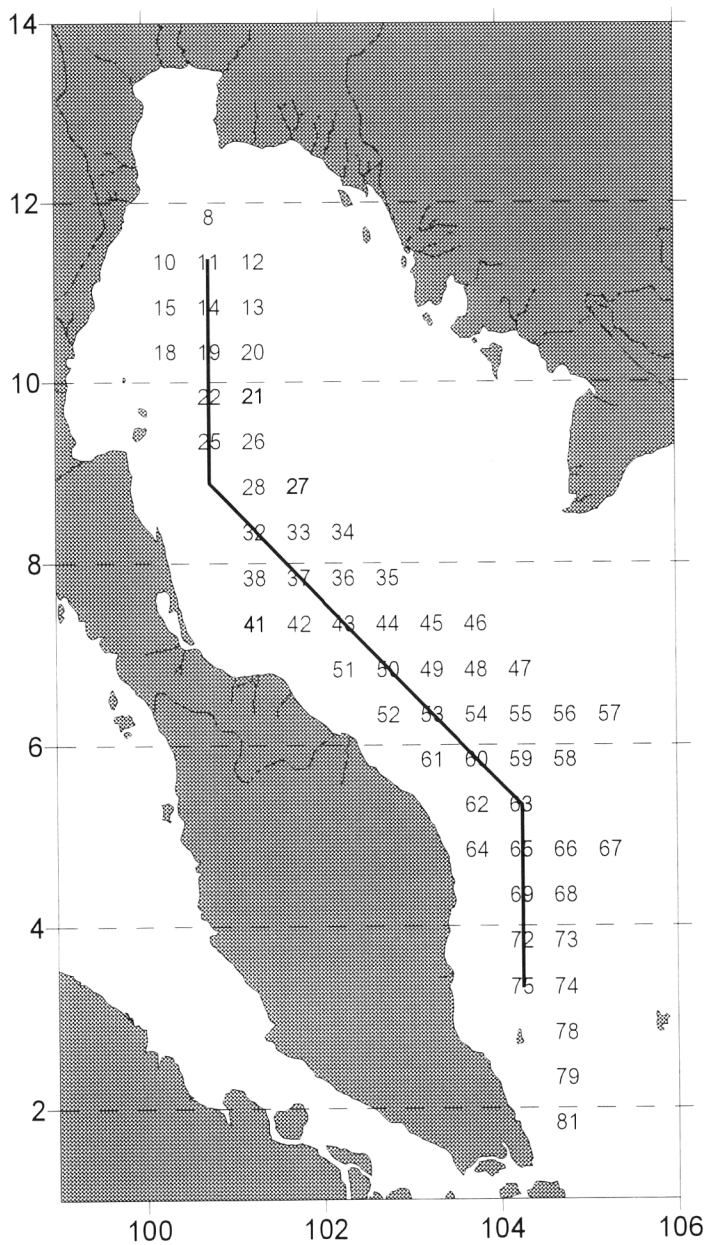
activity และความเข้มข้นของ Ra-226 ที่ได้จากการวิเคราะห์จากวิธีที่พัฒนาขึ้นมาจะนำมาเป็นค่านำเข้าไปเพื่อคำนวณ transport volume โดยการแก้สมการแบบเส้นตรงของสมการอนุพันธ์ Ra-226 เกี่ยวกับ ความร้อน และสมการสมดุลมวลน้ำ หลังจากนั้นจึงนำค่า transport volume ที่ได้ไปหาค่า advection และ dispersion ต่อไป สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ได้มีการตั้งข้อสมมติให้ทุกอย่างอยู่ในสภาวะสมดุล (steady state) ผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่า advection ที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าของมหาสมุทรโดยทั่ว ๆ ไปประมาณ 10 เท่า (Ku and Luo, 1994) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ค่าคงที่ของ Ra-226 ที่ได้จากการสลายตัวของ Th-230 ในตะกอนและในมวลน้ำที่นำมาใช้ในการคำนวณโดยสมมติให้เท่ากันตลอดทั้งอ่าวไทยนั้นมีค่าน้อยกว่าที่ควรจะเป็นจริงในอ่าวไทย ซึ่งเมื่อนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณหาค่าฟลักซ์สุทธิที่ไม่อนุพันธ์ของ Ra-226 ตามสมการที่ (5) แล้วให้ค่าที่มากเกินไปเกินความจริง และเมื่อนำไปคำนวณหาค่า advection แล้ว จะให้ค่าที่สูงเกินจริง แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่า