

ES08: ไอโซโทปกัมมันตรังสีเรเดียม-226 และการแพร่กระจาย ในบริเวณ

แหล่งน้ำพุร้อน ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี

*ชัยนะ เจะสะอิ ไตรภพ ผ่องสุวรรณ และธวัช ชิตตระการ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

โทรศัพท์ 0 8406 39916 E-Mail: saina_j171@hotmail.com, saina.j171@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาไอโซโทปกัมมันตรังสีเรเดียม-226 และการแพร่กระจาย ในบริเวณแหล่งน้ำพุร้อน ของ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จากตัวอย่างน้ำพุร้อน 55 ตัวอย่าง และน้ำบ่อตื้น 17 ตัวอย่าง ใช้เทคนิคการจับเรเดียมในน้ำด้วย สารดูดจับเรเดียมในน้ำ การวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 และการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก แคดเมียม ทองแดง และตะกั่วที่สะสมในตัวอย่งน้ำพุร้อน โดยใช้เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ ชนิดหัววัด HPGe และ เครื่อง ICP-OES ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ของตัวอย่างน้ำพุร้อน และ น้ำบ่อตื้น อยู่ในช่วง 190 – 4,192 mBq/l และ 10 – 96 mBq/l ตามลำดับ ซึ่งในตัวอย่างน้ำพุร้อนมีค่าสูงกว่า 185 mBq/l ซึ่งเป็นเกณฑ์ค่าปนเปื้อนสูงสุดของเรเดียมในน้ำดื่มของทบวงการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย นอกจากนี้ในตัวอย่างน้ำพุร้อนพบการปนเปื้อนของโลหะหนักแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.001 - 0.002 mg/l ทองแดง อยู่ในช่วง 0.002 - 0.004 mg/l และ ไม่พบตะกั่ว ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในน้ำดื่มของ กรมควบคุม มลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คือ 0.01 mg/l, 1 mg/l และ 0.05 mg/l ตามลำดับ

คำสำคัญ: เรเดียม-226 น้ำพุร้อน สารจับเรเดียม แกมมาสเปกโตรเมทรี

Radioisotope Radium-226 and Its Dispersion in Hot Spring Area of

Suratthani Province-

*Saina Jeasai, Tripob Bhongsuwan and Tawat Chittakarn

Prince of Songkla University, Department of Physics

Phone: 0 8406 39916, E-Mail: saina_j171@hotmail.com, saina.j171@gmail.com

Abstract

This work aims to study Radioisotope Radium-226 and its dispersion in hot spring area of Suratthani Province. Totally, 55 hot spring samples and 17 shallow well water were collected and examined. Radium in water sample was absorbed by an absorbing media and the specific activity of Radium-226 was analyzed using a low background HPGe Gamma ray spectrometer. The metals in hot water samples were analyzed using ICP-OES. Results show that the specific activities of Ra-226 in hot spring water samples ranged from 190 to 4,192 mBq/l and ranged from 10 to 96 mBq/l for nearby local shallow well water samples. Apparently, all samples of hot spring

water had the Ra-226 content exceeding 185 mBq/l, which is the maximum contaminant level proposed by US EPA. However, Cd and Cu in hot spring water samples were found to be 0.001 - 0.002 mg/l, 0.002 - 0.004 mg/l and not found Pb, which values are below contaminant level proposed by Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment, i.e., 0.01 mg/l, 1 mg/l and 0.05 mg/l, respectively.

