การตรวจวัดแก๊สเรดอนในน้ำบาดาลบริเวณ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้โดยวิธีการกัดรอยทางนิวเคลียร์

THE INESTIGATION OF RADON IN GROUNDWATER OF THREE SOUTHERN PROVINCE USING NUCLEAR TECHIQUE

โรสลีนา อนันตนุกูลวงศ์*

Roseleena Anantanukulwong*

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Department of Physics, Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

***Corresponding author, e-mail:** roseleena.y@yru.ac.th*

***Received:** 12 February 2019; **Revised:** 6 June 2019; **Accepted:** 18 June 2019*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบาดาล เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลบริเวณ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ ปัตตานี นราธิวาส และยะลา จำนวนทั้งหมด 45 ตัวอย่าง โดยใช้อุปกรณ์ชุดตรวจวัดรอยรังสีแอลฟาบนแผ่นพลาสติก CR-39 แล้วเก็บตัวอย่างน้ำ 40 วัน จึงนำมากัดขยายรอยทางนิวเคลียร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 6.25 N ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ค่าความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาที่เกิดขึ้นบนแผ่นพลาสติก CR-39 สามารถคำนวณหาค่าความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบาดาลได้ ผลจากการทดลองพบว่าบริเวณที่มีปริมาณความเข้มของแก๊สเรดอนมากที่สุดของแต่ละจังหวัด ได้แก่ จังหวัดนราธิวาส จังหวัดปัตตานี และจังหวัดยะลา มีค่าเท่ากับ $9.7\times10^{-6} \pm 0.188738\times10^{-6}$ Bq/l, $10.6244\times10^{-6} \pm 0.163452\times10^{-6}$ Bq/l และ $4.24975\times10^{-6} \pm 0$ Bq/l ตามลำดับ สำหรับปริมาณความเข้มของแก๊สเรดอนต่ำสุดของแต่ละจังหวัด มีค่าเท่ากับ $3.43\times10^{-6} \pm 0.49677\times10^{-6}$ Bq/l, $3.6\times10^{-6} \pm 0.163452\times10^{-6}$ Bq/l และ $0.653808\times10^{-6} \pm 0$ Bq/l ตามลำดับ และค่าความเข้มเฉลี่ยของแก๊สเรดอนเฉลี่ยในน้ำมีค่าเท่ากับ 6.55333×10^{-6} Bq/l, 5.526906×10^{-6} Bq/l และ 1.639259×10^{-6} Bq/l ตามลำดับ ทั้งนี้ตัวอย่างน้ำจากจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และยะลา มีค่าความเข้มของแก๊สเรดอนอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำที่ USEPA ได้กำหนดไว้ 11 Bq/l [1-2] ซึ่งทำให้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบหายใจและร่างกาย

คำสำคัญ: แก๊สเรดอน น้ำบาดาล แผ่น CR-39

Abstract

This research investigated the intensity of radon gas in groundwater. Collecting groundwater samples in the three southern border provinces, namely Pattani, Narathiwat and Yala, totaling 45 samples. by using a set of alpha ray detector devices on a CR-39 plastic sheet and collecting water samples until the maturity of 40 days. Expand the nuclear pathway with sodium hydroxide solution concentration 6.25 N at a temperature of 60°C for 24 hours. The alpha radiation density of the CR-39 plastic sheet can be used to calculate the concentration of radon gas in groundwater. The result showed that the maximum radon gas concentration from Narathiwat, Pattani and Yala were $9.7\times10^{-6}\pm0.188738\times10^{-6}$ Bq/l, $10.6244\times10^{-6}\pm0.163452\times10^{-6}$ Bq/l and $4.24975\times10^{-6}\pm0$ Bq/l. The minimum radon gas concentration of each province were $3.43\times10^{-6}\pm0.49677\times10^{-6}$ Bq/l, $3.6\times10^{-6}\pm0.163452\times10^{-6}$ Bq/l and $0.653808\times10^{-6}\pm0$ Bq/l. The average concentration of radon gas were 6.55333×10^{-6} Bq/l, 5.526906×10^{-6} Bq/l and 1.639259×10^{-6} Bq/l respectively. Finally, the water all samples from Pattani and Yala has radon gas concentration lower than in the standard from the USEPA standard (11 Bq/l) [1-2]

Keywords: Radon gas, Groundwater, CR-39

บทนำ

เรดอน (^{222}Ra) เป็นแก๊สกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส สลายตัวด้วยครึ่งชีวิต 3.825 วัน [3] เป็นผลผลิตจากการสลายตัวของธาตุเรเดียม (^{226}Ra) ที่เกิดจากการสลายตัวของธาตุตั้งต้น คือ ยูเรเนียม (^{238}U) มีค่าครึ่งชีวิต 4.47×10^{9} ปี [4] พบโดยทั่วไปในธรรมชาติ ดิน หิน น้ำบาดาล เมื่อธาตุยูเรเนียมในธรรมชาติสลายตัวจนมาเป็นแก๊สเรดอน จะมีโอกาสที่จะแพร่ผ่านรอยแตกของหิน ดิน ไปสู่น้ำบาดาล การนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้จึงเป็นการนำแก๊สเรดอนขึ้นมาด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะการปั๊มน้ำอัตโนมัติสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ทันทีโดยไม่ได้พักน้ำไว้ก่อน [5] สำหรับวิธีการตรวจวัดนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของเรดอนในตัวอย่างน้ำดื่ม อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น จำนวน 111 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค $RADH_2O$

ซึ่งผลการตรวจวัด พบว่าอยู่ในช่วง 0–0.21 Bq/l และมีค่าเฉลี่ย 0.056 Bq/l เมื่อประเมินค่าความเสี่ยงจากการดูดกลืนรังสีสำหรับผู้ที่บริโภคน้ำตลอดทั้งปี พบว่าอยู่ในช่วง 0–0.48 mSv/y มีค่าเฉลี่ย 0.013 mSv/l ซึ่งงานวิจัยนี้ยังได้เปรียบเทียบผลการวิจัยกับค่ามาตรฐานอ้างอิงขององค์การพิทักษ์

สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา สำรับเรดอนในน้ำบริโภค ซึ่งมีค่าไม่เกิน 11 Bq/l และค่ารังสีขนาดเสี่ยงของประชาชนที่ใช้น้ำดื่มตลอดทั้งปี มีค่าไม่เกิน 0.1 mSv/y [6] การศึกษาค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในบริเวณอาคารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จาก 19 ห้อง ทั้งหมด 47 โดยอาศัยชุดตรวจ วัดรอยรังสีแอลฟาชนิดแผ่น CR-39 มีค่าอยู่ในช่วง 35 – 427 Bq/m^3 ซึ่งค่าที่พบในแต่ละห้องส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ผ่านมาตรฐานของความเข้มข้นก๊าซเรดอนในอาคารองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา หรือ USEPA ได้กำหนดไว้ น้อยกว่า 148 Bq/m^3 สำหรับปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนที่สูงที่สุดซึ่งเกินระดับมาตรฐานนั้นพบในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และรองลงคือ ห้องเก็บสารเคมี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ 427.4 ± 190.7 Bq/m^3และ 293.9 ± 131.1 Bq/m^3 [7] ศึกษาความเข้มข้นของเรดอน (222Rn) ในที่อยู่อาศัยดินและน้ำที่เมือง Ajloun ได้ดำเนินการโดยใช้ CR-39 เครื่องตรวจจับได้รับการฝังสารเคมีและใช้ความหนาแน่นของการติดตามอัลฟาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบออปติคัล ความเข้มข้นของเรดอนเฉลี่ยในบ้านสำหรับการสำรวจทั้งหมด 27.6 ± 1.8 Bqm^{-3} ความแตกต่างพบได้ในห้องโถงที่ต่างกันคือ 31.1 ± 4.4 Bqm^{-3}, 23.8 ± 3.6 Bqm^{-3} และ 19.7 ± 3.2 Bqm^{-3} สำหรับชั้นที่ 1, 2 และชั้น 3 ตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของเรดอนในอากาศในดินมีค่า 3.4 ± 1.4k Bqm^{-3} จากนี้ระดับเรดอนเฉลี่ยในตัวอย่างน้ำที่แตกต่างกันคือ 2.0 ± 0.3 Bqm^{-3} [8]การตรวจวัดปริมาณแก๊สเรดอนในน้ำบาดาลรอบกลุ่มน้ำทะเลสงขลาด้วยเทคนิคการกัดรอยนิวเคลียร์ โดยศึกษาระดับความเข้มข้นของแก๊สเรดอนในน้ำบาดาลในดิน และ แก๊สเรดอนซึ่งแพร่ขึ้นมาสู่พื้นดิน บริเวณรอบลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาโดยวิธีการกัดรอยทางนิวเคลียร์โดยอาศัยแผ่นพลาสติก CR-39 เป็นตัวตรวจจับอนุภาคแอลฟาซึ่งเกิดจากการสลายตัวของแก๊สเรดอนภายหลัง จากการนำแผ่นพลาสติกผ่านกระบวนการ กัดขยายรอยค่าความหนาแน่นของจำนวนรอยรังสีที่เกิดขึ้นบนแผ่นพลาสติกต่อตารางเซนติเมตร สามารถนำมาคำนวณหาค่าความเข้มแก๊สเรดอนในน้ำบาดาล ในตัวอย่างน้ำบาดาลบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาจำนวน 280 ตัวอย่าง โดยตรวจพบปริมาณความเข้มแก๊สเรดอนสูงสุด 144,212 ± 981 Bq/L ซึ่งพบที่บ้านนาหวายอำเภอนาหม่อมจังหวัดสงขลา [7] ศึกษาปริมาณแก๊สเรดอนในธารน้ำพุร้อนที่ต้นกำเนิดมีค่า ตั้งแต่ 95 ± 1.2 ถึง 154 ± 1.9 Bq/L ในบ่อแช่น้ำแร่ มีค่าตั้งแต่ 0.2 ± 0.4 -9 ± 0.3 Bq/m^3 ในน้ำแร่บรรจุขวดหลังบรรจุ 7 วัน มีค่า 17 ± 0.9 Bq/L และหลังบรรจุขวด 90 วัน มีค่า 0.2 ± 0.036 Bq/L องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่ง ประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดค่ามาตรฐานอ้างอิงของแก๊สเรดอนในอากาศไว้ที่ 148 Bq/m^3 น้ำอุปโภค 150 Bq/L และน้ำบริโภค 11 Bq/L พบว่าระดับเรดอนในอากาศต่ำหรือเทียบเท่าค่ามาตรฐานอ้างอิงของ US EPA ปริมาณเรดอน ในธารน้ำพุร้อนที่ต้นกำเนิดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์อ้างอิงสำหรับน้ำบริโภคแต่เทียบเท่าเกณฑ์อ้างอิงสำหรับ น้ำอุปโภค ดังนั้น ไม่แนะนำให้ใช้น้ำจากธารน้ำพุร้อนเพื่อบริโภคโดยตรง สำหรับน้ำแร่บรรจุขวด เมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้ว ปริมาณแก๊สเรดอนลดลงจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค อย่างไรก็ตามแนะนำให้ผู้ผลิตเก็บสินค้าไว้ไม่น้อยกว่า 8 วัน หลังการผลิตปลอดภัยต่อผู้บริโภค [9]

