



การทดสอบความเป็นไปได้ของการวิเคราะห์ปริมาณสตรอนเชียม-90 ในน้ำทะเลในประเทศไทย

Feasibility Analysis Test of Sr-90 in Thailand Sea Water

ดร.ณวรัตน์ ชื่นบุบผา* และ สุภัทรา โรเบิร์ตส์

Darunwan Chuenbubpar* and Suputra Robert

กองพัฒนาระบบและมาตรฐานกำกับดูแลความปลอดภัย สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพฯ ประเทศไทย

Safety Research and Development Section, Office of Atoms for Peace, Bangkok, Thailand

*Corresponding author, E-mail: darunwan.c@oap.go.th

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ปริมาณสตรอนเชียม-90 (Sr-90) ในธรรมชาติ โดยวิธีการแบบดั้งเดิมนั้น จะต้องใช้ตัวอย่างประมาณ 100 ลิตร และใช้เวลาประมาณ 2-3 สัปดาห์ในการสกัด Sr-90 และยิตรีียม-90 (Y-90) การทดลองนี้จึงศึกษาเทคนิคการแยกโดยใช้วิธีการสกัดแบบ Liquid-Liquid Extraction โดยใช้ตัวทำละลาย Bis(2-ethylhexyl) phosphate (HDEHP) และทดสอบความใช้ได้ของการสกัดด้วยวัดด้วยเทคนิค Cerenkov counting โดยการลดปริมาณตัวอย่างที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ โดยพบว่าน้ำทะเลปริมาณ 30 ลิตร สามารถวิเคราะห์ปริมาณสตรอนเชียม-90 ในประเทศไทย มีค่า 0.0020 Bq/kg โดยวิธีการดังกล่าวนี้สามารถลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ได้ถึง 2 สัปดาห์และลดปริมาณตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ได้ร้อยละ 70 ได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะที่มีราคาสูง

คำสำคัญ: สตรอนเชียม-90 น้ำทะเล เทคนิคการสกัด

Abstract

The radiostrontium analysis in environmental materials with a conventional method requires handling large amounts of sample (seawater) about 100 L and the need for the time-consuming extraction of Sr-90 and Y-90 for 2 weeks. Therefore, the liquid-liquid extraction using Bis (2-ethylhexyl) phosphate (HDEHP) and the feasibility of solvent extraction via Cerenkov counting were studied. This experiment can reduce both the volume of seawater (30 L) and operation time (2 weeks). The activity concentration of Sr-90 in seawater was measured as 0 .0020 Bq/kg.

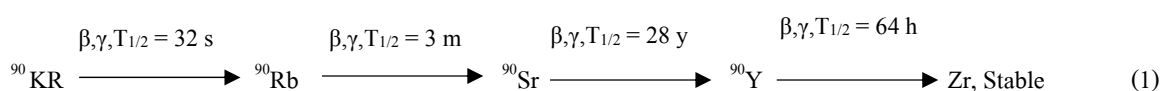
Keywords: Sr-90, seawater, extraction



1. บทนำ

ปัจจุบัน การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีนิวเคลียร์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและมีความหลากหลาย เช่น ทางอุตสาหกรรม ทางเกษตร ทางอาหารและยา ทางด้านวิทยาศาสตร์และการวิจัย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีปริมาณรังสีรั่วไหลสู่ธรรมชาติ ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกัน ควบคุม และติดตามหรือเฝ้าระวัง เพื่อความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิต ประชาชน และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะระบบนิเวศทางทะเลซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3 ใน 4 ของพื้นผิวโลก และเมื่อเกิดอุบัติเหตุทางรังสี หรือการรั่วไหลสู่ธรรมชาติ จะทำให้ส่งผลกระทบต่อในวงกว้างเนื่องจากทะเลมีลักษณะที่เชื่อมต่อกันโดยไม่มีพรมแดน (สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา (องค์การมหาชน) , 2559)