Keywords: Radium-226, Hot spring water, an absorbing media, Gamma-ray spectrometry

1. บทนำ

แหล่งน้ำพุร้อน และแหล่งน้ำแร่ธรรมชาติเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีน้ำร้อนไหลขึ้นมาจากใต้ดิน ซึ่งในประเทศไทยพบแหล่งน้ำพุร้อนจำนวน 112 แห่ง (กรมทรัพยากรธรณี, 2544) กระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่ทางภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง และภาคใต้ วัดอุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินอยู่ในช่วง 40 – 100 °C ปัจจุบันแหล่งน้ำพุร้อนเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากประชาชนทั่วไป และชาวต่างชาติ บางแห่งได้ถูกพัฒนาเป็นสถานพักผ่อนเสริมสุขภาพ บางแห่งยังคงอยู่ในสภาพธรรมชาติ และยังสามารถนำมาพัฒนาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า ด้านอุตสาหกรรม และการเกษตรกรรมอีกด้วย อีกทั้งในต่างประเทศยังใช้บำบัดโรคภัยไข้เจ็บบางโรค เนื่องจากคนส่วนใหญ่มีความเชื่อว่า ในน้ำพุร้อนจะมีแร่ธาตุบางอย่างที่สามารถรักษาโรคบางโรคได้ เช่น โรคกลากเกลื้อน โรคข้อกระดูก ปวดเมื่อยต่างๆ และช่วยให้ระบบโลหิตหมุนเวียนได้ดีอีกด้วย น้ำพุร้อนไม่เพียงแต่มีประโยชน์ในด้านอุปโภคเท่านั้น การบริโภคหรือการดื่มน้ำพุร้อนก็มีประโยชน์เช่นกัน เพราะน้ำที่ประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ จะกระตุ้นการทำงานของระบบเผาผลาญอาหาร (metabolism) การดื่มน้ำพุร้อนต้องมั่นใจว่าส่วนประกอบของแร่ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำพุร้อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มตามประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หรือตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เพราะน้ำพุร้อนมีแหล่งกำเนิดจากน้ำที่ไหลผ่านใต้ดิน ซึ่งประกอบด้วยชั้นหินต่างๆ แต่ละชั้นจะมีแร่ธาตุปะปนอยู่หลายชนิดทั้งที่มีประโยชน์ และโทษต่อร่างกาย ทั้งนี้ประชาชนส่วนใหญ่ยังไม่ทราบถึงธรรมชาติแท้จริงของน้ำพุร้อนธรรมชาติ เช่น การปนเปื้อนด้วยเชื้อก่อโรคในธรรมชาติ การปนเปื้อนแก๊สกำมะถันตรังสีเรดอน-222 และสารกำมะถันตรังสีเรเดียม-226 ที่ละลายอยู่ในน้ำพุร้อน เนื่องจากหินในบริเวณนั้นอาจมีความเข้มข้นเรเดียม-226 ก่อนข้างสูงผิดปกติ เมื่อน้ำชะล้างละลายเรเดียม-226 ลงสู่ระบบน้ำใต้ดินและสัมผัสความร้อนใต้พิภพ และถูกแรงดันแทรกตามรอยแยกพุ่งมาเป็นน้ำพุร้อน ก็เป็นกระบวนการหนึ่งที่เรเดียม-226 อาจมาปะปนอยู่ในน้ำพุร้อนเป็นปริมาณสูง หากระบบน้ำใต้ดินในบริเวณนี้สามารถเชื่อมต่อถึงกันก็อาจจะมีการปนเปื้อนของเรเดียม-226 ลงในน้ำบาดาล หรือในน้ำบ่อตื้นก็เป็นได้ ซึ่งมีรายงานว่าแหล่งน้ำพุร้อนบาง

แห่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีปริมาณสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนอยู่มาก (จิตติรัตน์, 2548) จากการประเมินพบว่าน้ำพุร้อนในบริเวณนี้อาจมีค่าความเข้มข้นของเรเดียม-226 สูงตามไปด้วย ทั้งนี้หากมีการนำพาสารกัมมันตรังสีเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ การกินอาหาร หรือดื่มน้ำ จะเกิดการดูดซึมและสะสมภายในร่างกายคล้ายคลึงกับแคลเซียมเนื่องจากเป็นธาตุในหมู่เดียวกัน และหากร่างกายได้รับการสะสมเป็นระยะเวลาหลายปีอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ อัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง ด้วยเหตุนี้การตรวจวัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ในธรรมชาติ จึงเป็นเรื่องสำคัญ เพื่อใช้ในการประเมิน และป้องกันจากการได้รับสัมผัสกัมมันตภาพรังสีของประชาชน อีกทั้งเพื่อตรวจสอบระดับความปลอดภัยจากรังสี