Ra-226 ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ Th-230 ทั้งในตะกอนและในมวลน้ำที่นำมาใช้ในการคำนวณครั้งนี้ ได้ถูกสมมติให้เท่ากันตลอดทุกพื้นที่ในอ่าวไทย และการแก้สมการเพื่อหาค่า transport volume ก็เป็นการแก้สมการแบบเส้นตรง ดังนั้น แม้ว่าค่า Ra-226 ที่สมมตินั้นจะเปลี่ยนแปลงไปเท่าใดก็ตาม ค่า transport volume ที่คำนวณได้ก็จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสัดส่วนที่เท่า

กันทุกสถานีเก็บตัวอย่าง นั่นคือทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่คำนวณได้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ความเร็วสุทธิอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ จึงทำให้เชื่อได้ว่าทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลน้ำที่คำนวณได้นี้มีความถูกต้องสูง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในส่วนของ dispersion ที่คำนวณได้นั้นมีค่าอยู่ในช่วง $10^4 - 10^7 \text{ cm}^2/\text{s}$ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Yamada and Nozaki (1986) และ Ku and Luo (1994) เมื่อพิจารณาจากค่า dispersion ที่คำนวณได้นี้แล้วจึงพอเชื่อได้ว่า ความเร็วที่คำนวณได้นี้น่าจะถูกต้อง แม้ว่าจะมีค่าสูงก็ตาม