พื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และยะลา มี 3 ลักษณะ ประกอบด้วย พื้นที่ราบชายฝั่งทะเล พื้นที่ราบลุ่ม และพื้นที่ภูเขาสูง ซึ่งมีการทับถมรวมกันของดิน หินและแร่มานาน มีน้ำฝนไหลเซาะจากภูเขาสูงซึมลงสู่บริเวณพื้นราบที่ประชาชนอาศัยอยู่ กักขังรวมกันเป็น ห้วย หนอง คลอง บึง และอาจรวมไปถึงธาตุยูเรเนียม ซึ่งในน้ำบาดาลที่นำขึ้นมาใช้ในการอุปโภคบริโภค น่าจะมีปริมาณธาตุยูเรเนียมสูง แล้วสลายตัวผ่านอนุกรมต่าง ๆ จนมาเป็นแก๊สเรดอน [3] จากที่กล่าวมาจะเห็นถึงอันตรายอีกรูปแบบหนึ่งที่แฝงตัวอยู่ในธรรมชาติรอบตัวเรา โดยที่เราไม่สามารถรับรู้ได้โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าของร่างกาย ดังนั้นในการศึกษาจึงต้องอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจวัด โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคการกัดรอยทางนิวเคลียร์โดยใช้แผ่นพลาสติก CR-39 เป็นตัวตรวจจับอนุภาคแอลฟา ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของแก๊สเรดอนจากการศึกษาจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทำการตรวจวัดระดับความเข้มของแก๊สเรดอนในตัวอย่างน้ำบาดาล บริเวณพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้
2. เพื่อนำค่าความเข้มของแก๊สเรดอนในตัวอย่างน้ำบาดาลมาวิเคราะห์หาอัตราความเสี่ยงเนื่องจากแก๊สเรดอนในน้ำ เมื่อเทียบกับเกณฑ์ค่ามาตรฐาน

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุ สารเคมี และเครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือในการทดลอง

1. กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1000 เท่า ยี่ห้อ Olympus CX33
2. เทอร์โมมิเตอร์ ขนาด 0-100°C
3. Water Bath

วัสดุในการทดลอง

1. แผ่นพลาสติก CR–39 ขนาด 1 cm^2
2. ขวดพลาสติก
3. ไม้อัด
4. กระดาษกาวสองหน้า
5. แท่งแก้ว
6. แผ่นสไลด์
7. ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 ml
8. บีกเกอร์ขนาด 500 ml และขนาด 1000 ml

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
2. แอลกอฮอล์
3. น้ำกลั่น
4. น้ำยาล้างจาน

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บสารตัวอย่างโดยบริเวณฝาด้านในของขวดพลาสติกติดแผ่น CR – 39 ขนาด 1 cm^3 ด้วยกระดาษกาวสองหน้า ปิดฝาขวดให้สนิท พร้อมเขียนหมายเลขกำกับให้เรียบร้อย ดังภาพที่ 1 ลงพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลในพื้นที่ที่ทำการทดลอง บริเวณที่มีประชาชนใช้อุปโภคบริโภคเป็นประจำ จำนวน 45 บ่อ แล้วตักน้ำจากผิวบ่อแล้วนำใส่ในกระบอกตวงน้ำให้ได้ 1 ลิตร แล้วเทน้ำลงในขวดที่เตรียมมาให้เรียบร้อย ดังภาพที่ 2 เก็บชุดทดลองไว้เป็นเวลา 40 วัน แล้วนำไปกัดขยายรอยอนุภาค