Sr-90 มีเลขเชิงอะตอมเท่ากับ 38 ครึ่งชีวิตประมาณ 28 ปี และสลายโดยการปล่อยบีตา เป็นผลผลิตการแบ่งแยกนิวเคลียสที่พบได้ในธรรมชาติอันเนื่องมาจากฝุ่นกัมมันตรังสีจากการทดสอบระเบิดอะตอมและระเบิดไฮโดรเจน โดยสตรอนเชียมมีสมบัติคล้ายคลึงกับแคลเซียม ดังนั้นเมื่อได้รับสตรอนเชียมเข้าไปในร่างกาย จะไปสะสมที่กระดูก ได้เป็นระยะเวลานาน เพราะฉะนั้น Sr-90 จึงต้องมีการเฝ้าตรวจระดับ Sr-90 ในสิ่งแวดล้อม ในการวิเคราะห์สตรอนเชียม สามารถวัดได้จาก Y-90 ซึ่งเป็นสารรังสีตัวลูกซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตสั้นกว่ามากจากสมการที่ 1



การวิเคราะห์ปริมาณ Sr-90 / Y-90 ในสิ่งแวดล้อม สามารถทำได้หลายวิธี (Vajda & Kim, 2010) เช่น การตกตะกอนร่วม (coprecipitation) การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) และ การสกัดด้วยโครมาโตกราฟี (extraction chromatography) โดยแต่ละวิธีจะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน เช่น ใช้เวลานาน ค่าใช้จ่ายสูง เครื่องมือพิเศษ หรือเรซินที่มีความเฉพาะเจาะจงมาก (Horwitz, 2005) และ Sr-90 เป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก จึงต้องใช้ปริมาณตัวอย่างเป็นจำนวนมาก อาทิเช่น วิธีการหาปริมาณ Sr-90 ของ IAEA-MEL ใช้ปริมาณตัวอย่างประมาณ 100 ลิตร การทดลองนี้จึงต้องการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายจากน้ำทะเลสังเคราะห์ (Visetpotjanakit & Nakkaew, 2018; Fukai, Statham, & Asari, 1976) โดยใช้น้ำทะเลในประเทศไทย ด้วยเทคนิคการสกัดด้วย Liquid-Liquid Extraction และการวัดด้วยเทคนิค Cerenkov counting เพื่อนำไปใช้ในการเก็บตัวอย่างเพื่อเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. วัตถุประสงค์

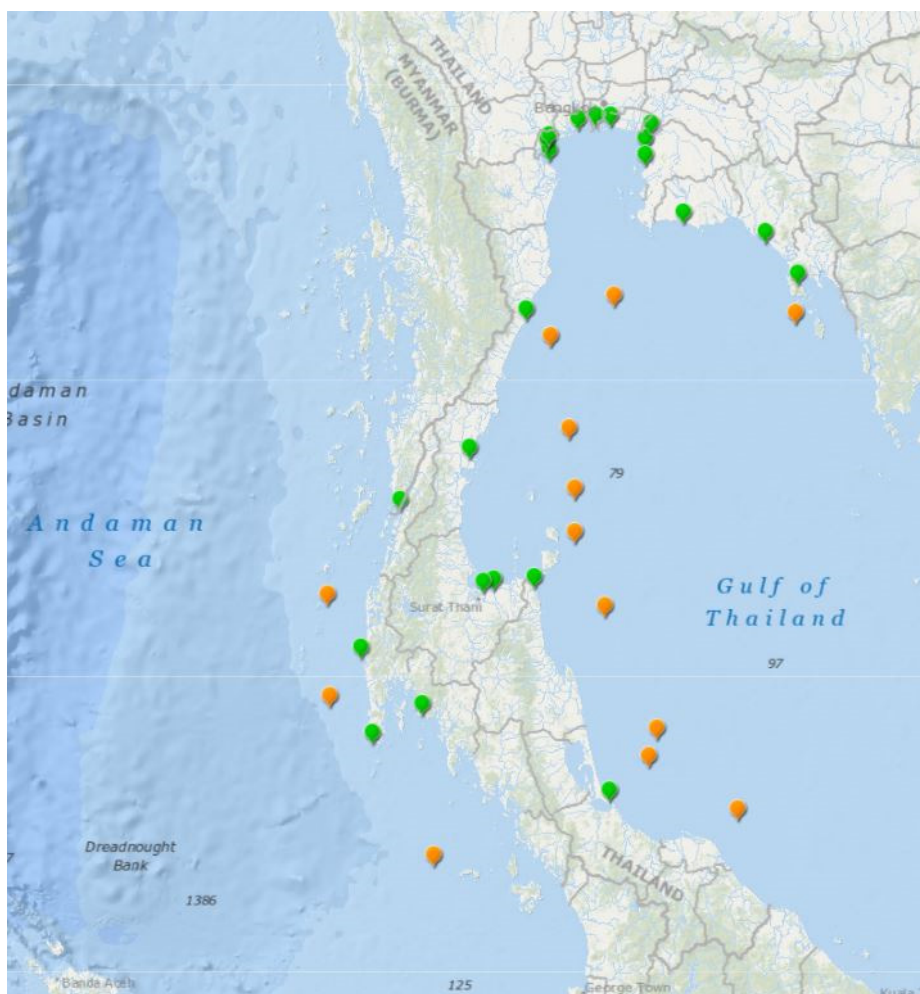
- 1 เพื่อศึกษาปริมาณน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการหาปริมาณสตรอนเชียมในสิ่งแวดล้อม
- 2 ทดสอบความใช้ได้ของวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อนำไปใช้วัดปริมาณ Sr-90 ในตัวอย่างน้ำทะเลในการเฝ้าระวังในสิ่งแวดล้อม (Routine Monitoring)



