



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (รังสีประยุกต์และไอโซโทป)

ปริญญา

รังสีประยุกต์และไอโซโทป

รังสีประยุกต์และไอโซโทป

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ปริมาณรังสีรวมแอลฟาและบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน
จากบริเวณระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน

Gross Alpha and Beta Activities in Sea Water, Sediment and Plankton in the Coastal
Ecosystem: The Upper Gulf of Thailand

นามผู้วิจัย นางสาวศรียุญา วงษ์สนธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ.ดร.อาจารย์พรณี พัดคง, M.S.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ยุทธนา ตุ่มน้อย, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันวิสา สดประเสริฐ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รศ.ดร.อาจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสีทจี มทวทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ปริมาณรังสีรวมแอลฟาและบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนจากบริเวณระบบนิเวศ
ชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน

Gross Alpha and Beta Activities in Sea Water, Sediment and Plankton in the Coastal Ecosystem: The
Upper Gulf of Thailand

โดย

นางสาวศรียุญา วงษ์สนธิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (รังสีประยุกต์และไอโซโทป)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศรีสัญญา วงษ์สนธิ 2553: ปริมาณรังสีรวมแอลฟาและบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และ
แพลงตอนจากบริเวณระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
(รังสีประยุกต์และไอโซโทป) สาขารังสีประยุกต์และไอโซโทป ภาควิชารังสีประยุกต์และ
ไอโซโทป อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์พรณี พักคง, M.S. 119 หน้า

ตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน จากสถานีเก็บตัวอย่าง 10 สถานีบริเวณอ่าวไทย
ตอนบน จังหวัดชลบุรี เก็บตัวอย่าง 5 ครั้งทุก 3 เดือน ผลการศึกษาค่าเวลาของการวัดที่แสดงค่าทาง
สถิติเหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ใช้ค่า 100 นาที และ
200 นาที ตามลำดับ ตะกอนดินใช้ค่าเท่ากัน 200 นาที และตัวอย่างแพลงตอนใช้ค่า 250 นาที และ 200
นาที ตามลำดับ ผลการศึกษา ค่าแก้ปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวม
แอลฟา ในชุดตัวอย่างน้ำทะเลที่มีน้ำหนักตะกอนช่วง 20 ถึง 75 มิลลิกรัม คือ $F_d = 0.0003w^2 -$
 $0.0414w + 1.692$ และพบว่า การวัดปริมาณรังสีรวมบีตาในชุดตัวอย่างที่มีน้ำหนักตะกอนช่วง 0.5 ถึง 50
มิลลิกรัม ค่าแก้ปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่างไม่มีอิทธิพลต่อการตรวจวัด

ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของห้ววัดรังสีของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างอยู่
ระหว่าง 2.41–4.98 เปอร์เซ็นต์ และ 2.41–8.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับค่าปริมาณ
กัมมันตภาพรังสีรวมแอลฟา และบีตาต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Minimum Detectable Activity,
MDA) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0438 Bq/weight ผลการตรวจวัดปริมาณรังสีพบว่าในช่วงฤดูน้ำน้อย (เดือน
ธันวาคม – เดือนพฤษภาคม) ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาเฉลี่ยในตัวอย่างน้ำทะเล คือ 0.14 ± 0.039
Bq/l และ 0.56 ± 0.023 Bq/l ตามลำดับ ตัวอย่างตะกอนดินคือ 0.73 ± 0.04 Bq/Kg และ 6.72 ± 0.07 Bq/Kg
ตามลำดับ ตัวอย่างแพลงตอนคือ 0.0080 ± 0.0023 Bq/l และ 0.1328 ± 0.0120 Bq/l ตามลำดับ ในช่วงฤดู
น้ำมาก (เดือนมิถุนายน – เดือนพฤศจิกายน) ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาเฉลี่ยในตัวอย่างน้ำทะเล
คือ 0.22 ± 0.043 Bq/l และ 0.92 ± 0.028 Bq/l ตามลำดับ ตัวอย่างตะกอนดินคือ 0.64 ± 0.04 Bq/l และ
 6.81 ± 0.07 Bq/l ตามลำดับ ตัวอย่างแพลงตอนคือ 0.0107 ± 0.0026 Bq/l และ 0.2007 ± 0.0136 Bq/l
ตามลำดับ

Sarinya Wongsanit 2010: Gross Alpha and Beta Activities in Sea Water, Sediment and Plankton in the Coastal Ecosystem: The Upper Gulf of Thailand. Master of Science (Applied Radiation and Isotopes), Major Field: Applied Radiation and Isotopes, Department of Applied Radiation and Isotopes. Thesis Advisor: Associate Professor Pannee Pakkong, M.S. 119 pages.

Sea water, sediment and plankton samples were collected from 10 stations on the Upper Gulf of Thailand, Chonburi province. Samples were collected total 5 times every 3 months. The result of the appropriate statistical time of gross alpha and beta counting in sea water sample were using 100 and 200 minutes respectively, sediment, were using same 200 minutes each, and plankton were using 250 and 200 minutes respectively. The result of the self-absorption correction factor of sea water sample for gross alpha in a weight series that range from 20 to 75 mg were $F_a = 0.0003w^2 - 0.0414w + 1.692$ and the factor does not influence the measurement of gross beta in the weight series range from 0.5 to 50 mg.

The average efficiency of the measurement of gross alpha and beta were range from 2.41 to 4.98 percent and from 2.41 to 8.96 percent, respectively. The Minimum Detectable Activity, MDA were averaged at 0.0438 Bq/weight. The measurement of gross alpha and beta in dry season (October-May) showed the average of 0.14 ± 0.039 Bq/l and 0.56 ± 0.023 Bq/l in the sea water samples, respectively, in sediment samples were 0.73 ± 0.04 Bq/Kg and 6.72 ± 0.07 Bq/Kg, respectively, in plankton samples were 0.0080 ± 0.0023 Bq/l and 0.1328 ± 0.0120 Bq/l respectively. During the wet season (June - November) the average of gross alpha and beta in sea water samples were 0.22 ± 0.043 Bq/l and 0.92 ± 0.028 Bq/l, respectively, in sediment samples were 0.64 ± 0.04 Bq/Kg and 6.81 ± 0.07 Bq/Kg, respectively, in plankton samples were 0.0107 ± 0.0026 Bq/l and 0.2007 ± 0.0136 Bq/l, respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.พรรณิ พักคง ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร. ยุทธนา คุ้มน้อย กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในเรื่องการเรียน การค้นคว้าวิจัย การวางแผนงาน ตลอดจนการตรวจวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทปทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำสิ่งต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ขอขอบคุณสถานีวิจัยประมงศรีราชา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการเก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณวีรกิจ จรเกตุ ที่ให้ความดูแลและให้คำแนะนำด้านกระบวนการเก็บตัวอย่าง และขอขอบคุณนางสาวธาราณี อนันตคุณูปกร ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์

ขอขอบคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่มอบเงินทุนสนับสนุนการดำเนินงานกิจกรรม ภายใต้โครงการความร่วมมือในการผลิตนักวิจัย และพัฒนา ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี งานวิจัยนี้สำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่ช่วยอบรมส่งเสริม และให้กำลังใจตลอดการดำเนินการเรียนและการทำงานวิจัย ลูกจะไม่ลืมพระคุณทุกท่านที่เคยอบรมด้วยความรักอย่างยิ่งเลย ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ลูกขอมอบให้ท่านด้วยความเคารพรักอย่างยิ่ง

ศรีัญญา วงษ์สนิท

กันยายน 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	32
ผล	32
วิจารณ์	78
สรุปและข้อเสนอแนะ	81
สรุป	81
ข้อเสนอแนะ	83
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	84
ภาคผนวก	88
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	119

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พิกัดจุดของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 10 สถานีในพื้นที่อำเภอไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี	21
2	ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อำเภอไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี	49
3	ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อำเภอไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี	50
4	ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อำเภอไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี	52
5	ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อำเภอไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี	53
6	ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างแพลงตอน จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อำเภอไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี	55
7	ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างแพลงตอน จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อำเภอไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี	56
8	ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่า DO (dissolved oxygen, mg/l) ค่าปริมาณความเค็ม (Salinity, ppt) และอุณหภูมิ (Temperature, °c) จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อำเภอไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี	70
ตารางผนวกที่		
1	การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2551	89
2	การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนตุลาคม 2551	90

สารบัญตาราง (ต่อ)

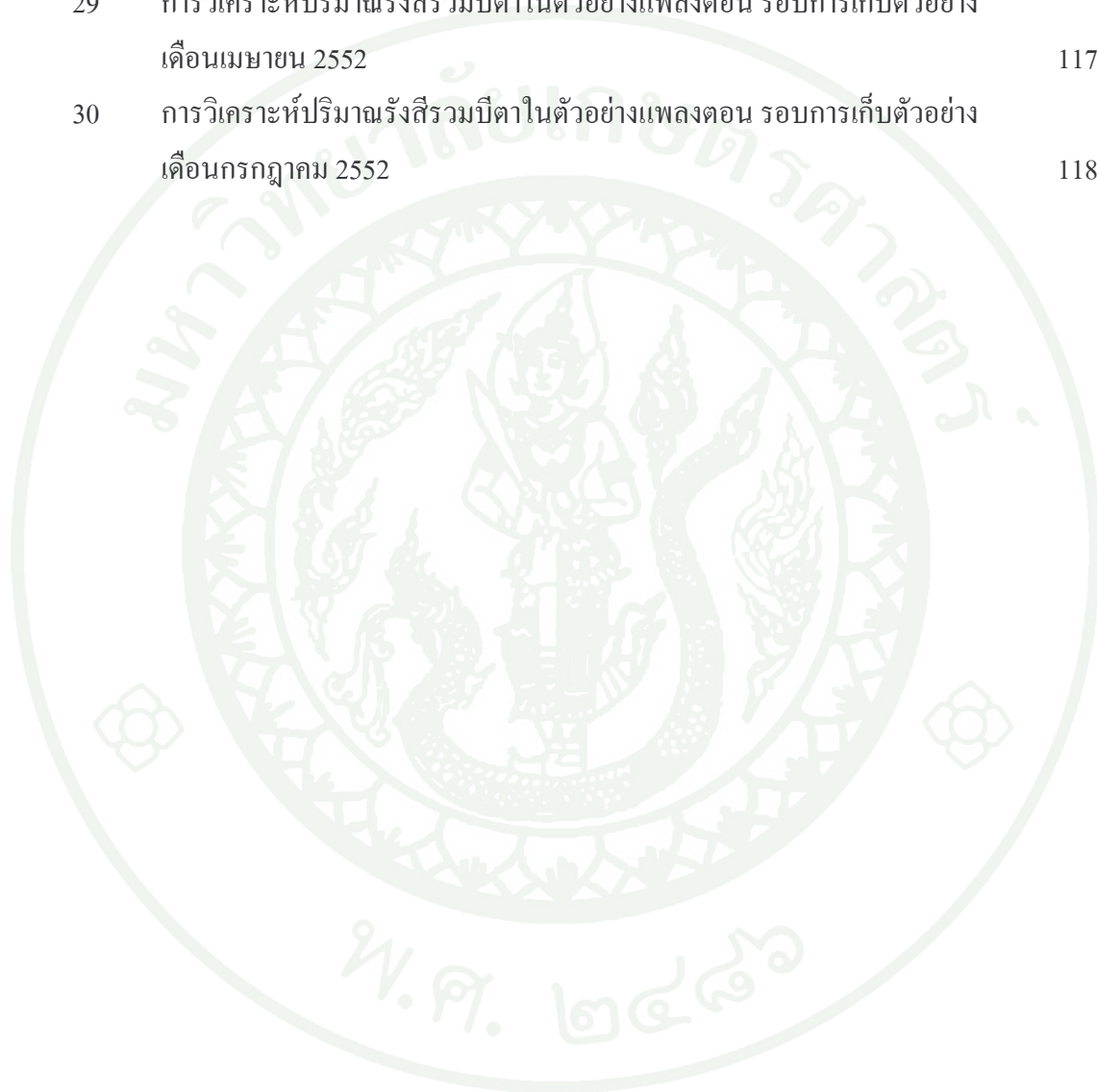
ตารางผนวกที่	หน้า
3 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนมกราคม 2552	91
4 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนเมษายน 2552	92
5 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2552	93
6 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือน กรกฎาคม 2551	94
7 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือน ตุลาคม 2551	95
8 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือน มกราคม 2552	96
9 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือน เมษายน 2552	97
10 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือน กรกฎาคม 2552	98
11 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2551	99
12 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนตุลาคม 2551	100
13 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนมกราคม 2552	101
14 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนเมษายน 2552	102
15 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2552	103

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
16 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2551	104
17 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนตุลาคม 2551	105
18 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนมกราคม 2552	106
19 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนเมษายน 2552	107
20 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2552	108
21 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2551	109
22 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนตุลาคม 2551	110
23 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนมกราคม 2552	111
24 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนเมษายน 2552	112
25 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2552	113
26 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2551	114
27 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนตุลาคม 2551	115
28 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนมกราคม 2552	116

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
29 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนเมษายน 2552	117
30 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่าง เดือนกรกฎาคม 2552	118



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การไหลเวียนของน้ำในอ่าวไทยจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้	8
2	การไหลเวียนของน้ำในอ่าวไทยจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	9
3	พื้นที่การเก็บตัวอย่าง	22
4	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาโดยวิธีการตกตะกอนร่วม	25
5	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาโดยวิธีการตกตะกอนร่วม	27
6	ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล	33
7	ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล	35
8	ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน	37
9	ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน	39
10	ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างแพลงตอน	41
11	ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างแพลงตอน	43
12	ค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตะกอนของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล	46
13	ค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตะกอนของการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล	47
14	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือนกรกฎาคม 2551	58
15	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือนตุลาคม 2551	59
16	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือน มกราคม 2552	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และ แพลงตอนในเดือน เมษายน 2552	61
18	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และ แพลงตอนในเดือน กรกฎาคม 2552	62
19	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลง ตอนในเดือน กรกฎาคม 2551	63
20	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลง ตอนในเดือน ตุลาคม 2551	64
21	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลง ตอนในเดือน มกราคม 2552	65
22	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลง ตอนในเดือน เมษายน 2552	66
23	การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลง ตอนในเดือน กรกฎาคม 2552	67
24	ปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเลจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง	72
25	ปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างตะกอนดินจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง	73
26	ปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างแพลงตอนจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง	74
27	ปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเลจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบ ใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง	75
28	ปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างตะกอนดินจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง	76
29	ปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างแพลงตอนจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง	77

ปริมาณรังสีรวมแอลฟาและบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนจากบริเวณ ระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน

Gross Alpha and Beta Activities in Sea Water, Sediment and Plankton in the Coastal Ecosystem: The Upper Gulf of Thailand

คำนำ

ธาตุกัมมันตรังสีที่พบในระบบนิเวศทางทะเลนั้นมีแหล่งที่มาจากสองแหล่งกำเนิดหลักคือ แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติ (natural radionuclides) และแหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (artificial radionuclides) แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติเป็นแหล่งกำเนิดรังสีที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม มาจากธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นพร้อมกับกำเนิดของโลก โดยเป็นองค์ประกอบของหิน ดิน แร่ธาตุต่างๆ ซึ่งประกอบกันเป็นเปลือกโลก ส่วนใหญ่เป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีมวลมาก มีค่าครึ่งชีวิตที่ยาวนาน และอีกแหล่งหนึ่งคือนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากรังสีคอสมิก เกิดขึ้นเนื่องจากรังสีคอสมิกที่ส่งผ่านมาจากนอกโลก เข้าทำปฏิกิริยากับนิวไคลด์ต่างๆในบรรยากาศโลก ก่อให้เกิดนิวไคลด์กัมมันตรังสีขึ้น ส่วนแหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้นนั้น มีแหล่งที่มาจากกิจกรรมการรังสรรค์อุปกรณ์ และเครื่องมือ ที่สร้างขึ้นโดยใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์ หรือใช้นิวไคลด์กัมมันตรังสีเป็นองค์ประกอบร่วมในการใช้งาน สร้างขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร พลังงาน หรือ ยุทธโประกรณ์สงคราม

ผลของการใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์เหล่านี้ บางกรณีก็เป็นที่ทำให้เกิดมีการปลดปล่อยนิวไคลด์กัมมันตรังสีสู่สิ่งแวดล้อม (Yuanyi *et al.*, 2007) เช่น การทดลองอาวุธนิวเคลียร์ การจุดกระสวยอวกาศ การใช้ประโยชน์จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ และการเกิดอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ จากเหตุการณ์ดังกล่าวเมื่อนิวไคลด์กัมมันตรังสี มีการเคลื่อนที่ผ่านกระบวนการเคลื่อนย้ายของระบบนิเวศทางน้ำ ดิน และอากาศ ผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเหล่านี้ได้ก่อให้เกิดโอกาสที่นิวไคลด์กัมมันตรังสีจะเคลื่อนย้ายสู่ระบบนิเวศทางทะเล ทำให้เกิดการศึกษผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการที่นิวไคลด์กัมมันตรังสีเข้าทำอันตรกิริยา หรือเกิดการสะสมในน้ำทะเล ตะกอนดิน หรือสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทางทะเลขึ้น (International Atomic Energy Agency [IAEA], 1997)

การเคลื่อนที่ของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซึ่งเกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ และส่งผ่านไปยังระบบนิเวศทางทะเลนั้น ได้มีการศึกษาอย่างเป็นระบบต่อเนื่องตั้งแต่การเกิดอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ขึ้นที่โรงไฟฟ้าเชอร์โนบีล ประเทศสหภาพโซเวียต (ปัจจุบันเปลี่ยนเป็นสหพันธรัฐรัสเซีย) เมื่อปีคริสต์ศักราช 1986 โดยมาจากการตื่นตัวของระบบเฝ้าระวังที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ การประเมินเบื้องต้นพบว่านิวไคลด์กัมมันตรังสีที่ปลดปล่อยออกมาจำนวนมากเคลื่อนย้ายไปสะสมอยู่ที่ระบบนิเวศทางทะเล (Mahapanyawong et al, 1992)

ในกรณีศึกษาของประเทศไทย ได้มุ่งการสำรวจตรวจสอบเบื้องต้นไปที่บริเวณอ่าวไทยตอนบน ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของทะเลจีนใต้ที่ดำเนินการสำรวจและประเมินผลเบื้องต้นว่าได้รับผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ รวมถึงการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ โดยเฉพาะบริเวณระบบนิเวศชายฝั่ง ซึ่งเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญต่อประชาชนหลายล้านคนบนโลก เพราะการดำเนินชีวิตของผู้คนเหล่านั้นได้มีการอิงอาศัยกับระบบนิเวศ เช่น การทำประมงชายฝั่ง การใช้ประโยชน์จากป่าไม้โกงกาง นอกจากนี้ระบบนิเวศชายฝั่งยังมีความหลากหลายทางชีวภาพอยู่ในระดับสูง ดังนั้นระบบนิเวศชายฝั่งจึงอยู่มีความสำคัญระดับต้นๆ ในการสำรวจผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการสะสมของนิวไคลด์กัมมันตรังสี

นิวไคลด์กัมมันตรังสีจากแหล่งกำเนิดในธรรมชาติในระบบนิเวศทางทะเล ประกอบไปด้วยนิวไคลด์ที่สลายตัวให้รังสีแอลฟา และรังสีบีตาเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างเช่น ^{238}U , ^{226}Ra , ^{216}Pb , ^{228}Ra , ^{40}K และอื่นๆ (Guersel et al, 2001) เช่นเดียวกับนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ^{137}Cs , ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ และอื่นๆ (Suarez-Navarro et al, 2001; Damla et al, 2005) ดังนั้นการตรวจวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา จึงเป็นปัจจัยที่ได้รับความสนใจในเบื้องต้นของการประเมินระดับปริมาณรังสีในสิ่งแวดล้อมทางทะเล

นิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ การเคลื่อนย้ายในระบบนิเวศทางทะเลจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีของธาตุ ในขณะที่การกระจายตัวของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์จะขึ้นอยู่กับหลายตัวแปรเช่น ชนิดของแหล่งกำเนิด คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ ปัจจัยทางอินทรีย์และอนินทรีย์ และสภาพทางสมุทรศาสตร์ในขณะที่มีการเคลื่อนย้าย (IAEA, 1997) ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเช่นการเคลื่อนย้ายของพลูโตเนียม และอเมอริเซียมสู่ระบบนิเวศทางทะเล โดยสาเหตุจากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ และอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ จะมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากการเคลื่อนย้ายผ่านการเคลื่อนที่ของฝุ่นกัมมันตรังสี หรือจากกระบวนการกินสภาพเชื้อเพลิงใช้แล้ว ใน

กรณีของการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ และอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ นิวไคลด์กัมมันตรังสีจะไม่ถูกจำกัดระดับ และจะเกิดการสะสมอย่างต่อเนื่องไปยังระบบอื่น เช่นจากน้ำ ไปสู่ตะกอนดิน (English *et al*, 1994; IAEA, 1997)

ในกระบวนการวิจัยของการศึกษาในครั้งนี้ จะดำเนินการตรวจสอบปริมาณรังสีที่มีอยู่ในสามกลุ่มตัวอย่าง คือตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในกระบวนการศึกษาเรื่องนิวไคลด์กัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อมทางทะเล (Environmental Protection Agency [EPA], 2002) โดยทำการศึกษารอบปีครอบคลุมสองฤดูกาลหลัก คือ ฤดูน้ำน้อย คือ ช่วงเดือนธันวาคมถึงพฤษภาคม และฤดูน้ำมากคือช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาระดับปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา จากตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน ในบริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน
2. ศึกษาและสร้างฐานข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาของบริเวณพื้นที่ระบบนิเวศชายฝั่ง และระบบนิเวศไหล่ทวีป
3. ศึกษาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ที่เกิดขึ้นในหนึ่งรอบปีของการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน ในบริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน

การตรวจเอกสาร

1. อ่าวไทย

1.1. สภาพภูมิศาสตร์ ลักษณะภูมิประเทศ และภูมิพื้นฐาน

อ่าวไทยเป็นน่านน้ำที่อยู่ในทะเลจีนใต้ มหาสมุทรแปซิฟิก ล้อมรอบด้วยประเทศไทย มาเลเซีย กัมพูชา และเวียดนาม อ่าวไทยตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 6° - 13° , 30° N และลองจิจูดที่ 99° - 105° อ่าวไทยมีพื้นที่ 300,858.76 ตารางกิโลเมตร เขตแดนของอ่าวไทยกำหนดด้วยเส้นที่ลากจากแหลมกาเมาหรือแหลมญวนทางตอนใต้ของเวียดนาม ไปยังเมืองโกตาบารูในชายฝั่งมาเลเซีย ซึ่งอยู่ห่างกัน 381 กิโลเมตร โดยจุดเหนือสุดของอ่าวไทย ตรงปากแม่น้ำเจ้าพระยา นิยมเรียกกันว่า "อ่าวประวัติศาสตร์รูปตัว ก" ซึ่งต่างชาติเรียก "อ่าวกรุงเทพฯ" (Mahapanyawong *et al.*, 1992) ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยทอดยาว 1,840 กิโลเมตร มีความลึกเฉลี่ย 45 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นทะเลน้ำตื้น จุดที่ลึกที่สุดลึกเพียง 80 เมตร จึงทำให้การแลกเปลี่ยนระหว่างน้ำจืดกับน้ำเค็มเป็นไปอย่างเชื่องช้า ในประเทศไทยแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่อ่าวไทยประกอบไปด้วยแม่น้ำสำคัญสี่สายคือ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำแม่กลอง น้ำจืดจำนวนมากที่ไหลมาจากแม่น้ำสายหลัก และแม่น้ำสายย่อยอื่นๆ ทำให้น้ำทะเลในอ่าวไทยมีระดับความเค็มต่ำประมาณร้อยละ 3.05-3.25 และมีตะกอนสูง แต่บริเวณที่ลึกกว่า 50 เมตร มีความเค็มสูงกว่านี้ประมาณร้อยละ 3.4% ซึ่งเกิดจากน้ำทะเลที่ไหลเข้ามาจากทะเลจีนใต้ (Polphong *et al.*, 1984)

ลักษณะภูมิประเทศของท้องทะเลในอ่าวไทยไม่ราบเรียบ แต่มีสัน (ridges) และแอ่ง (basins) มากมาย สันและแอ่งเหล่านี้วางตัวขนานกันไปในทางแนวเหนือ-ใต้ในลักษณะของ กราเบน (graben) และ half graben สันบริเวณเกาะกระ และจังหวัดนราธิวาสเป็นแนวแบ่งท้องทะเลอ่าวไทยออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านตะวันออก และด้านตะวันตก โดยด้านตะวันออกประกอบด้วยแอ่งที่สำคัญ 2 แอ่ง คือ แอ่งปัตตานี และแอ่งมาเลย์ ซึ่งตะกอนที่สะสมตัวในสองแอ่งนี้เป็นตะกอนพื้นทวีปในยุคเทอร์เชียรี มีความหนาประมาณ 4 กิโลเมตร แอ่งในบริเวณนี้ ส่วนใหญ่เป็นแหล่งก๊าซธรรมชาติ (gas field) ที่สำคัญของประเทศ เช่น แหล่งบงกช แหล่งจักรวาล แหล่งฟูนัน เป็นต้น ส่วนด้านตะวันตกของท้องทะเลอ่าวไทยประกอบด้วยแอ่งขนาดเล็กประมาณ 10 แอ่ง ตะกอนเทอร์เชียรี ที่สะสมตัวนั้นอยู่ในระดับตื้น มีความหนาประมาณ 300 เมตร แอ่งที่สำคัญและพบแหล่งปิโตรเลียมได้แก่ แอ่งชุมพรและแอ่งสงขลา เป็นต้น สำหรับแอ่งอื่นๆ ได้แก่ แอ่งหัวหิน แอ่งประจวบคีรีขันธ์ แอ่งกระดำนตะวันตก

และแอ่งกระด้นตะวันออก แอ่งเทอร์เชียร์ในอ่าวไทยส่วนใหญ่เป็นแอ่งขนาดเล็ก ยกเว้นแอ่งหัวหิน แอ่งชุมพร แอ่งกระด้นตะวันตกและแอ่งปัตตานี ซึ่งมีพื้นที่มากกว่า 1,000 ตารางกิโลเมตร

บริเวณพื้นทะเลของอ่าวไทยประกอบไปด้วยองค์ประกอบร่วมของดินเหนียวและทราย ผสมกันอยู่ในสัดส่วนที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอาณาบริเวณพื้นที่ อ่าวไทยจัดประเภทเป็นอ่าวที่อยู่ตื้น เมื่อเทียบกับทะเลจีนใต้ และถือว่าอ่าวไทยเป็นอ่าวกึ่งปิดซึ่งตั้งอยู่บนไหล่ทวีปของมหาสมุทรแปซิฟิก

1.2. สภาพทางธรณีวิทยา

Polphong *et al.* (1984) และ Mahapanyawong *et al.* (1992) กล่าวว่าอ่าวไทยซึ่งติดต่อกับและอยู่ทางตะวันตกของทะเลจีนตอนใต้ เป็นแนวที่ต่อมาจากที่ราบภาคกลาง มีการสะสมตัวของชั้นตะกอนในสภาวะที่เป็นน้ำจืด ตั้งแต่สมัยโอลิโกซีนเป็นต้นมา ชั้นตะกอนหินหนาถึง 8,000 เมตร หรือกว่านั้น เพราะยังไม่มีมีการเจาะทะลุถึงชั้นล่างสุด นอกจากนั้นได้บริเวณอ่าวไทยปรากฏค่าความร้อนจากใต้พิภพสูงกว่าปกติ

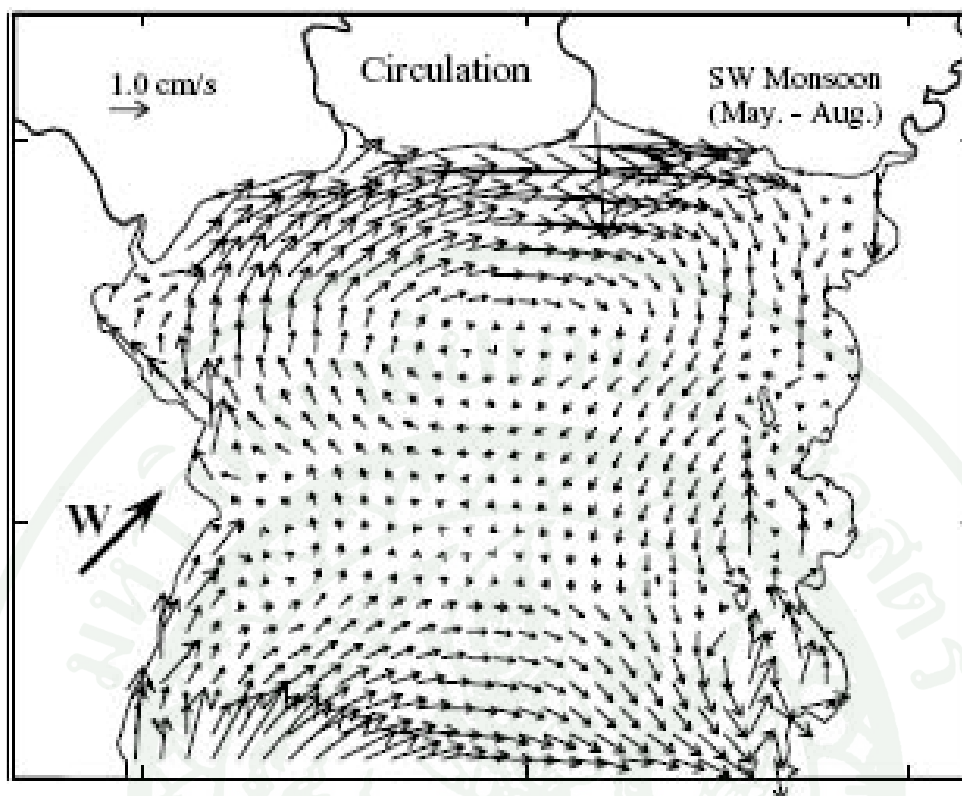
จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ และการเจาะสำรวจพบรอยเลื่อนในแนวเหนือใต้ ซึ่งเคลื่อนตัวตลอดเวลาในระหว่างการสะสมตัวของตะกอน มีการทรุด (rifting) ตั้งฉากกับแนวรอยเลื่อนปกติเหล่านี้ แต่เกี่ยวพันและสืบทอดมาจากแนวจุดอ่อนของแนวเลื่อนเจดีย์สามองค์ (sinistral Three Pagoda Fault Zone) ซึ่งมีแนวตะวันตกเฉียงเหนือและมีกำเนิดมาตั้งแต่มหายุคมีโซโซอิก หลักฐานของการเกิดธรณีฐานแบบแยก (extension tectonics) ซึ่งก่อให้เกิดอ่าวไทย เห็นได้จาก ฮอรัสต์ และกราเบน (horst and graben) ตลอดทิวเขาภาคเหนือและตะวันตก ที่ราบภาคกลางและทางเหนือขึ้นไปอีกในประเทศพม่าและลาว เป็นต้น รอยเลื่อนเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับการยกตัวของภูเขาและพื้นที่ข้างเคียง และตามด้วยการยกตัวของหินควอเทอร์นารี ขึ้นมาอยู่ในระดับสูง ซึ่งอาจแสดงถึงการยกตัวอย่างรวดเร็วในยุคควอเทอร์นารี

ในบริเวณอ่าวไทยประกอบด้วยแอ่งสะสมตัวของหิน ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างปลายยุคครีเทเชียส-เทอร์เชียร์ โดยมีการเลื่อนเป็นบล็อกในแนวเหนือใต้เนื่องจากอิทธิพลการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอินเดียชนกับแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย เป็นเหตุให้แผ่นดินส่วนกลางของประเทศบริเวณอ่าวไทยเปิดกว้างมากขึ้นตามลำดับตั้งแต่สมัยโอลิโกซีนเป็นต้นมา แอ่งเทอร์เชียร์ในอ่าวไทยแบ่งออกได้

เป็น 2 ส่วน ได้แก่ส่วนตอนเหนือของอ่าวประกอบด้วยแอ่งปัตตานี (Pattani trough) ซึ่งเป็นแอ่งใหญ่สุด ลักษณะยาวรี วางตัวแนวเหนือ-ใต้ มีความกว้างประมาณ 70 กิโลเมตร และยาวประมาณ 400 กิโลเมตร มีชั้นหินยุคเทอร์เชียรีหนาประมาณ 8,000 เมตร วางตัวแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องอยู่บนหินแกรนิตยุคครีเทเชียสและหินแปรมหายุคพาโลโซอิก โดยตะกอนที่สะสมตัวช่วงสมัยโอลิโกซีนนั้นเกิดในสภาวะที่เป็นทะเลสาบและช่วงสมัยไมโอซีนเกิดการสะสมตามทางน้ำและบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ แอ่งปัตตานีประกอบด้วยแอ่งย่อยหลายๆ แอ่ง อาทิ แอ่งเอร์วาน แอ่งปลาทอง แอ่งไพลินและแอ่งบรรพต เป็นต้น สำหรับบริเวณอ่าวไทยตอนใต้เป็นแอ่งมาเลย์เหนือซึ่งเป็นแอ่งเทอร์เชียรีขนาดใหญ่ครอบคลุมพื้นที่เขตแดนไทยและทางตอนเหนือของมาเลเซีย ลักษณะของแอ่งเป็นรูปยาวรีวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ อยู่เอียงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของแอ่งปัตตานี มีการสะสมตะกอนในสภาวะแวดล้อมเช่นเดียวกับแอ่งปัตตานี และมีความหนาถึง 8,000 เมตรเช่นกัน ประกอบด้วยแอ่งย่อยต่างๆ อาทิ แอ่ง บงกช แอ่งบุษบง และแอ่งต้นสัก เป็นต้น อนึ่งทางด้านตะวันตกของอ่าวไทยใกล้จังหวัดชุมพรยังมีแอ่งเทอร์เชียรีขนาดย่อมอีกแห่งคือแอ่งชุมพร มีชั้นหินเทอร์เชียรีหนาประมาณ 4,000-5,000 เมตร แอ่งเทอร์เชียรีในอ่าวไทยเป็นแหล่งทรัพยากรก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบที่สำคัญของประเทศ

1.3. การไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบน

จากงานวิจัยของ อนุกุล (2551) กล่าวถึงการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนว่าข้อมูลการไหลเวียนของน้ำเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาการแพร่กระจายของสารละลายและตะกอนแขวนลอยในอ่าวไทย โดยปกติแรงขับเคลื่อนที่ก่อให้เกิดการไหลเวียนของน้ำ มี 4 ประการ คือ น้ำขึ้น-น้ำลง ลมเหนือผิวน้ำ น้ำท่า และความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำ โดยการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยได้รับอิทธิพลจากลมเป็นหลัก โดยลมและกระแสน้ำทำให้น้ำท่าผสมผสานกับน้ำทะเล เกิดเป็นชั้น Ekman layer หนา 30-50 เมตร ลอยอยู่เหนือน้ำทะเลที่มีความเค็มมากกว่า

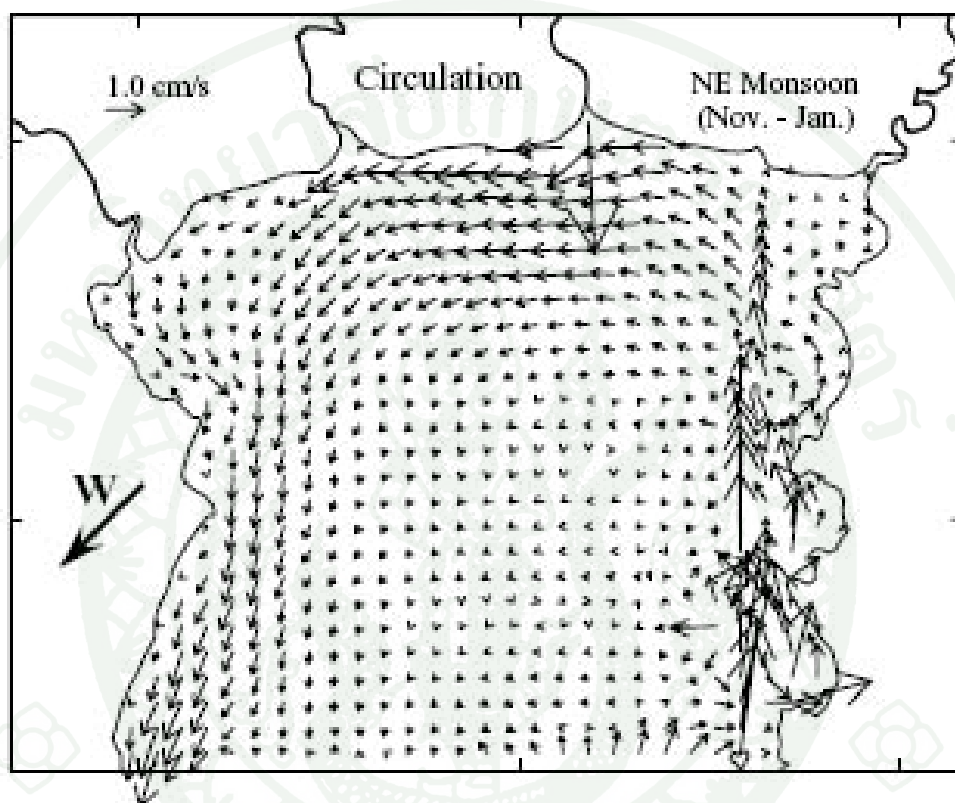


ภาพที่ 1 การไหลเวียนของน้ำในอ่าวไทยจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ที่มา: อนุกุล (2551)