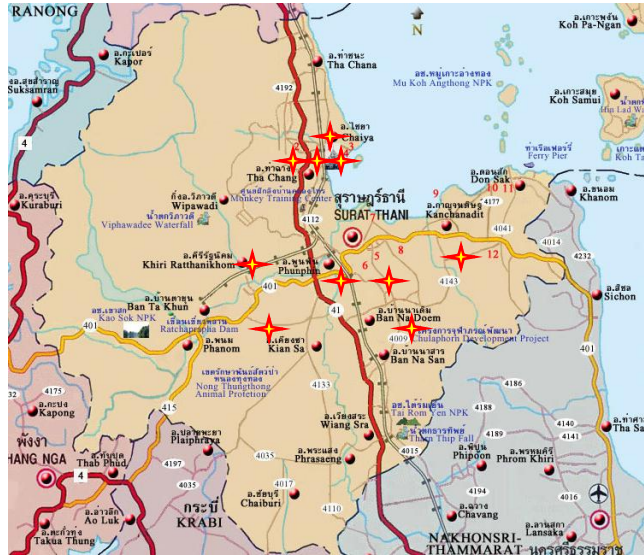
เรเดียม-226 เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีที่อยู่ในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม-238 (U-238 series) ซึ่งมียูเรเนียม-238 เป็นนิวไคลด์ตั้งต้น มีครึ่งชีวิต 4.51×10^9 ปี สลายตัวแบบต่อเนื่องมาเป็นเรเดียม-226 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 1,600 ปี สลายตัวต่อไปเป็นแก๊สกัมมันตรังสีเรดอน-222 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 3.82 วัน สลายตัวต่อไปจนเกิดผลผลิตสุดท้ายเป็นตะกั่ว-206 ซึ่งเป็นนิวไคลด์ที่เสถียร (Marovic, 1982) ในธรรมชาติสามารถพบเรเดียมได้ทั่วไปในหิน ดิน น้ำใต้ดิน รวมทั้งแหล่งน้ำพุร้อนต่างๆ เนื่องจากเรเดียมเป็นธาตุในหมู่ 2 (alkaline earth) เช่นเดียวกับ Ca, Mg ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดี จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่เรเดียมมีการกระจายออกไปสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่าย โดยผ่านทางระบบน้ำธรรมชาติ (Krishnasawami, 1991)

ห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ศึกษาวิจัยด้านกัมมันตรังสีธรรมชาติมาเป็นเวลานาน เช่น แก๊สกัมมันตรังสีเรดอนในบ้านเรือนในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (ไตรภพ, 2545) การศึกษาเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีในน้ำ เช่น กัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำพุร้อนของภาคใต้ประเทศไทย (จิตติรัตน์, 2548) กัมมันตภาพจำเพาะความเข้มข้นของเรเดียม-226 ในน้ำบ่อต้น และความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์เกิดมะเร็งช่องปาก และมะเร็งหลอดอาหารใน อ.นาหม่อม จ.สงขลา (จเร, 2548) กัมมันตภาพรังสีธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช (ปริดา, 2550) และ กัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผักที่ปลูกในพื้นที่ อ.นาหม่อม จ.สงขลา (สิริพร, 2550) เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดปริมาณการแพร่กระจายของ Ra-226 ที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ ที่สะสมอยู่ในน้ำพุร้อน และน้ำบ่อต้นในบริเวณใกล้เคียงแหล่งน้ำพุร้อนจังหวัดสุราษฎร์ธานี และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักแคลเซียม ทองแดง และตะกั่วที่สะสมในตัวอย่งน้ำพุร้อนซึ่งมีแหล่งน้ำพุร้อน ทั้งหมด 10 แห่ง 8 อำเภอ แสดงดังรูปที่ 1.a. และ 1.b.



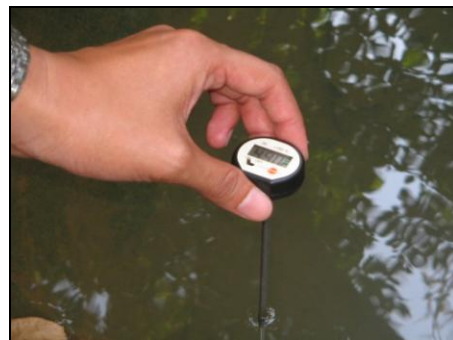
รูปที่ 1.a แผนที่แสดงที่ตั้ง
จ.สุราษฎร์ธานี ประเทศไทย



รูปที่ 1. b แสดงพื้นที่จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำพุร้อน
และน้ำบ่อดิน จ.สุราษฎร์ธานี

2. วัสดุอุปกรณ์

- 2.1 เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ ชนิดหัววัด HPGe
- 2.2 แผนที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี, เครื่องมือบอกพิกัดภูมิศาสตร์ (Germin etrex, USA)
- 2.3 เครื่องวัดค่า pH เครื่องวัดค่ามวลสารรวมในน้ำ (TDS) และเทอร์โมมิเตอร์แบบพกพา
- 2.4 เครื่องกรองน้ำแบบคอลัมน์เดี่ยว (งานสุภัทร ภัทรกิจโสภณ)
- 2.5 ถังน้ำขนาด 20 ลิตร
- 2.6 สารดูดซับเรเดียม
- 2.7 ฉลากติดกระปุกเทปกา
- 2.8 กระปุกใส่เรซินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร สูง 5.5 เซนติเมตร
- 2.9 น้ำกรอง Reverse Osmosis (ROs)



รูปที่ 2 แสดงการเก็บตัวอย่างน้ำ พิกัดทางภูมิศาสตร์ การวัดค่า pH วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ และการเตรียมตัวอย่างน้ำ

3. วิธีการ

เก็บตัวอย่างน้ำพุร้อน และน้ำบ่อต้นในบริเวณใกล้เคียงจำนวน 72 ตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ดังรูปที่ 1.b ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะเก็บน้ำจำนวน 20-30 ลิตร บรรจุขวดโพลีเอทิลีนที่ล้างสะอาดด้วยน้ำ RO ปิดฝาให้สนิท พร้อมทั้งบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเครื่องบอกพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (Garmin etrex, USA) วัดค่าอุณหภูมิของน้ำพุร้อน (T) วัดค่ามวลสารรวมที่ละลายในน้ำ (TDS) และค่าความเป็นกรดเบส (pH) ในตัวอย่างน้ำของแต่ละพื้นที่

นำตัวอย่างน้ำพุร้อนและน้ำบ่อต้นที่มีสารกัมมันตรังสีเรเดียมในน้ำ ผ่านอุปกรณ์จับเรเดียมในน้ำซึ่งภายในจะบรรจุสารดูดจับเรเดียม (absorbant) ที่พัฒนาและทดสอบแล้วในห้องปฏิบัติการ (สุภัทร, 2547) โดยควบคุมอัตราไหลผ่าน จากนั้นนำสารดูดจับที่จับเรเดียมไว้แล้วบรรจุลงในกระปุกพลาสติก ปิดผนึกกระปุกตัวอย่างให้สนิท ทิ้งไว้ 30 วัน เพื่อให้เข้าสู่สมดุลถาวรทางรังสี และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเรเดียม-226 ด้วยเทคนิคแกมมาสเปกโตรเมตรี ปรับแก้ประสิทธิภาพการดูดจับสาร แล้วคำนวณเป็นความเข้มข้นเรเดียม-226 ในน้ำ

สเปกตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างน้ำพุร้อน และน้ำบ่อต้นจะถูกวัดด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาที่ติดตั้งหัววัด HPGe (Canberra, Model GC1319 USA) ซึ่งอยู่ภายในถ้ำตะกั่วกำบังรังสีภูมิหลัง (Canberra, Model 747, USA) หัววัดมีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ 13.9% และมีกำลังแยก 1.75 keV ที่พลังงานรังสีแกมมาของโคบอลต์ 60 ที่ 1332 keV และมีอัตราส่วนระหว่างยอดพลังงานต่อคอมพ์ตัน 44.8 : 1