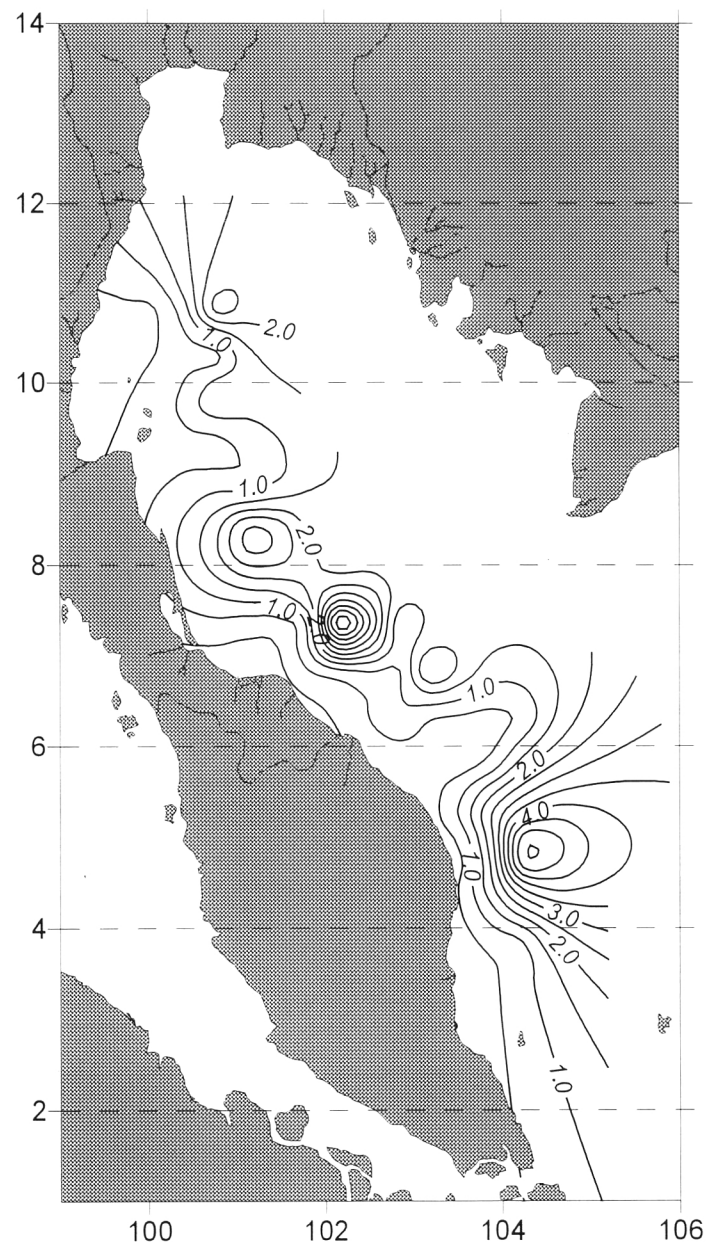
มวลน้ำบริเวณตอนบนของอ่าว (ละติจูดที่ 10-11 องศาเหนือ) น่าจะมีการผสมกับมวลน้ำซึ่งไหลมาจากทางตะวันตกเฉียงเหนือของอ่าว (รูปที่ 18) โดยเกิดการผสมบริเวณละติจูดที่ 11 องศาเหนือ (รูปที่ 16 และ 17) แล้วไหลออกไปทางด้านตะวันออกของอ่าวในทิศทวนเข็มนาฬิกา (รูปที่ 14) โดยหลังจากเกิดการผสมและไหลออกไปทางตะวันออกแล้วนั้นได้มีการผสมกับมวลน้ำที่อยู่บริเวณตอนกลางของอ่าว (ละติจูดที่ 7-9 องศาเหนือ) ซึ่งการผสมของมวลน้ำทั้งสองนี้เกิดบริเวณละติจูดที่ 9-10 องศาเหนือ (รูปที่ 16) แต่เมื่อพิจารณาการแพร่กระจายของความเค็มและค่าสัมประสิทธิ์การแพร่แล้วพบว่า มวลน้ำทั้งสองนี้มีการผสมกันน้อยมากจนแทบจะไม่มี การผสมผสานกันเลย (รูปที่ 17-19)

ในส่วนของมวลน้ำบริเวณตอนล่างของอ่าว (ละติจูดที่ 4-6 องศาเหนือ) น่าจะมีมวลน้ำจัดจากทะเลจีนใต้ไหลเข้ามาทางกลางอ่าว แต่เมื่อเข้ามาแล้วเกิดการปะทะกับกับมวลน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจากบริเวณละติจูดที่ 6-8 องศาเหนือ (รูปที่ 18) แล้วจึงไหลวนออกไปทางตะวันออกของอ่าว (รูปที่ 14 และ 17) แต่มีบางส่วนไหลออกไปทางใต้ของอ่าวโดยถูกบีบให้ไหลขนานกับชายฝั่งด้านตะวันตกของอ่าวแต่ถูกปะทะด้วยน้ำอีกมวลหนึ่งอยู่ทางใต้ทำให้เกิดการ upwelling บริเวณละติจูดที่ 4 องศาเหนือ ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าฟลูออเรสเซนซ์และอุณหภูมิที่ผิวหน้าทะเล (รูปที่ 21 และ 20) แล้วพบว่าในบริเวณดังกล่าวมีค่าฟลูออเรสเซนซ์สูง ในขณะที่อุณหภูมิต่ำซึ่งสอดคล้องกับข้อสันนิษฐานนี้

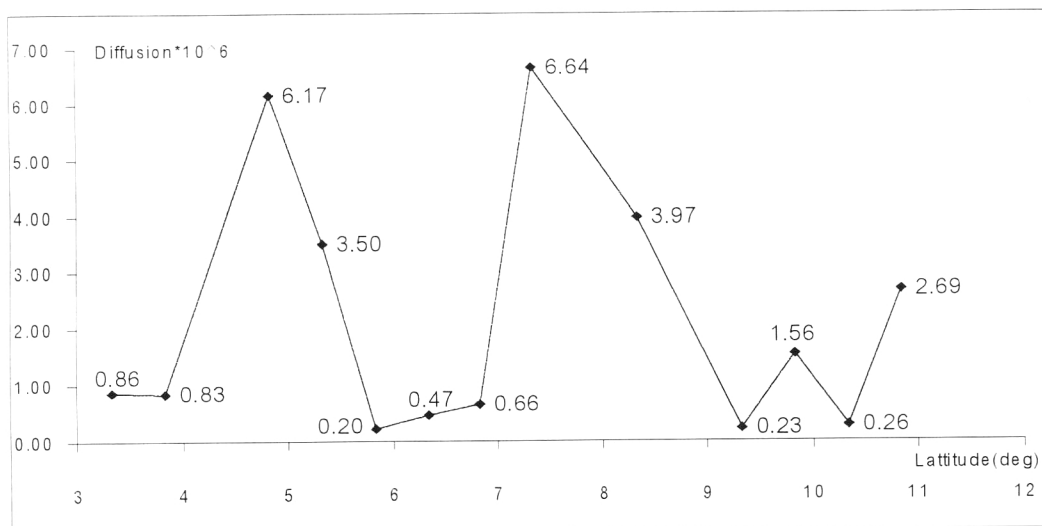
และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของ dispersion (รูปที่ 16 และ 17) แล้วพบว่ามีการผสมของมวลน้ำเกิดขึ้น 3 บริเวณ คือ ละติจูดที่ 10-12 องศาเหนือ 7-9 องศาเหนือ และ 4-6 องศาเหนือ ตามลำดับ โดยเฉพาะในบริเวณตอนกลางของอ่าวนั้นมวลน้ำมีการผสมกันอย่างดีโดยมีการไหลเวียนในทิศตามเข็มนาฬิกา (รูปที่ 14) แต่มวลน้ำที่อยู่บริเวณตอนกลางนั้นมีการแลกเปลี่ยนกับมวลน้ำในบริเวณตอนบนและตอนล่างของอ่าวน้อยมาก จากที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นมวลน้ำที่อยู่บริเวณตอนกลางของอ่าวนี้น่าจะเป็นมวลน้ำที่มีอายุมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับ activity ของ Ra-226 ที่พบสูงในบริเวณนั้น (รูปที่ 11)



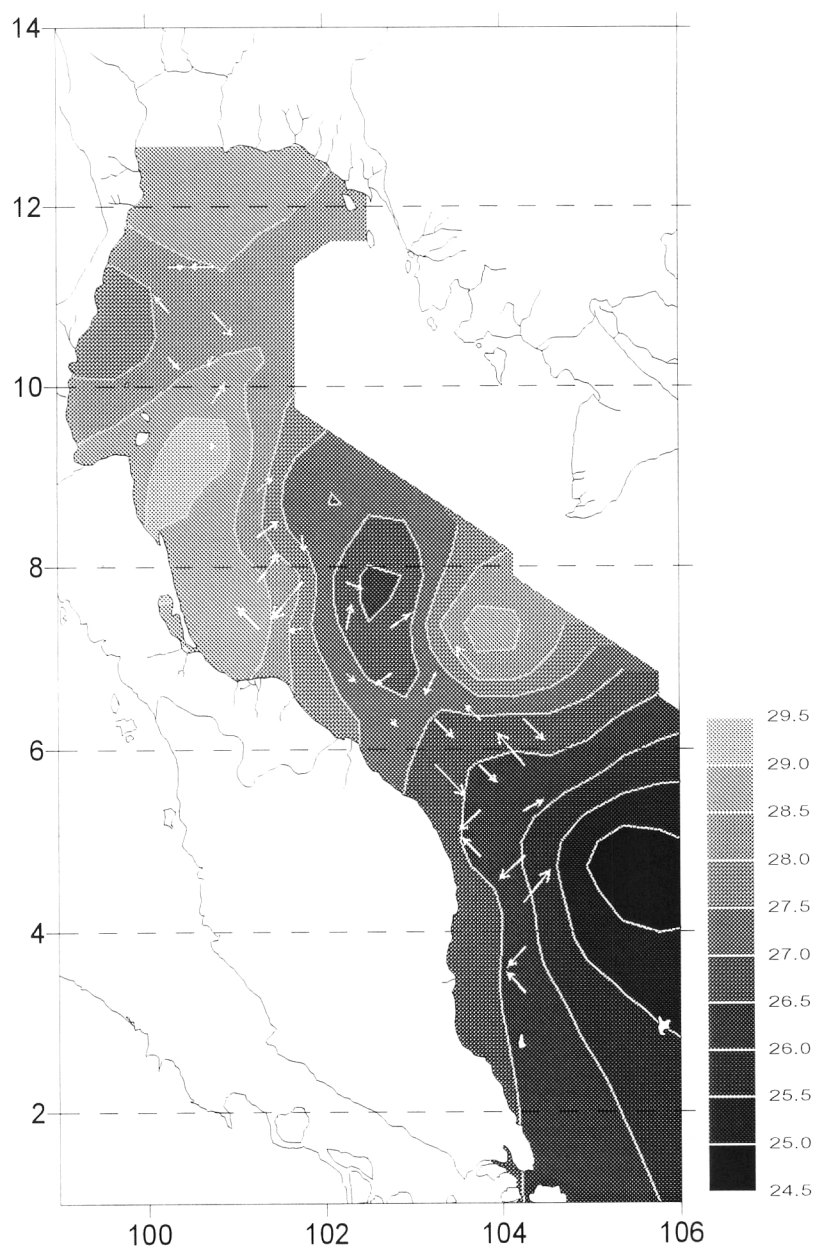
รูปที่ 15. แสดงสถานีที่นำค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การแพร่ซึ่งคำนวณตามสมการที่ 18 ในแบบจำลองไปใช้เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างละติจูดกับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ในรูปที่ 17