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม-กันยายน) พัดพาน้ำชั้นบนออกไปจากอ่าวไทย ทำให้ระดับน้ำทะเลทั่วทั้งอ่าวต่ำลง เกิด Upwelling ของน้ำชั้นล่างที่ชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันตก บางบริเวณ และที่ด้านในสุดของอ่าวไทยตอนล่าง กระแสน้ำไหลแยกตัวออกจากกัน ทำให้เกิด Upwelling บริเวณกลางอ่าวเช่นกัน น้ำจากทะเลจีนใต้ไหลเข้าอ่าวไทยทางฝั่งตะวันออกของปากอ่าวไทยทุกระดับความลึก โดยน้ำไหลเข้ามาได้ระยะทางหนึ่งแล้วไหลวนออกทะเลจีนใต้ทางฝั่งตะวันตกของปากอ่าวเป็นลักษณะน้ำไหลแบบทวนเข็มนาฬิกา มีน้ำไหลเป็นวงแบบตามเข็มนาฬิกาที่ด้านในสุดของอ่าวไทยตอนล่าง ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นการเปลี่ยนถ่ายน้ำชั้นล่างของอ่าวไทยจากการเกิด Upwelling และการได้รับน้ำใหม่จากทะเลจีนใต้ทางฝั่งตะวันออกของปากอ่าวไทย

ช่วงเปลี่ยนฤดูลมมรสุมในเดือนตุลาคม สถานการณ์ยังคงคล้ายกับช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ความเร็วลมลดลงทำให้ขบวนการ Upwelling ลดน้อยลง น้ำชั้นบนมีการไหลเวียนแบบทวนเข็มนาฬิกาทั้งอ่าว ในขณะที่น้ำระดับล่างลงไปยังมีการไหลเวียนเป็นวงแบบตามเข็มนาฬิกาที่ด้านในของอ่าวไทย



ภาพที่ 2 การไหลเวียนของน้ำในอ่าวไทยจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ที่มา: อนุกุล (2551)

ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) มีน้ำจากทะเลจีนใต้พัดเข้าสู่อ่าวไทยรวมทั้งน้ำท่าจากแม่น้ำโขงด้วย หากน้ำท่าออกมาล่าช้ากว่าปกติ มวลน้ำที่ล้นพัดเข้ามาทำให้ระดับน้ำในอ่าวเพิ่มสูงขึ้น เกิดน้ำทะเลหนุนที่ปากแม่น้ำที่กั้นอ่าวไทยตอนบน การเกิด Upwelling จะลดน้อยลง ส่วนในช่วงช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมในเดือนมีนาคม-เมษายน สถานการณ์ยังคงคล้ายกับฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ความเร็วของลมลดลงทำให้น้ำทะเลลดลงเช่นเดียวกัน

2. นิยามและความหมายของรังสี

รังสี (Radiation) คือ พลังงานรูปแบบหนึ่งที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิดเคลื่อนที่ผ่านไปในตัวกลาง ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ แสงสว่าง รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา เป็นต้น และ / หรือ ในลักษณะของอนุภาคที่มีความเร็วสูงเช่น รังสีคอสมิก รังสีแอลฟา และรังสีบีตา เป็นต้น

ธาตุกัมมันตรังสี (Radioactive element) คือ ธาตุพลังงานสูงกลุ่มหนึ่งที่สามารถแผ่รังสี แล้วกลายเป็นอะตอมของธาตุใหม่ได้ ส่วนกัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) เป็นปรากฏการณ์สลายตัวที่เกิดขึ้นเองของนิวเคลียสของอะตอมที่ไม่เสถียร ตามปกติแล้ว การที่อะตอมสลายตัว มักมีการแผ่รังสีติดตามมาด้วย เช่น รังสีแอลฟา บีตา และแกมมา เป็นต้น โดยทั่วไปมักเรียกสั้นๆ ว่า "กัมมันตภาพ" ปริมาณกัมมันตภาพหรือปริมาณสารรังสี เรียกว่า "ความแรงรังสี" (activity) มีหน่วยวัดเป็น เบ็กเคอเรล (Becquerel; Bq) โดยที่ 1 เบ็กเคอเรล เท่ากับการสลายตัวของสารรังสี 1 อะตอมในหนึ่งวินาที (1 disintegration per second, dps) ผู้ค้นพบปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสี คือ อองรี เบ็กเคอเรล ชาวฝรั่งเศส ซึ่งได้ค้นพบเมื่อปี พ.ศ.2439

3. แหล่งกำเนิดรังสี

ธาตุกัมมันตรังสีที่พบในระบบนิเวศนั้นมีแหล่งที่มาจากสองแหล่งกำเนิดหลักคือ แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติ (natural radionuclides) และแหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (artificial radionuclides) แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติเป็นแหล่งกำเนิดรังสีที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม ส่วนแหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้นนั้น มีแหล่งที่มาจากการรังสรรค์อุปกรณ์ และเครื่องมือ ที่สร้างขึ้นโดยใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์ หรือใช้นิวไคลด์กัมมันตรังสีเป็นองค์ประกอบร่วมในการใช้งาน สร้างขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร พลังงาน หรือ ยุทธโศปกรณ์สงคราม

3.1 แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติ (Natural sources of radiation)

แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติเป็นแหล่งกำเนิดรังสีที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบๆตัว ซึ่งมนุษย์จะได้รับรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติทั้งทางตรงและทางอ้อม และหลีกเลี่ยงการได้รับ

รังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีประเภทนี้ไม่ได้ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพต่างๆ การได้รับรังสีมีค่าน้อยต่างกันก็ขึ้นอยู่กับสถานที่อยู่อาศัย ลักษณะนิสัย และอาชีพ แหล่งกำเนิดรังสีในธรรมชาติมีทั้งแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่นอกโลก คือ รังสีคอสมิก และแหล่งกำเนิดรังสีในพื้นที่กำเนิดขึ้นมาพร้อมกับโลก คือ ในอนุกรมยูเรเนียม และทอเรียม เช่น ^{228}Th , ^{226}Ra และ ^{222}Rn เป็นต้น รังสีคอสมิกเป็นรังสีที่มีต้นกำเนิดจากภายนอกโลก ซึ่งอาจจะมาจากดวงอาทิตย์หรือจากอวกาศภายนอกโลก ในระดับพื้นดินทั่วไปปริมาณรังสีภายนอกร่างกายที่ประชาชนได้รับจากรังสีคอสมิกจะค่อนข้างคงที่ไม่่ว่าจะอยู่ที่ใด กล่าวคือมีค่าประมาณ 30 นาโนเกรย์ต่อชั่วโมง แต่ปริมาณรังสีนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก หากอยู่ในพื้นที่ที่สูงจากระดับน้ำทะเลมาก โดยจะเพิ่มสูงขึ้นสองเท่าที่ระดับ 1500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และสำหรับผู้โดยสารอยู่ในพื้นที่บางแห่งที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก เช่น ที่นครเม็กซิโก และเตหะรานจะได้รับปริมาณรังสีสูงกว่าปกติประมาณ 2 ถึง 3 เท่า รังสีคอสมิกจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ รังสีคอสมิกปฐมภูมิ (primary cosmic rays) และรังสีคอสมิกทุติยภูมิ (secondary cosmic rays)

รังสีคอสมิกปฐมภูมิต้นนิยฐานว่าเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการสลายตัวและการรวมตัวกันของอนุภาคและอะตอมต่างๆ ของดวงดาวในจักรวาล ทำให้เกิดการระเบิดอย่างรุนแรงและปลดปล่อยรังสีคอสมิกปฐมภูมิ ซึ่งประกอบไปด้วยอนุภาคต่างๆ เช่น โปรตอน อิเล็กตรอน นิวตรอน โพสิตรอน และนิวเคลียสของธาตุต่างๆ เช่น ไฮโดรเจน ฮีเลียม ออกซิเจน คาร์บอน นีออน ส่วนใหญ่จะเป็นนิวเคลียสของธาตุที่มีเลขเชิงอะตอมต่ำกว่า 50 รังสีคอสมิกปฐมภูมิมีพลังงานสูงมากในหน่วย GeV มีอายุเฉลี่ยถึง 200 ล้านปี การศึกษารายละเอียดองค์ประกอบของรังสีคอสมิกปฐมภูมิจึงสามารถทำได้ค่อนข้างยาก

รังสีคอสมิกทุติยภูมิเกิดขึ้นจากการแผ่รังสีทุกชนิด รวมทั้งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ระหว่างรังสีคอสมิกปฐมภูมิกับอะตอมของแก๊สต่างๆ เมื่อรังสีคอสมิกปฐมภูมิเข้าสู่บรรยากาศของโลก โดยไม่คำนึงว่าจะเป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้ง ผลจากปฏิกิริยาของรังสีคอสมิกทำให้เกิดนิวไคลด์กัมมันตรังสีมากมาย เช่น ^{14}C และ ^3H ซึ่งเกิดขึ้นจากอนุภาคนิวตรอนเข้าทำปฏิกิริยากับ ^{14}N และ ^6Li ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีนิวไคลด์อื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากรังสีคอสมิกอีกเช่น ^{10}Be , ^{26}Al , ^{80}Kr , ^{32}Si และ ^{24}Na โดย ^{14}C , ^3H , ^{22}Na และ ^7Be เป็นนิวไคลด์ที่มีความเกี่ยวข้องกับมนุษย์มากที่สุด (GE Nuclear Energy, 1989)

สำหรับแหล่งกำเนิดรังสีในพื้นที่ดินที่กำเนิดขึ้นมาพร้อมกับโลกโดยส่วนมากเป็นองค์ประกอบของ หิน ดิน แร่ธาตุต่างๆ ซึ่งประกอบกันเป็นเปลือกโลก ส่วนใหญ่เป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีมวลมาก มีค่าครึ่งชีวิตยาว บางนิวไคลด์อาจมีค่าครึ่งชีวิตยาวถึงร้อยล้านปี นิวไคลด์กัมมันตรังสีเริ่มต้นที่เกิดขึ้นพร้อมกับกำเนิดของโลกนี้ มักมีการสลายตัวต่อเนื่องเป็นอนุกรมซึ่งอนุกรมของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเริ่มต้นแบ่งออกเป็นสี่อนุกรมคือ อนุกรมทอเรียม(Thorium series, $4n$ series) อนุกรมเนปทูเนียม (Neptunium series, $4n+1$ series) อนุกรมยูเรเนียม (Uranium series, $4n+2$ series) และอนุกรมแอกทิเนียม (Actinium series, $4n+3$ series)

3.2 แหล่งกำเนิดรังสีที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ (artificial radionuclides)

แหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (artificial radionuclides) ดังกล่าวมาแล้ว ตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่สอง และอุบัติเหตุที่เมืองเชอร์โนบิลเป็นต้นมา ประชาชนทั่วไปเริ่มรู้จักนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีกำเนิดมาจากการเกิดอุบัติเหตุและการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ ต่อมาเมื่อมีการนำสารกัมมันตรังสีมาใช้ในทางสันติ ความรู้เกี่ยวกับแหล่งกำเนิดนิวไคลด์กัมมันตรังสีจึงมีความหลากหลายมากขึ้นเช่น

3.2.1. แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางการแพทย์ ได้นำเอาสารกัมมันตรังสีมาใช้เป็นจำนวนมาก ทั้งด้านการตรวจวินิจฉัย (diagnosis) และการรักษา (therapy) เมื่อมีการประมวลแล้วพบว่ามีปริมาณรังสีเฉลี่ยที่คนได้รับเป็นอันดับสองรองจากปริมาณรังสีตามธรรมชาติ ก็คือปริมาณรังสีจากการแพทย์นั่นเอง

3.2.2. แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม ปัจจุบันนี้ การนำนิวเคลียร์เทคโนโลยีมาใช้ในอุตสาหกรรมกำลังเป็น เทคโนโลยีที่นำหน้า ทั้งนี้เพราะผลการดำเนินงานหลายอย่างได้พิสูจน์แล้วว่าคุ้มค่า สามารถทำให้ประหยัดได้ และสำหรับงานบางอย่างไม่สามารถดำเนินการได้โดยไม่ใช้นิวเคลียร์เทคโนโลยี เช่น การตรวจสอบอิเล็กทรอนิกส์ด้วยกัมมาเรย์-85 เป็นต้น

3.2.3. การทดลองอาวุธนิวเคลียร์ จากการใช้ระเบิดนิวเคลียร์ในสงครามโลกครั้งที่สอง และหลังจากนั้นยังมีการทดลองระเบิดในบรรยากาศ และในมหาสมุทรอีกหลายครั้งจนกระทั่งมีการลง

นามขุติการทดลองระเบิดในบรรยากาศ แต่สารกัมมันตรังสีที่ตกค้างอยู่และมีครึ่งชีวิตยาวจะคงมีผลอยู่ แม้ว่าจะลดลงไปมากแล้วในปัจจุบัน

3.2.4. การผลิตพลังงานโดยนิวเคลียร์ ในการนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ผลิตความร้อน และกระแสไฟฟ้า โดยเริ่มตั้งแต่ การสำรวจแหล่งแร่ การทำเหมือง การถลุงให้บริสุทธิ์ การนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และการจัดการกากที่เหลือ กระบวนการเหล่านี้จะต้องมีการจัดการที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและประชาชนทั่วไปได้รับรังสีน้อยที่สุดตามหลักของ ALARA (As Low As Reasonably Achievable) และต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด (Dose Limit)

3.2.5. อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆในชีวิตประจำวัน การใช้อุปกรณ์ต่างๆ อุปกรณ์เครื่องมือ และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน อาจมีธาตุกัมมันตรังสีเป็นองค์ประกอบ เช่น นาฬิกาพรายน้ำ กระเบื้องเซรามิก อิฐ คอนกรีต นอกจากนี้ยังอาจได้รับรังสีจากจอโทรทัศน์ และรังสีเอ็กซเรย์ที่ใช้เพื่อรักษาความปลอดภัยอีกด้วย

4. การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี

การที่ธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวโดยการแผ่รังสีได้นั้นเป็นเพราะนิวเคลียสของธาตุไม่เสถียร เนื่องจากมีพลังงานส่วนเกินอยู่ภายใน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องถ่ายเทพลังงานส่วนเกินนี้ออกไป เพื่อให้นิวเคลียสเสถียรในที่สุด พลังงานส่วนเกินที่ปล่อยออกมาอยู่ในรูปของอนุภาคหรือรังสีต่าง ๆ เช่น อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา รังสีแกมมาและไอโซโทปที่เสถียร

จากการศึกษาไอโซโทปของธาตุจำนวนมาก พบว่าไอโซโทปที่นิวเคลียสมีอัตราส่วนระหว่างจำนวนนิวตรอนต่อโปรตอนไม่เหมาะสม คือนิวเคลียสที่มีจำนวนนิวตรอนมาก หรือน้อยกว่าจำนวนโปรตอนมักจะไม่มีเสถียร และจะมีการแผ่รังสีออกมาจนได้ไอโซโทปของธาตุใหม่ที่เสถียรกว่า นอกจากนั้นยังพบว่าจำนวนโปรตอนและนิวตรอนที่เป็นจำนวนคู่ หรือคี่ในนิวเคลียสนั้น มีความสัมพันธ์กับความเสถียรภาพของนิวเคลียสด้วย กล่าวคือ ไอโซโทปของธาตุที่มีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเป็นเลขคู่ จะเสถียรกว่าไอโซโทปของธาตุที่มีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเป็นเลขคี่ การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีนั้นสามารถจัดประเภทได้ดังต่อไปนี้

- 4.1 α -decay;
- 4.2 β -decay with subdivision
 - 4.2.1 β^- -decay
 - 4.2.2 β^+ -decay and electron capture(EC);
- 4.3 γ -decay, also emission of conversion or Auger electrons;
- 4.4 Spontaneous fission;
- 4.5 Proton-decay;
- 4.6 Emission of heavier particles. (Keller, 1988)

5. นิวไคลด์กัมมันตรังสีตัวแทนในระบบการตรวจวัดทางสิ่งแวดล้อม

ในกรณีของการประเมินผลกระทบของกัมมันตภาพรังสีต่อสิ่งแวดล้อม นิวไคลด์กัมมันตรังสีที่อ้างอิงใช้ในการตรวจสอบเบื้องต้นของการประเมินผลกระทบมีทั้งหมด 13 นิวไคลด์ คือ Cesium, Strontium, Iodine, Technetium, Plutonium, Americium, Potassium, Carbon, Hydrogen, Uranium, Radium, Thorium และ Polonium เนื่องจากนิวไคลด์ดังกล่าวสามารถใช้เป็นตัวแทนของผลกระทบในกลุ่มดังต่อไปนี้

- 5.1 Routine release scenarios from power plants and reprocessing facilities;
- 5.2 Accidental releases;
- 5.3 Naturally occurring (NORM) or technologically enhanced naturally occurring (TENORM) radionuclides. (Florou *et al.*, 2007)

นอกจากการอ้างอิงเฉพาะของแต่ละนิวไคลด์แล้ว การตรวจสอบยังควรเชื่อมโยงต่อเนื่องไปถึงนิวไคลด์ลูก และการสลายตัวผ่านห่วงโซ่อาหารอีกด้วย (Brown *et al.*, 2006) เมื่อพิจารณาตามคุณสมบัติของนิวไคลด์พบว่านิวไคลด์อ้างอิงส่วนใหญ่มีการสลายตัวให้อนุภาคแอลฟา และบีตา (Gürsel *et al.*, 2000) ในหลายระดับพลังงาน ดังนั้นการตรวจสอบเบื้องต้นของการประเมินผลกระทบทางรังสีในสิ่งแวดล้อมจึงให้ความสำคัญในการตรวจวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ก่อนการตรวจสอบในรูปแบบอื่น (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation [UNSCEAR], 1993) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการตรวจสอบผลกระทบที่มีตัวอย่างอ้างอิงจำนวนมาก

6. เทคนิคการแยกนิวไคลด์กัมมันตรังสี

นิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติส่วนมากจะอยู่ในรูปของสารประกอบ โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะของนิวไคลด์นั้น ดังนั้นในกระบวนการตรวจสอบจึงนิยมใช้ปฏิกิริยาทางเคมีในการแยกองค์ประกอบของสาร โดยใช้พื้นฐานทางเคมีในการแยกธาตุองค์ประกอบของสารผสม ในขั้นต้นต้องทราบสมบัติของสารองค์ประกอบเพื่อจะเลือกวิธีที่เหมาะสมในการแยกธาตุที่สนใจ และสามารถนำธาตุนั้นไปวิเคราะห์ต่อเนืองได้ แต่ในการแยกนิวไคลด์กัมมันตรังสีนั้นต้องพิจารณาถึงการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์เคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของนิวไคลด์ร่วมด้วย (Ehmann, 1991) อาจกล่าวได้ว่าเทคนิคการแยกนิวไคลด์กัมมันตรังสี ต้องใช้เทคนิคการแยกแบบเดิมของเคมีปริมาณวิเคราะห์ปรับเข้ากับความต้องการพิเศษของเคมีรังสี ตัวอย่างเช่น ต้องให้ความสำคัญกับความบริสุทธิ์ทางรังสีมากกว่าความบริสุทธิ์ทางเคมี นอกจากนี้ในกระบวนการวิเคราะห์ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมการแยกสารด้วย เนื่องจากการดูดซับของภาชนะบรรจุส่งผลกระทบต่อปริมาณสำคัญต่อค่าปริมาณรังสี (L' Annunziata, 1987) หรือกรณีที่ต้องการตรวจสอบนิวไคลด์ที่มีครึ่งชีวิตสั้น ความเร็วของการแยกสารอาจมีความสำคัญมากกว่าปริมาณของสารที่แยกได้ หรือความบริสุทธิ์ของสาร ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้สามารถทดแทนได้ด้วยความพร้อมของอุปกรณ์ที่ทันสมัย และมีความละเอียดสูง เช่น Ge γ -ray spectrometers ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการออกแบบเฉพาะ เพื่อลดระดับของสิ่งเจือปนของสารกัมมันตรังสีในกลุ่มตัวอย่าง เป็นต้น (Bond *et al.*, 1999)

Loveland *et al.* (2006) กล่าวถึงเทคนิคทางเคมีที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน สำหรับการแยกนิวไคลด์กัมมันตรังสี ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) การสกัดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี (Extraction chromatography) และการตกตะกอนร่วม (Precipitation)

7. เทคนิคการแยกสารด้วยวิธีการตกตะกอนร่วม

เทคนิคการตกตะกอนร่วมเป็นวิธีการแยกไอออน หรือโมเลกุลของสารซึ่งอยู่ในสถานะสารละลาย ให้กระจายมาอยู่ในสถานะของแข็งหรือที่เรียกว่าตะกอน เป็นกระบวนการหนึ่งในการแยกนิวไคลด์กัมมันตรังสีออกจากสารประกอบที่ได้รับการยอมรับในห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน เนื่องจากเป็นเทคนิคที่สามารถกำหนดสารละลายตัวพาให้มีความเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่สนใจ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการตกตะกอนได้ง่ายโดยอาศัยสมดุลทางอุณหภูมิ

ศาสตร์ ความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นของสารละลายตัวพา ในกรณีที่นิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่มีปริมาณน้อยมาก เทคนิคนี้สามารถเพิ่มปริมาณของสารที่ตกตะกอนได้โดยการปรับเปลี่ยนชนิด และความเข้มข้นของสารละลายตัวพาที่เหมาะสม (Loveland *et al.*, 2006) กระบวนการของการตกตะกอนโดยทั่วไปจะเตรียมที่อุณหภูมิสูง เพื่อลดการเกิดผลึกขนาดใหญ่ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะหุ้มสารอื่นไว้ภายในตะกอน ทำให้ผลผลิตตะกอนที่ได้นั้นไม่บริสุทธิ์ นอกจากนี้การควบคุม pH ของสารละลายให้เหมาะสมสามารถลดการเกิดคอลลอยด์ได้ (Porntepkasemsam and Srisuksawad, n.d.)

8. เครื่องวัดรังสี

สำหรับผู้ปฏิบัติงานซึ่งเกี่ยวข้องกับต้นกำเนิดรังสี ต้องให้ความสำคัญกับรังสีที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิดรังสีเพราะสามารถทำให้เกิดได้ทั้งคุณประโยชน์และโทษในเวลาเดียวกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องมีเครื่องสำรวจและตรวจวัดรังสี เพื่อแสดงการปรากฏของรังสีที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิดรังสี เพราะมนุษย์ไม่สามารถตอบสนองและรับรู้ต่อการปรากฏของรังสีที่แผ่ออกมาได้โดยอวัยวะรับความรู้สึกทั้งหมดที่มีอยู่ ดังนั้นเครื่องสำรวจและตรวจวัดรังสีจึงจำเป็นสำหรับใช้ในการป้องกันอันตรายจากรังสี เครื่องสำรวจและตรวจวัดรังสีนั้นมีหลายชนิด การพิจารณาเลือกใช้เครื่องมือวัดรังสีจึงต้องเลือกให้เหมาะสมและถูกต้องกับวัตถุประสงค์ของงาน นอกจากนี้การบำรุงรักษา การสอบเทียบ ค่ามาตรฐานของเครื่องมือวัดรังสี และความสามารถในการประเมินค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดรังสีของผู้ตรวจวัดก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน เพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วัตถุประสงค์ของการป้องกันอันตรายจากรังสีเกิดผลสัมฤทธิ์

เครื่องมือวัดทางรังสีจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือส่วนที่เป็นหัววัดรังสี และส่วนของระบบนับวัดรังสี โดยหัววัดรังสีทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับการปรากฏของรังสี ซึ่งกลไกการตรวจจับรังสีของหัววัดรังสีจะอาศัยผลลัพท์จากการทำอันตรกิริยาระหว่างรังสีกับสสารที่รังสีเดินทางผ่าน ส่วนระบบนับวัดรังสี เป็นกระบวนการนำผลที่ได้จากหัววัดรังสี ไปสร้างเป็นข้อมูลการวัด และวิเคราะห์ผลการวัดรังสีเพื่อแสดงผลในหน่วยวัดรังสีมาตรฐาน หัววัดรังสีสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มคือ

8.1 หัววัดรังสีที่อาศัยกลไกทางเคมีและฟิสิกส์ในการตรวจวัด ตัวอย่างเช่น การใช้แผ่นฟิล์มเคลือบสารไวแสงสำหรับถ่ายภาพ เมื่อได้รับรังสีจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีบนแผ่นฟิล์ม หลังจากผ่านกระบวนการล้างฟิล์มจะมองเห็นความดำหรือร่องรอยของอนุภาคนิวเคลียร์ ซึ่งสามารถอ่านเป็นค่าผลการวัดได้ เช่น Film Badge

8.2 หัววัดรังสีที่ทำงานในเชิงอิเล็กทรอนิกส์โดยจะให้สัญญาณทางไฟฟ้าโดยอาศัยโครงสร้างของหัววัดรังสีซึ่งประกอบด้วยตัวกลางรับอันตรกิริยาจากรังสีและส่วนสร้างสัญญาณ พัลส์ การแบ่งชนิดของหัววัดรังสีจะแบ่งตามประเภทของตัวกลางที่ใช้กับหัววัดรังสี สามารถ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ หัววัดรังสีชนิดบรรจุก๊าซ หัววัดรังสีชนิดประกายแสงวาบ และหัววัดรังสีชนิดสารกึ่งตัวนำ (Kaplan, 1969; L' Annunziata, 1987; GE Nuclear Energy, 1989; Ehmann, 1991; Merrill *et al.*, 1997)

9. หัววัดรังสีชนิดบรรจุแก๊ส

หัววัดรังสีชนิดนี้ประกอบด้วยวัสดุกลาง ตรงกลางมีแก๊สบรรจุอยู่มักนิยมใช้อากาศ ฮีเลียม นีออน อาร์กอนและ ไฮโดรเจนเป็นต้น หัววัดรังสีประกอบด้วย 2 electrode ซึ่งตัวที่มีความต่างศักย์เป็นบวกมักจะอยู่ตรงกลางเรียกว่า anode ส่วนที่มีความต่างศักย์เป็นลบมักจะอยู่ด้านนอกเรียก cathode หลักการทำงานของหัววัดรังสีอาศัยการแตกตัวของแก๊ส โดยเมื่อรังสีหรืออนุภาคเข้ามาทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของแก๊ส พลังงานของรังสีจะถ่ายเทให้แก๊สทำให้เกิดคู่อิออน (ไอออนบวกและไอออนลบ) เมื่อมีความต่างศักย์จ่ายให้กับ electrode ทั้งสอง ไอออนบวกจะถูกดึงดูดไปที่ cathode ส่วนไอออนลบจะถูกดึงดูดไปที่ anode เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าขึ้น ปริมาณของกระแสขึ้นกับจำนวนไอออนที่ anode จับได้ซึ่งก็ขึ้นกับ ปริมาณ ชนิดและพลังงานของรังสีที่เข้ามาทำปฏิกิริยา นอกจากนี้นขนาดของกระแสนี้ยังขึ้นกับความต่างศักย์ที่จ่ายให้กับ electrode ทั้งสองเช่นกัน หัววัดรังสีชนิดบรรจุแก๊สแบ่งออกเป็นหลายชนิด ได้แก่ Ionization Chambers, Proportional Counters และ Geiger-Mueller Counters เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล
 - 1.1 ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 1 ลิตร
 - 1.2 ปีกเกอร์ ปริมาตร 1 ลิตร
 - 1.3 Stirring hot plate และ Magnetic bar
 - 1.4 Infrared lamp
 - 1.5 หลอดหยด
 - 1.6 กระบอกตวง
 - 1.7 ขวดแก้วพร้อมฝาปิด
 - 1.8 กรด Hydrochloric (HCl)
 - 1.9 สารละลายตัวพาแบเรียม (Ba^{+2}) (5 mg/ml) เตรียมโดยใช้ 4.4 กรัมของ $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร
 - 1.10 สารละลายตัวพาเหล็ก (Fe^{+3}) (5 mg/ml) เตรียมโดยใช้ 12.1 กรัมของ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ละลายในน้ำ 500 มิลลิลิตร และเติม 2 มิลลิลิตรของ HNO_3 หลังจากนั้นจึงกรองด้วยกระดาษกรอง ขนาด 0.45 μm
 - 1.11 แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) ความเข้มข้น 6 โมลาร์
 - 1.12 กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 1 โมลาร์
 - 1.13 Bromocresol purple indicator 0.1% เตรียมโดยใช้ 100 มิลลิกรัมของ Bromocresol Purple indicator ละลายลงในน้ำ 100 มิลลิลิตร
 - 1.14 น้ำกลั่นคุณภาพสูงที่มีค่า conductivity 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 - 1.15 สารละลาย ^{243}Am ซึ่งมีปริมาณรังสี $23.15 \pm 0.42 \text{ Bq/ml}$ และ ^{241}Am standard planchet source.
 - 1.16 กระดาษกรองแก้ว (GF/A) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
 - 1.17 ชุดเครื่องกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร พร้อม Vacuum pump
 - 1.18 จานวัดรังสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
 - 1.19 เครื่องวัดกัมมันตภาพรังสีแอลฟา-บีตา ชนิด gas flow proportional ที่มีระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770)

2. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล

- 2.1 ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 1 ลิตร
- 2.2 ปีกเกอร์ ปริมาตร 1 ลิตร
- 2.3 Stirring hot plate และ Magnetic bar
- 2.4 Infrared lamp
- 2.5 หลอดหยด
- 2.6 กระบอกตวง
- 2.7 ขวดแก้วพร้อมฝาปิด
- 2.8 กรด Hydrochloric (HCl)
- 2.9 สารละลายตัวพาแบเรียม (Ba^{+2}) (10 mg/ml) เตรียมโดยใช้ 17.8 กรัมของ $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. ละลายในน้ำ 1,000 มิลลิลิตร
- 2.10 สารละลายตัวพาเหล็ก (Fe^{+3}) (10 mg/ml) เตรียมโดยใช้ 86.3 กรัมของ $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ ละลายในน้ำ 1,000 มิลลิลิตร
- 2.11 แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)
- 2.12 แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) ความเข้มข้น 6 โมลาร์
- 2.13 กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 1 โมลาร์
- 2.14 สารละลาย ^{90}Sr และ ^{90}Sr standard planchet source.
- 2.15 น้ำกลั่นคุณภาพสูงที่มีค่า conductivity 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 2.16 Membrane filter ขนาด 3.0 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
- 2.17 ชุดเครื่องกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร พร้อม Vacuum pump
- 2.18 จานวัดรังสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
- 2.19 เครื่องวัดกัมมันตภาพรังสีแอลฟา-บีตา ชนิด gas flow proportional ที่มีระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770)

3. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน

- 3.1 ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 15 x 12 นิ้ว
- 3.2 Sieve ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ pore อยู่ที่ 2 เซนติเมตร
- 3.3 ^{241}Am standard planchet source.

3.4 ^{90}Sr standard planchet source.

3.5 จานวัดรังสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร

3.6 เครื่องวัดกัมมันตภาพรังสีแอลฟา-บีตา ชนิด gas flow proportional ที่มีระดับรังสีภูมิ
หลังต่ำ (Berthold LB770)

4. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาและบีตาในตัวอย่างเพลง
ตอน

4.1 ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 250 มิลลิลิตร

4.2 บีกเกอร์ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

4.3 กระบอกตวง

4.4 isotonic solution of NH_4COOH

4.5 ^{241}Am standard planchet source.

4.6 ^{90}Sr standard planchet source.