3. อุปกรณ์และวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 น้ำทะเล

น้ำทะเลที่เก็บบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามัน โดยมีจุดเก็บตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทะเลในประเทศไทย

โดยมีวิธีการเก็บและเตรียมตัวอย่าง คือ

1. เก็บตัวอย่างห่างจากชายฝั่ง 500 เมตร ความลึก 1 เมตร
2. เติมนครดไฮโดรคลอริกลงไปเพื่อป้องกันไม่ให้สารกัมมันตภาพรังสีเกาะติดกับผนังของภาชนะที่บรรจุตัวอย่างน้ำทะเล
3. ปรับความเป็นกรด - ด่าง ของน้ำทะเลด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น โดนให้ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 1 – 1.5



รูปที่ ๒ ขั้นตอนการเก็บน้ำทะเล

3.2 สารเคมีและสารกัมมันตรังสี

- 1) Yttrium nitrate (N_3O_9Y) (Y-carrier)
- 2) HDEHP 10% in toluene
- 3) 0.08 M HCl
- 4) 3 M HNO_3
- 5) Phenolphthalein
- 6) Titriplex III
- 7) Sodium acetate
- 8) Xylenolorange in KNO_3
- 9) 6M NaOH

3.3 การวิเคราะห์และคำนวณ

3.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณสตรอนเชียม-90 ด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย

3.3.1.1 เติม Y-carrier ($N_3O_9Y.H_2O$) 1 mL ผสมให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

3.3.1.2 เติม HDEHP 10% ปริมาณ 250 mL กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที โดยจดบันทึกวันและเวลาในการสกัด (t1)

3.3.1.3 นำส่วนบนมาเทลงกรวยแยก ขนาด 500 mL

3.3.1.4 ล้างด้วย 0.08 M HCl ปริมาณ 100 mL จำนวน 2 ครั้ง โดยเขย่าให้เข้ากันครั้งละ 1 นาที

3.3.1.5 เติม 3 M HNO_3 ปริมาณ 50 mL โดยเขย่าให้เข้ากัน 2 นาที และตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น

3.3.1.6 นำชั้นล่าง มาเติม phenolphthalein 3 หยด

3.3.1.7 เติม Conc NH_3 จนค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9-10 โดยสังเกตได้จากสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูและมีตะกอนขาวขุ่น

3.3.1.8 นำไปแยกชั้นโดยเครื่องเซนติฟิว ที่ 3000 rpm 10 นาที



3.3.1.9 นำส่วนที่เป็นตะกอน ละลายด้วย Conc. HNO_3 1 mL

3.3.1.10 ถ่ายตัวอย่างไปยังขวด LSC และนำไปวัดตัวอย่างด้วยเครื่อง Liquid Scintillation Counting (บันทึกวันและเวลาในการนับวัด) (t2)



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณสตรอนเชียม-90 ด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย

3.3.2 การหาค่า Yield

3.3.2.1 นำตัวอย่างที่ได้หลังจากการวัด เติม sodium acetate 1.5 กรัม และ xylenolorange in KNO_3 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 มิลลิลิตร

3.3.2.2 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 5-6 ด้วย 6M NaOH โดยสารละลายที่ได้จะมีสีม่วงแดง