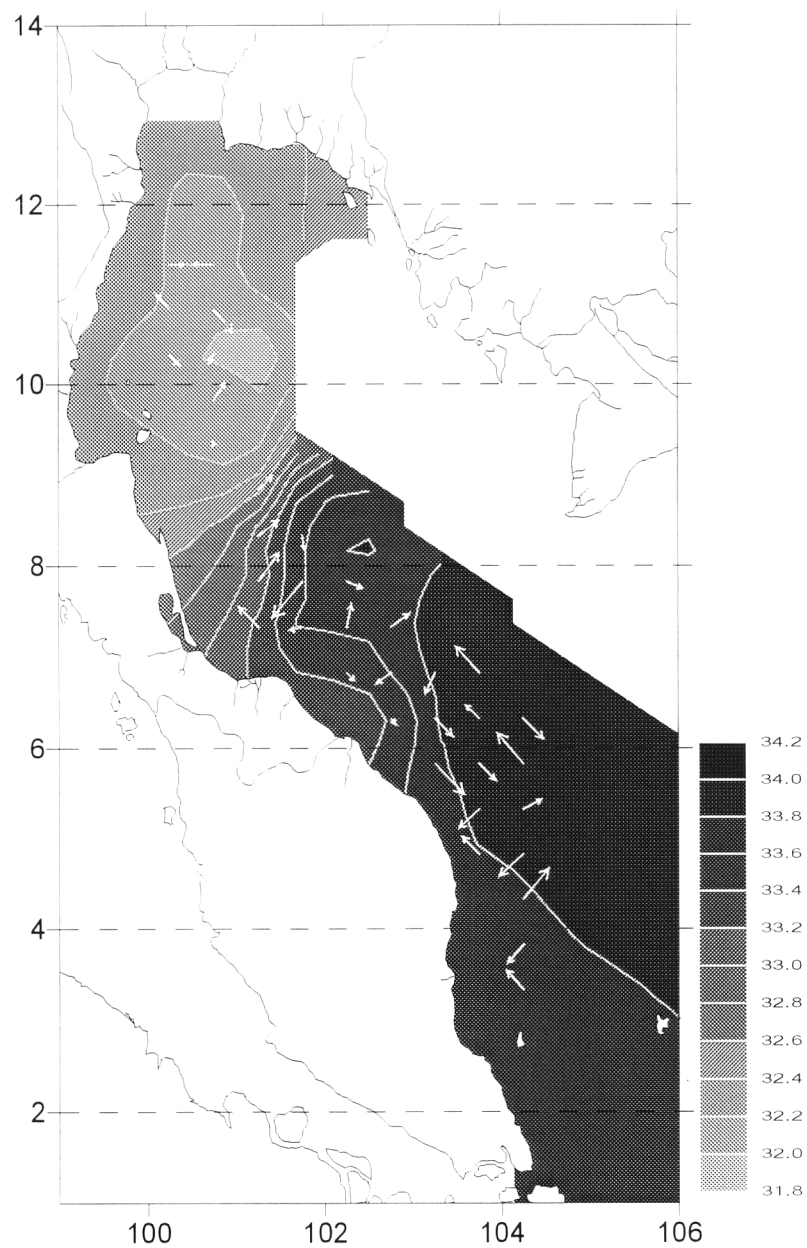
รูปที่ 16 แสดงระดับสูงต่ำของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่เฉลี่ย ($\times 10^6$) ที่คำนวณได้จากสมการที่ 18 ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการตัดข้อมูลในสถานีที่ 37 38 59 61 และ 69 ออก



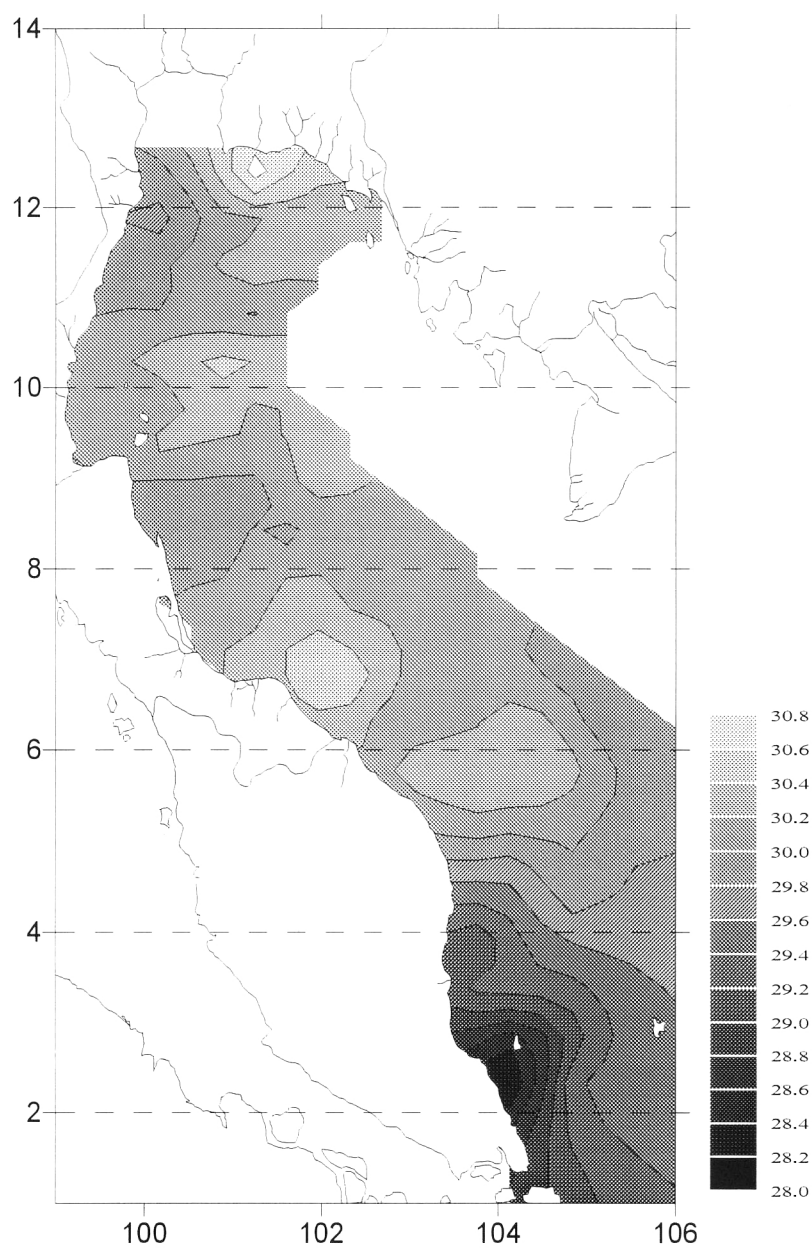
รูปที่ 17. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างละติจูดกับค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การแพร่



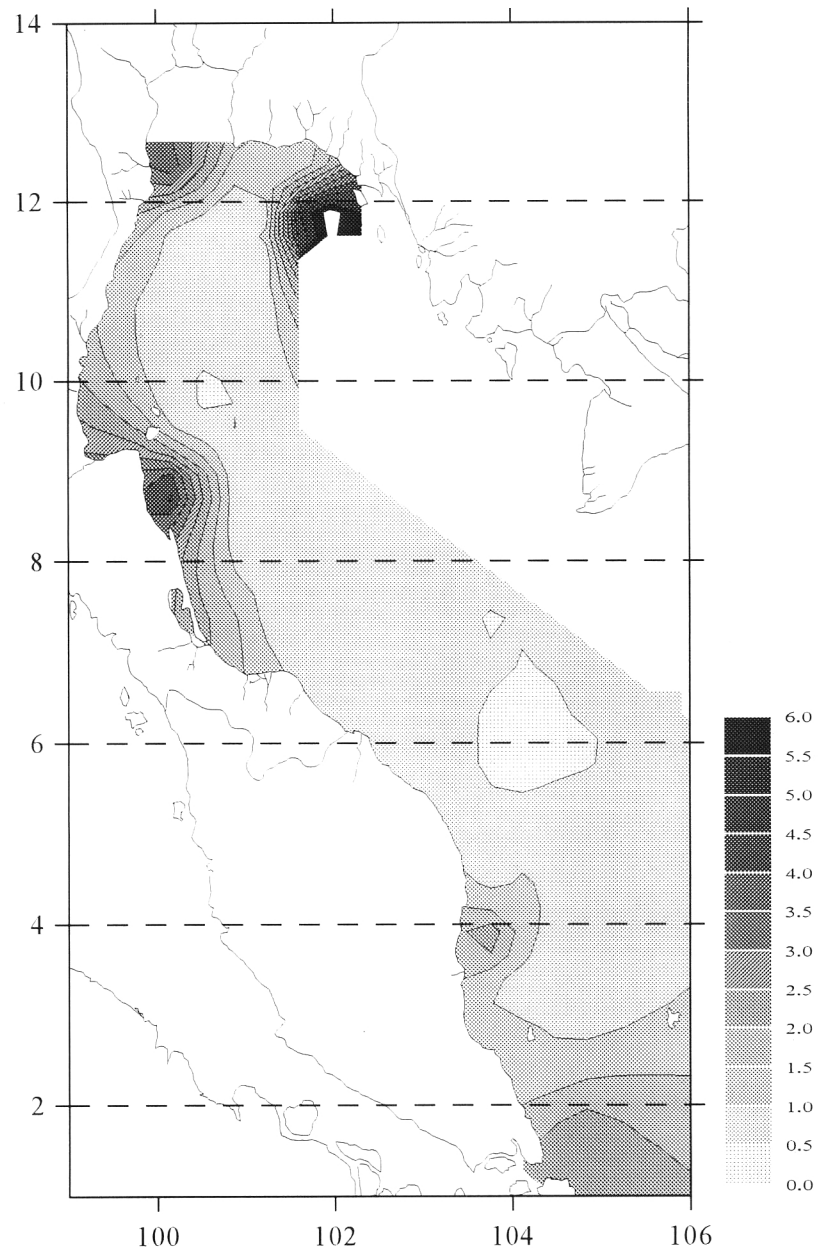
รูปที่ 18. แสดงการเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลน้ำชั้นล่างในอ่าวไทยซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากระดับ 38 เมตร ถึงพื้นทะเล ในช่วงเดือน เมษายนถึงเดือนพฤษภาคม 2539



รูปที่ 19. แสดงการเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลน้ำชั้นล่างในอ่าวไทยซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองกับค่าเฉลี่ยของความเค็มจากระดับ 38 เมตร ถึงพื้นทะเล ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม 2539



รูปที่ 20. แสดงการแพร่ของอุณหภูมิเฉลี่ยจากระดับผิวน้ำถึงความลึก 10 เมตร ของอ่าวไทย
ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม 2539



รูปที่ 21. แสดงการแพร่ของ Fluorescent เฉลี่ยจากระดับผิวหน้าถึงความลึก 10 เมตร ของอ่าว
ไทยในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม 2539

สรุปผลการศึกษา

1. วิธีการวิเคราะห์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ activity ของ Ra-226 นี้ น่าจะนำมาใช้ได้กับการวิเคราะห์น้ำทะเลชั้นล่างของอ่าวไทย โดยที่เส้นใยมีประสิทธิภาพในการจับเรเดียมคิดเป็นร้อยละ 52.9 ต่อน้ำหนักเส้นใย 50 กรัม และมีค่าแบริกอยู่ในช่วง 24.69 ถึง 49.37 dpm ซึ่ง activity ของ Ra-226 ในมวลน้ำชั้นล่างของอ่าวไทยอยู่ในช่วง 1.088 ถึง 12.265 dpm/l และพบว่าบริเวณฝั่งด้านตะวันออกของประเทศมาเลเซียมี activity ของ Ra-226 สูงตลอดมาจนถึงบริเวณตอนกลางของอ่าวไทย (ละติจูดที่ 9 องศาเหนือ)

2. ในช่วงเดือนเมษายน ถึงพฤษภาคม 2539 มวลน้ำชั้นล่างของอ่าวไทยมีการเคลื่อนที่ออกสู่ทะเลจีนใต้ โดยมวลน้ำบริเวณตอนบนและตอนล่างของอ่าวเป็นน้ำคนละมวลกัน และมีการแยกจากกันชัดเจน นอกจากนี้ยังมีการผสมกันกับมวลน้ำบริเวณกลางอ่าวน้อยมาก ทำให้มวลน้ำบริเวณตอนกลางของอ่าวเป็นมวลน้ำที่มีอายุมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้เส้นใยแมงกานีสออกไซด์ในลอนในการดูดซับเรเดียมจากตัวอย่างน้ำทะเลชั้นล่างของอ่าวไทยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ยังมีค่าประสิทธิภาพในการดูดซับ Ra-226 น้อยมาก ทั้งยังมีค่าเบลคกราวนด์สูงมาก และยังคงต้องใช้เป็นปริมาณมาก เมื่อเทียบกับการใช้เส้นใยอะคริลิก ซึ่งควรมีการปรับปรุงวิธีการเตรียมเส้นใยแมงกานีสออกไซด์ในลอนจากการเตรียมโดยวิธีการต้มเส้นใยในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกานีสอิมิตัว เป็นการแช่เส้นใยในสารละลายเดียวกันนี้เป็นเวลานานที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้แมงกานีสออกไซด์จับกับผิวเส้นใยในลอนได้ดีขึ้น อีกทั้งยังควรศึกษาความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมที่จะสามารถแยกเรเดียมออกจากเส้นใยได้มากที่สุด ตัวอย่าง Ra-226 ซึ่งนำมาวัดความแรงรังสีนี้ควรมีการชั่งน้ำหนักที่คงที่ของตะกอนหลังจากทำให้แห้งภายใต้หลอดไฟอินฟราเรด โดยควรระวังเรื่องน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการสัมผัสกับไอน้ำในอากาศ เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณเคมีคัล ยิลด์ของแต่ละตัวอย่าง รวมไปถึงการทำกราฟมาตรฐานของการดูดกลืนในตัวเอง ซึ่งจะทำให้ activity ของ Ra-226 ที่ได้จากการคำนวณมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2. การเก็บตัวอย่างน้ำทะเลชั้นล่างของอ่าวไทยเพื่อนำมาวิเคราะห์หา