4.7 กระดาษกรองขนาด 20 μm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร

4.8 ชุดเครื่องกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร พร้อม Vacuum pump

4.9 จานวัดรังสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร

4.10 เครื่องวัดกัมมันตภาพรังสีแอลฟา-บีตา ชนิด gas flow proportional ที่มีระดับรังสีภูมิ
หลังต่ำ (Berthold LB770)

วิธีการ

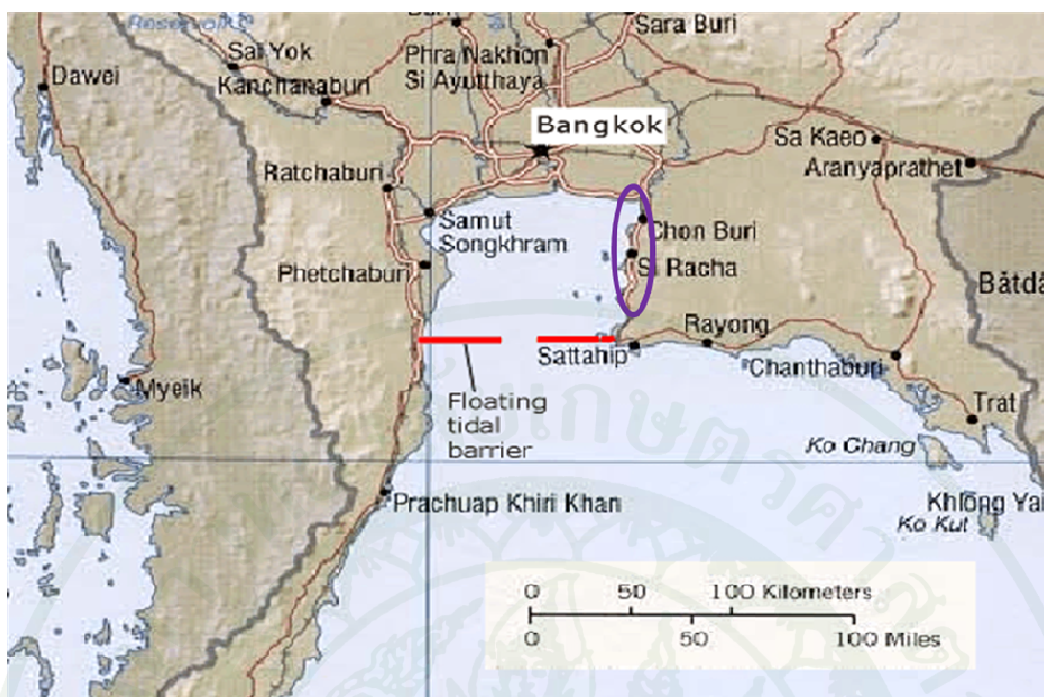
1 การเก็บตัวอย่าง

1.1. พิกัดของสถานีเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน จากสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมด 10 สถานี ในพื้นที่บริเวณอ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี ดังแสดงในภาพที่ 3 การเก็บตัวอย่างทำทั้งหมด 5 ครั้ง แบ่งทำการศึกษาในสองฤดูกาลหลัก คือ ฤดูน้ำน้อย คือ ช่วงเดือนธันวาคมถึงพฤษภาคม และฤดูน้ำมาก คือช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายนเว้นระยะห่างของช่วงการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งเป็นเวลา 3 เดือน สถานีเก็บตัวอย่างมีระยะห่างประมาณ 1 กิโลเมตรจากพื้นที่ชายฝั่ง สถานีเก็บตัวอย่างแต่ละสถานีทำการลงพิกัดจุดที่แน่นอนไว้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พิกัดจุดของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 10 สถานีในพื้นที่อ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี

สถานี	พิกัด	
ปราสาทไม้สัก	N 12° 58' 29.1"	E 100° 53' 10.8"
บ้านพักคนชรา	N 13° 02' 13.2"	E 100° 55' 02.2"
หัวแหลมฉะบั้ง	N 13° 04' 29.8"	E 100° 52' 35.1"
สะพานแก๊สเอสโซ	N 13° 06' 38.5"	E 100° 52' 40.3"
สะพานไซโล	N 13° 08' 59.4"	E 100° 54' 20.4"
สถานีวิจัยประมงศรีราชา	N 13° 10' 58.4"	E 100° 55' 16.7"
บางพระ	N 13° 12' 25.2"	E 100° 55' 57.9"
กัปตันยุทธ	N 13° 14' 17.5"	E 100° 55' 47.4"
บางแสน	N 13° 16' 46.3"	E 100° 54' 23.2"
อ่างศิลา	N 13° 19' 32.2"	E 100° 55' 0.7"



ภาพที่ 3 พื้นที่การเก็บตัวอย่าง

1.2. การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลโดยใช้กระบอกเก็บน้ำเป็นปริมาตรรวมจำนวน 5 ลิตร ที่ความลึก 1-2 เมตรจากระดับผิวน้ำ ตัวอย่างทั้งหมดแยกเก็บในขวดเก็บตัวอย่างขนาด 1 ลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 11 โมลาร์ (Conc. HCl) เพื่อหลีกเลี่ยงการดูดซับนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่พื้นผิวของภาชนะ บรรจุ วัดค่าของอุณหภูมิ pH ปริมาณความเค็ม และฟิวกัดของสถานีเก็บตัวอย่างเพื่อใช้เป็นข้อมูลเชิงประกอบ

1.3. การเก็บตัวอย่างตะกอนดิน

เก็บตัวอย่างตะกอนดินโดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างหน้าดิน (Grab) แยกสิ่งมีชีวิตที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าออกจากตัวอย่างตะกอนดิน บรรจุตัวอย่างลงในถุงเก็บตัวอย่างและนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำถุงเก็บตัวอย่างทั้งหมดบรรจุลงในถังเก็บความเย็น เพื่อรอการเคลื่อนย้าย วัดค่าของอุณหภูมิ pH ปริมาณความเค็ม และฟิวกัดของสถานีเก็บตัวอย่างเพื่อใช้เป็นข้อมูลเชิงประกอบ

1.4. การเก็บตัวอย่างแพลงตอน

เก็บตัวอย่างแพลงตอนโดยการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลโดยใช้กระบอกเก็บน้ำเป็นปริมาตรรวมจำนวน 20 ลิตรที่ความลึก 1-2 เมตรจากระดับผิวน้ำ กรองน้ำทั้งหมดด้วยตาข่ายดักแพลงตอนขนาด 20 ไมโครเมตร และลดปริมาตรน้ำลงให้เหลือ 200 มิลลิลิตร ตัวอย่างทั้งหมดนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -8 องศาเซลเซียส ถ้าต้องการเก็บตัวอย่างไว้ทำการศึกษาในระยะยาวควรคงตัวอย่างแพลงตอนด้วย กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 11 โมลาร์

2. การเตรียมตัวอย่าง

2.1. การเตรียมตัวอย่างน้ำทะเลสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาโดยวิธีการตกตะกอนร่วม (ภาพที่ 4)

2.1.1 นำน้ำทะเลปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ ปริมาตร 1 ลิตร ปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง ด้วย NH_4OH ให้มีค่าประมาณ 7-8

2.1.2 เติม 20 มิลลิลิตร ของกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 1 โมลาร์ ลงไปในตัวอย่างน้ำทะเล แล้วต้มให้เดือดเป็นเวลาประมาณ 3 นาที พร้อมทั้งคนโดยใช้ magnetic bar

2.1.3 พักตัวอย่างให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที

2.1.4 เติม 1 มิลลิลิตร ของสารละลายตัวพา Ba^{+2} ลงไปในตัวอย่าง แล้วอุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งคนตัวอย่างไปด้วยโดยใช้ magnetic bar เป็นเวลา 30 นาที

2.1.5 เติม 0.1% Bromocresol purple indicator 1 มิลลิลิตร และสารละลายตัวพา Fe^{+3} 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม NH_4OH ลงไปที่ละลายจนกระทั่งสารละลายเป็นสีม่วง อุ่นตัวอย่างต่อที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อีก 30 นาที พร้อมทั้งคนไปด้วยโดยใช้ magnetic bar

2.1.6 ปิดด้วยกระจกนาฬิกาแล้วทิ้งไว้ให้เย็น (สามารถทิ้งไว้ข้ามคืนได้) เพื่อรอให้ตัวอย่างตกตะกอน

2.1.7 กรองตะกอนผ่านกระดาษกรองแก้ว (GF/A) ด้วยชุดเครื่องกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร โดยใช้ Vacuum pump แล้วนำตัวอย่างวางบนจานวัดรังสี

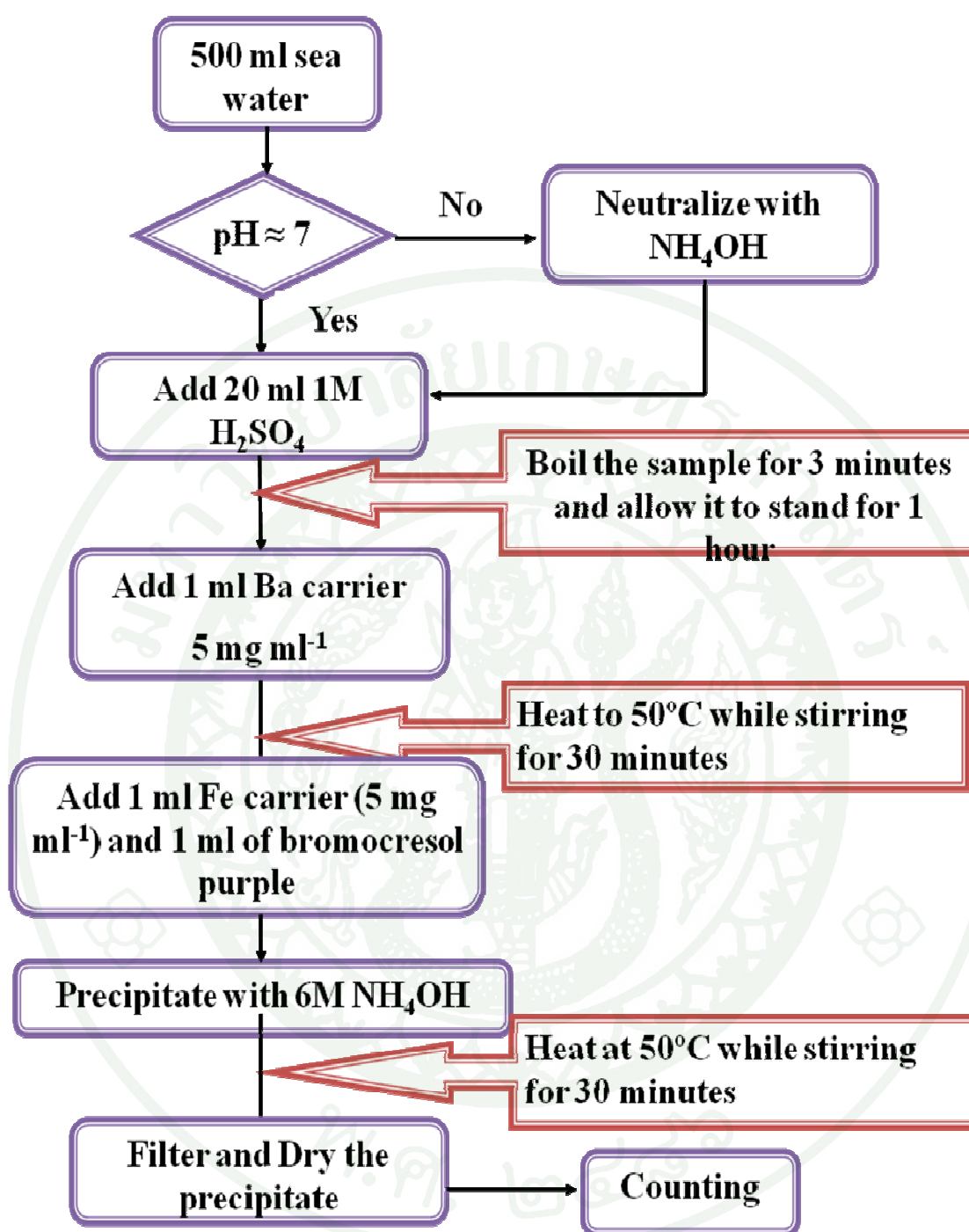
2.1.8 ทำให้ตะกอนแห้งโดยใช้ Infrared lamp จากนั้นนำไปเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นอย่างน้อยเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการชั่งน้ำหนักของกระดาษกรองพร้อมตะกอน

2.1.9 กำหนดหาน้ำหนักของตะกอนตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

2.1.10 นำตัวอย่างที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้วไปทำการตรวจวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาด้วยเครื่องวัดรังสีรวมแอลฟา-บีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) อย่างน้อยสามรอบ

2.1.11 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีพื้นหลังให้ใช้น้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรแทนตัวอย่างน้ำทะเล และดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1-10

2.1.12 การเตรียมตัวอย่างมาตรฐานให้เติมสารละลายมาตรฐาน ^{243}Am ซึ่งทราบปริมาณรังสีที่แน่ชัดลงในน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรแทนตัวอย่างน้ำทะเล และดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1-10 เพื่อใช้สำหรับหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (E)



ภาพที่ 4 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาโดยวิธีการตกตะกอนร่วม

2.2. การเตรียมตัวอย่างน้ำทะเลสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาโดยวิธีการตกตะกอนร่วม (ภาพที่ 5)

2.2.1. นำน้ำทะเลปริมาตร 2000 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ปริมาตร 3 ลิตร เติมสารละลายตัวพา Fe^{+3} และสารละลายตัวพา Ba^{+2} ลงไปอย่างละ 1 มิลลิลิตร

2.2.2. เติมแอมโมเนียมคลอไรด์ 5 กรัม ลงในบีกเกอร์ คนให้ละลาย และปิดด้วยกระดาษนาฬิกา นำไปให้ความร้อนที่ 60-70 องศาเซลเซียส

2.2.3. เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เพื่อปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ที่ประมาณ 7-8 แล้วทำการต้มตัวอย่างให้เดือดเป็นเวลา 3 นาที

2.2.4. ให้ความร้อนต่อเป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยระวังไม่ให้ตัวอย่างเดือด เพื่อให้ตัวอย่างตกตะกอนอย่างช้าๆ

2.2.5. ทิ้งตัวอย่างไว้ให้เย็น (สามารถทิ้งตัวอย่างไว้ข้ามคืนได้) กรองตะกอนผ่าน Membrane filter ขนาด 3.0 ไมโครเมตร

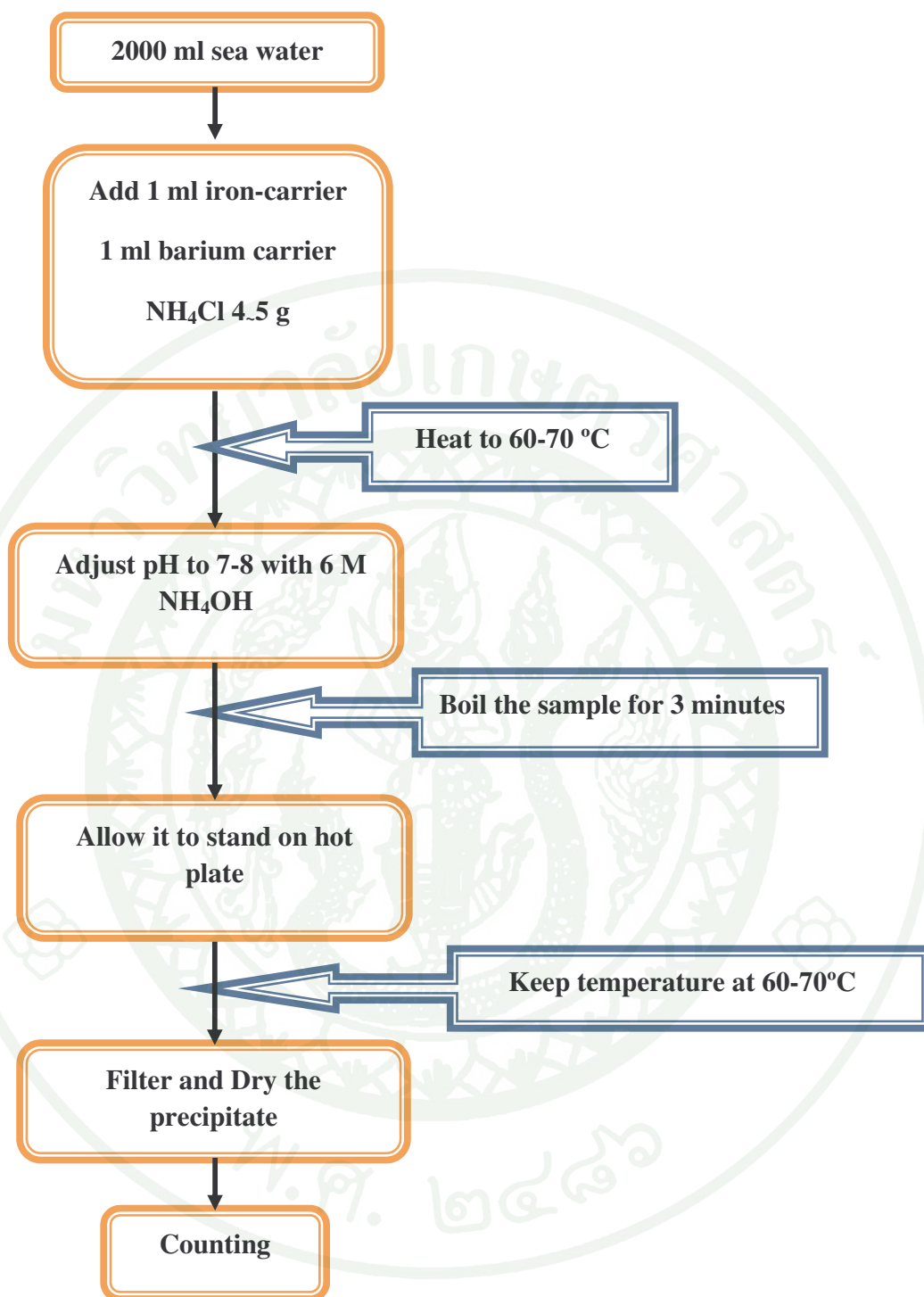
2.2.6. นำ Membrane filter ออกจากชุดกรอง และทับไว้ด้วยพลาสติกคลุมเพื่อคงรูปร่าง และปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง นำไปเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นอย่างน้อยเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการชั่งน้ำหนักของกระดาษกรองพร้อมตะกอน

2.2.7. คำนวณหาน้ำหนักของตะกอนตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

2.2.8. นำตัวอย่างที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ววางบนจานวัดรังสี และทำการตรวจวัดปริมาณรังสีรวมบีตา ด้วยเครื่องวัดรังสีรวมแอลฟา-บีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) อย่างน้อยสามรอบ

2.2.9. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีพื้นหลังให้ใช้น้ำกลั่นปริมาตร 2,000 มิลลิลิตรแทนตัวอย่างน้ำทะเล และดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1-8

2.2.10. การเตรียมตัวอย่างมาตรฐานให้เติมสารละลายมาตรฐาน ^{90}Sr ซึ่งทราบปริมาณรังสีที่แน่ชัดลงในน้ำกลั่นปริมาตร 2,000 มิลลิลิตรแทนตัวอย่างน้ำทะเล และดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1-8 เพื่อใช้สำหรับหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (E)



ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาโดยวิธีการตกตะกอนร่วม

2.3. การเตรียมตัวอย่างตะกอนดินสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา

นำตัวอย่างตะกอนดินมาละลายน้ำแข็ง ซึ่งน้ำหนักสดแล้วจึงนำตัวอย่างไปอบจนแห้งสนิทที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากที่ได้ตัวอย่างแห้งสนิทแล้วให้ชั่งน้ำหนักแห้งก่อนนำมาบดให้ละเอียด และร่อนตัวอย่างดินผ่านกระชอนที่มีขนาดของ pore ที่ 2 เซนติเมตรเพื่อให้ตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกัน นำตัวอย่างดินหนัก 10 กรัมใส่ลงในจานวัดรังสี กดให้ผิวหน้าเรียบก่อนนำตัวอย่างไปทำการตรวจวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ด้วยเครื่องวัดรังสีรวมแอลฟา-บีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) (Warwick *et al.*, 1996; Michel *et al.*, 2008) อย่างน้อยสามรอบ

การเตรียมตัวอย่างมาตรฐานเพื่อทำการหาประสิทธิภาพของหัววัด (E) สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา เตรียมโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน ^{243}Am ซึ่งทราบปริมาณรังสีที่แน่นอนลงในโซเดียมคลอไรด์น้ำหนัก 10 กรัม บนจานวัดรังสี ผสมสารจนกลายเป็นเนื้อเดียวกัน เก็บจานวัดรังสีใน desiccator อย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนนำมาชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน และทำการวัดด้วยเครื่องวัดรังสีรวมแอลฟา-บีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) และใช้โซเดียมคลอไรด์น้ำหนัก 10 กรัมแทนตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีพื้นหลัง

การเตรียมตัวอย่างมาตรฐานเพื่อทำการหาประสิทธิภาพของหัววัด (E) สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตา เตรียมโดยใช้โปแตสเซียมคลอไรด์น้ำหนัก 10 กรัม บนจานวัดรังสี เก็บจานวัดรังสีใน desiccator อย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนนำมาชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน และทำการวัดด้วยเครื่องวัดรังสีรวมแอลฟา-บีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) และใช้โซเดียมคลอไรด์น้ำหนัก 10 กรัมแทนตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีพื้นหลัง

2.4. การเตรียมตัวอย่างแฟลงตอนสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา

กรองตัวอย่างน้ำทะเล 20 ลิตรผ่านตาข่ายกรองแฟลงตอนขนาด 20 ไมโครเมตร ลดปริมาตรของตัวอย่างลงให้เหลือ 200 มิลลิลิตร เตรียมกระดวยกรองโดยทำการล้างด้วย isotonic solution of NH_4COOH ที่ 100°C ให้แห้ง เก็บใน desiccator ก่อนทำการชั่งน้ำหนักที่แน่นอน นำตัวอย่างปริมาตร 50 มิลลิลิตรกรองผ่านกระดวยกรองที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นนำกระดวยกรองมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เก็บใน desiccator อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำมาชั่งและทำการวัดปริมาณ

รังสีรวมแอลฟา และบีตา ด้วยเครื่องวัดรังสีรวมแอลฟา-บีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) (Hilde *et al.*, 2001; Jörg *et al.*, 2002)

ตัวอย่างมาตรฐานใช้ ^{241}Am และ ^{90}Sr standard planchet source ในการหาประสิทธิภาพของหัววัด (E) สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาตามลำดับ และใช้กระดาษกรองเปล่า แทนตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีพื้นหลัง

3. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

สุ่มเลือกตัวอย่างจากชุดตัวอย่างของน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน ที่ดำเนินการเตรียมตัวอย่างเรียบร้อยแล้วมาทำการวัดปริมาณรังสีโดยใช้ระยะเวลาในการวัดตัวอย่างในช่วง 10 – 500 นาที่ อย่างน้อยสองรอบการวัด นำค่าวัดปริมาณรังสีที่ได้มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) และนำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการวัดตัวอย่าง เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวัดตัวอย่างแต่ละประเภท โดยเวลาที่แสดงให้เห็นถึงค่าวัดที่มีความเหมาะสมทางสถิติที่สุดจะถูกเลือกเพื่อใช้ในการวัดตัวอย่างที่เหลือในแต่ละชุดตัวอย่าง

4. การศึกษาเรื่องปัจจัยการดูดซับตัวเอง (Self-absorption factor) ของการวัดปริมาณรังสีแอลฟา และบีตา รวม ในตัวอย่างน้ำทะเล

ชุดตัวอย่างสำหรับการศึกษาเรื่องปัจจัยการดูดซับตัวเอง เตรียมโดยการเติมสารละลายมาตรฐาน ^{243}Am สำหรับชุดตัวอย่างของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และ ^{90}Sr สำหรับชุดตัวอย่างของการวัดปริมาณรังสีรวมบีตา ตามลำดับ และดำเนินการตามเตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนของชนิดตัวอย่างแต่ละประเภท โดยเพิ่มจำนวนสารละลายตัวพา Fe^{+3} และสารละลายตัวพา Ba^{+2} เพื่อเพิ่มน้ำหนักของตะกอน โดยเตรียมตัวอย่างที่มีน้ำหนักตะกอนแตกต่างกันทั้งหมด 4 ชุดตัวอย่าง หลังจากนั้นนำชุดตัวอย่างมาทำการตรวจวัดปริมาณรังสีด้วยเครื่องวัดรังสีรวมแอลฟา-บีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) และนำผลการศึกษามาหาคำนวณหาค่า self-absorption factor

ค่าประสิทธิภาพของหัววัดสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ:

$$E = \frac{\text{net cpm}}{\text{dpm}} \quad (1)$$

เมื่อ	E	คือ	ประสิทธิภาพของหัววัดรังสี
	Net cpm	คือ	อัตราการนับวัดของสารตัวอย่างมาตรฐานต่อนาที
	dpm	คือ	อัตราการสลายตัวของตัวอย่างมาตรฐานต่อนาที

ค่า Self-absorption factors สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$F_a = \frac{E_x}{E_0} \quad (2)$$

เมื่อ	F_a	คือ	Self-absorption factors
	E_x	คือ	ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของหัววัดรังสีของแต่ละชุดตัวอย่าง
	E_0	คือ	ค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสีของตัวอย่างที่ไม่มีการเพิ่มสารละลายตัวพา Fe^{+3} และสารละลายตัวพา Ba^{+2}

5. การคำนวณปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$A = \frac{CPM_s - CPM_b}{60 \cdot E \cdot F_a \cdot V} \quad (3)$$

เมื่อ	A	คือ	ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา (Bq/l)
	cpm _s	คือ	ค่านับวัดรังสีของตัวอย่างแต่ละประเภทต่อนาที

cpm_B คือ คำนับวัดรังสีของตัวอย่างเปล่าต่อนาที
 V คือ ปริมาตรของตัวอย่างแต่ละประเภท
 โดย ตัวอย่างของเหลว หน่วยเป็นลิตร
 ตัวอย่างของแข็ง หน่วยเป็นกิโลกรัม

ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma = \frac{\sqrt{\frac{cpm_S}{T_S} + \frac{cpm_B}{T_B}}}{60 * E * V} \quad (4)$$

เมื่อ σ คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Bq/l)
 T_S คือ เวลาที่ใช้ในการนับวัดตัวอย่าง (นาท)
 T_B คือ เวลาที่ใช้ในการนับวัดตัวอย่างเปล่า (นาท)

Minimum Detectable Activity , MDA สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$MDA = \left[\frac{4.66}{60 * E * V} \right] * \sqrt{\frac{cpm_S}{T_S} + \frac{cpm_B}{T_B}} \quad (5)$$

เมื่อ MDA คือ ปริมาณกัมมันตภาพรังสีแอลฟา และบีตา รวมต่ำสุดที่สามารถ
 วิเคราะห์ได้ (Bq/l)

ผลและวิจารณ์

ผล

ในงานวิจัยนี้ ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 5 ส่วนประกอบไปด้วย การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน การศึกษาเรื่องปัจจัยการดูดซับตัวเอง (Self-absorption factor) ของการวัดปริมาณรังสีแอลฟา และบีตา รวม ในตัวอย่างน้ำทะเล การศึกษาเรื่องปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณรังสีแอลฟา และบีตา รวมของตัวอย่างแต่ละประเภท และส่วนสุดท้ายคือ การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฤดูกาลของปริมาณรังสีแอลฟา และบีตา รวมในแต่ละชนิดตัวอย่าง

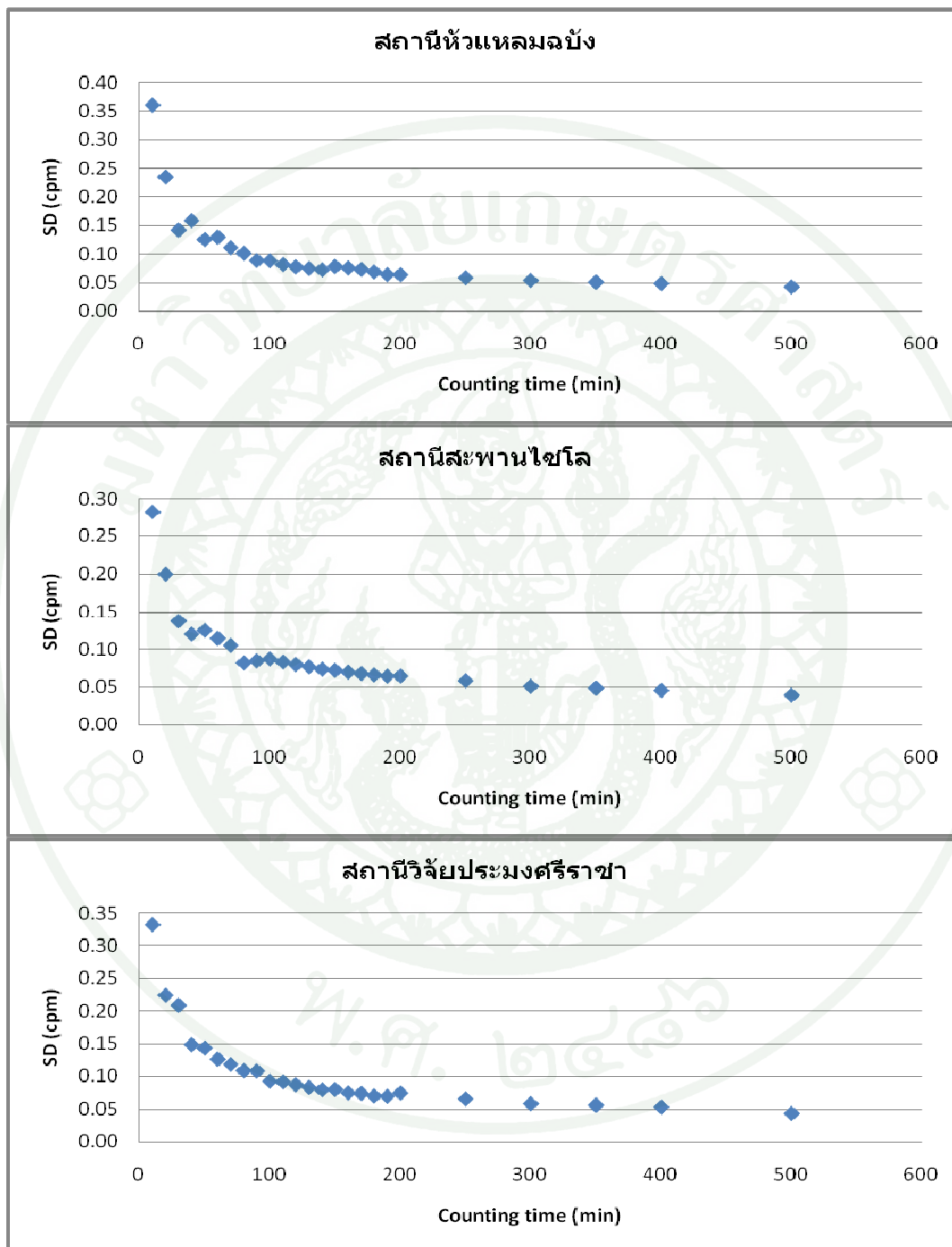
1. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

1.1. ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาของการวัดตัวอย่าง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างมีค่าลดลง จนถึงระดับหนึ่งและมีแนวโน้มคงที่ เวลาของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา ในตัวอย่างน้ำทะเลที่แสดงค่าทางสถิติเหมาะสมปรากฏอยู่ที่ 100 นาที (ภาพที่ 6) และเวลาของการวัดปริมาณรังสีรวมบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเลที่แสดงค่าทางสถิติเหมาะสมปรากฏอยู่ที่ 200 นาที (ภาพที่ 7) ตามลำดับ

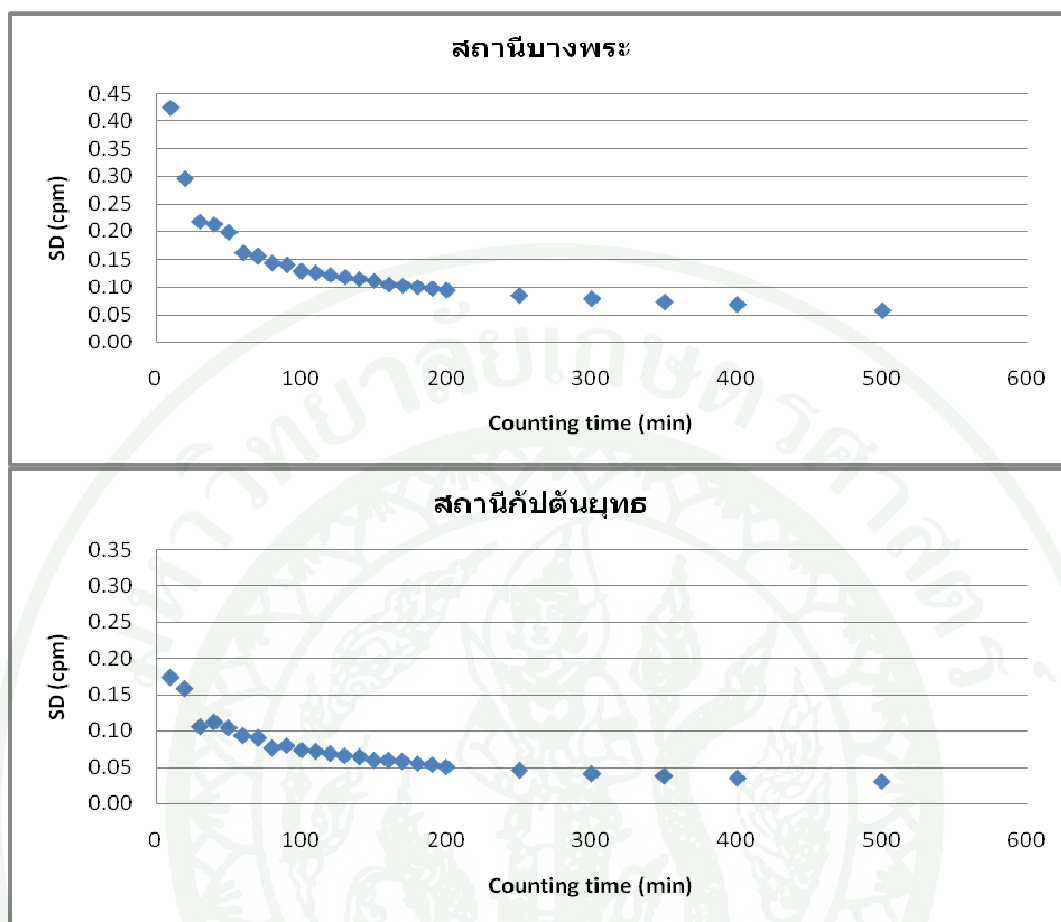
1.2. ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างตะกอนดิน พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาของการวัดตัวอย่าง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างมีค่าลดลง จนถึงระดับหนึ่งและมีแนวโน้มคงที่ เวลาของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างตะกอนดินที่แสดงค่าทางสถิติเหมาะสมปรากฏอยู่ที่ 200 นาที ดังแสดงในภาพที่ 8 และภาพที่ 9 ตามลำดับ

1.3. ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างแพลงตอน พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาของการวัดตัวอย่าง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างมีค่าลดลง จนถึงระดับหนึ่งและมีแนวโน้มคงที่ เวลาของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา ในตัวอย่างแพลงตอนที่

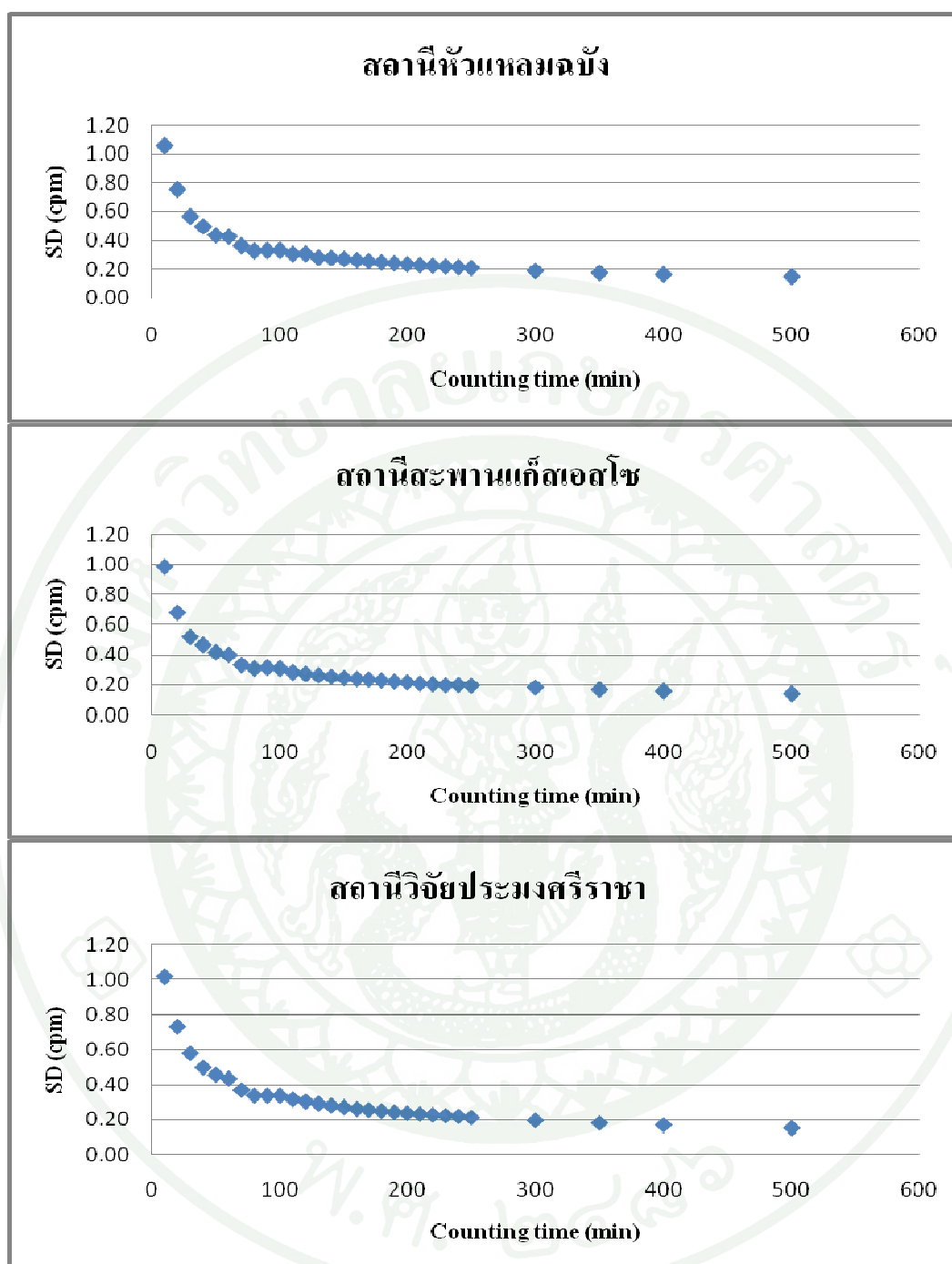
แสดงค่าทางสถิติเหมาะสมปรากฏอยู่ที่ 250 นาที (ภาพที่ 10) และเวลาของการวัดปริมาณรังสีรวมบีตา ในตัวอย่างเพลงตอนที่แสดงค่าทางสถิติเหมาะสมปรากฏอยู่ที่ 200 นาที (ภาพที่ 11) ตามลำดับ