3.3.2.3 ทำการไตเตรตด้วย 0.1 M Titriplex III จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และบันทึกปริมาตรไว้

T_{sample}

3.3.2.4 สำหรับ T_{standard} เติม Y-Carrier 1 มิลลิลิตร แล้วดำเนินการตาม 3.3.2.1-3.3.2.3



3.3.3 การคำนวณ Activity ได้จากสูตร

$$Activity_{Sr-90} = \frac{(R - R_0)e^{\lambda \Delta t}}{E \times f \times m}$$

โดยที่ $Activity_{Sr-90}$ = activity of Strontium-90 (Y-90), in Becquerel (counts per second)

R = อัตรานับวัดรวมของตัวอย่าง (Counts Per Seconds, CPS)

R_0 = อัตรานับวัดรวมของพื้นหลัง (CPS)

λ = ค่าคงที่การสลายตัวของ Y-90

Δt = เวลาในการแยก Y-90 และการนับวัด $\Delta t = t_2 - t_1$ (ชั่วโมง)

E = ประสิทธิภาพการวัดของเครื่อง

f = ค่าร้อยละผลผลิตของ Y-90 ในน้ำทะเล

m = มวลของตัวอย่างที่ใช้

3.4.2 การคำนวณหาค่าร้อยละผลผลิตของ Y-90 ในน้ำทะเล

$$f = \frac{T_{sample}}{T_{standard}}$$

3.4.3 การคำนวณค่า MDC (Minimum Detectable Concentration) คือ ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวัดที่ห้ววัดสามารถวัดได้

$$MDC = \frac{4.66}{E \times f \times m}$$

4. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลของการวิเคราะห์ปริมาณ Sr-90 ในตัวอย่างน้ำทะเล จำนวน 30 40 และ 50 ลิตร

ตัวอย่าง	ปริมาณสตรอนเชียม-90 (Bq/kg)	ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวัดที่ ห้ววัดสามารถวัดได้ (MDC) (Bq/kg)	ค่าร้อยละผลผลิตของ Y-90 ในน้ำทะเล (ร้อยละ)
30 ลิตร	0.002042	0.001	69.56
40 ลิตร	0.001195	0.010	65.21
50 ลิตร	0.000903	0.003	30.43



ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระยะเวลาในการวิเคราะห์ปริมาณ Sr-90

ขั้นตอน	แบบปกติ	แบบประยุกต์
การเตรียมตัวอย่าง	2 วัน ในการแยก Ca/Sr ออกจากน้ำทะเล	1 วัน
การสกัด Sr-90/Y-90	≥ 2 สัปดาห์	10 นาที
การแยก Sr-90/Y-90	1 วัน	1 วัน

5. การอภิปรายผล

วิธีการดังกล่าวนี้ได้ผ่านการทดลองกับตัวอย่าง 2 ชนิดคือ Proficiency Test (PT) จาก IAEA (IAEA-RML-2015-01) และน้ำทะเลสังเคราะห์ที่ทราบค่า Sr-90 โดยใช้ Sr-90 มาตรฐานที่ 0.1 และ 1 Bq/L พบว่าปริมาณ Sr-90 ที่วัดได้คือ 0.1165 ± 0.0086 0.1055 ± 0.0049 และ 1.0623 ± 0.0452 ตามลำดับ จึงทำการทดลองวัดปริมาณ Sr-90 จากน้ำทะเลในประเทศไทย ซึ่งจากการทดลองพบว่า การใช้ปริมาณตัวอย่าง 30 ลิตร มีความเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์น้ำทะเล โดยเทคนิคนี้ เนื่องจากสามารถวัดปริมาณ Sr-90 ในธรรมชาติได้ โดยวัดค่าได้ 0.0020 Bq/kg ซึ่งเมื่อพิจารณาที่ตัวอย่าง 40 ลิตร และ 50 ลิตร พบว่าผลการวัดที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าค่า MDC ซึ่งคือค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวัดที่หาวัดสามารถวัดได้ และค่าร้อยละผลผลิตของ Y-90 ในน้ำทะเลปริมาณ 30 ลิตร ยังมีค่ามากกว่า 40 และ 50 ลิตร ทั้งนี้คาดว่าเนื่องจากการแยก หรือการสกัด Sr-90/Y-90 อาจจะไม่ดี เพราะในน้ำทะเลอาจจะมีปริมาณ Ca^{2+} Na^+ K^+ ค่อนข้างมาก จึงจำเป็นต้องมีวิธีการที่สกัดสารอื่น ๆ ออกก่อน เหมือนกรณีของ Masaki, Ryosuke Hiroaki และ Akihiki, 2018 ที่ใช้ Strontium Rad disk ในการแยกก่อนการสกัด ดังที่ได้กล่าวมาสำหรับวิธีการดังกล่าวนี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณ Sr-90 ในธรรมชาติได้และลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ปริมาณ Sr-90 ได้ประมาณ 2 สัปดาห์ อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ถึงร้อยละ 70