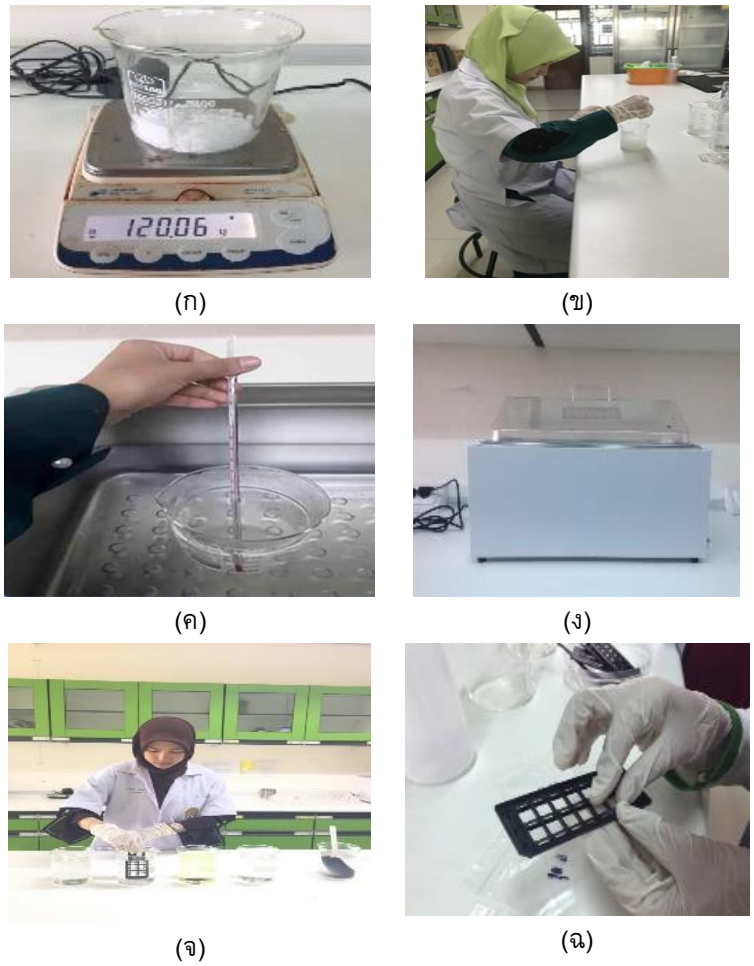
ภาพที่ 1 การเตรียมหัววัด CR – 39 พร้อมกำกับหมายเลข

ภาพที่ 2 การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

ตอนที่ 2 เตรียมตัวอย่าง โดยวิธีการกัดรอยทางนิวเคลียร์

1. วิธีการกัดขยายรอย

การกัดขยายรอยอนุภาคแอลฟาที่ปรากฏบนแผ่น CR-39 มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงธรรมดา ดังนั้นการนับจำนวนรอยที่ปรากฏอยู่ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงธรรมดาจึงจำเป็นต้องกัดขยายรอยให้รอยเหล่านี้มีขนาดโตเสียก่อน โดยวิธีการกัดรอยทางนิวเคลียร์ ดังนี้ การเตรียมสารละลายโดยการชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 120 g ในปริมาณ 500 ml ด้วยความเข้มข้นของสาร 6.25 N นำแผ่น CR-39 ใส่ในช่องตารางที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปต้มโดยใช้เครื่อง Water Bath ด้วยอุณหภูมิ 60°C ตลอด 24 ชั่วโมง นำแผ่น CR-39 ออกจากเครื่อง Water Bath นำไปแช่ในน้ำที่เตรียมไว้ ใช้เวลา 60 วินาที ได้แก่ น้ำกลั่น น้ำยาล้างจาน แอลกอฮอล์ จากนั้นสามารถถอดแผ่น CR-39 ออกจากแผ่นตารางเพื่อทำการนับรอยด้วยด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังภาพที่ 3



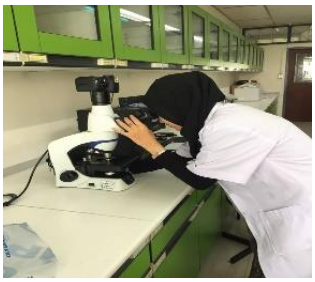
(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง โดยวิธีการกัดรอยทางนิวเคลียร์

ตอนที่ 3 วิธีการนับรอย

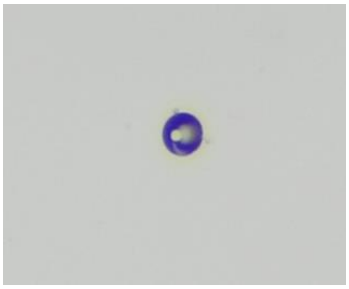
การนับรอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่นฟิล์ม CR-39 ที่ผ่านการกัดรอยแล้วนั้นสามารถนำไปกัดรอยด้วยกล้องจุลทรรศน์ การนับรอยด้วยกล้องจุลทรรศน์นี้จะใช้กำลังขยาย 100 เท่า ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้กล้อง Olympaus.CX33 ซึ่งการนับรอยดังกล่าวแต่ละครั้งจะนับรอยทั้งหมดที่อยู่ในกรอบจัตุรัสนี้ สำหรับการเลือกตำแหน่งการนับรอยแผ่นฟิล์มแต่ละแผ่นจะเลือกนับ 9 จุด สำหรับแผ่นฟิล์มมีจำนวนรอยเฉลี่ยตั้งแต่ 4 รอยขึ้นไป