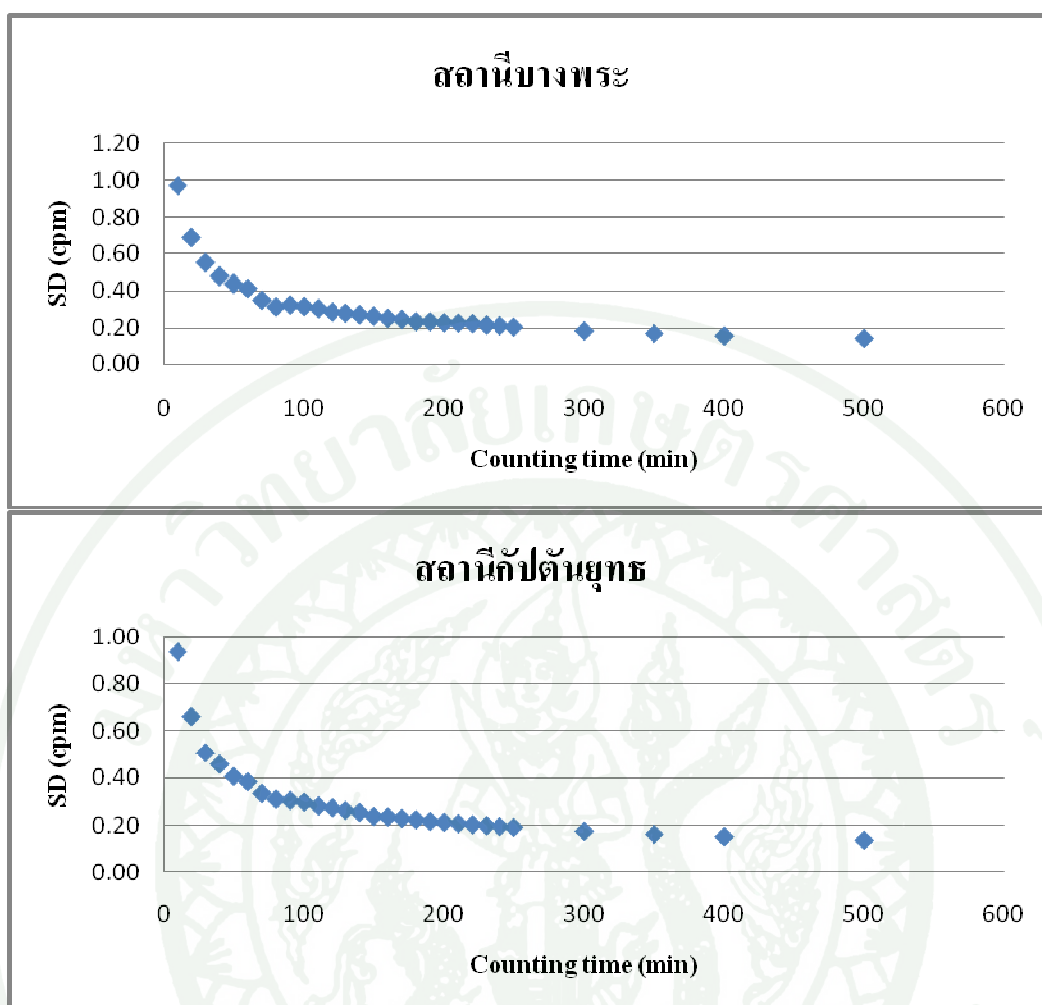
ภาพที่ 6 ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล



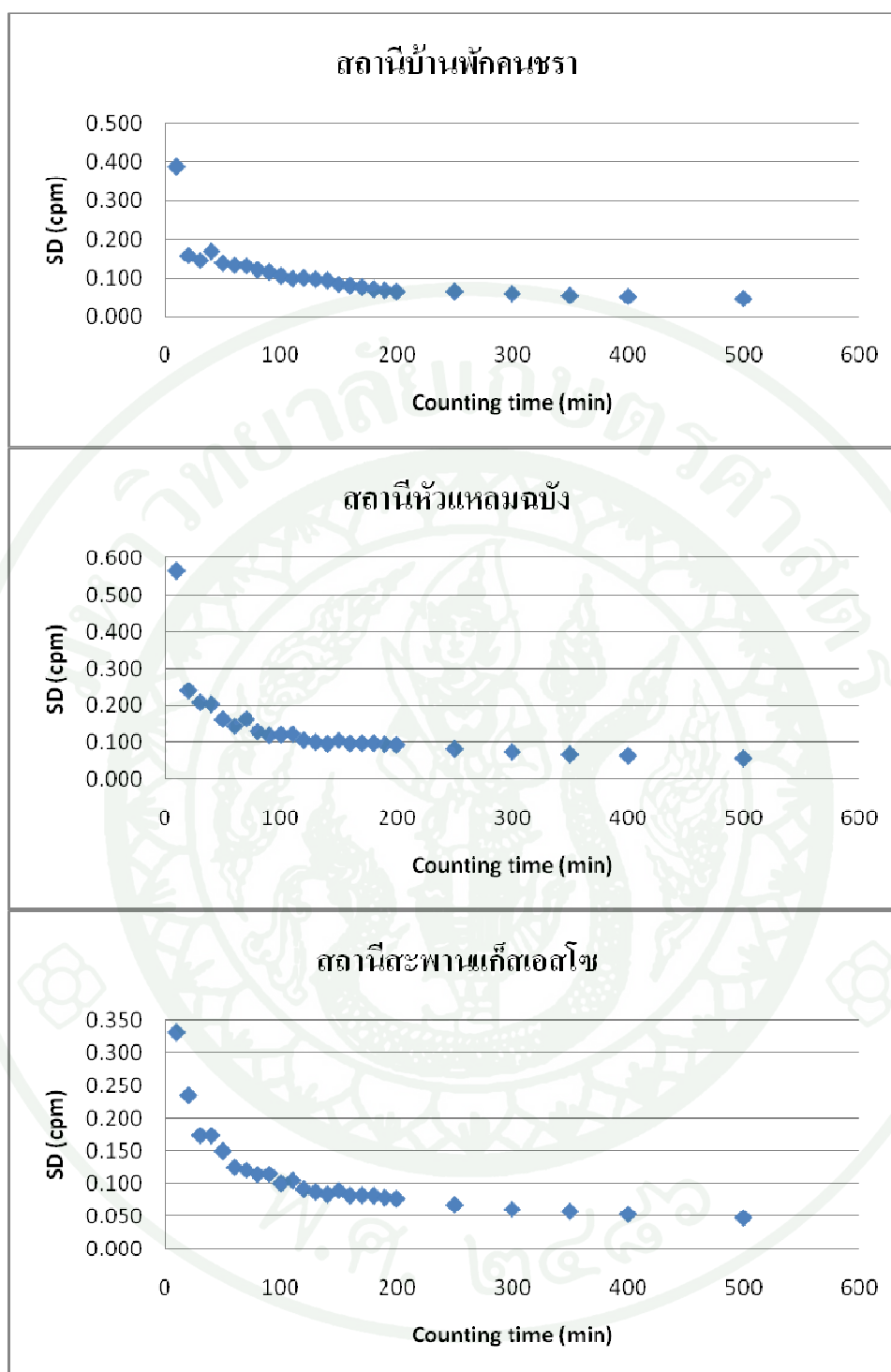
ภาพที่ 6 (ต่อ)



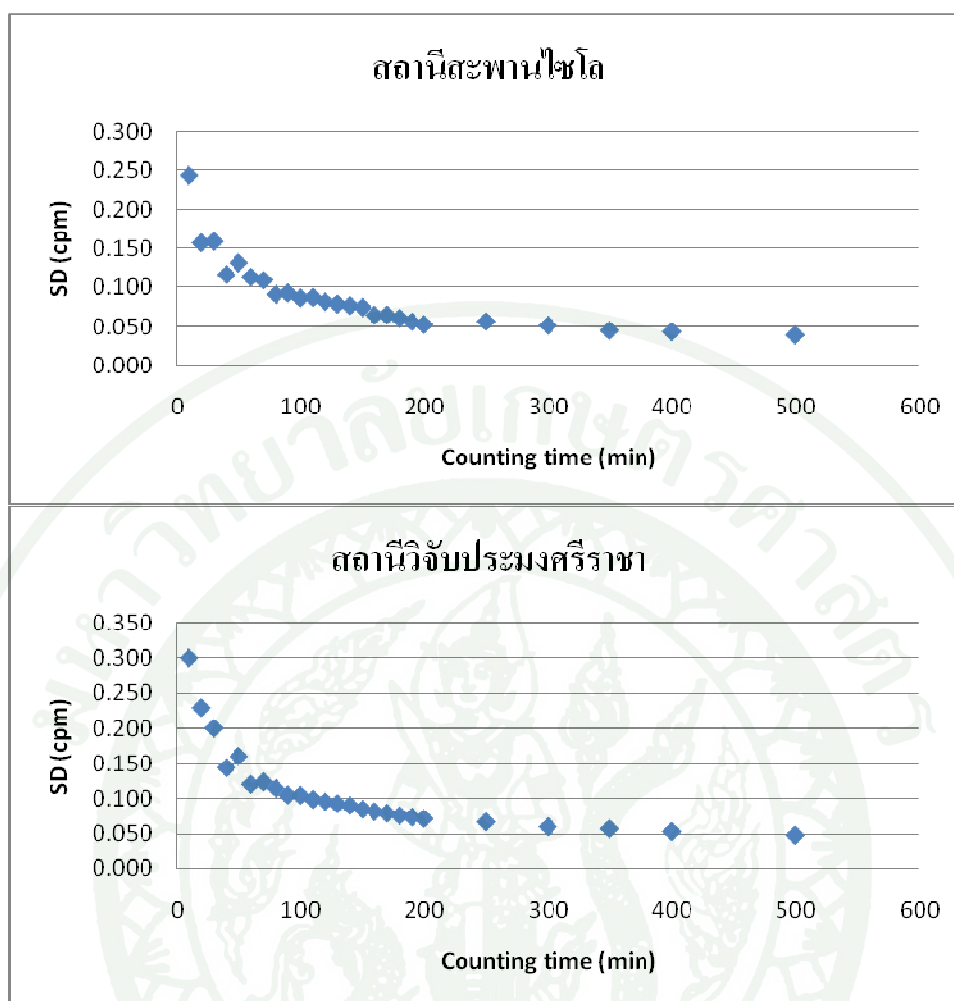
ภาพที่ 7 ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล



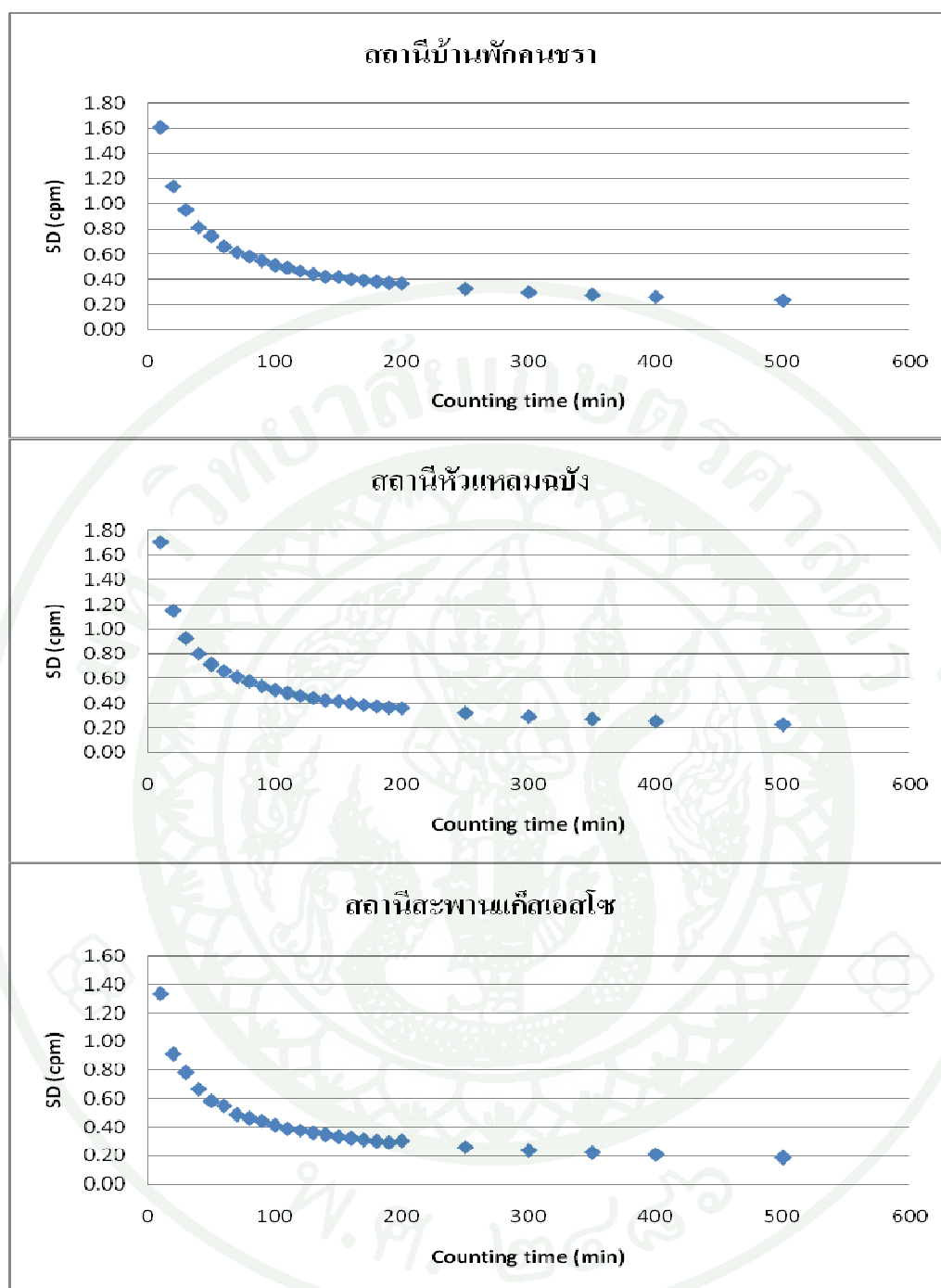
ภาพที่ 7 (ต่อ)



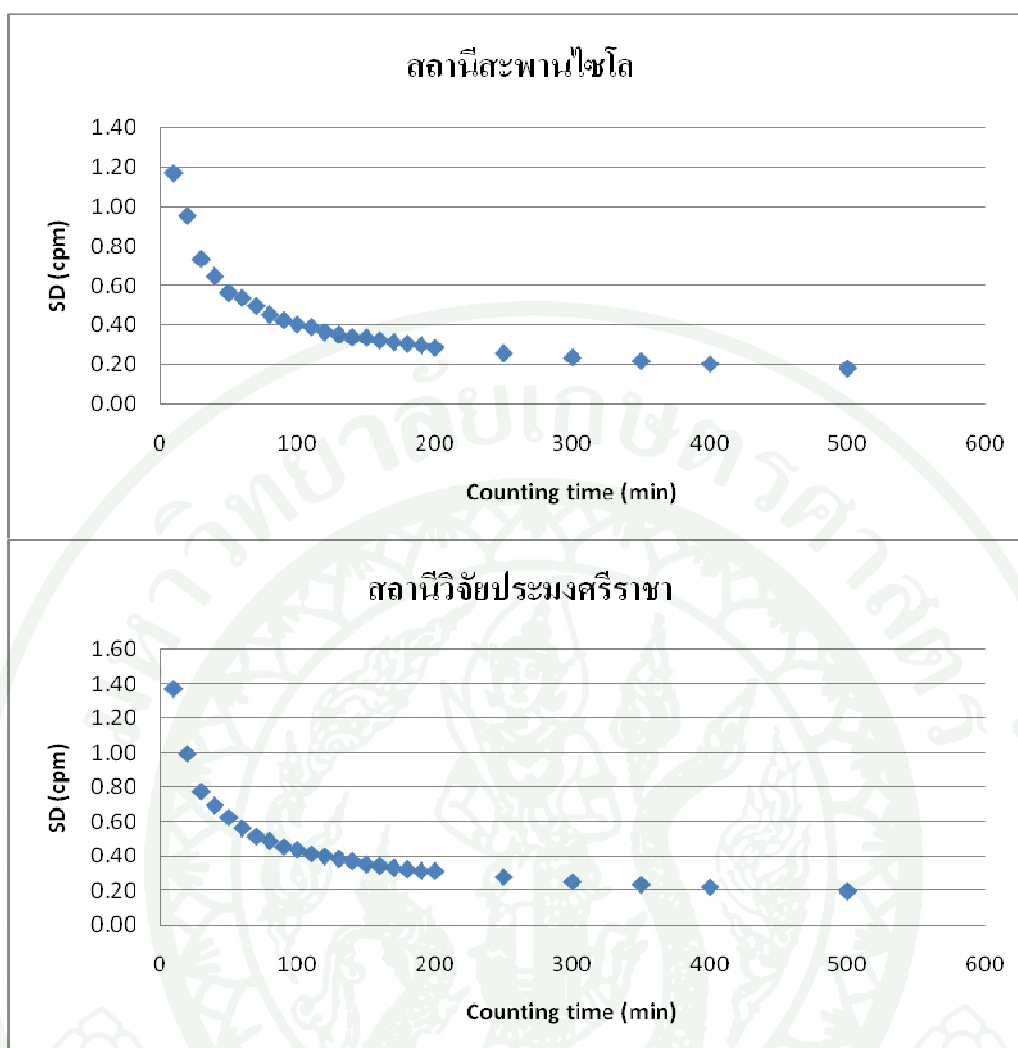
ภาพที่ 8 ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน



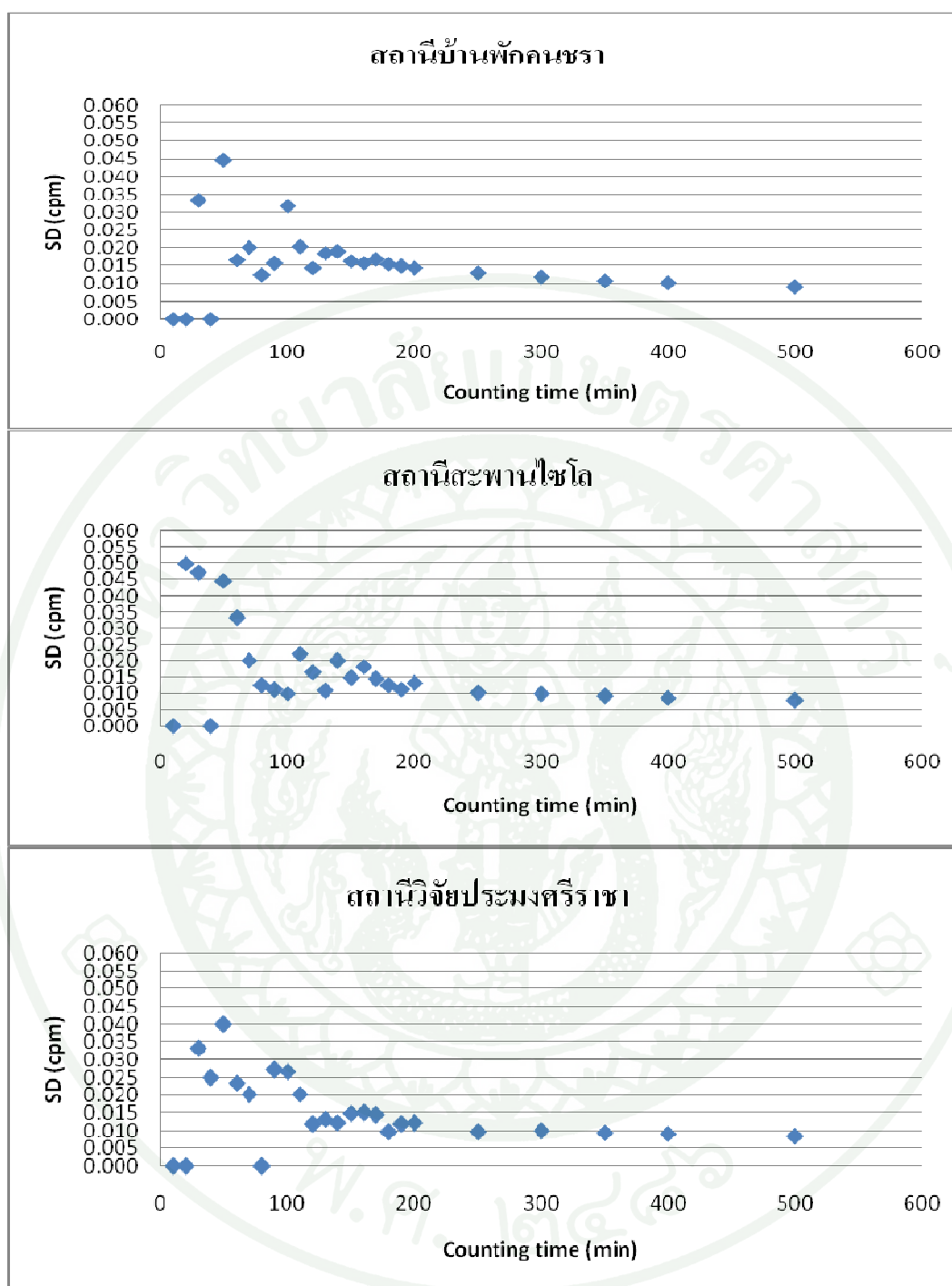
ภาพที่ 8 (ต่อ)



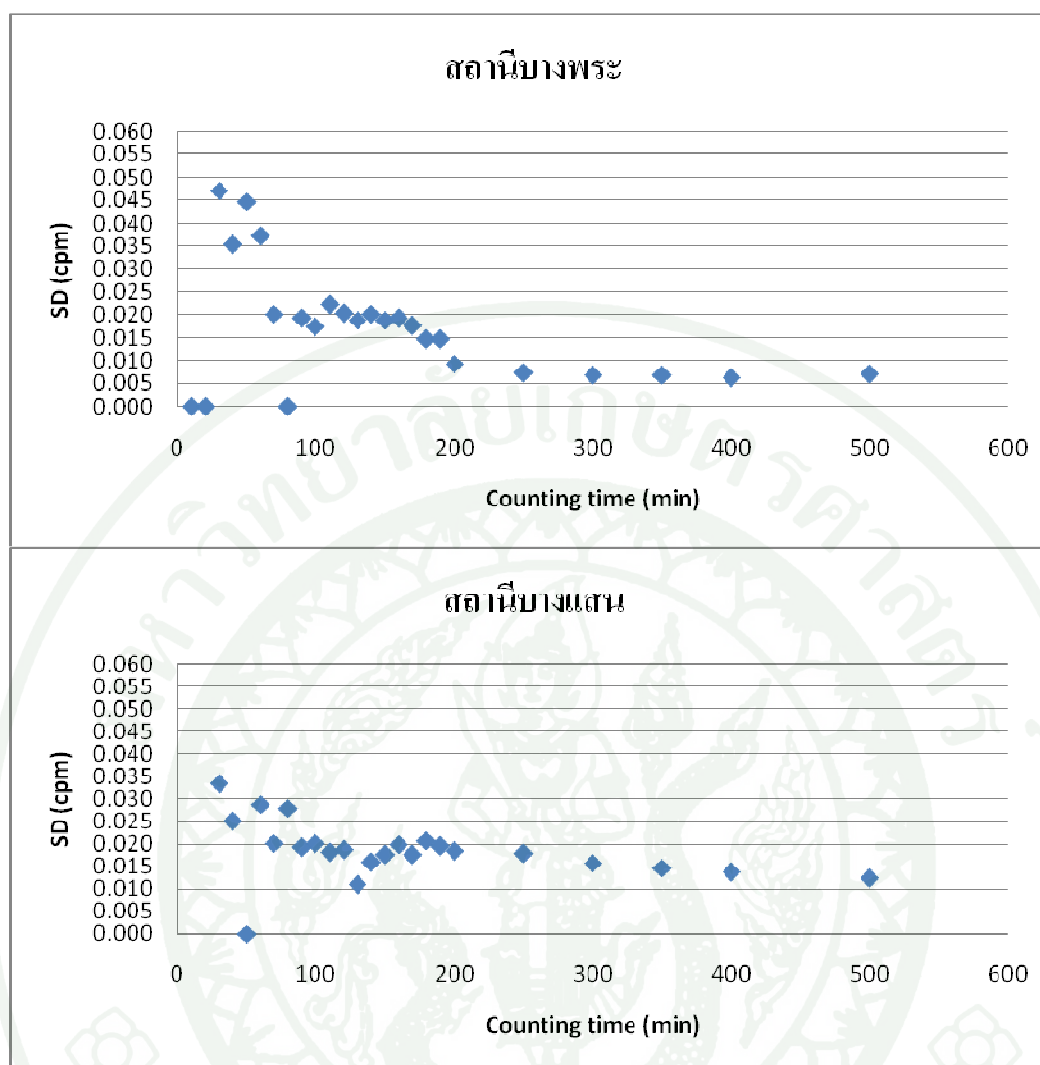
ภาพที่ 9 ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน



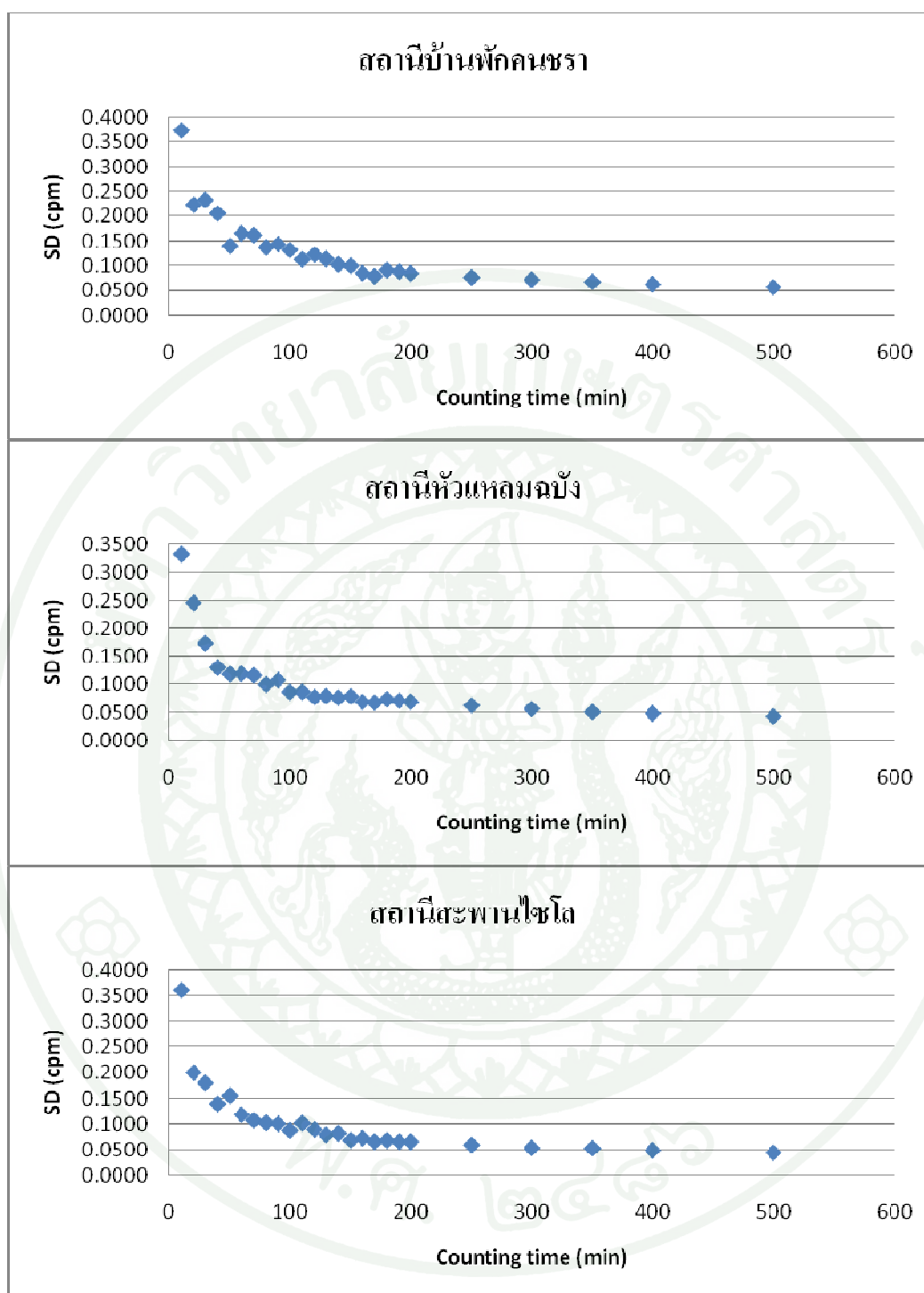
ภาพที่ 9 (ต่อ)



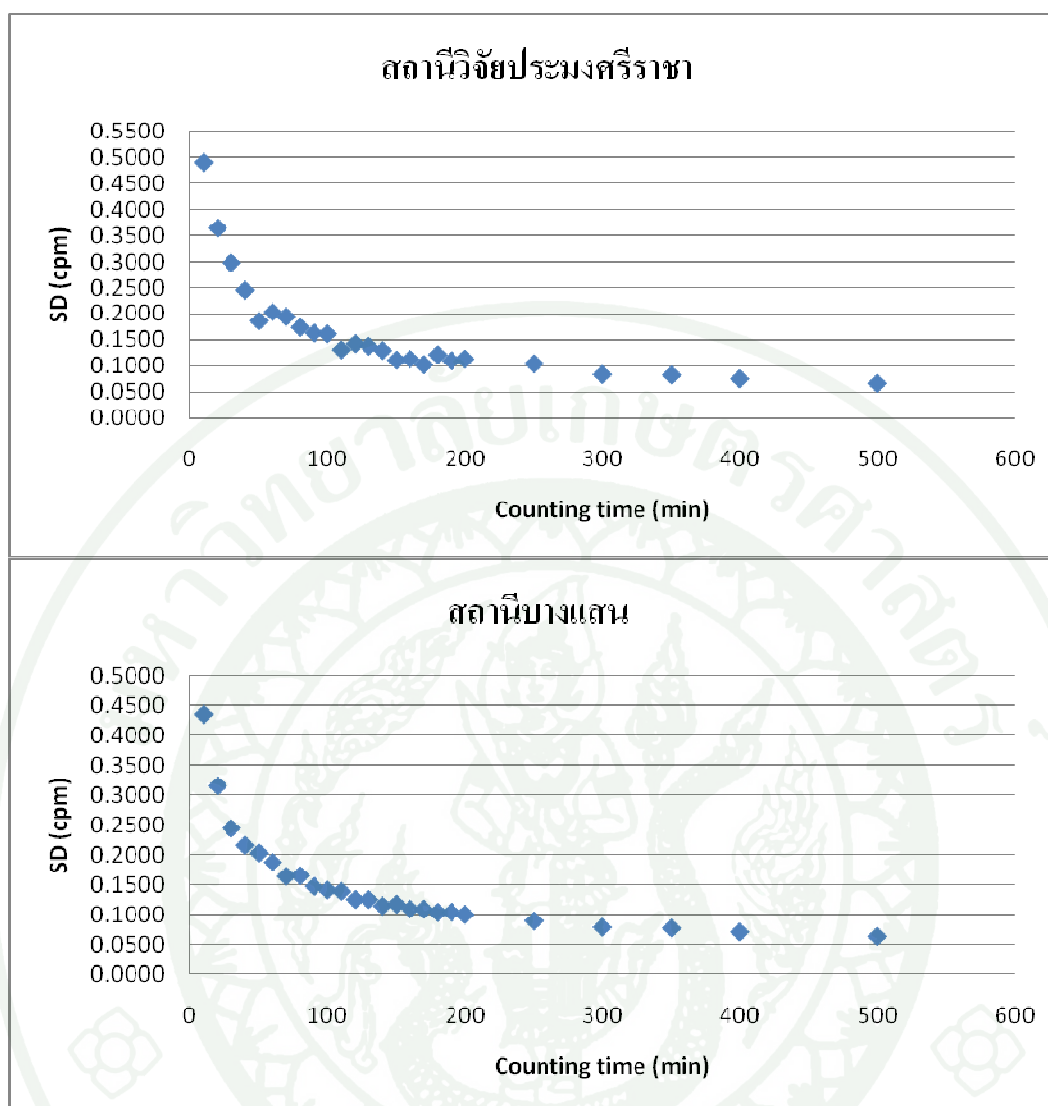
ภาพที่ 10 ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน



ภาพที่ 10 (ต่อ)



ภาพที่ 11 ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างเพลงตอน



ภาพที่ 11 (ต่อ)

2. การศึกษาเรื่องปัจจัยการดูดซับตัวเอง (Self-absorption factor) ของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล

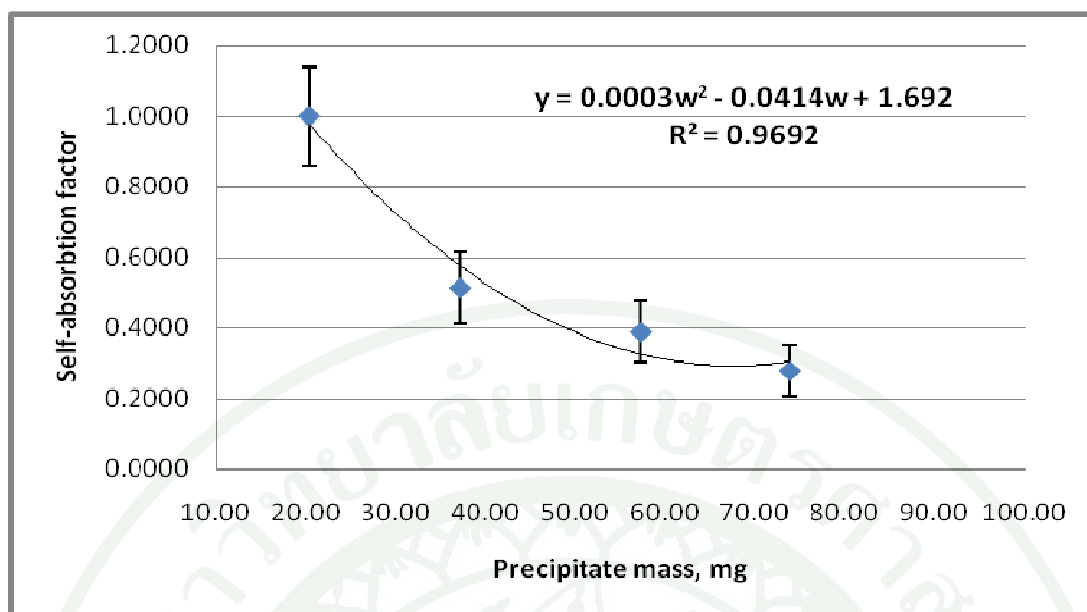
2.1. การศึกษาปัจจัยการดูดซับตัวเอง (Self-absorption factor) ของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักตะกอนที่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มสารละลายตัวพา และน้ำหนักตะกอนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่านับวัดรังสีมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่างมีอิทธิพลต่อการตรวจวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล น้ำหนักตะกอนของชุดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอยู่ระหว่าง 20 ถึง 75 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักตะกอนที่ครอบคลุมช่วงน้ำหนักของตะกอนตัวอย่างน้ำทะเล สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ผลการคำนวณค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง สามารถนำมาสร้างสมการค่าแก้ทดแทนค่าปริมาณรังสีที่ถูกดูดซับได้ดังแสดงดังภาพที่ 11 โดยรูปแบบของสมการนั้นไม่มีรูปแบบเฉพาะที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับแนวโน้มของค่าที่ได้รับจากการคำนวณ (Suarez-Navarro *et al.*, 2001) สำหรับการศึกษานี้แนวโน้มของค่าที่ได้รับจากการคำนวณแสดงออกมาในรูปแบบของสมการกำลังสอง (quadratic fitting) ซึ่งมีรูปแบบคือ

$$F_a = A \cdot w^2 + B \cdot w + C \quad (6)$$

ค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา ซึ่งคำนวณได้จากชุดการทดลองนี้คือ

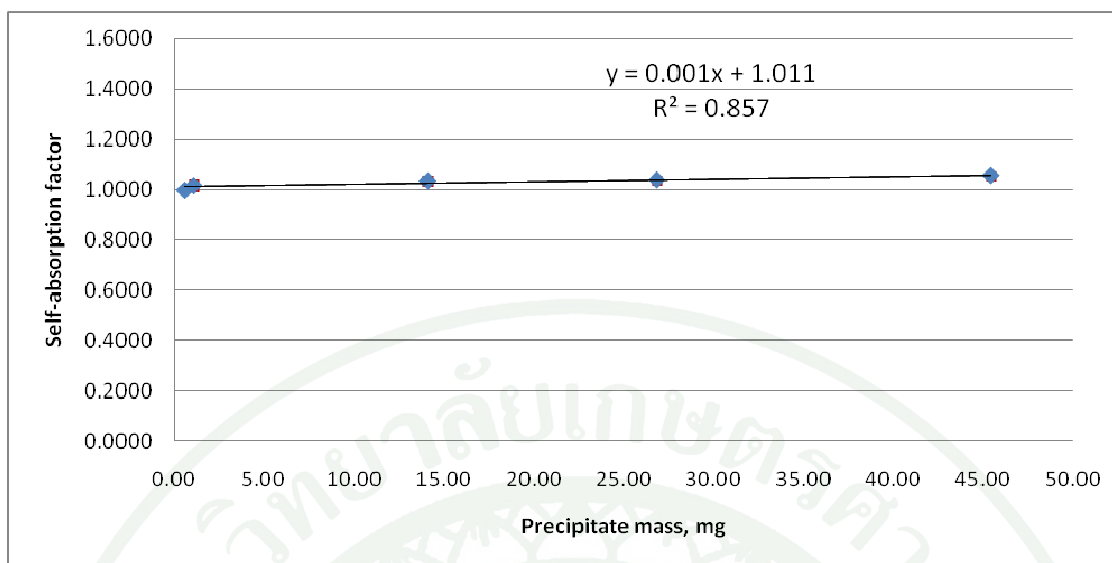
$$F_a = 0.0003w^2 - 0.0414w + 1.692 \quad (7)$$