activity ของ Ra-226 โดยการเลือกเก็บที่สถานีที่พบว่ามวลน้ำมีการแบ่งชั้น ซึ่งใช้ข้อมูลของความเค็ม และอุณหภูมิที่วัดอย่างต่อเนื่องของสถานีนั้น ๆ ในการสำรวจครั้งเดียวกับการเก็บตัวอย่างนั้น ทำให้ขาดข้อมูลที่สำคัญของบางสถานีไป โดยค่าที่ขาดหายไปนี้มีความสำคัญอย่างมากเมื่อต้องการคำนวณการไหลเวียนของกระแสน้ำ เช่น สถานีที่ 11 เป็นต้น ซึ่งควรแก้ไขวิธีการเก็บตัวอย่างในครั้งต่อไป โดยการกำหนดสถานีที่ต้องการเก็บตัวอย่างไว้ก่อนล่วงหน้า โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งก่อน เพื่อเก็บตัวอย่างจากสถานีที่พบว่าน้ำแบ่งชั้นในระดับที่ตื้นที่สุด แล้วเก็บตัวอย่างจากทุก ๆ สถานีที่มีความลึกมากกว่าสถานีที่ถูกกำหนดไว้ นั่น นอกจากนี้อควรมีการวิเคราะห์หา activity ของ Th-230 ในมวลน้ำทั้งในรูปของการละลายและอนุภาคแขวนลอย และสัดส่วนระหว่าง Ra-226 กับ Th-230 ในตะกอนของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณฟลักซ์ของ Ra-226 ในมวลน้ำแต่ละสถานีที่เก็บตัวอย่างน้ำทะเลชั้นล่างของอ่าวไทย ซึ่งจะทำให้ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของมวลน้ำและสัมประสิทธิ์การแพร่ที่คำนวณได้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น