(ก)



(ข)

(ฆ)



(ค)

ภาพที่ 4 (ก) เครื่องมือนับรอย (ข) การนับรอยด้วยกล้องจุลทรรศน์จะใช้กำลังขยาย 100 เท่า (ฆ) ทำการนับรอย (ค) รอยรังสีที่เกิดขึ้นบนแผ่น CR-39 ที่กำลังขยาย 100 เท่า

ตอนที่ 4 ขั้นตอนการคำนวณค่าความเข้มของแก๊สเรดอน

1. หาค่า Calibration Factor (C.F) ดังสมการที่ 1 [5]

$$C.F = \frac{c}{a.b} \qquad (1)$$

$$C.F = \frac{27.66 \times 10^{4}}{(43,168)(6.20)}$$

$$C.F = \frac{276,600}{267,641.6}$$

$$C.F = 1.0335 \frac{track.m^{-2}}{Bq/m^3.day}$$

เมื่อ a คือ ความเข้มเฉลี่ยของเรดอนมาตรฐาน เท่ากับ 43,168 Bq/m^3

b คือ เวลาที่ใช้ในการอาบเรดอนมาตรฐาน เท่ากับ 6.02 วัน

c คือ ความหนาแน่นรอยที่ได้จากการอ่านด้วยกล้องจุลทรรศน์ เท่ากับ 27.66×10^4 $track.m^{-2}$

C.F คือ Calibration Factor $\left(\frac{track.m^{-2}}{Bq/m^3.day} \right)$

2. หาปริมาณความเข้มของแก๊สเรดอนแต่ละตัวอย่างดังสมการที่ 2 [5]

$$Y = \frac{D}{(C.F)T} \quad (2)$$

เมื่อ D คือ ความหนาแน่นรอยแต่ละตำแหน่งที่ได้จากการอ่านด้วยกล้องจุลทรรศน์ ($track.m^{-2}$)

C.F คือ Calibration Factor เท่ากับ 1.0335 $\left(\frac{track.m^{-2}}{Bq/m^3.day} \right)$

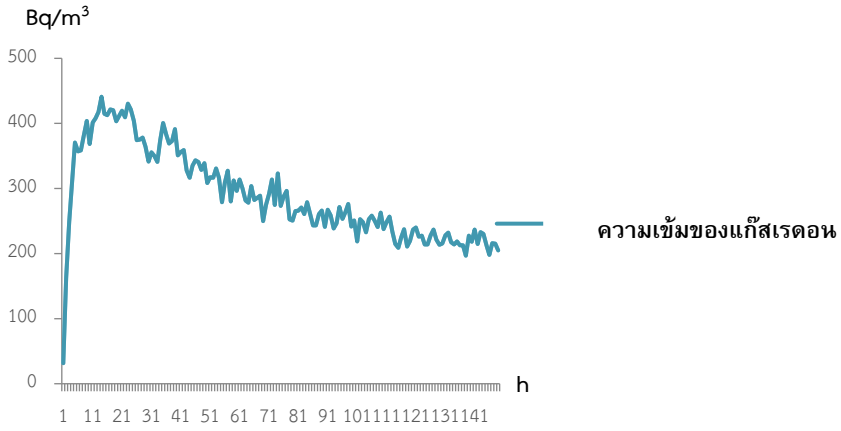
T คือ เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง 40 วัน

Y คือ ความเข้มของแก๊สเรดอนแต่ละตำแหน่ง (Bq/m^3)

หมายเหตุ: ทำการเปลี่ยนแปลงหน่วยจาก Bq/m^3 เป็น Bq/l เนื่องจากตัวอย่างในการตรวจวัดเป็นของเหลว (1 m^3 เท่ากับ 1,000 l)

ผลการวิจัย

ค่าความเข้มของแก๊สเรดอนจากการเตรียมสารมาตรฐาน ณ ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

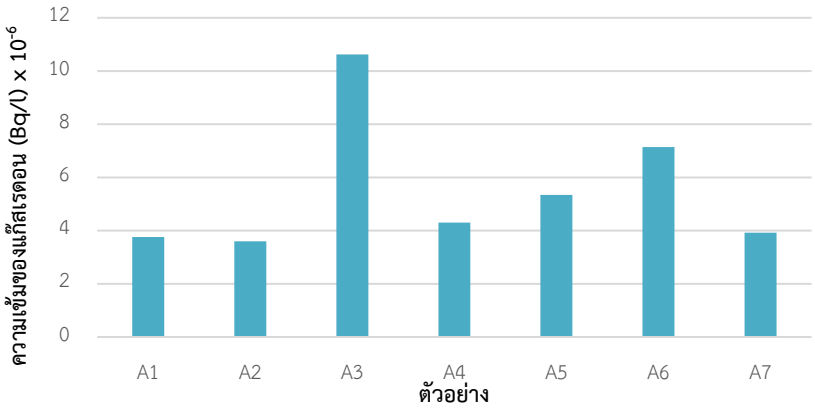


ภาพที่ 5 ความเข้มของแก๊สเรดอนจากการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ภาพที่ 5 แสดงค่าความเข้มของแก๊สเรดอนด้วยการปล่อยรังสีเป็นเวลา 148 ชั่วโมงด้วยเครื่อง Radon Chamber พบว่าความเข้มของแก๊สเรดอนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 43,168 Bq/m^3 หรือมีค่าความเข้มเฉลี่ยเท่ากับ 219.675 Bq/m^3

ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบริเวณ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1. ค่าความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบริเวณจังหวัดปัตตานี

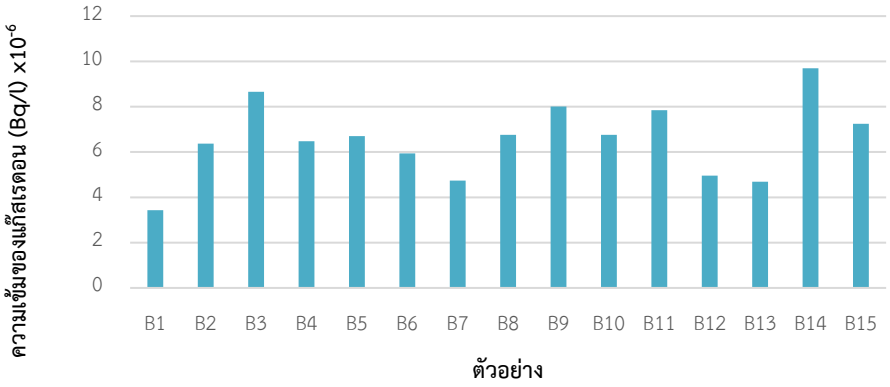


ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแก๊สเรดอนกับตัวอย่าง

ภาพที่ 6 แสดงผลการตรวจวัดระดับความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบาดาล บริเวณหมู่ที่ 5 ตำบลทรายขาว อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี จำนวน 7 บ่อ ซึ่งพบว่าระดับความเข้มของแก๊สเรดอนสูงสุดคือ บ้านเลขที่ 45/8 หมู่ที่ 5 ตำบลทรายขาว อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี เท่ากับ $10.6244\times10^{-6} \pm 0.163452\times10^{-6}$ Bq/l และระดับ

ความเข้มของแก๊สเรดอนต่ำสุด คือ บ้านเลขที่ 45/6 หมู่ที่ 5 ตำบลทรายขาว อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี เท่ากับ $3.6\times10^{-6} \pm 0.163452\times10^{-6}$ Bq/l

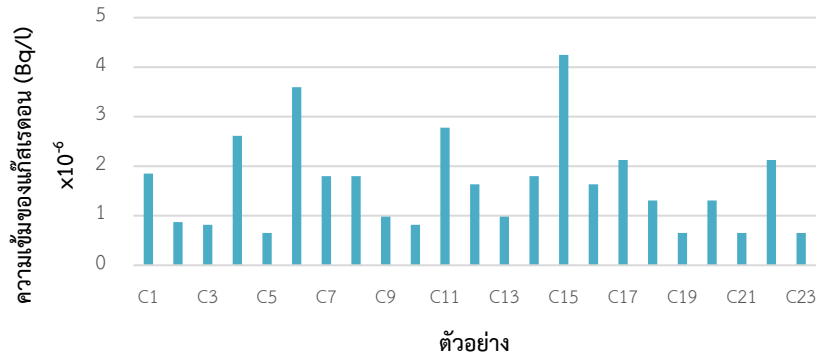
2. ค่าความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบริเวณจังหวัดนราธิวาส



ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแก๊สเรดอนกับตัวอย่าง

ภาพที่ 7 แสดงผลการตรวจวัดระดับความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบาดาล บริเวณหมู่ที่ 4 ถนนพิพิธปาโจ ตำบลบาเจาะ อำเภอบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส จำนวน 14 บ่อ ซึ่งพบว่าระดับความเข้มของแก๊สเรดอนสูงสุดคือ บ้านเลขที่ 27/3 หมู่ที่ 4 ถนนพิพิธปาโจ ตำบลบาเจาะ อำเภอบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส เท่ากับ $9.7\times10^{-6} \pm 0.188738 \times10^{-6}$ Bq/l และระดับความเข้มของแก๊สเรดอนต่ำสุดคือบ้านเลขที่ 38 ซอยอารมณ์ ตำบลบางนาค อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส เท่ากับ $3.43\times10^{-6} \pm 0.49677\times10^{-6}$ Bq/l