โดย	Fa	คือ	ค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง
	W	คือ	น้ำหนักสุดท้ายของตะกอนในหน่วยมิลลิกรัม



ภาพที่ 12 ค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตะกอนของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล

2.2. การศึกษาปัจจัยการดูดซับตัวเอง (Self-absorption factor) ของการวัดปริมาณรังสีรวมบีตา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงน้ำหนักตะกอนที่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มสารละลายตัวพา Fe^{+3} และสารละลายตัวพา Ba^{+2} จากการศึกษาพบว่าน้ำหนักตะกอนที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลใดๆต่อค่านับวัดรังสี แสดงให้เห็นว่าค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่างไม่มีอิทธิพลต่อการตรวจวัดปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ดังแสดงในภาพที่ 12 น้ำหนักตะกอนของชุดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 50 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักตะกอนที่ครอบคลุมช่วงน้ำหนักของตะกอนตัวอย่างน้ำทะเล สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาที่ทำการศึกษาในครั้งนี้



ภาพที่ 13 ค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตะกอนของการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล

3. การศึกษาเรื่องปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

การศึกษาปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน ดำเนินการบนพื้นที่เก็บตัวอย่างจำนวน 10 สถานี บริเวณอ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี เก็บตัวอย่างแตกต่างกัน 5 ฤดูกาล ในรอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน นำตัวอย่างทั้งหมดมาดำเนินการตามกระบวนการเตรียมตัวอย่างตามชนิดประเภทตัวอย่าง ผลการศึกษาแบ่งออกเป็นหกส่วนคือ ผลปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่าง น้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน และ ผลปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

3.1. ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ดำเนินการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีตกตะกอนร่วม และทำการวัดด้วยเครื่องวัดรังสีรวมแอลฟา-บีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) แสดงผลการวัดดังตารางที่ 2 พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเลอยู่ในช่วง 0.06 ± 0.021 Bq/l ถึง 0.39 ± 0.061 Bq/l ปริมาณรังสีแอลฟารวมต่ำสุดอยู่ที่ สถานีบางพระในการเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2551 และปริมาณรังสีสูงสุดอยู่ที่สถานีบ้านพักคนชราในการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2552 สำหรับปริมาณรังสีรวมบีตา ดังแสดงผลการวัดในตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเลอยู่ในช่วง 0.28 ± 0.018 Bq/l ถึง 1.31 ± 0.032 Bq/l ปริมาณรังสีบีตา รวมต่ำสุดอยู่ที่

ที่ สถานีหัวแหลมฉะเชิงเทรา ในการเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2552 และปริมาณรังสีสูงสุดอยู่ที่สถานี
บางพระในการเก็บตัวอย่างเดือน กรกฎาคม 2551

การวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟามีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของหัววัดรังสีคือ 14.98% และค่า
ปริมาณกัมมันตภาพรังสีแอลฟารวมต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Minimum Detectable Activity,
MDA) มีค่าเฉลี่ยคือ 0.0832 Bq/l สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตามีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของหัววัด
รังสีคือ 2.41% และค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีบีตารวมต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ มีค่าเฉลี่ยคือ
0.0577 Bq/l

เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง
ของแต่ละฤดูกาลพบว่า มีความแตกต่างของปริมาณรังสีรวม เมื่อทำการตรวจสอบทางสถิติด้วย
ANOVA พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของพื้นที่เก็บตัวอย่างมีผลต่อปริมาณรังสีรวมแอลฟา และ
บีตาในตัวอย่างน้ำทะเล

ตารางที่ 2 ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี

สถานี	Activities (Bq/l)				
	กรกฎาคม 2551	ตุลาคม 2551	มกราคม 2552	เมษายน 2552	กรกฎาคม 2552
ปราสาทไม้สัก	-	0.23±0.041	0.08±0.028	0.09±0.032	0.29±0.042
บ้านพักคนชรา	0.37±0.053	0.26±0.054	0.16±0.050	0.34±0.068	0.39±0.061
หัวแหลมฉะบั้ง	0.19±0.043	0.20±0.037	0.15±0.036	0.10±0.057	0.23±0.044
สะพานแก๊สเอสโซ	0.13±0.045	0.16±0.040	0.10±0.029	0.11±0.037	0.17±0.032
สะพานไชล	0.18±0.047	0.18±0.038	0.13±0.036	0.07±0.024	0.14±0.024
สถานีวิจัยประมงศรีราชา	0.17±0.043	0.24±0.046	0.15±0.036	0.16±0.040	0.32±0.057
บางพระ	0.36±0.059	0.24±0.042	0.06±0.021	0.19±0.043	0.15±0.024
กัปตันยุทธ	0.23±0.045	0.18±0.035	0.12±0.028	0.16±0.045	0.31±0.050
บางแสน	0.17±0.042	0.29±0.047	0.10±0.036	0.16±0.043	0.22±0.042
อ่างศิลา	-	0.13±0.034	0.17±0.043	0.18±0.048	0.19±0.036

ตารางที่ 3 ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างน้ำทะเล จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี

สถานี	Activities (Bq/l)				
	กรกฎาคม 2551	ตุลาคม 2551	มกราคม 2552	เมษายน 2552	กรกฎาคม 2552
ปราสาทไม้สัก	-	0.34±0.021	0.29±0.019	0.76±0.025	1.12±0.030
บ้านพักคนชรา	1.15±0.031	0.41±0.023	0.50±0.023	0.98±0.028	1.25±0.031
หัวแหลมฉะบั้ง	1.21±0.033	0.56±0.025	0.28±0.018	0.50±0.021	1.01±0.030
สะพานแก๊สเอสโซ	1.27±0.033	0.54±0.022	0.28±0.019	0.54±0.023	1.13±0.030
สะพานไขโล	1.16±0.030	0.52±0.022	0.40±0.022	0.68±0.023	1.19±0.030
สถานีวิจัยประมงศรีราชา	1.30±0.031	0.44±0.021	0.35±0.019	0.88±0.028	1.16±0.030
บางพระ	1.31±0.032	0.42±0.020	0.33±0.019	0.88±0.026	1.27±0.031
กัปตันยุทธ	1.04±0.029	0.33±0.020	0.63±0.025	0.73±0.025	0.88±0.027
บางแสน	-	0.48±0.023	0.30±0.018	0.77±0.025	1.09±0.028
อ่างศิลา	-	0.40±0.020	0.64±0.025	0.51±0.022	1.14±0.030

3.2. ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน เมื่อทำการตรวจวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) แสดงผลการวัดดังตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดินอยู่ในช่วง 0.12 ± 0.02 Bq/ Kg ถึง 2.37 ± 0.08 Bq/ Kg ปริมาณรังสีแอลฟารวมต่ำสุดอยู่ที่ สถานีบางแสนในการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2552 และปริมาณรังสีสูงสุดอยู่ที่สถานีกัปตันยุทธในการเก็บตัวอย่างเดือน ตุลาคม 2551

สำหรับปริมาณรังสีรวมบีตา ดังแสดงผลการวัดในตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างอยู่ในช่วง 2.37 ± 0.04 Bq/ Kg ถึง 18.09 ± 0.12 Bq/ Kg ปริมาณรังสีบีตา รวมต่ำสุดอยู่ที่ สถานีวิจัยประมงศรีราชาในการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2552 และปริมาณรังสีสูงสุดอยู่ที่สถานีกัปตันยุทธในการเก็บตัวอย่างเดือน ตุลาคม 2551

การวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟามีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของหัววัดรังสีคือ 2.87% และค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีแอลฟารวมต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Minimum Detectable Activity, MDA) มีค่าเฉลี่ยคือ 0.0513 Bq/Kg สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตามีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของหัววัดรังสีคือ 8.96% และค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีบีตา รวมต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ มีค่าเฉลี่ยคือ 0.0563 Bq/Kg

เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างของแต่ละฤดูกาลพบว่า มีความแตกต่างของปริมาณรังสีรวมในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง เมื่อทำการตรวจสอบทางสถิติด้วย ANOVA พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของพื้นที่เก็บตัวอย่างมีผลต่อปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน

ตารางที่ 4 ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี

สถานี	Activities (Bq/Kg)				
	กรกฎาคม 2551	ตุลาคม 2551	มกราคม 2552	เมษายน 2552	กรกฎาคม 2552
ปราสาทไม้สัก	-	0.98±0.05	0.74±0.04	0.92±0.05	0.79±0.04
บ้านพักคนชรา	0.72±0.04	0.89±0.05	1.49±0.06	2.13±0.08	0.44±0.03
หัวแหลมฉะบั้ง	0.70±0.04	0.40±0.03	1.15±0.06	0.89±0.05	0.92±0.05
สะพานแก๊สเอสโซ	0.79±0.04	0.40±0.04	0.48±0.04	0.51±0.04	0.56±0.04
สะพานไชล	0.36±0.03	0.36±0.03	0.42±0.03	0.48±0.04	0.49±0.04
สถานีวิจัยประมงศรีราชา	0.46±0.03	0.40±0.03	0.51±0.04	0.51±0.03	0.52±0.04
บางพระ	0.40±0.04	0.79±0.04	0.63±0.04	0.58±0.04	0.97±0.05
กัปตันยุทธ	0.29±0.03	2.37±0.08	0.33±0.03	0.87±0.05	0.80±0.05
บางแสน	0.29±0.03	0.72±0.04	0.26±0.03	0.12±0.02	0.17±0.02
อ่างศิลา	-	0.50±0.03	0.83±0.05	0.69±0.04	0.84±0.04

ตารางที่ 5 ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างตะกอนดิน จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี

สถานี	Activity (Bq/Kg)				
	กรกฎาคม 2551	ตุลาคม 2551	มกราคม 2552	เมษายน 2552	กรกฎาคม 2552
ปราสาทไม้สัก	-	7.91±0.08	5.85±0.07	6.33±0.07	9.31±0.08
บ้านพักคนชรา	4.66±0.06	8.34±0.08	12.87±0.10	14.04±0.1	10.50±0.09
หัวแหลมฉะบั้ง	4.75±0.06	9.65±0.09	5.25±0.07	5.13±0.06	5.36±0.06
สะพานแก๊สเอสโซ	3.22±0.05	3.26±0.05	3.12±0.05	3.11±0.05	3.71±0.05
สะพานไซโล	3.11±0.05	3.37±0.05	3.93±0.06	5.88±0.07	4.02±0.06
สถานีวิจัยประมงศรีราชา	3.18±0.05	5.88±0.07	2.94±0.05	2.37±0.04	2.52±0.04
บางพระ	7.04±0.07	8.35±0.08	7.58±0.08	7.36±0.07	13.18±0.10
กัปตันยุทธ	5.12±0.06	18.09±0.12	6.11±0.07	10.86±0.09	11.62±0.09
บางแสน	8.02±0.08	8.02±0.08	7.94±0.08	7.70±0.08	6.83±0.07
อ่างศิลา	-	7.91±0.08	7.90±0.08	8.31±0.08	7.62±0.08

3.3. ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างแพลงตอน เมื่อทำการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) แสดงผลการวัดดังตารางที่ 6 พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างแพลงตอนอยู่ในช่วง 0.0029 ± 0.0020 Bq/l ถึง 0.0294 ± 0.0043 Bq/l ปริมาณรังสีแอลฟารวมต่ำสุดอยู่ที่ สถานีอ่างศิลาในการเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2552 และปริมาณรังสีสูงสุดอยู่ที่สถานีกับตันยุทธในการเก็บตัวอย่างเดือน กรกฎาคม 2552

สำหรับปริมาณรังสีรวมบีตา ดังแสดงผลการวัดในตารางที่ 7 พบว่า ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างอยู่ในช่วง 0.0208 ± 0.0123 Bq/l ถึง 0.9151 ± 0.0262 Bq/l ปริมาณรังสีบีตา รวมต่ำสุดอยู่ที่ สถานีสะพานไขโลในการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2551 และปริมาณรังสีสูงสุดอยู่ที่สถานีอ่างศิลาในการเก็บตัวอย่างเดือน ตุลาคม 2551

การวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟามีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของหัววัดรังสีคือ 2.41% และค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีแอลฟารวมต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Minimum Detectable Activity, MDA) มีค่าเฉลี่ยคือ 0.0053 Bq/l สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตามีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของหัววัดรังสีคือ 6.29% และค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีบีตา รวมต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ มีค่าเฉลี่ยคือ 0.0409 Bq/l

เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างของแต่ละฤดูกาลพบว่า มีความแตกต่างของปริมาณรังสีรวมในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง เมื่อทำการตรวจสอบทางสถิติด้วย ANOVA พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปริมาณรังสีรวมบีตา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของพื้นที่เก็บตัวอย่างมีผลต่อปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างแพลงตอน

ตารางที่ 6 ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างแพลงตอน จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี

สถานี	Activities (Bq/l)				
	กรกฎาคม 2551	ตุลาคม 2551	มกราคม 2552	เมษายน 2552	กรกฎาคม 2552
ปราสาทไม้สัก	-	0.0069±0.0022	0.0060±0.0022	> 0.0092	0.0112±0.0028
บ้านพักคนชรา	0.0059±0.0020	0.0066±0.0022	0.0100±0.0029	0.0103±0.0031	0.0249±0.0045
หัวแหลมฉะบั้ง	0.0080±0.0024	> 0.0046	> 0.0089	> 0.0052	0.0079±0.0023
สะพานแก๊สเอสโซ	0.0106±0.0027	> 0.0057	> 0.0069	> 0.0040	0.0062±0.0019
สะพานไขโล	0.0071±0.0023	0.0054±0.0024	0.0072±0.0022	0.0054±0.0018	0.0064±0.0020
สถานีวิจัยประมงศรีราชา	> 0.0080	> 0.0065	> 0.0038	0.0079±0.0021	0.0059±0.0021
บางพระ	0.0175±0.0033	0.0060±0.0020	0.0060±0.0019	0.0124±0.0027	0.0102±0.0028
กัปตันยุทธ	0.0104±0.0025	0.0129±0.0028	0.0101±0.0024	0.0076±0.0024	0.0294±0.0043
บางแสน	0.0117±0.0027	0.0066±0.0021	0.0089±0.0025	> 0.0092	0.0209±0.0038
อ่างศิลา	-	0.0057±0.0020	0.0029±0.0020	> 0.0081	0.0237±0.0040

ตารางที่ 7 ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างเพลงตอน จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี

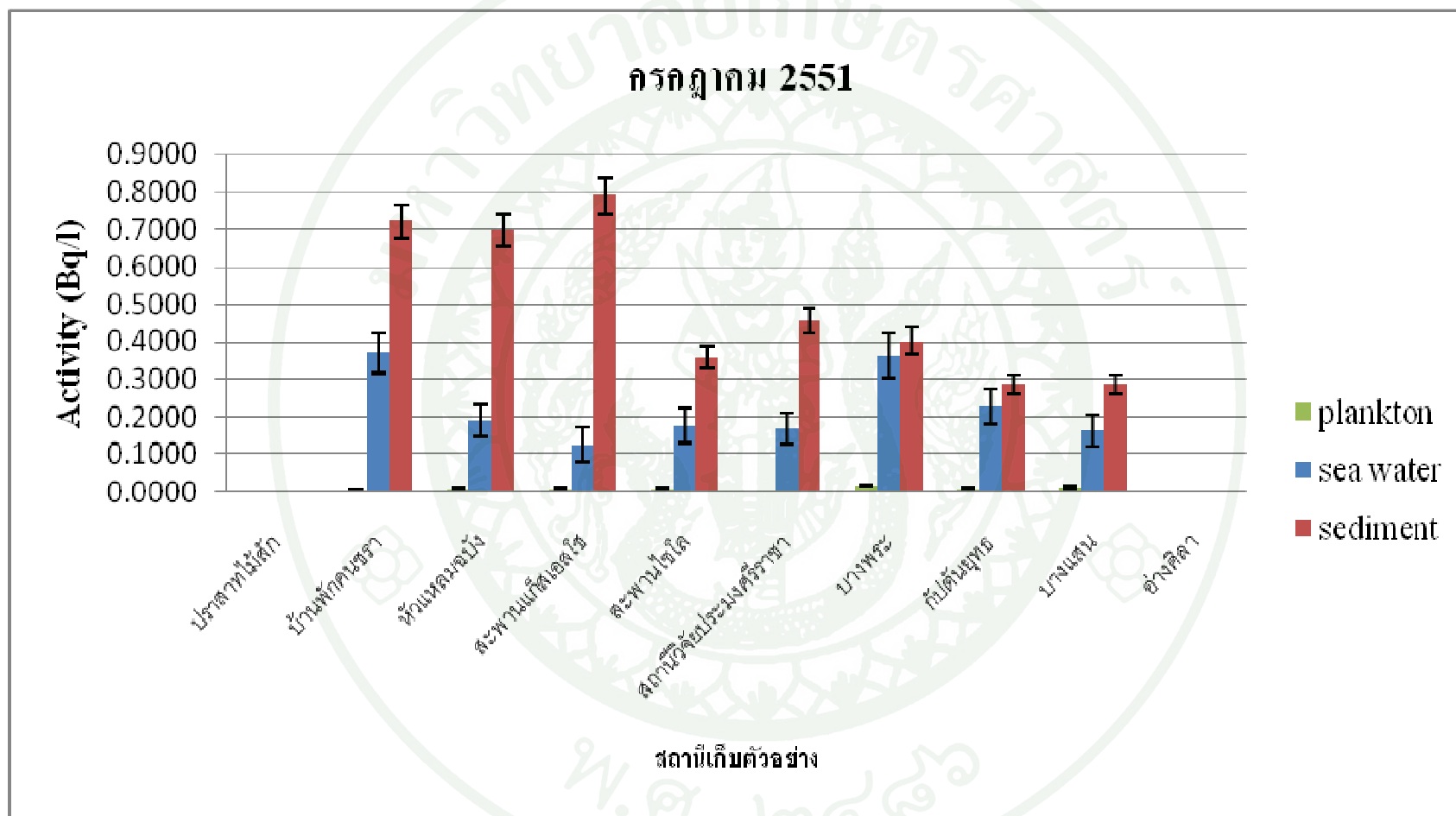
สถานี	Activities (Bq/l)				
	กรกฎาคม 2551	ตุลาคม 2551	มกราคม 2552	เมษายน 2552	กรกฎาคม 2552
ปราสาทไม้สัก	-	0.0687±0.0107	> 0.0392	0.0601±0.0123	0.1376±0.0149
บ้านพักคนชรา	0.1102±0.0119	0.1532±0.0143	0.1840±0.0129	> 0.0485	0.1148±0.0140
หัวแหลมฉะบั้ง	0.0565±0.0119	0.0907±0.0110	> 0.0484	0.2207±0.0145	0.1157±0.0117
สะพานแก๊สเอสโซ	0.0699±0.0104	0.2604±0.0134	> 0.0416	> 0.0484	0.1718±0.0131
สะพานไขโล	0.0208±0.0123	0.2181±0.0142	0.1302±0.0114	0.0560±0.0092	0.1713±0.0120
สถานีวิจัยประมงศรีราชา	0.1677±0.0132	0.6881±0.0206	> 0.0457	> 0.0387	0.1544±0.0106
บางพระ	0.1212±0.0115	0.2337±0.0134	0.0461±0.0087	> 0.0331	0.1613±0.0128
กัปตันยุทธ	0.2053±0.0128	0.1908±0.0145	0.0549±0.0103	0.1618±0.0112	0.0858±0.0112
บางแสน	0.2152±0.0150	0.3066±0.0161	> 0.0393	0.1775±0.0145	0.1657±0.0136
อ่างศิลา	-	0.9151±0.0262	0.1475±0.0120	0.2419±0.0156	0.1756±0.0161

4. การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

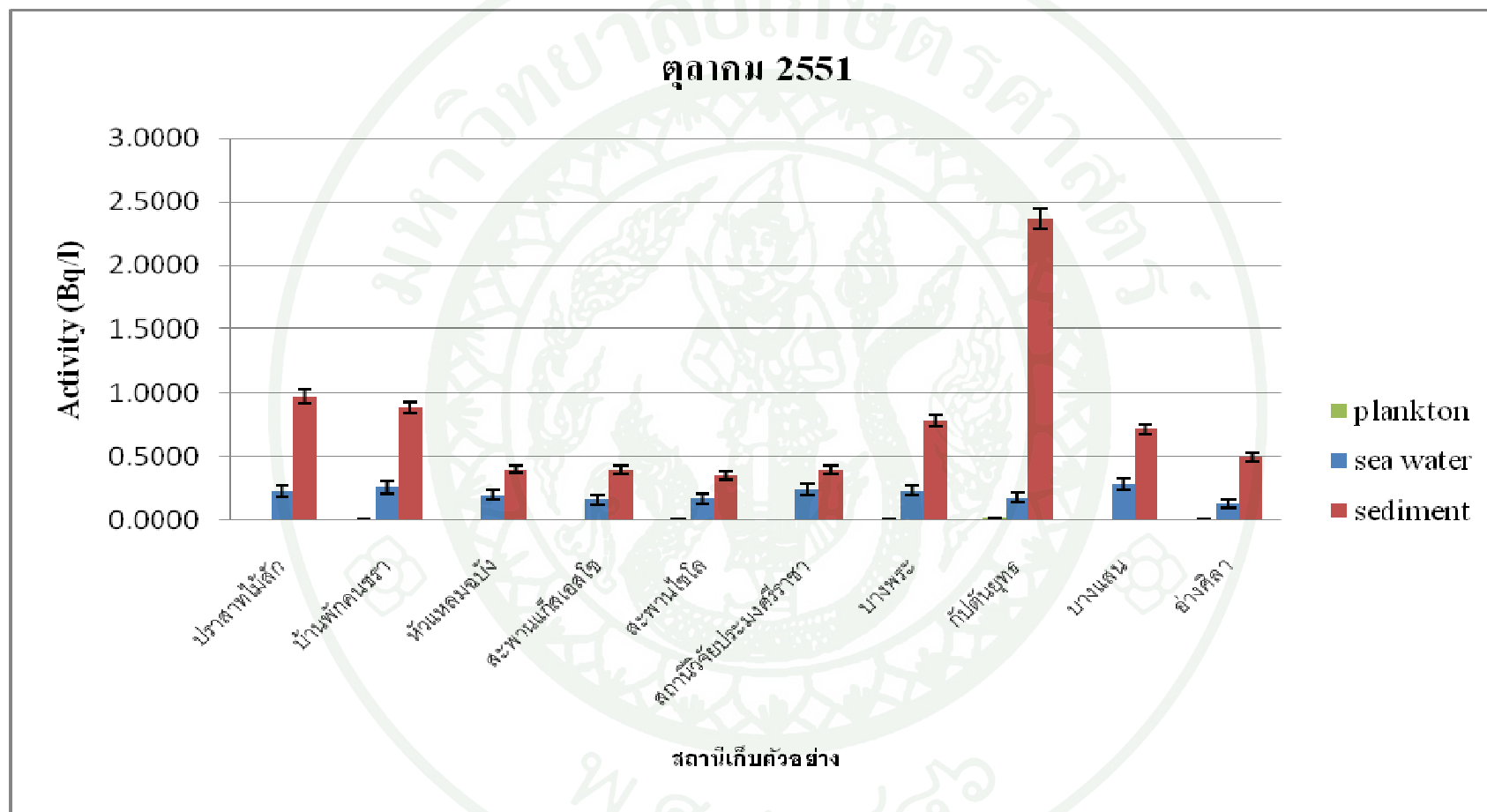
การศึกษาปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในช่วงในช่วงฤดูน้ำน้อย (เดือนธันวาคม – เดือนพฤษภาคม) และในช่วงฤดูน้ำมาก (เดือนมิถุนายน – เดือนพฤศจิกายน) ทำให้สามารถประเมินแนวโน้มของรูปแบบการสะสมของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในแต่ละชนิดตัวอย่างของแต่ละฤดูกาลได้ เมื่อประเมินการเปลี่ยนของปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ที่มีอยู่ในตัวอย่างแต่ละประเภทร่วมกับข้อมูลของปริมาณรังสีรวม และค่าปัจจัยแวดล้อมอื่น จะสามารถประเมินเบื้องต้นถึงที่มาของแหล่งกำเนิดรังสี และแนวโน้มของการเคลื่อนย้ายนิวไคลด์กัมมันตรังสีได้

4.1. ปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน เมื่อเปรียบเทียบในทุกฤดูกาลเก็บ ดังแสดงในภาพที่ 14 ถึงภาพที่ 18 พบว่าในทุกช่วงของการเก็บตัวอย่างตัวอย่างแพลงตอนมีค่าปริมาณรังสีน้อยกว่าตัวอย่างน้ำ และตัวอย่างตะกอนดินตามลำดับ

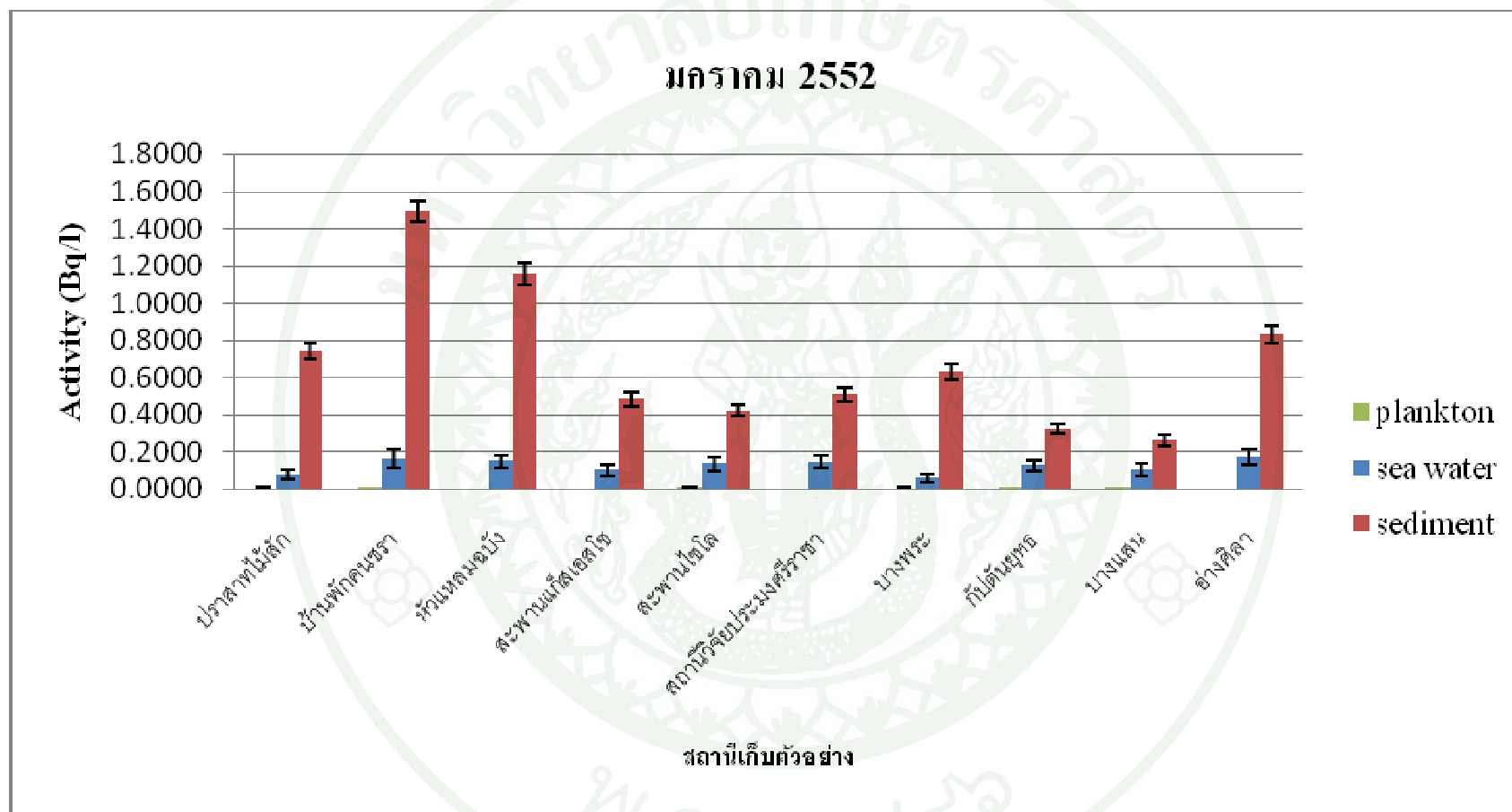
4.2. ปริมาณรังสีรวมบีตาเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน เมื่อเปรียบเทียบในทุกฤดูกาลเก็บ ดังแสดงในภาพที่ 19 ถึงภาพที่ 23 พบว่าในทุกช่วงของการเก็บตัวอย่างตัวอย่างแพลงตอนมีค่าปริมาณรังสีน้อยกว่าตัวอย่างน้ำ และตัวอย่างตะกอนดินตามลำดับ



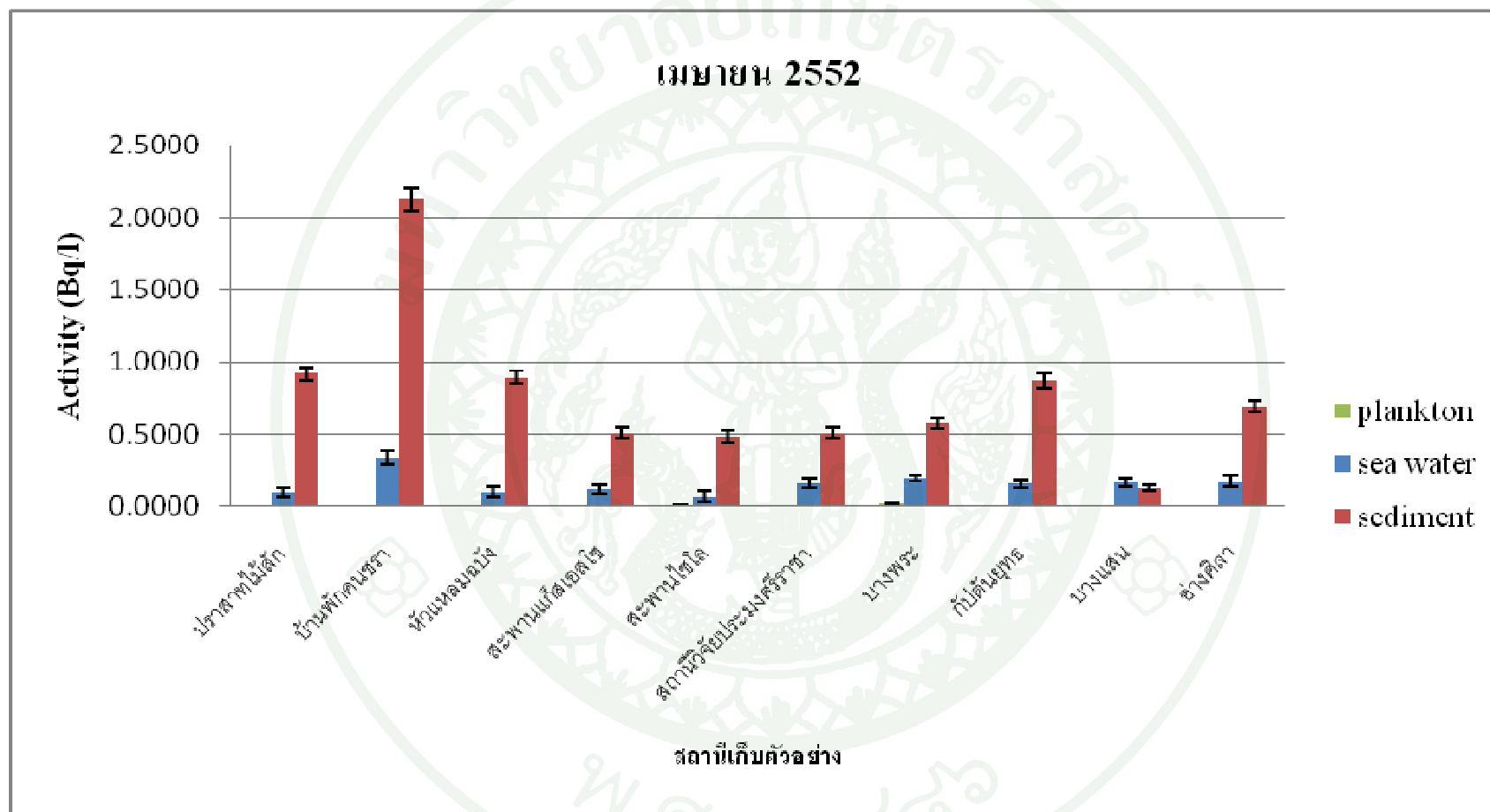
ภาพที่ 14 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือนกรกฎาคม 2551



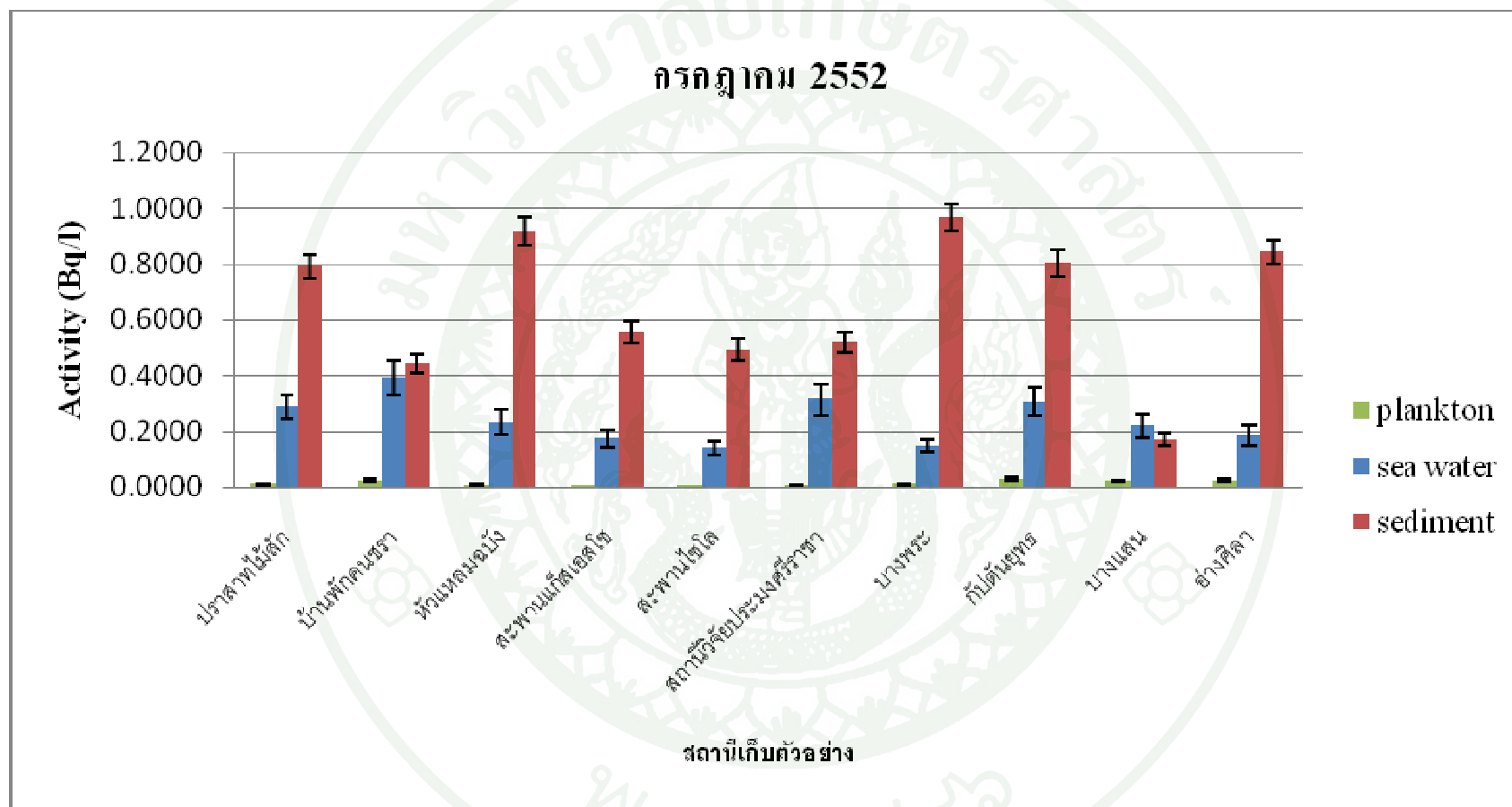
ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือนตุลาคม 2551