6. บทสรุป

เนื่องจากปริมาณ Sr-90 ที่มีอยู่ในธรรมชาติมีปริมาณน้อยมาก จึงต้องใช้ตัวอย่างปริมาณมากในการวิเคราะห์ และมีวิธีการมากมายในกระบวนการแยกเพื่อให้บริสุทธิ์ การสกัดด้วยตัวทำละลายก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความจำเพาะเจาะจง และใช้เวลาไม่นาน นอกจากนั้นยังช่วยลดปริมาณตัวอย่างที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ โดยการทดลองนี้ใช้น้ำทะเลปริมาณ 30 ลิตร วิเคราะห์ปริมาณสตรอนเชียม-90 ในประเทศไทยได้ 0.002042 Bq/kg ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Barry et al, (2005) ได้รายงานว่าที่มหาสมุทรแปซิฟิก ทางฝั่งตะวันตกของประตญี่ปุ่น มีปริมาณสตรอนเชียม-90 ประมาณ 0.0016 – 0.0018 Bq/kg และเมื่อเทียบกับการใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออนและ CyDTA (cyclohexane diamine tetra-acetic acid) (Victor and Norman, 1967) ซึ่งได้ yield 75 % แต่เป็นวิธีที่มีความจำเพาะเจาะจงและต้องใช้เครื่องมือเฉพาะ

7. กิตติกรรมประกาศ

กองพัฒนาระบบและมาตรฐานกำกับดูแลความปลอดภัย สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ และกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ในความอนุเคราะห์การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล



8. เอกสารอ้างอิง

- สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา (องค์การมหาชน).(2559). รายงานการศึกษาวิจัยฉบับสมบูรณ์ (Final Report) เรื่อง ความมั่นคงทางทะเล. กรุงเทพฯ: สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา (องค์การมหาชน).หน้า 92.
- Barry, R. Friedlander, M. G., Joanna, B. and Charles, W. P. (2005). Radionuclides in the marine environment. *A CRESPI Science Review*. Retrieved December, 17 2019, from http://www.cresp.org/crespII/CRESPII_Report/C_attachment/finalreport/02Append_Background/02_radionuclide_7_25_05BF.pdf
- Fukai, R., Statham, G. and Asari, K. (1976). A Rapid Method for Strontium-90 Analysis by HDEHP Solvent Extraction Application to Large Volume Sea water Samples. *Rapp. Comm Int. Mer Médit.*, 23, 149-180.
- Horwitz, E.P., McAlister, D.R., Bond, A.H., Barrans Jr, R.E. (2005). Novel extraction of chromatographic resins based on tetraalkyldiglycolamides: characterization and potential applications. *Solvent Extr. Ion-. Exch.* 23, 319-344.
- Masaki, U., Ryosuke, W., Hiroaki, S., and Akihiko, Y. (2018). Rapid method for determination of ^{90}Sr in seawater by liquid scintillation counting with an extractive scintillator. *Talanta* (178), 339-347.
- Vajda, N., Kim, C.K. (2010). Determination of radiostrontium isotopes: a review of analytical methodology. *Appl. Radiat. Isot.* 68, 2306-2326.
- Victor, E. N., and Norman, S. M. (1967). Separation of strontium from large amounts of calcium, with application to radiostrontium analysis. *Talanta* 14(1), 45-51.
- Visetpotjanakit, S. and Nakkaew, N. (2018). Rapid Method for Low Level ^{90}Sr Determination in Seawater by Liquid Extraction Technique. *Engineering and Technology International Journal of Chemical and Molecular Engineering*. 12(6), 287-290.