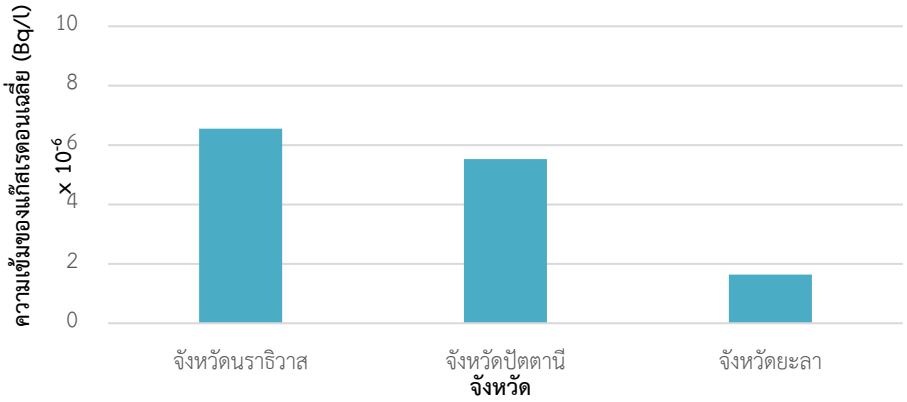
3. ค่าความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบริเวณจังหวัดยะลา



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแก๊สเรดอนกับตัวอย่าง

ภาพที่ 8 แสดงผลการตรวจวัดระดับความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบาดาล บริเวณ หมู่ที่ 3 ตำบลท่าสาป อำเภอเมือง จังหวัดยะลา จำนวน 15 บ่อ ซึ่งพบว่าระดับความเข้มของแก๊สเรดอนสูงสุดคือ บ้านเลขที่ 38/1 หมู่ที่ 3 ตำบลท่าสาป อำเภอเมือง จังหวัดยะลา เท่ากับ $4.24975\times10^{-6} \pm 0$ Bq/l และระดับความเข้มของแก๊สเรดอนต่ำสุดคือ บ้านเลขที่ 56 หมู่ 3 ตำบลท่าสาป อำเภอเมือง จังหวัดยะลา เท่ากับ $0.653808\times10^{-6} \pm 0$ Bq/l

4. เปรียบเทียบความเข้มของแก๊สเรดอนเฉลี่ยในน้ำ ใน 3 จังหวัดชายแดนใต้



ภาพที่ 9 กราฟแสดงเปรียบเทียบความเข้มเฉลี่ยของแก๊สเรดอนในน้ำ 3 จังหวัด

ภาพที่ 9 แสดงค่าความเข้มของแก๊สเรดอนเฉลี่ยของแต่ละจังหวัด บริเวณจังหวัดนราธิวาส มีค่าความเข้มของแก๊สเรดอนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 6.55333×10^{-6} Bq/l บริเวณจังหวัดปัตตานี มีค่าความเข้มของแก๊สเรดอนเฉลี่ยเท่ากับ 5.526906×10^{-6} Bq/l และบริเวณจังหวัดยะลามีค่าความเข้มของแก๊สเรดอนน้อยที่สุดเท่ากับ 1.639259×10^{-6} Bq/l

วิเคราะห์หาอัตราความเสี่ยงเนื่องจากแก๊สเรดอนในน้ำ

วิเคราะห์หาอัตราความเสี่ยงเนื่องจากแก๊สเรดอนในน้ำ เมื่อเทียบกับเกณฑ์ค่ามาตรฐานองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมอเมริกา

ภาพที่ 10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มเฉลี่ยของแก๊สเรดอนในน้ำ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้กับค่ามาตรฐานน้ำที่ USEPA

ภาพที่ 10 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบความเข้มเฉลี่ยของแก๊สเรดอนในน้ำ 3 จังหวัดกับค่ามาตรฐานน้ำที่ USEPA ได้กำหนดเอาไว้เท่ากับ 11 Bq/l [1-2] โดยทั้ง 3 จังหวัดมีค่าความเข้มของแก๊สเรดอนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำที่ USEPA ได้กำหนดเอาไว้ ทำให้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบหายใจและร่างกาย

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองหาความเข้มของแก๊สเรดอนในน้ำบาดาล บริเวณ 3 จังหวัดชายแดนใต้ โดยใช้วิธีการกัดรอยทางนิวเคลียร์ โดยอาศัยแผ่นพลาสติก CR–39 เป็นตัวจับอนุภาคแอลฟาซึ่งเกิดจากการสลายตัวของแก๊สเรดอน สามารถนำมาคำนวณหาค่าความเข้มแก๊สเรดอนในน้ำบาดาล ผลการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลบริเวณจังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส จำนวนทั้งหมด 45 ตัวอย่าง เพื่อทำการตรวจวัดแก๊สเรดอนในน้ำบาดาล ซึ่งใช้วิธีการกัดรอยทางนิวเคลียร์ ผลการตรวจวัดปริมาณแก๊สเรดอนในน้ำบาดาลในบริเวณ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่ามีค่าความเข้มของแก๊สเรดอนอยู่ในช่วง 0.653808×10^{-6} - 10.6244×10^{-6} Bq/l ซึ่งบริเวณจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี ยะลา มีค่าความเข้มของแก๊สเรดอนสูงสุดของแต่ละจังหวัดเท่ากับ $9.7\pm0.188738\times10^{-6}$, $10.6244\times10^{-6}\pm0.163452\times10^{-6}$ Bq/l และ $4.24975\times10^{-6}\pm0$ Bq/l ตามลำดับ และบริเวณจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี ยะลา มีค่าความเข้มของแก๊สเรดอนต่ำที่สุดของแต่ละจังหวัดเท่ากับ $3.43\times10^{-6}\pm0.49677\times10^{-6}$ Bq/l, $3.6\times10^{-6}\pm0.163452\times10^{-6}$ Bq/l และ $0.653808\times10^{-6}\pm0$ Bq/l ตามลำดับ แล้วนำไปวิเคราะห์หาอัตราความเสี่ยงเนื่องจากแก๊สเรดอนในน้ำเมื่อเทียบกับเกณฑ์ค่ามาตรฐานองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมอเมริกาจากการตรวจวัดระดับความเข้มเฉลี่ยของแก๊สเรดอนในน้ำ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่าบริเวณจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และยะลามีค่าความเข้มเฉลี่ยของแก๊สเรดอนเฉลี่ยเท่ากับ 6.55333×10^{-6} Bq/l, 5.526906×10^{-6} Bq/l และ 1.639259×10^{-6} Bq/l ตามลำดับ โดยทั้ง 3 จังหวัดมีค่าความเข้มของแก๊สเรดอนเฉลี่ยไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำที่ USEPA ได้กำหนดเอาไว้เท่ากับ 11 Bq/l