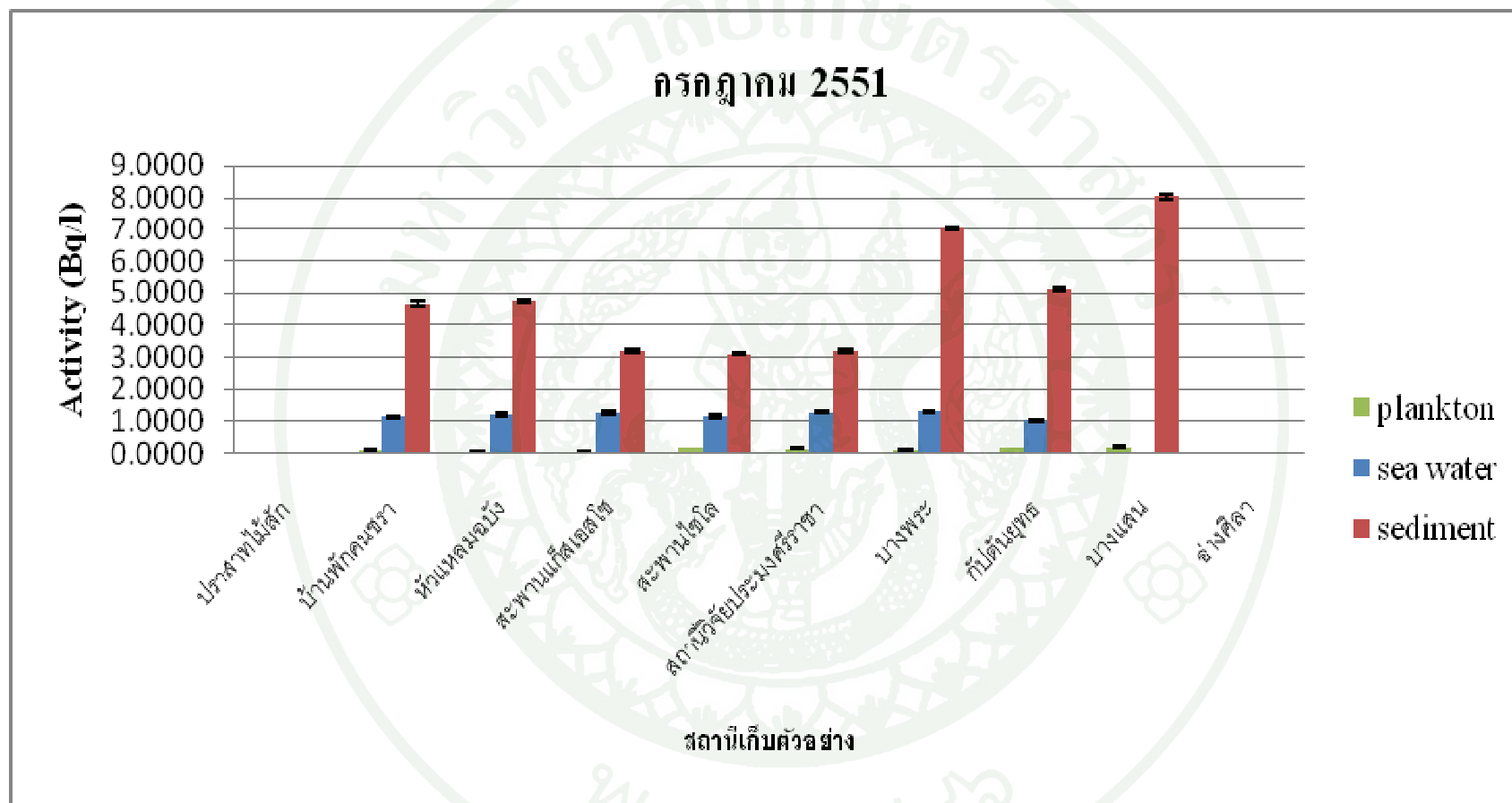
ภาพที่ 16 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือน มกราคม 2552



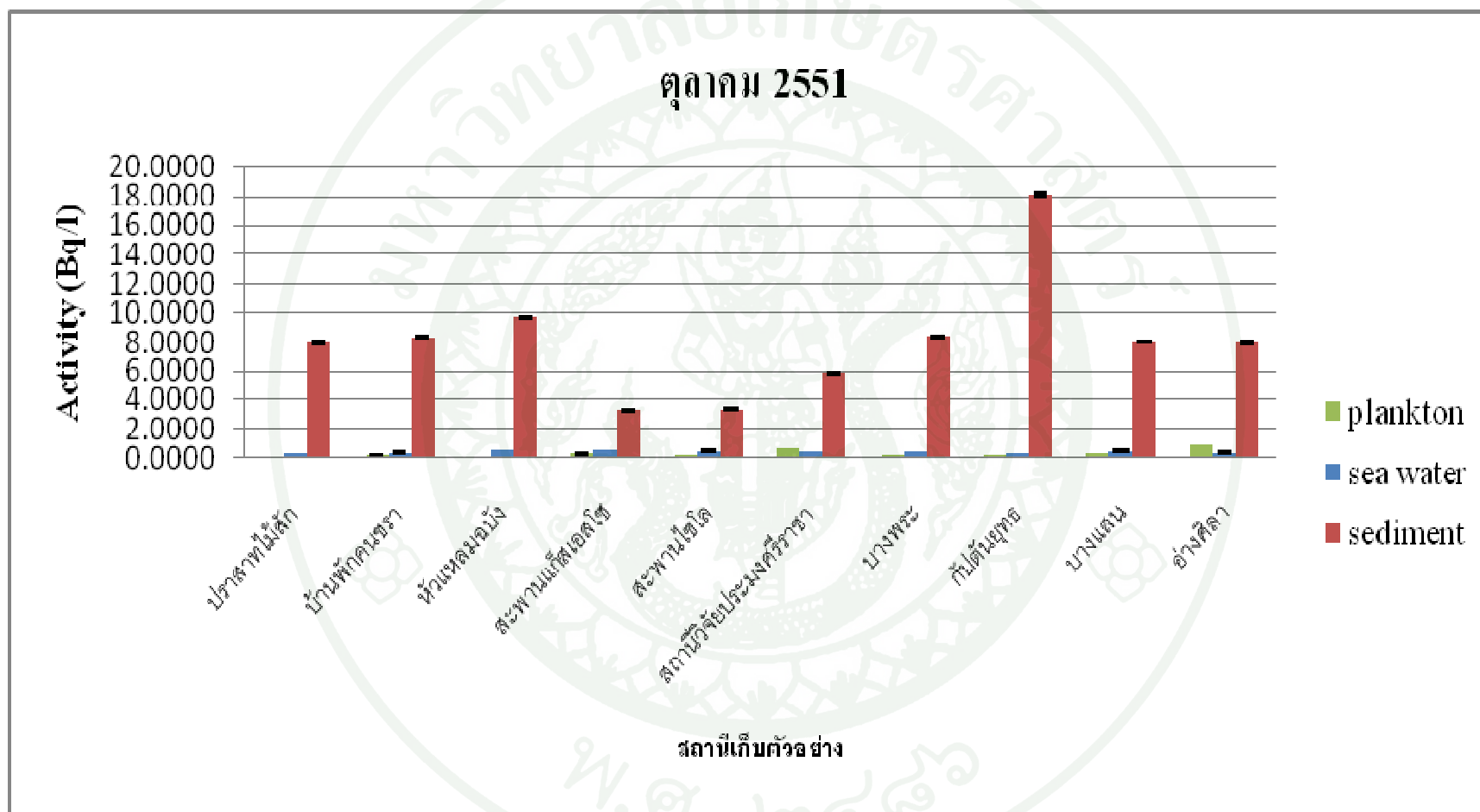
ภาพที่ 17 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือน เมษายน 2552



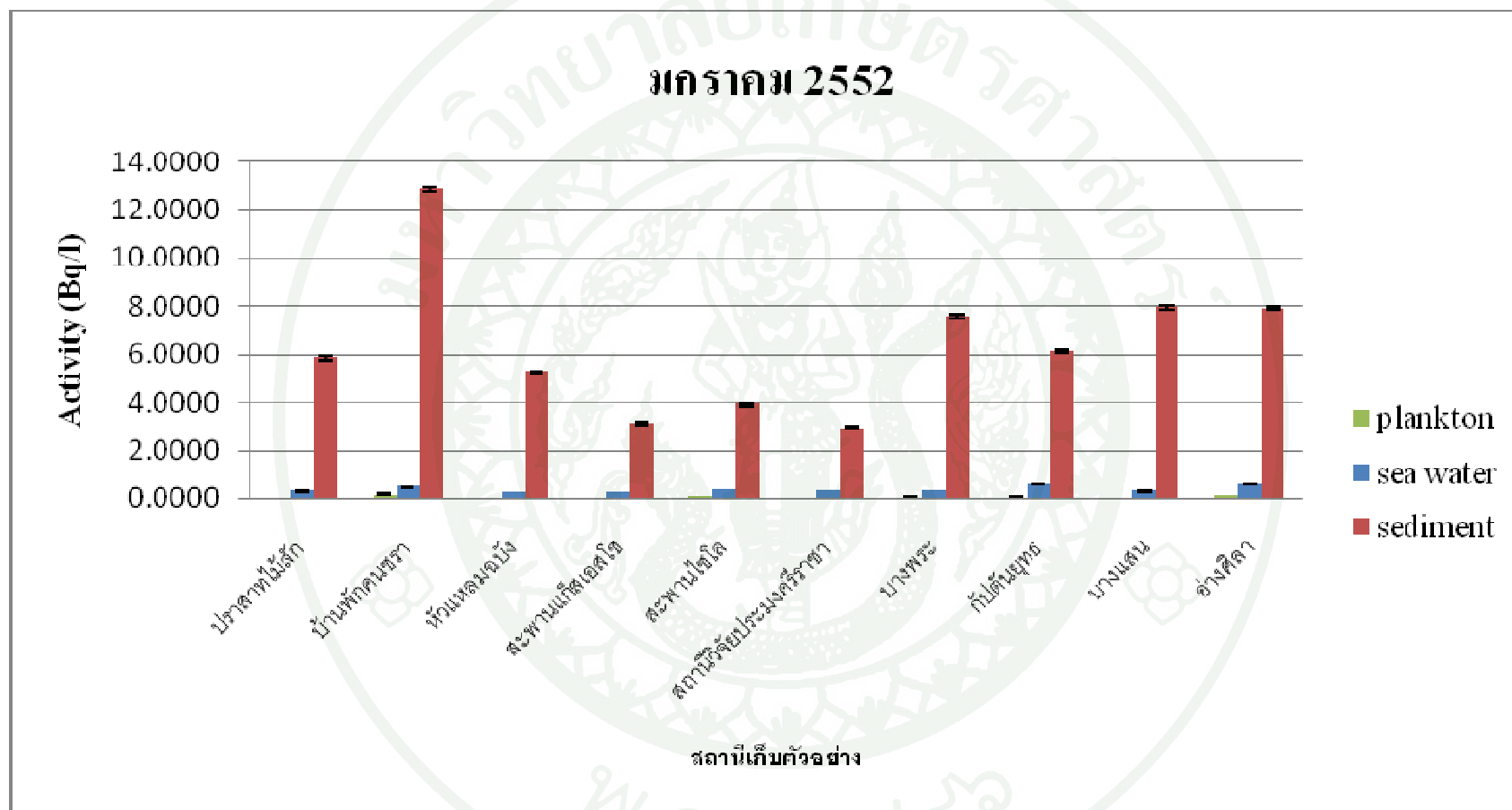
ภาพที่ 18 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือน กรกฎาคม 2552



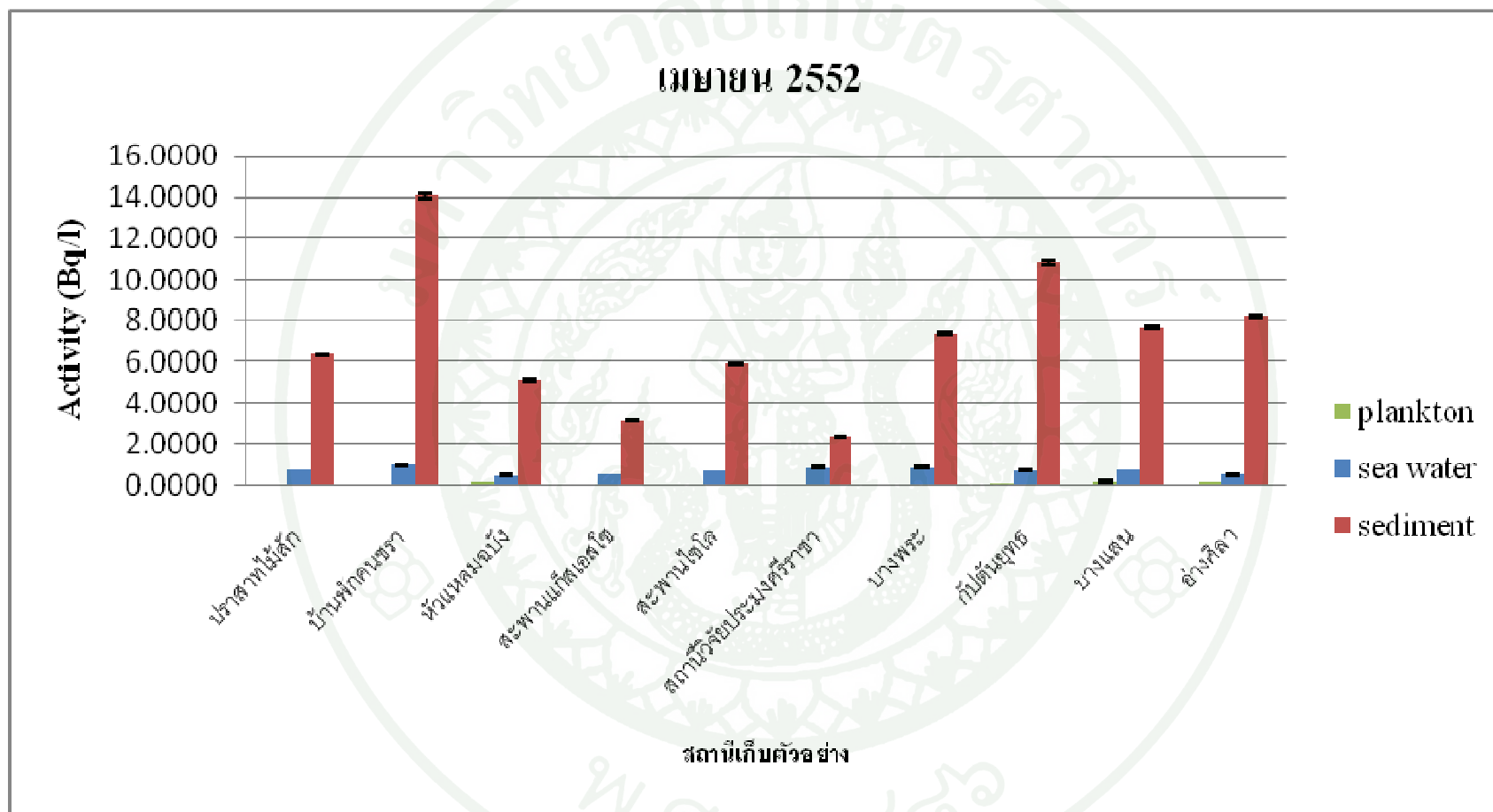
ภาพที่ 19 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือน กรกฎาคม 2551



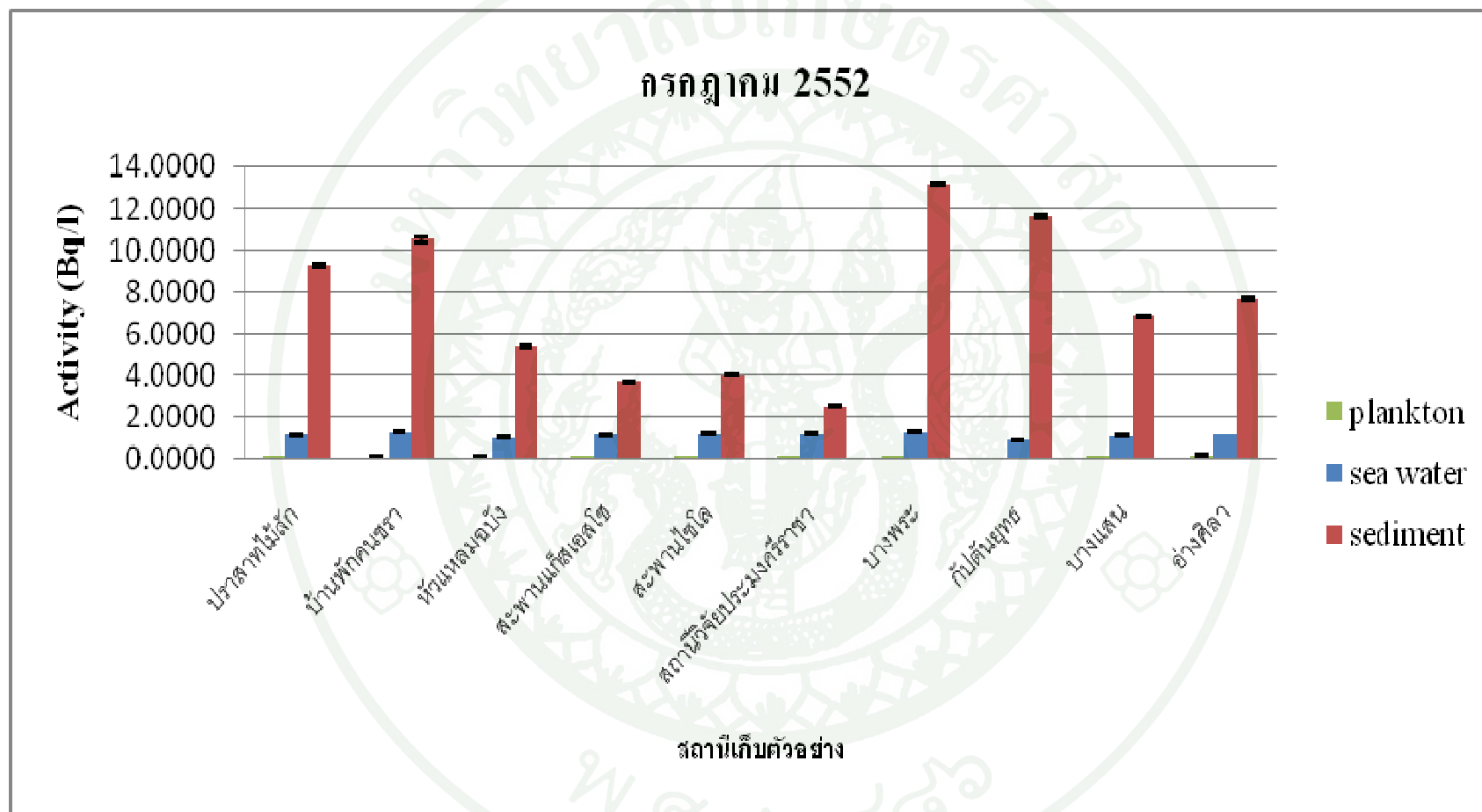
ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือน ตุลาคม 2551



ภาพที่ 21 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือน มกราคม 2552



ภาพที่ 22 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือน เมษายน 2552



ภาพที่ 23 การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในเดือน กรกฎาคม 2552

5. การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฤดูกาลของปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

การศึกษาปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนในช่วงในช่วงฤดูน้ำน้อย (เดือนธันวาคม – เดือนพฤษภาคม) และในช่วงฤดูน้ำมาก (เดือนมิถุนายน – เดือนพฤศจิกายน) ทำให้สามารถประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในรอบของการเก็บตัวอย่างได้ เมื่อนำข้อมูลของปริมาณรังสีรวมมาประเมินร่วมกับปัจจัยแวดล้อมอื่น จะสามารถประเมินเบื้องต้นถึงที่มาของแหล่งกำเนิดรังสี และแนวโน้มของการเคลื่อนย้ายได้

5.1. ค่าปริมาณความเค็ม (Salinity, ppt) ความเป็นกรด-เบส (pH) ค่า DO (dissolved oxygen, mg/l) และอุณหภูมิ (Temperature, °C) เป็นค่าปัจจัยแวดล้อมที่เก็บพร้อมกับการเก็บตัวอย่างในแต่ละฤดูกาล ซึ่งปัจจัยแวดล้อมเหล่านี้เมื่อทำการทดสอบด้วยเครื่องมือทางสถิติแล้ว สามารถใช้เป็นตัวพิจารณาร่วมในการประเมินความแตกต่างของปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในแต่ละฤดูกาลได้ โดยค่าปัจจัยแวดล้อมเหล่านี้แสดงไว้ในตารางที่ 8 เมื่อทำการตรวจสอบทางสถิติด้วย ANOVA พบว่าค่าปริมาณความเค็ม ความเป็นกรด-เบส และอุณหภูมิ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนค่า DO มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าค่าปริมาณความเค็ม ความเป็นกรด-เบส และอุณหภูมิ ไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีในแต่ละฤดูกาล ในขณะที่ ค่า DO อาจมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีในแต่ละฤดูกาล

5.2. ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลของปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน แสดงในภาพที่ 24, 25 และ 26 นำผลการวัดเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา ในช่วงฤดูน้ำน้อย (เดือนธันวาคม – เดือนพฤษภาคม) และในช่วงฤดูน้ำมาก (เดือนมิถุนายน – เดือนพฤศจิกายน) ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำทะเลพบว่าช่วงฤดูน้ำน้อย ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.14 ± 0.039 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมาก ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.22 ± 0.043 Bq/l ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดินพบว่า ในช่วงฤดูน้ำน้อย ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.73 ± 0.04 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมาก ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.64 ± 0.04 Bq/l สำหรับผลการศึกษาตัวอย่างแพลงตอนพบว่า ในช่วงฤดูน้ำน้อย ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.0080 ± 0.0023 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมาก ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.0107 ± 0.0026 Bq/l เมื่อทำการตรวจสอบทางสถิติด้วย ANOVA

พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในแต่ละตัวอย่าง และรอบของฤดูกาลเก็บ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)

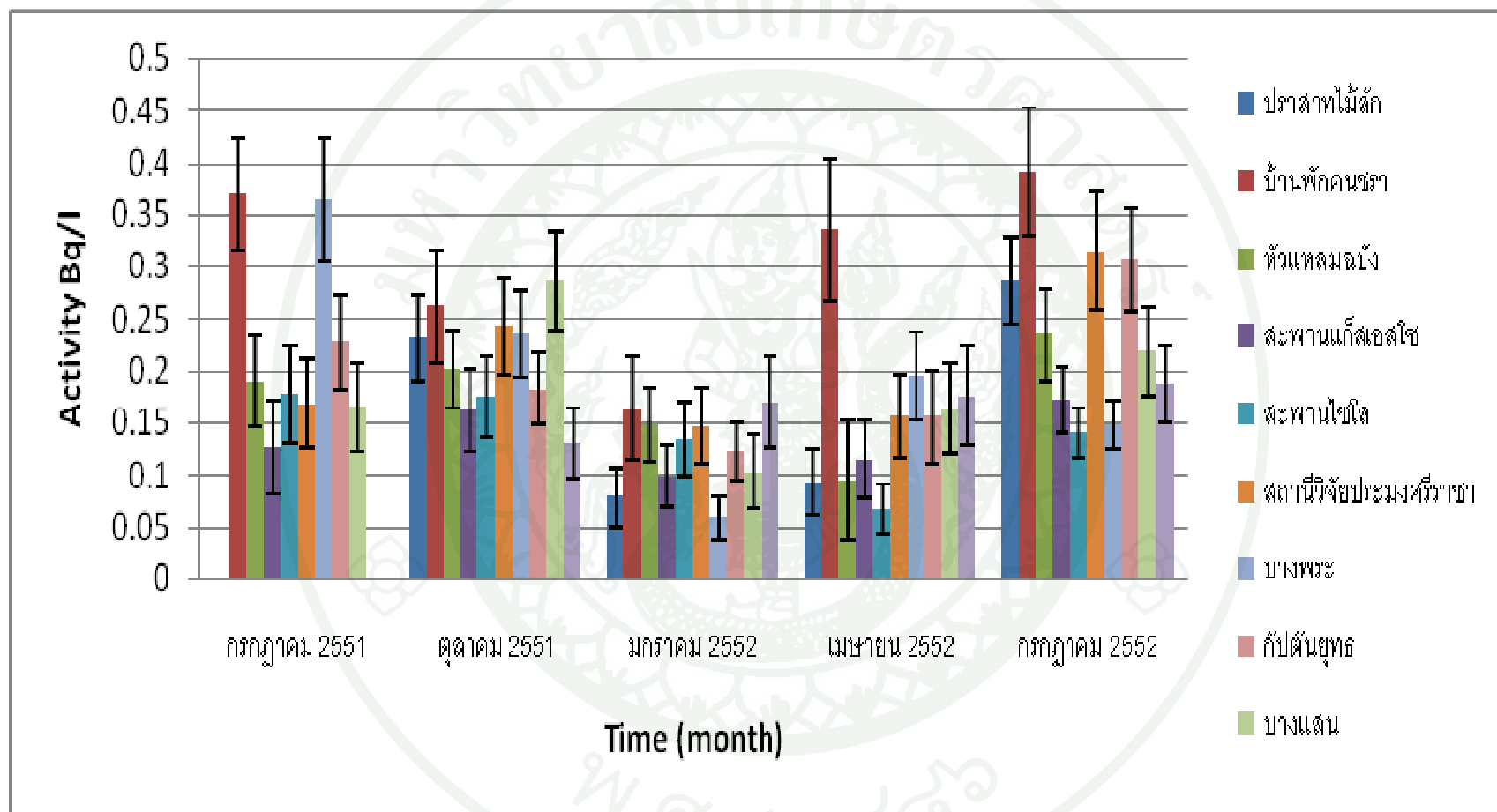
5.3. ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลของปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน แสดงในภาพที่ 27, 28 และ 29 นำผลการวัดเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีรวมบีตาในช่วงฤดูน้ำน้อย (เดือนธันวาคม – เดือนพฤษภาคม) และในช่วงฤดูน้ำมาก (เดือนมิถุนายน – เดือนพฤศจิกายน) ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำทะเลพบว่าในช่วงฤดูน้ำน้อยค่าปริมาณรังสีรวมบีตาเฉลี่ย คือ 0.56 ± 0.023 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมากค่าปริมาณรังสีรวมบีตาเฉลี่ย คือ 0.92 ± 0.028 Bq/l ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดินพบว่าในช่วงฤดูน้ำน้อยค่าปริมาณรังสีรวมบีตาเฉลี่ย คือ 6.72 ± 0.07 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมากค่าปริมาณรังสีรวมบีตาเฉลี่ย คือ 6.81 ± 0.07 Bq/l สำหรับผลการศึกษาในตัวอย่างแพลงตอนพบว่า ในช่วงฤดูน้ำน้อยค่าปริมาณรังสีรวมบีตาเฉลี่ย คือ 0.1328 ± 0.0120 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมากค่าปริมาณรังสีรวมบีตาเฉลี่ย คือ 0.2007 ± 0.0136 Bq/l เมื่อทำการตรวจสอบทางสถิติด้วย ANOVA พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในแต่ละตัวอย่าง และรอบของฤดูกาลเก็บ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 8 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่า DO (dissolved oxygen, mg/l) ค่าปริมาณความเค็ม (Salinity, ppt) และอุณหภูมิ (Temperature, °c) จาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง รอบการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน บริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน จังหวัดชลบุรี

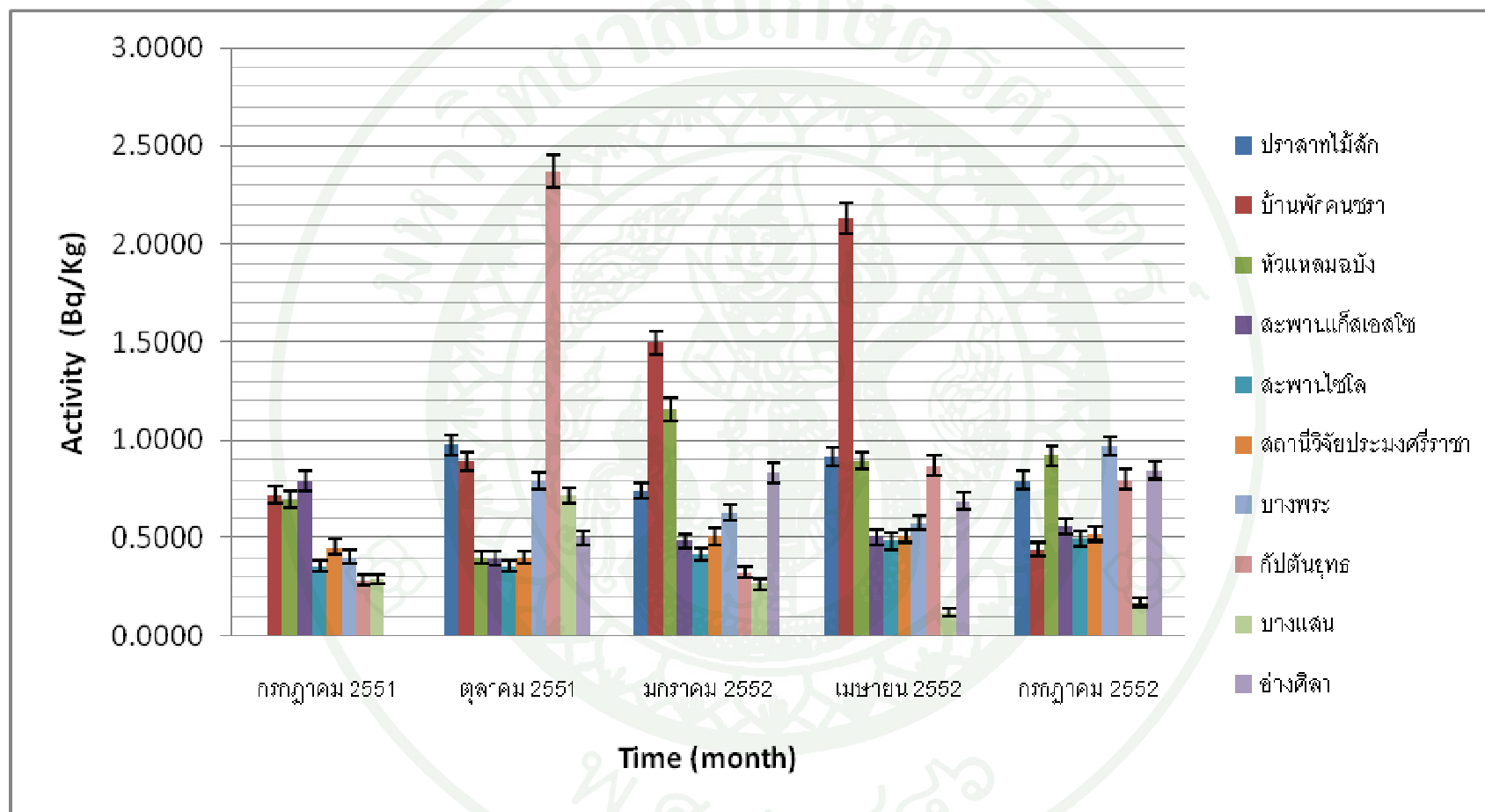
สถานี	pH					DO (dissolved oxygen, mg/l)				
	ก.ค.	ต.ค.	ม.ค.	เม.ย.	ก.ค.	ก.ค.	ต.ค.	ม.ค.	เม.ย.	
	2551	2551	2552	2552	2552	2551	2551	2552	2552	ก.ค. 2552
ปราสาทไม้สัก	-	7.76	8.16	7.91	7.71	-	5.69	9.30	3.36	5.59
บ้านพักคนชรา	-	8.04	8.15	7.88	7.97	-	6.37	7.68	4.00	4.22
หัวแหลมฉะบั้ง	-	8.05	8.17	8.05	8.10	-	6.48	8.51	5.14	5.55
สะพานแก๊สเอสโซ	-	8.00	8.15	8.00	8.11	-	6.69	8.36	3.92	5.32
สะพานไขโล	-	8.01	8.10	8.01	8.12	-	6.71	7.78	3.75	5.39
สถานีวิจัยประมงศรีราชา	-	7.99	8.07	7.90	8.09	-	6.68	10.18	3.03	5.84
บางพระ	-	7.86	7.97	7.83	7.77	-	4.53	5.75	5.74	4.16
กัปตันยุทธ	-	7.80	7.94	7.88	7.75	-	2.56	5.96	4.52	5.41
บางแสน	-	7.97	7.98	7.83	8.04	-	5.44	8.14	5.08	4.28
อ่างศิลา	-	7.50	8.09	7.79	7.94	-	8.28	8.32	3.69	5.11

ตารางที่ 8 (ต่อ)

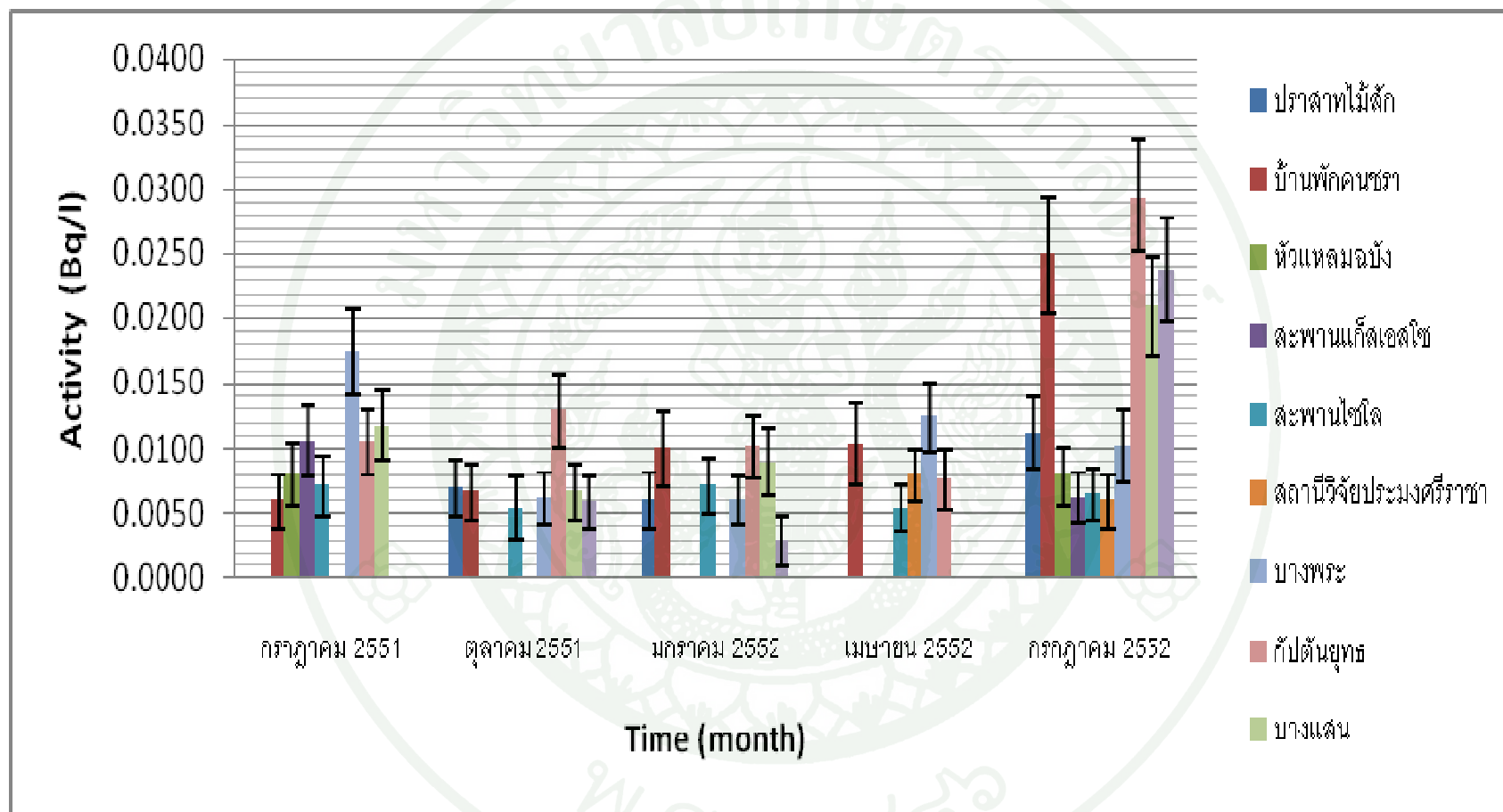
สถานี	Salinity (ppt)					Temperature °c				
	ก.ค.	ต.ค.	ม.ค.	เม.ย.	ก.ค.	ก.ค.	ต.ค.	ม.ค.	เม.ย.	ก.ค.
	2551	2551	2552	2552	2552	2551	2551	2552	2552	2552
ปราสาทไม้สัก	-	31.4	31.8	31.7	27.6	-	29.6	25.4	30.5	29.7
บ้านพักคนชรา	-	31.0	31.8	31.9	24.3	-	29.7	25.9	31.1	29.4
หัวแหลมดบัง	-	31.3	31.9	31.1	25.9	-	29.7	25.7	30.9	29.7
สะพานแก๊สเอสโซ	-	31.2	32.0	32.0	26.2	-	29.9	25.9	30.5	29.8
สะพานไขโล	-	31.4	32.0	32.0	25.5	-	29.9	26.0	31.1	29.4
สถานีวิจัยประมงศรีราชา	-	31.3	32.0	31.9	25.5	-	29.8	25.7	31.2	29.6
บางพระ	-	31.1	32.1	31.2	23.1	-	29.6	25.7	30.5	29.2
กัปตันยุทธ	-	31.1	32.1	31.5	25.9	-	28.8	25.4	30.0	29.6
บางแสน	-	31.5	31.7	31.6	24.8	-	29.7	25.5	30.3	29.6
อ่างศิลา	-	30.6	31.6	31.0	25.4	-	29.4	25.4	30.4	29.9



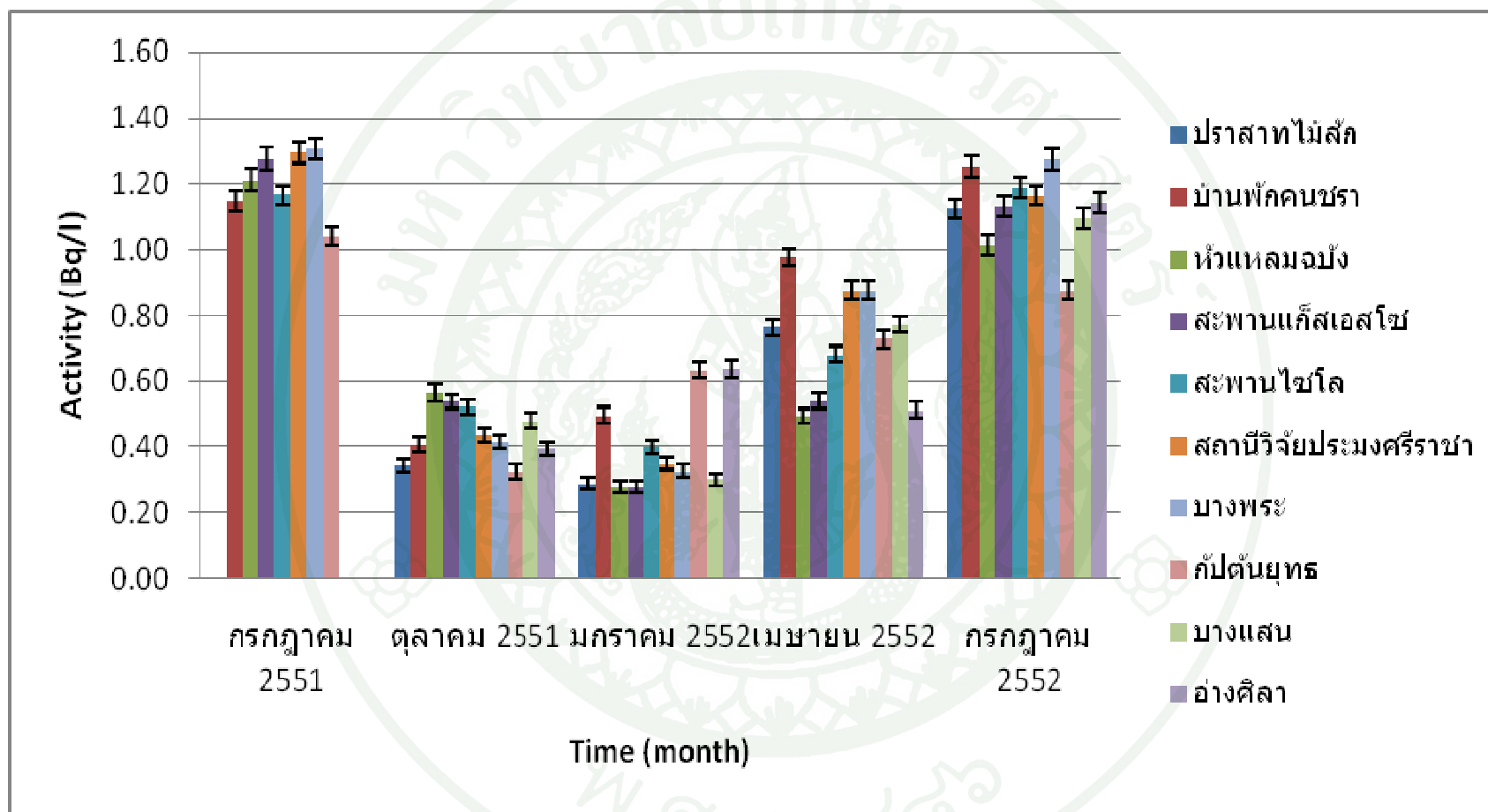
ภาพที่ 24 ปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างน้ำทะเลจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง



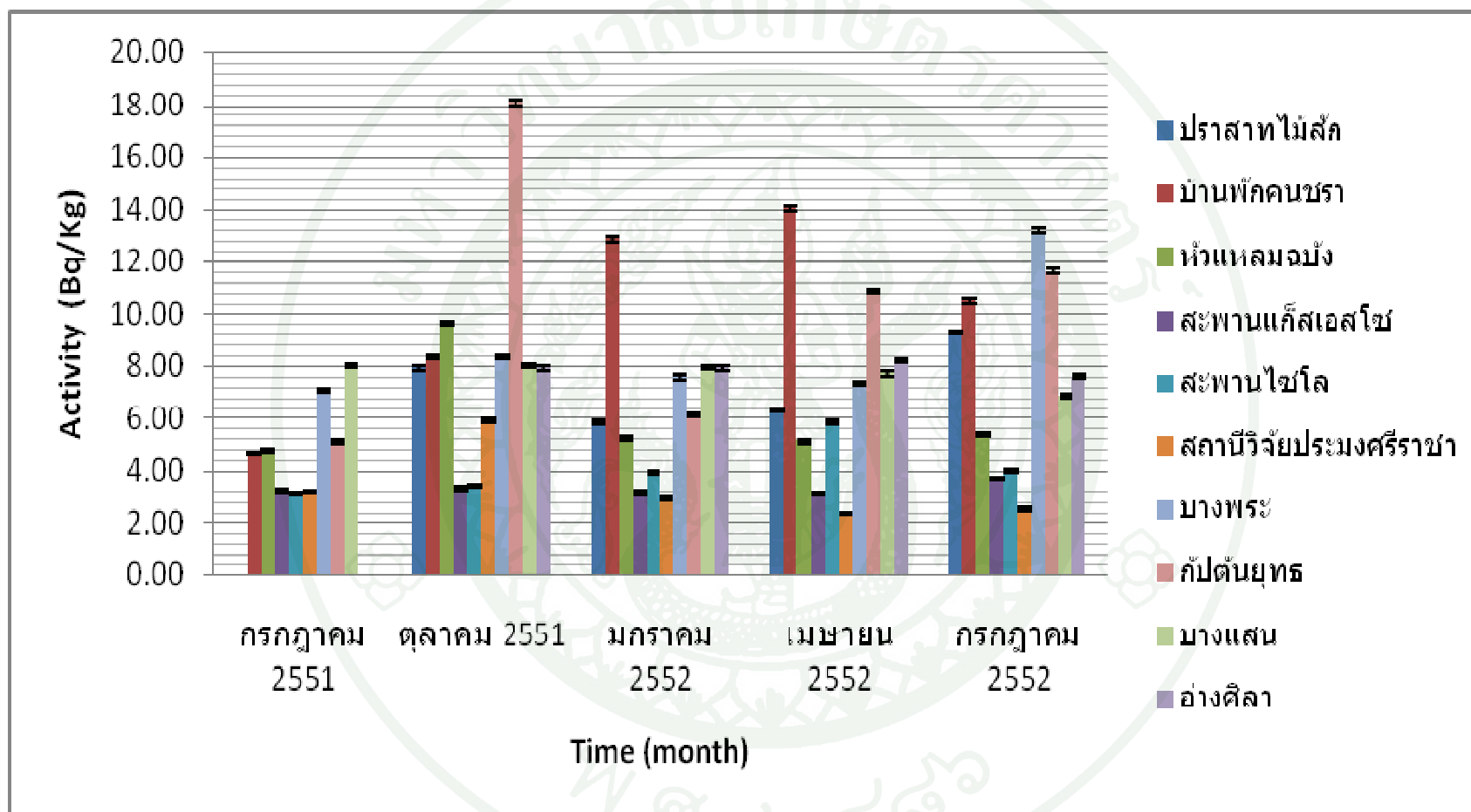
ภาพที่ 25 ปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างตะกอนดินจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง



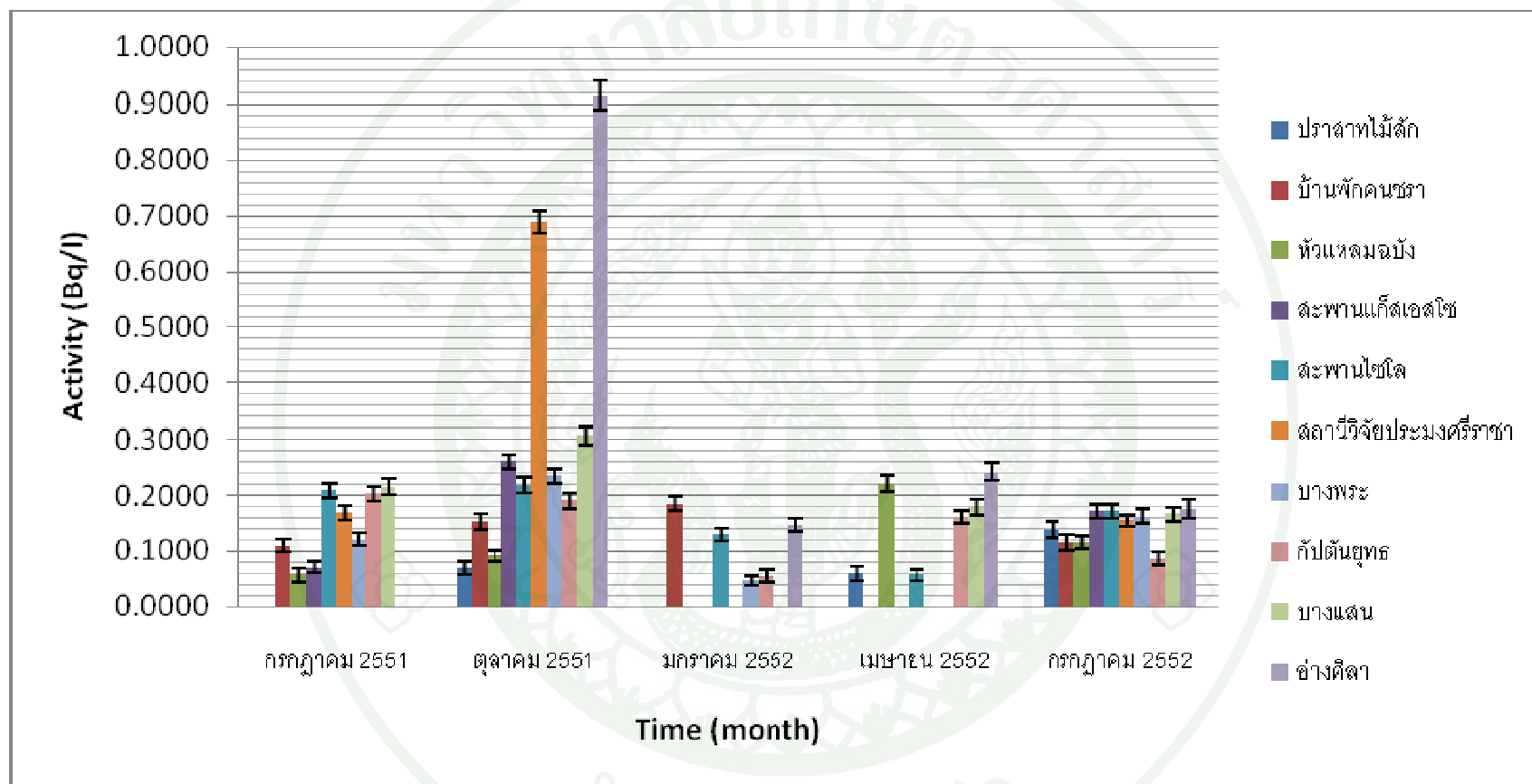
ภาพที่ 26 ปริมาณรังสีรวมแอลฟาของตัวอย่างเพลงตอนจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 27 ปริมาณรังสีรวมปีตาของตัวอย่างน้ำทะเลจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 28 ปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างตะกอนดินจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 29 ปริมาณรังสีรวมบีตาของตัวอย่างเพลงตอนจาก 10 สถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบใน 5 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง

วิจารณ์

1. การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเลโดยวิธีการทางสถิติการวัดปริมาณรังสี พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาของการวัดตัวอย่าง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างมีค่าลดลง กล่าวคือระยะเวลาที่ใช้ในการวัดตัวอย่างมีผลโดยตรงต่อความแม่นยำในการวัด แต่ในกรณีของการวัดปริมาณรังสีซึ่งเป็นการประเมินเบื้องต้นของระบบการประเมินผลกระทบทางรังสีนั้น ความรวดเร็วในการรายงานผลเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่สำคัญ ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการตรวจวัดตัวอย่างในแต่ละประเภท ควรพิจารณาร่วมกันระหว่างค่าทางสถิติ และเวลา เพื่อพิจารณาหาค่าที่ยอมรับได้ของการตรวจวัด เพราะหากใช้เวลาในการวัดตัวอย่างน้อยเกินไป ผลการศึกษาอาจมีความคลาดเคลื่อนจนไม่สามารถยอมรับได้ แต่ถ้าใช้เวลาในการวัดตัวอย่างมากเกินไป ถึงแม้ผลการศึกษาจะได้รับการยอมรับในเรื่องของความแม่นยำ แต่จะไม่สามารถวัดปริมาณรังสีในตัวอย่างจำนวนมากเพื่อใช้ประเมินค่าเบื้องต้นได้ ดังนั้นการตัดสินใจเรื่องเวลาวัดจึงควรพิจารณาร่วมกันทั้งสองปัจจัยในการควบคุมคุณภาพการวัด เพื่อหาเวลาของการวัดตัวอย่างที่มีค่าทางสถิติที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ค่าวิกฤต (MDA) ภายใต้เงื่อนไขของเวลาที่ยอมรับได้

เมื่อพิจารณา ภาพที่ 6 ถึงภาพที่ 11 ซึ่งแสดงถึงการหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน เปรียบเทียบในช่วงเวลาของการวัดตัวอย่าง 10 – 500 นาที พบว่าระยะเวลาของการวัดตัวอย่างที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามเมื่อถึงจุดหนึ่ง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดลดลงน้อยมากจนเกือบคงที่ สามารถใช้ช่วงเวลานี้เป็นตัวพิจารณาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมของการตรวจวัดค่าปริมาณรังสีรวมของตัวอย่างแต่ละประเภทได้

2. ปัจจัยการดูดซับตัวเอง (Self-absorption factor) ของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล

ค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง มีความสำคัญอย่างมากในการตรวจวัดปริมาณรังสีของรังสีประเภทอนุภาค ในตัวอย่างที่มีความหนา เนื่องจากรังสีประเภทอนุภาคนั้นมีพิสัยสั้น บางกรณีความหนาของตัวอย่างเกิดการดูดซับปริมาณรังสีบางส่วนไว้ ทำให้ค่านับวัดรังสีที่ตรวจวัดมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริง ดังนั้นจำเป็นต้องพิจารณาเรื่องของความหนาตัวอย่างเพื่อหาค่าแก้ (Correction factor) เพื่อให้การตรวจวัดปริมาณรังสีประเภทอนุภาคในตัวอย่างที่มีความหนาไม่เท่ากันนั้น ให้ผลการวัดที่สามารถยอมรับได้ทางสถิติ

ตัวอย่างน้ำทะเลเมื่อผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างแล้วพบว่า น้ำหนักตัวอย่างแต่ละชุดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 11-12 จึงต้องหาค่าปัจจัยการดูดซับตัวอย่างเพื่อใช้เป็นค่าแก้ไขในการคำนวณค่าปริมาณรังสีรวม ต่างจากตัวอย่างตะกอนดิน และแพลงตอนที่ไม่ต้องใช้ค่าปัจจัยการดูดซับตัวอย่างร่วมในการคำนวณ เนื่องจากตัวอย่างดินสามารถกำหนดน้ำหนักของตัวอย่างให้เท่ากันก่อนดำเนินการวัดตัวอย่างได้ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 11 ถึง ตารางผนวกที่ 20 และน้ำหนักของตัวอย่างแพลงตอนมีความแตกต่างทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ

3. ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอนของการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาในครั้งนี้ รายงานผลการศึกษาในรูปค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของปริมาณรังสีต่อปริมาตร หรือน้ำหนักตัวอย่าง ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ของตัวอย่างแพลงตอน มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างน้ำทะเล และตะกอนดินตามลำดับ และมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันของทุกชุดตัวอย่างในทุกฤดูกาล พิจารณาจากข้อมูลสามารถประเมินเบื้องต้นได้ว่าการสะสมของของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างแต่ละประเภทยังมีความสัมพันธ์กันในเชิงลำดับการเคลื่อนย้ายจากระบบนิเวศสู่ห่วงโซ่อาหาร สามารถใช้ประเมินเบื้องต้นจากผลการทดลองได้ว่าในตะกอนดินมีค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาสูงสุดเนื่องจากปัจจัยทางกายภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ทำให้การสะสมในตะกอนดินเพิ่มขึ้นได้ตามช่วงเวลาที่ยาวนาน ในขณะที่ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาของตัวอย่างน้ำทะเลมีค่าน้อยกว่าเพราะการสะสมในตัวอย่างน้ำทะเลนั้นนิวไคลด์กัมมันตรังสีต้องมีคุณสมบัติของการละลายน้ำ และการแลกเปลี่ยนไอออนกับตะกอนดิน สำหรับกรณี

ของแปลงตอนที่มีค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในทุกตัวอย่างนั้น เพราะแปลงตอนดำรงชีพด้วยการกรองอาหารจากน้ำทะเล ดังนั้นปริมาณรังสีรวมที่สะสมอยู่ในตัวอย่างแปลงตอนจึงลดลงตามสัดส่วนที่ได้รับจากห่วงโซ่อาหาร ดังแสดงในภาพที่ 14 ถึงภาพที่ 23

4. การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแปลงตอน ในแต่ละรอบของการเก็บตัวอย่าง

การตรวจวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 ครั้งในรอบหนึ่งปี คือ เดือนกรกฎาคม 2551 เดือนตุลาคม 2551 เดือน มกราคม 2552 เดือนเมษายน 2552 และครบรอบปีในเดือนกรกฎาคม 2552 โดยแบ่งการรายงานผลออกเป็นสองฤดูกาล คือช่วงฤดูน้ำน้อย (เดือนธันวาคม – เดือนพฤษภาคม) และช่วงฤดูน้ำมาก (เดือนมิถุนายน – เดือนพฤศจิกายน) ซึ่งผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างจากฤดูกาลที่แตกต่างกัน มีค่าปริมาณรังสีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝน และทิศทางของลมมรสุมมีอิทธิพลต่อระดับปริมาณรังสี และในหนึ่งรอบปีของการศึกษาในครั้งนี้ ผลของค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงโดยปริมาณรังสีในฤดูน้ำน้อยมีค่าน้อยกว่าปริมาณรังสีในฤดูน้ำมาก ยกเว้นในบางสถานีที่มีค่าปริมาณรังสีที่มาก หรือน้อยจากกลุ่ม ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 24 ถึงภาพที่ 29 ซึ่งในการนี้ต้องอาศัยปัจจัยร่วมอื่นเพื่อใช้ในการพิจารณาต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเลโดยใช้การเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาของการวัดตัวอย่าง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างมีค่าลดลง จนถึงระดับหนึ่งและมีแนวโน้มคงที่ เวลาของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเลที่แสดงค่าทางสถิติเหมาะสมปรากฏอยู่ที่ 100 นาที และ 200 นาที ตามลำดับ เวลาของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน ที่แสดงค่าทางสถิติเหมาะสมปรากฏอยู่ที่ 200 นาที และเวลาของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างแพลงตอน ที่แสดงค่าทางสถิติเหมาะสมปรากฏอยู่ที่ 250 นาที และ 200 นาที ตามลำดับ

2. ปัจจัยการดูดซับตัวเอง (Self-absorption factor) ของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล

จากผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างน้ำทะเลเมื่อผ่านกระบวนการเตรียมแล้วจะมีความหนาที่แตกต่างกันเมื่อพิจารณาจากน้ำหนักตัวอย่าง ค่าแก้ปัจจัยการดูดซับตัวเองของการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาจึงเป็นส่วนสำคัญในการคำนวณค่าปริมาณรังสี ในกรณีของตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา พบว่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่างมีผลต่อการศึกษา คำนวณหาค่าแก้จากชุดตัวอย่างที่มีน้ำหนักตะกอนอยู่ระหว่าง 20 ถึง 75 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักตะกอนที่ครอบคลุมช่วงน้ำหนักของตะกอนตัวอย่างน้ำทะเล ค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่าง สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมแอลฟา ซึ่งแนวโน้มของค่าที่ได้รับจากการคำนวณแสดงออกมาในรูปแบบของสมการกำลังสอง (quadratic fitting) ที่ได้จากชุดการทดลองนี้คือ $F_a = 0.0003w^2 - 0.0414w + 1.692$ ดังแสดงในภาพที่

12

สำหรับการศึกษาปัจจัยการดูดซับตัวเองของการวัดปริมาณรังสีรวมบีตา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าปัจจัยการดูดซับตัวเองของตัวอย่างไม่มีอิทธิพลต่อการตรวจวัดปริมาณรังสีรวมบีตาใน

ตัวอย่างน้ำทะเล ดังแสดงในภาพที่ 13 น้ำหนักตะกอนของชุดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 50 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักตะกอนที่ครอบคลุมช่วงน้ำหนักของตะกอนตัวอย่างน้ำทะเล สำหรับการวัดปริมาณรังสีรวมบีตาที่ทำการศึกษาในครั้งนี้

3. ปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน

จากการศึกษาปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ดำเนินการเตรียมตัวอย่าง ด้วยวิธีตกตะกอนร่วม และทำการวัดด้วยเครื่องวัดรังสีรวมแอลฟา-บีตา ระดับรังสีภูมิหลังต่ำ (Berthold LB770) แสดงผลการวัดดังตารางที่ 2 และ 3 พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาอยู่ในช่วง 0.06 ± 0.021 Bq/l ถึง 0.39 ± 0.061 Bq/l และปริมาณรังสีรวมบีตาอยู่ในช่วง 0.28 ± 0.018 Bq/l ถึง 1.31 ± 0.032 Bq/l ในตัวอย่างตะกอนดินแสดงผลการวัดดังตารางที่ 4 และ 5 พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาอยู่ในช่วง 0.12 ± 0.02 Bq/l ถึง 2.37 ± 0.08 Bq/l และปริมาณรังสีรวมบีตาอยู่ในช่วง 2.37 ± 0.04 Bq/l ถึง 18.09 ± 0.12 Bq/l ในตัวอย่างแพลงตอนแสดงผลการวัดดังตารางที่ 6 และ 7 พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาอยู่ในช่วง 0.0029 ± 0.0020 Bq/l ถึง 0.0294 ± 0.0043 Bq/l และปริมาณรังสีรวมบีตาอยู่ในช่วง 0.0208 ± 0.0123 Bq/l ถึง 0.9151 ± 0.0262 Bq/l

4. การเปรียบเทียบปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตา ในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน ในแต่ละรอบของการเก็บตัวอย่าง

ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลของปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และแพลงตอน แสดงในภาพที่ 24, 25 และ 26 นำผลการวัดเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาในช่วงฤดูน้ำน้อย (เดือนธันวาคม – เดือนพฤษภาคม) และในช่วงฤดูน้ำมาก (เดือนมิถุนายน – เดือนพฤศจิกายน) ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำทะเลพบว่าช่วงฤดูน้ำน้อย ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.14 ± 0.039 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมาก ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.22 ± 0.043 Bq/l ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดินพบว่า ในช่วงฤดูน้ำน้อย ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.73 ± 0.04 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมาก ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.64 ± 0.04 Bq/l สำหรับผลการศึกษาตัวอย่างแพลงตอนพบว่า ในช่วงฤดูน้ำน้อย ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.0080 ± 0.0023 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมาก ค่าปริมาณรังสีรวมแอลฟาเฉลี่ย คือ 0.0107 ± 0.0026 Bq/l เมื่อทำการตรวจสอบทางสถิติด้วย ANOVA พบว่าปริมาณรังสีรวมแอลฟา และบีตาในแต่ละตัวอย่าง และรอบของฤดูกาลเก็บ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)

ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลของปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และ แพลงตอน แสดงในภาพที่ 27, 28 และ 29 นำผลการวัดเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีรวมปีตาในช่วงฤดู น้ำน้อย (เดือนธันวาคม – เดือนพฤษภาคม) และในช่วงฤดูน้ำมาก (เดือนมิถุนายน – เดือนพฤศจิกายน) ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำทะเลพบว่าในช่วงฤดูน้ำน้อยค่าปริมาณรังสีรวมปีตาเฉลี่ย คือ 0.56 ± 0.023 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมากค่าปริมาณรังสีรวมปีตาเฉลี่ย คือ 0.92 ± 0.028 Bq/l ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดิน พบว่าในช่วงฤดูน้ำน้อยค่าปริมาณรังสีรวมปีตาเฉลี่ย คือ 6.72 ± 0.07 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมากค่าปริมาณ รังสีรวมปีตาเฉลี่ย คือ 6.81 ± 0.07 Bq/l สำหรับผลการศึกษาในตัวอย่างแพลงตอนพบว่า ในช่วงฤดูน้ำ น้อยค่าปริมาณรังสีรวมปีตาเฉลี่ย คือ 0.1328 ± 0.0120 Bq/l ในช่วงฤดูน้ำมากค่าปริมาณรังสีรวมปีตา เฉลี่ย คือ 0.2007 ± 0.0136 Bq/l เมื่อทำการตรวจสอบทางสถิติด้วย ANOVA พบว่าปริมาณรังสีรวม แอลฟา และปีตาในแต่ละตัวอย่าง และรอบของฤดูกาลเก็บ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องของปริมาณรังสีรวมแอลฟา และปีตานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นของการ ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญในเชิงการเปรียบเทียบในระดับภูมิภาค และสามารถ นำไปใช้ในการอ้างอิงถึง Dose limit ได้ นอกจากนี้ถ้ามีการดำเนินการศึกษาต่อเนื่องค่าปริมาณรังสีรวม แอลฟา และปีตาที่ได้จากการศึกษา สามารถนำไปสร้างเป็น Base Line Information Data ของพื้นที่ และนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับปริมาณรังสีเบื้องต้นในภูมิภาค ได้ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาต่อยอดในเชิงลึก เช่น การวิเคราะห์เชิงปริมาณ และคุณภาพของแต่ละ นิเวศลค์กัมมันตรังสี เพื่อให้มีความแน่ชัดในเรื่องแหล่งที่มาของปริมาณรังสีที่ตรวจวัดได้ ว่าเป็น ปริมาณรังสีที่ได้จากนิเวศลค์กัมมันตรังสีในธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

อนุกุล บุรณะประทีปรัตน์. 2551. การไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบน. วารสาร
วิทยาศาสตร์บูรพา. 13(1): 75-83.

Bond, A.H., M.L. Dietz and R.D. Rogers, 1999. **Metal Ion Separations and Preconcentration**.
ACS Symposium Series 716, ACS, Washington DC.

Brown, J.E., A. Hosseini, P. Børretzen and H. Thørring. 2006. Development of a methodology for
assessing the environmental impact of radioactivity in Northern Marine environments.
Journal of Marine Pollution Bulletin. 52: 1127-1137.

Damla, N., U. Çevik, G. Karahan and A.İ. Kobya. 2006. Gross α and β activities in tap waters in
Eastern black Sea region of Turkey. **Journal of Chemosphere**. 62: 957-960.

Ehmann, W.D., and D.E. Vance. 1991. **Radiochemistry and Nuclear Method of Analysis**. A
Wiley Interscience Publication, John Wiley & sons, Inc., New York.

English, S., C. Wilkinson and V. Baker. 1994. **Survey manual for tropical marine resources**.
Australian institute of marine science. Townsville, Australia.

Environmental Protection Agency (EPA). 2002. **Guidance on Choosing a Sampling Design for
environmental Data Collection**. Office of environmental information, Washington.

Florou, H., G. Trabidou and G. Nicolaou. 2007. An assessment of the external radiological impact in
areas of Greece with elevated natural radioactivity. **Journal of Environmental
Radioactivity**. 93: 74-83.

GE Nuclear Energy. 1989. **Nuclides and Isotope: Chart of the Nuclides**. 14th ed. General Electric
Company, Nuclear Energy Operations, San Jose.

- Gürsel Karahan, Neşet Öztürk and Ahmet Bayülken. 2000. Natural Radioactivity in various surface waters in Istanbul, Turkey. **Wat. Res.** 34: 4367-4370.
- Hilde Elise Heldel, Ian Stupakoff and Nicholas S. Fisher. 2001. Bioaccumulation of ^{137}Cs and ^{57}Co by five marine phytoplankton species. **Journal of Environmental Radioactivity.** 57: 231-236.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). 1997. **Strategies and Methodologies for Applied Marine Radioactivity Studies.** Training Course Series No. 7.
- Jörg Bollmann, Mara Y. Cortés, Ali T. Haidar, Bernhard Brabec, Anne Close, Robert Hofmann, Sofia Palma, Luis Tupas and Hans R. Thierstein. 2002. Techniques for quantitative analyses of calcareous marine phytoplankton. **Journal of Marine Micropaleontology.** 44: 163-185.
- Kaplan, I., 1969. **Nuclear Physics.** 2nd ed. Addison-Wesley Publishing Company, London.
- Keller, Cornelius. 1988. **Radiochemistry.** John Wiley and Sons Inc., New York.
- L' Annunziata, M.F. 1987. **Radionuclides Tracer: Their Detection and Measurement.** Academic Press, Inc., London.
- Loveland, Walter D., David J. Morrissey and Glenn T. Seaborg. 2006. **Modern Nuclear Chemistry.** John Wiley & sons, Inc., New York.
- Mahapanyawong, S., M. Sonsuk, P. Polphong, M. Milintawisamai and Y. Panyatipsakul. 1992. **Long-lived radionuclides in the marine environment of Thailand.** Office of Atomic Energy for Peace, Thailand.
- Merril, E. and G. Thomas. 1997. **Environmental radioactivity from natural, industrial and military sources.** 4th ed. Academic Press, San Diego.

- Michel, H., D. Levent, V. Barci, G. Barci-Funel and C. Hurel. 2008. Soil and sediment sample analysis for the sequential determination of natural and anthropogenic radionuclides. **Journal of Talanta**. 74: 1527-1533.
- Moore, M.N. *et al.* 2004. An integrated biomarker-based strategy for ecotoxicological evaluation of risk in environmental management. **Mutation Research**. 552: 247-268.
- Polphong, P., S. Mahapanyawong and N. Rativanich. 1984. **Radioactivity in sea water, sediments and living resources in the gulf of Thailand during 1981-1983**. Proceeding of the third seminar on the water quality and the quality of living Resources in Thai waters, National Research Council of Thailand, 26-28 March 1984.
- Porntepkasemsam, B. and Srisuksawad, K. n.d. **The determination of Gross Alpha activity in water by co-precipitation**. Waste Management Division, office of Atomic Energy for Peace, Thailand.
- Suarez-Navarro, J.A., LI. Pujol and M.A. de Pablo. 2001. Rapid determination of gross alpha-activity in sea water by coprecipitation. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**. 253: 47-52.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). 1993. **Ionizing Radiation: Sources and effects of Ionizing Radiation**. United Nations Sales Publication, New York.
- Warwick, P.E., I.W. Croudace and R. Carpenter. 1996. Review of Analytical Techniques for the Determination of Americium-241 in Soils and Sediments. **Appl. Radiat. Isot.** 47:627-642.

Yuanyi XIANG, WANG Kan, ZHANG Yu, CAO Zhonggang, YE Jida, WANG Hongfeng. 2007.
Radioactivity monitoring in environmental water and air around QNPP. **Journal of Nuclear
Science and Technique**. 18: 316-320.





ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2551

Sample July 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	fa	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)	MDA (cpm)
							precipitate	Blank	net			Calculation	
1S2WA	2	0.1100	0.7700	0.6600	0.3942	0.1508	141.1	92.96	48.14	0.37	0.053	0.08652	0.0073
1S3WA	2	0.0700	0.3567	0.2867	0.3326	0.1508	146.8	92.96	53.84	0.19	0.043	0.08652	0.0055
1S4WA	3	0.1000	0.2700	0.1700	0.3541	0.1265	144.6	92.96	51.64	0.13	0.045	0.08180	0.0058
1S5WA	4	0.1100	0.3700	0.2600	0.3164	0.1545	148.7	92.96	55.74	0.18	0.047	0.10949	0.0051
1S6WA	5	0.1000	0.3700	0.2700	0.3785	0.1409	142.4	92.96	49.44	0.17	0.043	0.10521	0.0067
1S7WA	7	0.1100	0.6400	0.5300	0.2959	0.1644	151.6	92.96	58.64	0.36	0.059	0.09197	0.0073
1S8WA	4	0.0900	0.4700	0.3800	0.3605	0.1545	144.0	92.96	51.04	0.23	0.045	0.10574	0.0055
1S9WA	5	0.1100	0.3867	0.2767	0.3955	0.1409	141.0	92.96	48.04	0.17	0.042	0.08354	0.0058

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนตุลาคม 2551

Sample Oct. 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	fa	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)	MDA (cpm)
							precipitate	Blank	net			Calculation	
2S1WA	7	0.0600	0.4733	0.4133	0.3615	0.1644	143.9	92.96	50.94	0.23	0.041	0.06391	0.0067
2S2WA	9	0.1000	0.4667	0.3667	0.3500	0.1333	145.0	92.96	52.04	0.26	0.054	0.10512	0.0073
2S3WA	10	0.0500	0.4167	0.3667	0.4071	0.1492	140.1	92.96	47.14	0.20	0.037	0.05710	0.0055
2S4WA	4	0.1200	0.4200	0.3000	0.4006	0.1545	140.6	92.96	47.64	0.16	0.040	0.08681	0.0058
2S5WA	7	0.1100	0.4600	0.3500	0.4044	0.1644	140.3	92.96	47.34	0.18	0.038	0.07736	0.0051
2S6WA	10	0.1000	0.5100	0.4100	0.3773	0.1492	142.5	92.96	49.54	0.24	0.046	0.08712	0.0067
2S7WA	1	0.0900	0.5400	0.4500	0.4057	0.1568	140.2	92.96	47.24	0.24	0.042	0.07313	0.0067
2S8WA	2	0.0900	0.4900	0.4000	0.4850	0.1508	134.8	92.96	41.84	0.18	0.035	0.06362	0.0073
2S9WA	3	0.0600	0.5200	0.4600	0.4232	0.1265	138.9	92.96	45.94	0.29	0.047	0.07096	0.0055
2S10WA	4	0.1000	0.3600	0.2600	0.4302	0.1545	138.4	92.96	45.44	0.13	0.034	0.07379	0.0058

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2552

Sample Jan. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	fa	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)	MDA (cpm)
							precipitate	Blank	net			Calculation	
3S1WA	1	0.2000	0.4200	0.2200	0.5944	0.1568	128.76	92.96	35.80	0.08	0.028	0.07441	0.0067
3S2WA	2	0.1300	0.3600	0.2300	0.3094	0.1508	149.62	92.96	56.66	0.16	0.050	0.11989	0.0073
3S3WA	3	0.1600	0.5000	0.3400	0.6026	0.1265	128.35	92.96	35.39	0.15	0.036	0.08137	0.0055
3S4WA	4	0.1300	0.3700	0.2400	0.5235	0.1545	132.53	92.96	39.57	0.10	0.029	0.06911	0.0058
3S5WA	5	0.1000	0.3500	0.2500	0.4397	0.1409	137.74	92.96	44.78	0.13	0.036	0.07916	0.0067
3S6WA	6	0.1000	0.3800	0.2800	0.3897	0.1629	141.47	92.96	48.51	0.15	0.036	0.07728	0.0075
3S7WA	7	0.1300	0.3200	0.1900	0.6519	0.1644	125.99	92.96	33.03	0.06	0.021	0.05218	0.0051
3S8WA	8	0.1200	0.4500	0.3300	0.5636	0.1583	130.34	92.96	37.38	0.12	0.028	0.06020	0.0057
3S9WA	9	0.1000	0.2800	0.1800	0.4338	0.1333	138.15	92.96	45.19	0.10	0.036	0.08480	0.0063
3S10WA	10	0.0900	0.3500	0.2600	0.3406	0.1492	145.95	92.96	52.99	0.17	0.043	0.09153	0.0067

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2552

Sample Apr. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	fa	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)	MDA (cpm)
							precipitate	Blank	net			Calculation	
4S1WA	1	0.2000	0.4300	0.2300	0.5278	0.1568	132.29	92.96	39.33	0.09	0.032	0.08380	0.0067
4S2WA	2	0.1300	0.5300	0.4000	0.2637	0.1508	161.90	92.96	68.94	0.34	0.068	0.14066	0.0073
4S3WA	3	0.1600	0.2700	0.1100	0.3040	0.1265	150.37	92.96	57.41	0.10	0.057	0.16130	0.0055
4S4WA	4	0.1300	0.3400	0.2100	0.3956	0.1545	140.99	92.96	48.03	0.11	0.037	0.09146	0.0058
4S5WA	5	0.1000	0.2700	0.1700	0.5996	0.1409	128.50	92.96	35.54	0.07	0.024	0.05805	0.0067
4S6WA	6	0.1000	0.3700	0.2700	0.3529	0.1629	144.72	92.96	51.76	0.16	0.040	0.08533	0.0075
4S7WA	7	0.1300	0.4900	0.3600	0.3746	0.1644	142.73	92.96	49.77	0.19	0.043	0.09080	0.0051
4S8WA	8	0.1200	0.3600	0.2400	0.3245	0.1583	147.72	92.96	54.76	0.16	0.045	0.10456	0.0057
4S9WA	9	0.1000	0.3600	0.2600	0.3944	0.1333	141.09	92.96	48.13	0.16	0.043	0.09327	0.0063
4S10WA	10	0.0900	0.3300	0.2400	0.3040	0.1492	150.37	92.96	57.41	0.18	0.048	0.10255	0.0067

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2552

Sample July 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	fa	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)	MDA (cpm)
							precipitate	Blank	net			Calculation	
5S1WA	1	0.0700	0.5300	0.5300	0.3925	0.1568	141.24	92.96	48.28	0.29	0.042	0.06667	0.0067
5S2WA	1	0.0700	0.5980	0.5280	0.2867	0.1568	153.20	92.96	60.24	0.39	0.061	0.09126	0.0073
5S3WA	4	0.1133	0.5430	0.4297	0.3956	0.1545	140.99	92.96	48.03	0.23	0.044	0.08541	0.0055
5S4WA	5	0.0692	0.4650	0.3958	0.5419	0.1409	131.51	92.96	38.55	0.17	0.032	0.05344	0.0058
5S5WA	6	0.0717	0.5220	0.4503	0.6560	0.1629	125.80	92.96	32.84	0.14	0.024	0.03886	0.0067
5S6WA	8	0.0867	0.5180	0.4313	0.2966	0.1538	172.44	92.96	79.48	0.32	0.057	0.10009	0.0075
5S7WA	9	0.0683	0.5670	0.4987	0.6780	0.1644	124.80	92.96	31.84	0.15	0.024	0.03637	0.0051
5S8WA	10	0.0508	0.5110	0.4602	0.3354	0.1492	177.42	92.96	84.46	0.31	0.050	0.06985	0.0057
5S9WA	5	0.0692	0.4400	0.3708	0.4012	0.1409	140.55	92.96	47.59	0.22	0.042	0.07217	0.0063
5S10WA	8	0.0867	0.4700	0.3833	0.4432	0.1538	137.50	92.96	44.54	0.19	0.036	0.06700	0.0067

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2551

Sample July 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
						precipitate	Blank	net			Calculation
1S2WB	1	1.0725	9.6650	8.5925	0.0624	131.91	93.5	38.41	1.1475	0.0309	0.06445
1S3WB	2	1.4692	10.5100	9.0408	0.0622	146.80	93.5	53.30	1.2113	0.0328	0.07568
1S4WB	3	1.1150	10.3500	9.2350	0.0604	144.60	93.5	51.10	1.2741	0.0330	0.06789
1S5WB	5	0.6742	9.4660	8.7918	0.0629	148.70	93.5	55.20	1.1648	0.0298	0.05069
1S6WB	6	0.8925	11.0300	10.1375	0.0652	142.40	93.5	48.90	1.2957	0.0312	0.05627
1S7WB	9	0.8275	10.6100	9.7825	0.0624	151.60	93.5	58.10	1.3064	0.0319	0.05661
1S8WB	10	0.8075	8.6250	7.8175	0.0626	144.00	93.5	50.50	1.0407	0.0289	0.05574

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนตุลาคม 2551

Sample Oct. 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
						precipitate	Blank	net			Calculation
2S1WB	1	1.0725	3.6500	2.5775	0.0624	141.56	93.5	48.06	0.3442	0.0205	0.06445
2S2WB	2	1.4692	4.5050	3.0358	0.0622	140.67	93.5	47.17	0.4067	0.0232	0.07568
2S3WB	3	1.1150	5.2056	4.0906	0.0604	137.31	93.5	43.81	0.5644	0.0245	0.06789
2S4WB	5	0.6742	4.7400	4.0658	0.0629	141.90	93.5	48.40	0.5387	0.0218	0.05069
2S5WB	6	0.8925	4.9650	4.0725	0.0652	136.77	93.5	43.27	0.5205	0.0219	0.05627
2S6WB	9	0.8275	4.1000	3.2725	0.0624	135.42	93.5	41.92	0.4370	0.0210	0.05661
2S7WB	10	0.8075	3.9350	3.1275	0.0626	134.39	93.5	40.89	0.4163	0.0205	0.05574
2S8WB	1	1.0475	3.4940	2.4465	0.0624	133.48	93.5	39.98	0.3267	0.0201	0.06369
2S9WB	3	1.0300	4.5280	3.4980	0.0604	137.88	93.5	44.38	0.4826	0.0230	0.06525
2S10WB	5	0.7183	3.7060	2.9877	0.0629	132.86	93.5	39.36	0.3958	0.0197	0.05232

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2552

Sample Jan. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
						precipitate	Blank	net			Calculation
3S1WB	6	1.0283	3.3090	2.2807	0.0652	137.54	93.5	44.04	0.2915	0.0188	0.06040
3S2WB	9	1.0205	4.7550	3.7345	0.0624	150.87	93.5	57.37	0.4987	0.0227	0.06287
3S3WB	10	0.7242	2.8300	2.1058	0.0626	134.60	93.5	41.10	0.2803	0.0177	0.05279
3S4WB	1	1.0475	3.1500	2.1025	0.0624	135.93	93.5	42.43	0.2808	0.0193	0.06369
3S5WB	3	1.0300	3.9400	2.9100	0.0604	132.93	93.5	39.43	0.4015	0.0217	0.06525
3S6WB	5	0.7183	3.3500	2.6317	0.0629	130.54	93.5	37.04	0.3487	0.0189	0.05232
3S7WB	6	1.0283	3.5950	2.5667	0.0652	138.83	93.5	45.33	0.3281	0.0194	0.06040
3S8WB	9	1.0205	5.7730	4.7525	0.0624	137.92	93.5	44.42	0.6347	0.0246	0.06287
3S9WB	10	0.7242	3.0450	2.3208	0.0636	136.61	93.5	43.11	0.3041	0.0180	0.05196
3S10WB	1	1.0475	5.8300	4.7825	0.0624	133.35	93.5	39.85	0.6387	0.0248	0.06369

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2552

Sample April 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
						precipitate	Blank	net			Calculation
4S1WB	5	0.5950	6.3550	5.7600	0.0629	142.21	93.5	48.71	0.7631	0.0247	0.04762
4S2WB	6	0.8950	8.5333	7.6383	0.0652	191.35	93.5	97.85	0.9763	0.0278	0.05635
4S3WB	9	0.6500	4.3717	3.7217	0.0624	136.20	93.5	42.70	0.4970	0.0212	0.05017
4S4WB	10	0.9750	5.0217	4.0467	0.0626	136.37	93.5	42.87	0.5387	0.0231	0.06125
4S5WB	1	0.5050	5.6050	5.1000	0.0624	138.45	93.5	44.95	0.6811	0.0233	0.04422
4S6WB	3	0.9650	7.3200	6.3550	0.0604	139.76	93.5	46.26	0.8768	0.0281	0.06316
4S7WB	5	0.5950	7.2200	6.6250	0.0629	153.88	93.5	60.38	0.8777	0.0262	0.04762
4S8WB	6	0.8950	6.5850	5.6900	0.0652	161.04	93.5	67.54	0.7272	0.0247	0.05635
4S9WB	9	0.6500	6.4400	5.7900	0.0624	137.16	93.5	43.66	0.7732	0.0251	0.05017
4S10WB	10	0.9750	4.9000	3.9250	0.0636	160.80	93.5	67.30	0.5143	0.0225	0.06029

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างน้ำทะเล รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2552

Sample July 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)			Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
						precipitate	Blank	net			Calculation
5S1WB	1	0.8250	9.2400	8.4150	0.0624	135.21	93.5	41.71	1.1238	0.0300	0.05653
5S2WB	2	0.7211	10.0700	9.3489	0.0622	151.93	93.5	58.43	1.2525	0.0311	0.05302
5S3WB	3	0.9067	8.2550	7.3483	0.0604	126.20	93.5	32.70	1.0138	0.0295	0.06122
5S4WB	4	0.6475	9.0150	8.3675	0.0617	137.16	93.5	43.66	1.1301	0.0297	0.05065
5S5WB	5	0.6267	9.5900	8.9633	0.0629	134.85	93.5	41.35	1.1875	0.0299	0.04887
5S6WB	6	0.8658	9.9650	9.0992	0.0652	133.94	93.5	40.44	1.1630	0.0297	0.05542
5S7WB	7	0.9000	10.6750	9.7750	0.0640	148.35	93.5	54.85	1.2728	0.0313	0.05756
5S8WB	8	0.7783	7.5000	6.7217	0.0638	151.26	93.5	57.76	0.8780	0.0266	0.05370
5S9WB	9	0.5917	9.0250	8.4333	0.0642	137.16	93.5	43.66	1.0947	0.0285	0.04653
5S10WB	10	0.8558	9.4250	8.5692	0.0626	138.25	93.5	44.75	1.1407	0.0302	0.05739

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2551

station	Sample July 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							gram	Kg			Calculation
1	Prasart Mai Sak										
2	Ban Pak Kon Chara	1	0.0030	1.0100	1.0070	2.32	10.0388	0.01	0.7206	0.0456	0.01634
3	Hua Lamchabung	2	0.0330	1.1700	1.1370	2.71	10.0224	0.01	0.6977	0.0426	0.04646
4	Sapan Gasesso	4	0.0333	1.1800	1.1467	2.41	10.0394	0.01	0.7899	0.0480	0.05239
5	Sapan Sailo	5	0.0333	0.6600	0.6267	2.90	10.0204	0.01	0.3594	0.0302	0.04362
6	Pramong Sriracha	6	0.0667	0.8900	0.8233	3.00	10.0217	0.01	0.4564	0.0343	0.05967
7	Bang Pra	8	0.0667	0.6700	0.6033	2.49	10.0128	0.01	0.4033	0.0363	0.07196
8	Kaptain Yut	9	0.0667	0.6400	0.5733	3.34	10.0024	0.01	0.2860	0.0265	0.05370
9	Bang Sane	10	0.0667	0.6400	0.5733	3.32	10.0238	0.01	0.2871	0.0266	0.05391
10	Ang Sira										

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนตุลาคม 2551

station	Sample Oct. 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							gram	Kg			Calculation
1	Prasart Mai Sak	1	0.0030	1.3700	1.3670	2.32	10.0627	0.01	0.9759	0.0529	0.01630
2	Ban Pak Kon Chara	2	0.0330	1.4900	1.4570	2.71	10.0684	0.01	0.8900	0.0477	0.04625
3	Hua Lamchabung	4	0.0333	0.7900	0.7567	3.11	10.0394	0.01	0.4039	0.0306	0.04060
4	Sapan Gasesso	5	0.0333	0.6100	0.5767	2.41	10.0204	0.01	0.3980	0.0350	0.05249
5	Sapan Sailo	6	0.0667	0.6900	0.6233	2.90	10.0217	0.01	0.3574	0.0316	0.06173
6	Pramong Sriracha	7	0.0667	0.7900	0.7233	3.00	10.0128	0.01	0.4013	0.0325	0.05973
7	Bang Pra	8	0.0667	1.5300	1.4633	3.06	10.0702	0.01	0.7914	0.0432	0.05822
8	Kaptain Yut	9	0.0667	3.6200	3.5533	2.49	10.0297	0.01	2.3713	0.0810	0.07184
9	Bang Sane	8	0.0667	1.5100	1.4433	3.34	10.0320	0.01	0.7179	0.0395	0.05354
10	Ang Sira	9	0.0667	1.0600	0.9933	3.32	10.0210	0.01	0.4976	0.0336	0.05393

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2552

station	Sample Jan. 2009	detector	cpm(h)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							precipitate	Blank			Calculation
1	Prasart Mai Sak	9	0.0667	1.5600	1.4933	3.34	10.0627	0.01	0.7405	0.0400	0.05338
2	Ban Pak Kon Chara	10	0.0667	3.0600	2.9933	3.32	10.0684	0.01	1.4925	0.0558	0.05367
3	Hua Lamchabung	1	0.0030	1.6100	1.6070	2.32	9.9966	0.01	1.1548	0.0577	0.01641
4	Sapan Gasesso	2	0.0330	0.8200	0.7870	2.71	10.0149	0.01	0.4833	0.0359	0.04650
5	Sapan Sailo	4	0.0333	0.8200	0.7867	3.11	10.0359	0.01	0.4201	0.0312	0.04061
6	Pramong Sriracha	5	0.0333	0.7700	0.7367	2.41	10.0361	0.01	0.5076	0.0391	0.05241
7	Bang Pra	6	0.0667	1.1700	1.1033	2.90	10.0702	0.01	0.6297	0.0401	0.06143
8	Kaptain Yut	8	0.0667	0.7200	0.6533	3.34	10.0297	0.01	0.3250	0.0279	0.05356
9	Bang Sane	1	0.0030	0.3700	0.3670	2.32	10.0320	0.01	0.2628	0.0277	0.01635
10	Ang Sira	2	0.0330	1.3900	1.3570	2.71	10.0210	0.01	0.8328	0.0463	0.04647

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2552

station	Sample Apr. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							precipitate	Blank			Calculation
1	Prasart Mai Sak	2	0.0330	1.5300	1.4970	2.71	10.0627	0.01	0.9149	0.0483	0.04628
2	Ban Pak Kon Chara	4	0.0333	3.1300	3.0967	2.41	10.0684	0.01	2.1270	0.0773	0.05224
3	Hua Lamchabung	5	0.0333	1.5900	1.5567	2.90	10.0394	0.01	0.8911	0.0461	0.04354
4	Sapan Gasesso	6	0.0667	0.9800	0.9133	3.00	10.0204	0.01	0.5064	0.0359	0.05968
5	Sapan Sailo	8	0.0667	0.7900	0.7233	2.49	10.0224	0.01	0.4831	0.0391	0.07189
6	Pramong Sriracha	9	0.0667	1.0900	1.0233	3.34	10.0394	0.01	0.5086	0.0338	0.05350
7	Bang Pra	10	0.0667	1.2200	1.1533	3.32	10.0204	0.01	0.5778	0.0359	0.05393
8	Kaptain Yut	4	0.0333	1.2900	1.2567	2.41	10.0217	0.01	0.8672	0.0502	0.05249
9	Bang Sane	5	0.0333	0.2500	0.2167	2.90	9.9978	0.01	0.1246	0.0194	0.04372
10	Ang Sira	6	0.0667	1.3100	1.2433	3.00	10.0149	0.01	0.6897	0.0412	0.05971

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2552

station	Sample July 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							precipitate	Blank			Calculation
1	Prasart Mai Sak	7	0.0667	1.5000	1.4333	3.00	10.0483	0.01	0.7925	0.0438	0.05952
2	Ban Pak Kon Chara	8	0.0667	0.8800	0.8133	3.06	10.0259	0.01	0.4418	0.0334	0.05848
3	Hua Lamchabung	9	0.0667	1.4400	1.3733	2.49	10.0010	0.01	0.9191	0.0520	0.07204
4	Sapan Gasesso	2	0.0330	0.9400	0.9070	2.71	10.0174	0.01	0.5568	0.0383	0.04648
5	Sapan Sailo	4	0.0333	0.7500	0.7167	2.41	10.0334	0.01	0.4940	0.0386	0.05242
6	Pramong Sriracha	5	0.0333	0.9400	0.9067	2.90	10.0188	0.01	0.5201	0.0358	0.04363
7	Bang Pra	6	0.0667	1.8100	1.7433	3.00	10.0008	0.01	0.9684	0.0481	0.05980
8	Kaptain Yut	8	0.0667	1.2600	1.1933	2.49	9.9615	0.01	0.8018	0.0489	0.07233
9	Bang Sane	9	0.0667	0.4100	0.3433	3.34	10.0463	0.01	0.1705	0.0217	0.05347
10	Ang Sira	10	0.0667	1.7600	1.6933	3.32	10.0952	0.01	0.8420	0.0425	0.05353

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2551

station	Sample July 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							gram	Kg			Calculation
1	Prasart Mai Sak										
2	Ban Pak Kon Chara	1	0.6333	24.60	23.97	8.54	10.0388	0.01	4.66	0.06	0.06448
3	Hua Lamchabung	2	0.3333	25.72	25.39	8.88	10.0224	0.01	4.75	0.06	0.04506
4	Sapan Gasesso	4	0.4667	17.80	17.33	8.95	10.0394	0.01	3.22	0.05	0.05282
5	Sapan Sailo	5	0.4000	17.15	16.75	8.95	10.0204	0.01	3.11	0.05	0.04899
6	Pramong Sriracha	6	0.6000	17.57	16.97	8.88	10.0217	0.01	3.18	0.05	0.06046
7	Bang Pra	8	0.7000	39.06	38.36	9.07	10.0128	0.01	7.04	0.07	0.06400
8	Kaptain Yut	9	0.6000	28.79	28.19	9.18	10.0024	0.01	5.12	0.06	0.05860
9	Bang Sane	10	0.6000	44.49	43.89	9.10	10.0238	0.01	8.02	0.08	0.05899
10	Ang Sira										

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนตุลาคม 2551

station	Sample Oct. 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							gram	Kg			Calculation
1	Prasart Mai Sak	1	0.6333	41.44	40.81	8.54	10.0627	0.01	7.91	0.08	0.06433
2	Ban Pak Kon Chara	2	0.3333	45.08	44.75	8.88	10.0684	0.01	8.34	0.08	0.04486
3	Hua Lamchabung	4	0.4667	52.49	52.02	8.95	10.0394	0.01	9.65	0.09	0.05282
4	Sapan Gasesso	5	0.4000	17.92	17.52	8.95	10.0204	0.01	3.26	0.05	0.04899
5	Sapan Sailo	6	0.6000	18.58	17.98	8.88	10.0217	0.01	3.37	0.05	0.06046
6	Pramong Sriracha	7	0.5000	32.09	31.59	8.94	10.0128	0.01	5.88	0.07	0.05487
7	Bang Pra	8	0.7000	46.46	45.76	9.07	10.0702	0.01	8.35	0.08	0.06363
8	Kaptain Yut	9	0.6000	100.53	99.93	9.18	10.0297	0.01	18.09	0.12	0.05844
9	Bang Sane	8	0.7000	44.49	43.79	9.07	10.0320	0.01	8.02	0.08	0.06388
10	Ang Sira	9	0.6000	44.27	43.67	9.18	10.0210	0.01	7.91	0.08	0.05849

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2552

station	Sample Jan. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							precipitate	Blank			Calculation
1	Prasart Mai Sak	9	0.6000	33.00	32.40	9.18	10.0627	0.01	5.85	0.07	0.05825
2	Ban Pak Kon Chara	10	0.6000	71.34	70.74	9.10	10.0684	0.01	12.87	0.10	0.05873
3	Hua Lamchabung	1	0.6333	27.53	26.90	8.54	9.9966	0.01	5.25	0.07	0.06475
4	Sapan Gasesso	2	0.3333	17.00	16.67	8.88	10.0149	0.01	3.12	0.05	0.04510
5	Sapan Sailo	4	0.4667	21.63	21.16	8.95	10.0359	0.01	3.93	0.06	0.05283
6	Pramong Sriracha	5	0.4000	16.24	15.84	8.95	10.0361	0.01	2.94	0.05	0.04891
7	Bang Pra	6	0.6000	41.26	40.66	8.88	10.0702	0.01	7.58	0.08	0.06017
8	Kaptain Yut	8	0.7000	34.05	33.35	9.07	10.0297	0.01	6.11	0.07	0.06389
9	Bang Sane	1	0.6333	41.43	40.80	8.54	10.0320	0.01	7.94	0.08	0.06453
10	Ang Sira	2	0.3333	42.53	42.20	8.88	10.0210	0.01	7.90	0.08	0.04507

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีไตในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2552

station	Sample Apr. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							precipitate	Blank			Calculation
1	Prasart Mai Sak	2	0.3333	34.29	33.96	8.88	10.0627	0.01	6.33	0.07	0.04488
2	Ban Pak Kon Chara	4	0.4667	76.38	75.91	8.95	10.0684	0.01	14.04	0.10	0.05266
3	Hua Lamchabung	5	0.4000	28.04	27.64	8.95	10.0394	0.01	5.13	0.06	0.04890
4	Sapan Gasesso	6	0.6000	17.22	16.62	8.88	10.0204	0.01	3.11	0.05	0.06047
5	Sapan Sailo	8	0.7000	32.75	32.05	9.07	10.0224	0.01	5.88	0.07	0.06394
6	Pramong Sriracha	9	0.6000	13.72	13.12	9.18	10.0394	0.01	2.37	0.04	0.05839
7	Bang Pra	10	0.6000	40.87	40.27	9.10	10.0204	0.01	7.36	0.07	0.05901
8	Kaptain Yut	4	0.4667	58.92	58.45	8.95	10.0217	0.01	10.86	0.09	0.05291
9	Bang Sane	5	0.4000	41.75	41.35	8.95	9.9978	0.01	7.70	0.08	0.04910
10	Ang Sira	6	0.6000	44.42	43.82	8.88	10.0149	0.01	8.21	0.08	0.06051

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างตะกอนดิน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2552

station	Sample July 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	weight (mg)		Activity (Bq/Kg)	σ (Bq/Kg)	MDA (Bq/Kg)
							precipitate	Blank			Calculation
1	Prasart Mai Sak	7	0.5000	50.70	50.20	8.94	10.0483	0.01	9.31	0.08	0.05468
2	Ban Pak Kon Chara	8	0.7000	57.98	57.28	9.07	10.0259	0.01	10.50	0.09	0.06391
3	Hua Lamchabung	9	0.6000	30.14	29.54	9.18	10.0010	0.01	5.36	0.06	0.05861
4	Sapan Gasesso	2	0.3333	20.11	19.78	8.88	10.0174	0.01	3.71	0.05	0.04508
5	Sapan Sailo	4	0.4667	22.10	21.63	8.95	10.0334	0.01	4.02	0.06	0.05285
6	Pramong Sriracha	5	0.4000	13.95	13.55	8.95	10.0188	0.01	2.52	0.04	0.04900
7	Bang Pra	6	0.6000	70.81	70.21	8.88	10.0008	0.01	13.18	0.10	0.06059
8	Kaptain Yut	8	0.7000	63.67	62.97	9.07	9.9615	0.01	11.62	0.09	0.06433
9	Bang Sane	9	0.6000	38.42	37.82	9.18	10.0463	0.01	6.83	0.07	0.05835
10	Ang Sira	10	0.6000	42.61	42.01	9.10	10.0952	0.01	7.62	0.08	0.05857

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2551

station	Sample July 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak								
2	Ban Pak Kon Chara	2	0.0030	0.0416	0.0386	0.0218	0.0059	0.0020	0.00349
3	Hua Lamchabung	3	0.0025	0.0528	0.0503	0.0210	0.0080	0.0024	0.00331
4	Sapan Gasesso	4	0.0055	0.0768	0.0713	0.0225	0.0106	0.0027	0.00458
5	Sapan Sailo	5	0.0100	0.0620	0.0520	0.0245	0.0071	0.0023	0.00567
6	Pramong Sriracha	6	0.0210	0.0608	0.0398	0.0253	0.0052	0.0024	0.00796
7	Bang Pra	8	0.0150	0.1512	0.1362	0.0260	0.0175	0.0033	0.00654
8	Kaptain Yut	9	0.0070	0.0880	0.0810	0.0259	0.0104	0.0025	0.00449
9	Bang Sane	10	0.0050	0.0912	0.0862	0.0246	0.0117	0.0027	0.00399
10	Ang Sira								

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนตุลาคม 2551

station	Sample Oct. 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak	2	0.0030	0.0480	0.0450	0.0218	0.0069	0.0022	0.00349
2	Ban Pak Kon Chara	3	0.0025	0.0440	0.0415	0.0210	0.0066	0.0022	0.00331
3	Hua Lamchabung	4	0.0055	0.0320	0.0265	0.0225	0.0039	0.0018	0.00458
4	Sapan Gasesso	5	0.0100	0.0300	0.0200	0.0245	0.0027	0.0017	0.00567
5	Sapan Sailo	6	0.0210	0.0620	0.0410	0.0253	0.0054	0.0024	0.00796
6	Pramong Sriracha	8	0.0150	0.0460	0.0310	0.0260	0.0040	0.0020	0.00654
7	Bang Pra	9	0.0070	0.0540	0.0470	0.0259	0.0060	0.0020	0.00449
8	Kaptain Yut	10	0.0050	0.1000	0.0950	0.0246	0.0129	0.0028	0.00399
9	Bang Sane	2	0.0030	0.0460	0.0430	0.0218	0.0066	0.0021	0.00349
10	Ang Sira	3	0.0025	0.0387	0.0362	0.0210	0.0057	0.0020	0.00331

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2552

station	Sample Jan. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak	4	0.0055	0.0447	0.0392	0.0218	0.0060	0.0022	0.00473
2	Ban Pak Kon Chara	5	0.0100	0.0727	0.0627	0.0210	0.0100	0.0029	0.00662
3	Hua Lamchabung	6	0.0210	0.0653	0.0443	0.0225	0.0066	0.0028	0.00895
4	Sapan Gasesso	8	0.0150	0.0520	0.0370	0.0245	0.0050	0.0022	0.00695
5	Sapan Sailo	9	0.0070	0.0613	0.0543	0.0253	0.0072	0.0022	0.00459
6	Pramong Sriracha	10	0.0050	0.0240	0.0190	0.0260	0.0024	0.0014	0.00378
7	Bang Pra	2	0.0030	0.0493	0.0463	0.0259	0.0060	0.0019	0.00294
8	Kaptain Yut	3	0.0025	0.0773	0.0748	0.0246	0.0101	0.0024	0.00282
9	Bang Sane	4	0.0055	0.0640	0.0585	0.0218	0.0089	0.0025	0.00473
10	Ang Sira	5	0.0100	0.0280	0.0180	0.0210	0.0029	0.0020	0.00662

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2552

station	Sample Apr. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak	6	0.0210	0.0587	0.0377	0.0218	0.0058	0.0027	0.00924
2	Ban Pak Kon Chara	8	0.0150	0.0800	0.0650	0.0210	0.0103	0.0031	0.00810
3	Hua Lamchabung	9	0.0070	0.0333	0.0263	0.0225	0.0039	0.0019	0.00517
4	Sapan Gasesso	10	0.0050	0.0160	0.0110	0.0245	0.0015	0.0012	0.00401
5	Sapan Sailo	2	0.0030	0.0440	0.0410	0.0253	0.0054	0.0018	0.00301
6	Pramong Sriracha	3	0.0025	0.0640	0.0615	0.0260	0.0079	0.0021	0.00267
7	Bang Pra	4	0.0055	0.1020	0.0965	0.0259	0.0124	0.0027	0.00398
8	Kaptain Yut	5	0.0100	0.0660	0.0560	0.0246	0.0076	0.0024	0.00565
9	Bang Sane	6	0.0210	0.0460	0.0250	0.0218	0.0038	0.0025	0.00924
10	Ang Sira	8	0.0150	0.0240	0.0090	0.0210	0.0014	0.0020	0.00810

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมแอลฟาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2552

station	Sample July 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak	10	0.0050	0.0780	0.0730	0.0218	0.0112	0.0028	0.00451
2	Ban Pak Kon Chara	6	0.0210	0.1780	0.1570	0.0210	0.0249	0.0045	0.00959
3	Hua Lamchabung	2	0.0030	0.0560	0.0530	0.0225	0.0079	0.0023	0.00338
4	Sapan Gasesso	3	0.0025	0.0480	0.0455	0.0245	0.0062	0.0019	0.00284
5	Sapan Sailo	4	0.0055	0.0540	0.0485	0.0253	0.0064	0.0020	0.00407
6	Pramong Sriracha	5	0.0100	0.0560	0.0460	0.0260	0.0059	0.0021	0.00534
7	Bang Pra	6	0.0210	0.1000	0.0790	0.0259	0.0102	0.0028	0.00777
8	Kaptain Yut	8	0.0150	0.2320	0.2170	0.0246	0.0294	0.0043	0.00692
9	Bang Sane	9	0.0070	0.1440	0.1370	0.0218	0.0209	0.0038	0.00533
10	Ang Sira	10	0.0050	0.1540	0.1490	0.0210	0.0237	0.0040	0.00468

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2551

station	Sample July 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak								
2	Ban Pak Kon Chara	2	0.3910	1.1119	0.7209	0.0218	0.1102	0.0119	0.03985
3	Hua Lamchabung	3	0.5250	0.8810	0.3560	0.021	0.0565	0.0119	0.04794
4	Sapan Gasesso	4	0.3800	0.8520	0.4720	0.0225	0.0699	0.0104	0.03806
5	Sapan Sailo	5	0.2520	1.7870	1.5350	0.0245	0.2088	0.0123	0.02847
6	Pramong Sriracha	6	0.6150	1.8880	1.2730	0.0253	0.1677	0.0132	0.04307
7	Bang Pra	8	0.5390	1.4840	0.9450	0.0260	0.1212	0.0115	0.03923
8	Kaptain Yut	9	0.4480	2.0290	1.5810	0.0259	0.2035	0.0128	0.03590
9	Bang Sane	10	0.7300	2.3180	1.5880	0.0246	0.2152	0.0150	0.04825
10	Ang Sira								

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนตุลาคม 2551

station	Sample Oct. 2008	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak	2	0.3910	0.8400	0.4490	0.0218	0.0687	0.0107	0.03985
2	Ban Pak Kon Chara	3	0.5250	1.4900	0.9650	0.0210	0.1532	0.0143	0.04794
3	Hua Lamchabung	4	0.3800	0.9920	0.6120	0.0225	0.0907	0.0110	0.03806
4	Sapan Gasesso	5	0.2520	2.1660	1.9140	0.0245	0.2604	0.0134	0.02847
5	Sapan Sailo	6	0.6150	2.2700	1.6550	0.0253	0.2181	0.0142	0.04307
6	Pramong Sriracha	8	0.5390	5.9060	5.3670	0.0260	0.6881	0.0206	0.03923
7	Bang Pra	9	0.4480	2.2640	1.8160	0.0259	0.2337	0.0134	0.03590
8	Kaptain Yut	10	0.7300	2.1380	1.4080	0.0246	0.1908	0.0145	0.04825
9	Bang Sane	2	0.3910	2.3960	2.0050	0.0218	0.3066	0.0161	0.03985
10	Ang Sira	3	0.5250	6.2900	5.7650	0.0210	0.9151	0.0262	0.04794

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2552

station	Sample Jan. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak	4	0.3800	0.5470	0.1670	0.0218	0.0255	0.0093	0.03929
2	Ban Pak Kon Chara	5	0.2520	1.4110	1.1590	0.0210	0.1840	0.0129	0.03321
3	Hua Lamchabung	6	0.6150	0.7930	0.1780	0.0225	0.0264	0.0111	0.04842
4	Sapan Gasesso	8	0.5390	0.6610	0.1220	0.0245	0.0166	0.0094	0.04163
5	Sapan Sailo	9	0.4480	1.4360	0.9880	0.0253	0.1302	0.0114	0.03676
6	Pramong Sriracha	10	0.7300	0.8010	0.0710	0.0260	0.0091	0.0100	0.04566
7	Bang Pra	2	0.3910	0.7490	0.3580	0.0259	0.0461	0.0087	0.03354
8	Kaptain Yut	3	0.5250	0.9300	0.4050	0.0246	0.0549	0.0103	0.04092
9	Bang Sane	4	0.3800	0.4410	0.0610	0.0218	0.0093	0.0088	0.03929
10	Ang Sira	5	0.2520	1.1810	0.9290	0.0210	0.1475	0.0120	0.03321

ตารางผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมปีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2552

station	Sample Apr. 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak	6	0.6150	1.0080	0.3930	0.0218	0.0601	0.0123	0.04998
2	Ban Pak Kon Chara	8	0.5390	0.6390	0.1000	0.0210	0.0159	0.0109	0.04857
3	Hua Lamchabung	9	0.4480	1.9380	1.4900	0.0225	0.2207	0.0145	0.04133
4	Sapan Gasesso	10	0.7300	0.7520	0.0220	0.0245	0.0030	0.0105	0.04845
5	Sapan Sailo	2	0.3910	0.8160	0.4250	0.0253	0.0560	0.0092	0.03434
6	Pramong Sriracha	3	0.5250	0.5800	0.0550	0.0260	0.0071	0.0085	0.03872
7	Bang Pra	4	0.3800	0.5560	0.1760	0.0259	0.0227	0.0079	0.03307
8	Kaptain Yut	5	0.2520	1.4460	1.1940	0.0246	0.1618	0.0112	0.02835
9	Bang Sane	8	0.5390	1.7000	1.1610	0.0218	0.1775	0.0145	0.04679
10	Ang Sira	9	0.4480	1.9720	1.5240	0.0210	0.2419	0.0156	0.04428

ตารางผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมบีตาในตัวอย่างเพลงตอน รอบการเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม 2552

station	Sample July 2009	detector	cpm(b)	cpm(s)	net cpm	Eff.	Activity (Bq/l)	σ (Bq/l)	MDA (Bq/l)
									Calculation
1	Prasart Mai Sak	10	0.7300	1.6300	0.9000	0.0218	0.1376	0.0149	0.05445
2	Ban Pak Kon Chara	6	0.6150	1.3380	0.7230	0.0210	0.1148	0.0140	0.05188
3	Hua Lamchabung	2	0.3910	1.1720	0.7810	0.0225	0.1157	0.0117	0.03861
4	Sapan Gasesso	3	0.5250	1.7880	1.2630	0.0245	0.1718	0.0131	0.04109
5	Sapan Sailo	4	0.3800	1.6800	1.3000	0.0253	0.1713	0.0120	0.03385
6	Pramong Sriracha	5	0.2520	1.4560	1.2040	0.0260	0.1544	0.0106	0.02682
7	Bang Pra	6	0.6150	1.8680	1.2530	0.0259	0.1613	0.0128	0.04207
8	Kaptain Yut	8	0.5390	1.1720	0.6330	0.0246	0.0858	0.0112	0.04146
9	Bang Sane	9	0.4480	1.5320	1.0840	0.0218	0.1657	0.0136	0.04266
10	Ang Sira	10	0.7300	1.8360	1.1060	0.0210	0.1756	0.0161	0.05653

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	ศรัญญา วงษ์สนิท
เกิดวันที่	19 พฤษภาคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
งานวิจัย/ผลงานตีพิมพ์	- The Optimum Conditions for the Determination of Gross-Alpha Radioactivity in Seawater by Coprecipitation Technique. 2009. <i>In 7th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium</i>, Chiang Mai, Thailand 17-20 November 2009. - Determination of Gross Alpha and Beta Activities in Seawater from the Upper Gulf of Thailand Using Coprecipitation Technique. 2010. <i>In the third Asian and Oceanic Congress on Radiation Protection (AOCRP-3)</i>, Tokyo, Japan 24-28 May 2010.
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	- ได้รับทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551-2553) - ได้รับทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานต่างประเทศจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2552)