[1-2] ประชาชนสามารถนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวันได้ โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบหายใจ แต่ถ้าประชาชนไม่มั่นใจว่าน้ำที่ใช้ดื่มนั้นมีเรดอนปนเปื้อนอยู่สามารถหาทางป้องกันได้โดยการกรองน้ำก่อนใช้ผ่านเครื่องกรองชนิดประจุลบหรือใช้ใส้กรองที่ทำมาจากเส้นใยอะคริลิคเคลือบด้วยโพเทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ก็จะสามารถสกัดกั้นธาตุ ^{226}Ra (เป็นสารกัมมันตรังสีแม่ที่สลายตัวให้สารกัมมันตรังสีลูก) เป็นการกำจัดเรดอนตั้งแต่ต้นทางไม่ให้ปนเปื้อนในน้ำดื่มได้ [10-11]

ข้อเสนอแนะ

1. ควรสำรวจหาปริมาณแก๊สเรดอนในน้ำบาดาลในดิน และในอากาศ บริเวณเดียวกัน เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบ

2. ควรใช้เวลาใช้การเก็บตัวอย่าง และกัดรอยตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

[1] United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2000). *Sources and effects of ionization radiation.* Report to the General Assembly of the United Nation with Scientific Annexes. UNSCEAR, New York.

[2] United States Environmental Protection Agency. (1991). *National Primary Drinking Water Regulation; Radionuclides; (Proposed Rules).* Federal Register. US EPA.

[3] Thammawit, T. SriBuri, S. Kiatwattanacharoen, S. Somburn, & Hongsathi, p. (2014). *Survey of Radon, Thoron and dust concentrations in the dwellings of Lung Lesion Patients at Hang Dong District, Chiang Mai.* Researcher Development Fund. Chiang Mai University.

[4] Purit, Quinram, & Chadet, Yenchai. (2015). Specific Activity of Radium-226 in Groundwater in the Area of Roi Et Province. *Thaksin University Journal*, *18*(3), 209-214.

[5] Puangpet, Sripradu, & Sompot, Nunboon. (2549). *The Investigation of Radon Gas in Ground Water of Sahatsakhan, Kalasin Province Using Nuclear Technigue.* Rajabhat Maha Sarakham University: Office of Academic Resources and Information Technology.

[6] Vitsanusat, Atyotha, & Phachirarat, Sola. (2015, March). *Measurement of Radon in Drinking Waterat Amphur Meaung Khonkhaen with RAD H_2O.* National Science Research Conference. pp. 1-6.

[7] Natchaya, Janwichai. Adinan, Jehsu, & Nupatihah, Deeti. (2017, January). The Investigation of Radon Gas at Faculty of Science and Technology Building, Princess of Naradhiwas University, Using Nuclear Track Etching Technique. *Princess of Naradhiwas University Journal*, *9*(1), 161-167.

[8] Douha, R. Rabadi, & Khalid, M. Abumurad. (2008, August). Radon surveys in Ajloun city using CR-39 detectors. *Radiation Measurements*, *43*(suppl. 1), S449-S451.

[9] Phachirarat, Sola. Kanitha, Srisuksawad. Anan, O-Manee. Pibool Issarapan., & Ludda, Thummagarun. (2011, July). Radon Concentration in Air, Hot Springs, and Bottled Mineral Water in Hot Spring, Suan Phueng District, Ratchaburi Province. *Academic conference Nuclear Science and Technology*, (12), 1-7.

[10] Vitsanusat, Atyotha. (2013). “The Study of Factors that Cause Cancer of the Concentration of Radium 226 in Nam Pong River at Khon Kaen Province”. *Journal of Nurses’ Association of thailand, North-Eastern Division*, *31*(4), 136-143.

[11] Vitsanusat, Atyotha. (2013). “Determination of Radium-226 in Nam Pong river at Khonkaen province via manganese fibers using Gamma-spectrometry”. *Thaksin University Journal*, *16*(3), 83-91.