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 คำนวณจากยอดพลังงานรังสีแกมมาของ Ra-226 ที่พลังงาน 186.2 keV จากยอดพลังงานรังสีแกมมาของ Pb-214 ที่พลังงาน 242 keV, 295.2 keV และ 315.9 keV และจากยอดพลังงานรังสีแกมมาของ Bi-214 ที่พลังงาน 609.3 keV, 768.4 keV, 1120.3 keV, 1238.1 keV และ 1764.5 keV ใช้เวลาวัดรังสี 10,800 วินาที โดยได้ทำการเปรียบเทียบมาตรฐานระบบสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์เรเดียม-226, ตะกั่ว-214 และบิสมัท-214 ด้วยสารอ้างอิงมาตรฐาน IAEA EU-152 จากนั้นคำนวณค่ากัมมันตภาพจำเพาะ

เรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำพุร้อนและน้ำบ่อตื้นโดยใช้โปรแกรม Genie 2k แบบหลายช่อง (Multi – Channel Analyzer, MCA) และ วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม ทองแดง และตะกั่วด้วยเครื่อง ICP-OES (Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer) รุ่น Optima 4300 DU, Perkin Elmer.

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำพุร้อน และน้ำบ่อตื้น ในบริเวณใกล้เคียงทั้ง 10 แห่ง 8 อำเภอ ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 72 ตัวอย่าง อุณหภูมิของน้ำพุร้อน (T) มวลสารรวมละลายในน้ำ (TDS) และค่าความเป็นกรดเบส (pH) แสดงอยู่ในตารางที่ 1 พบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำพุร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 190 – 4192 mBq/l และในน้ำบ่อตื้นมีค่าอยู่ระหว่าง 10 – 96 mBq/l เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนเรเดียม-226 สูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Contaminant Level; MCL) ของทบวงการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (US EPA, 1976) กำหนดค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ในน้ำบริโภคไม่ควรเกิน 185 mBq/l จากผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำพุร้อนทั้งหมด มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน MCL อาจเนื่องมาจากบริเวณที่ศึกษาอยู่ในโซนของรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย และเทือกเขาหินแกรนิตทางตะวันตกของพื้นที่เป็นหินชนิดที่มีปริมาณยูเรเนียมสูง ซึ่งน่าจะเป็นแหล่งกำเนิดเรเดียม-226 และน้ำพุร้อนได้ไหลผ่านชั้นใต้ดินรวมทั้งรอยเลื่อนซึ่งเป็นน้ำระดับลึก จึงนำเรเดียมขึ้นมาตามน้ำได้มาก ขณะที่น้ำบ่อตื้นส่วนใหญ่เป็นน้ำระดับตื้นจึงมีเรเดียมสะสมอยู่ในปริมาณน้อย เนื่องจากเรเดียมในน้ำส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับไว้ในดิน อุณหภูมิของน้ำพุร้อน (T) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 38 – 57 °C มวลสารรวมละลายในน้ำ (TDS) มีค่าอยู่ระหว่าง 120 – 9765 ppm และค่าความเป็นกรดเบส (pH) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 6.7 – 8.2 และ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม ทองแดง และตะกั่ว ในตัวอย่างน้ำพุร้อน (ตารางที่ 2) พบว่า การปนเปื้อนของโลหะหนักแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.001 - 0.002 mg/l และ ทองแดง ในช่วง 0.002 - 0.004 mg/l และไม่พบตะกั่ว ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในน้ำดื่มของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คือ 0.01 mg/l, 1 mg/l และ 0.05 mg/l ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำพุร้อน (T) ค่ามวลสารรวมละลายในน้ำ (TDS) ค่าความเป็นกรดเบส (pH) และ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ในน้ำพุร้อน และน้ำบ่อต้น จ.สุราษฎร์ธานี

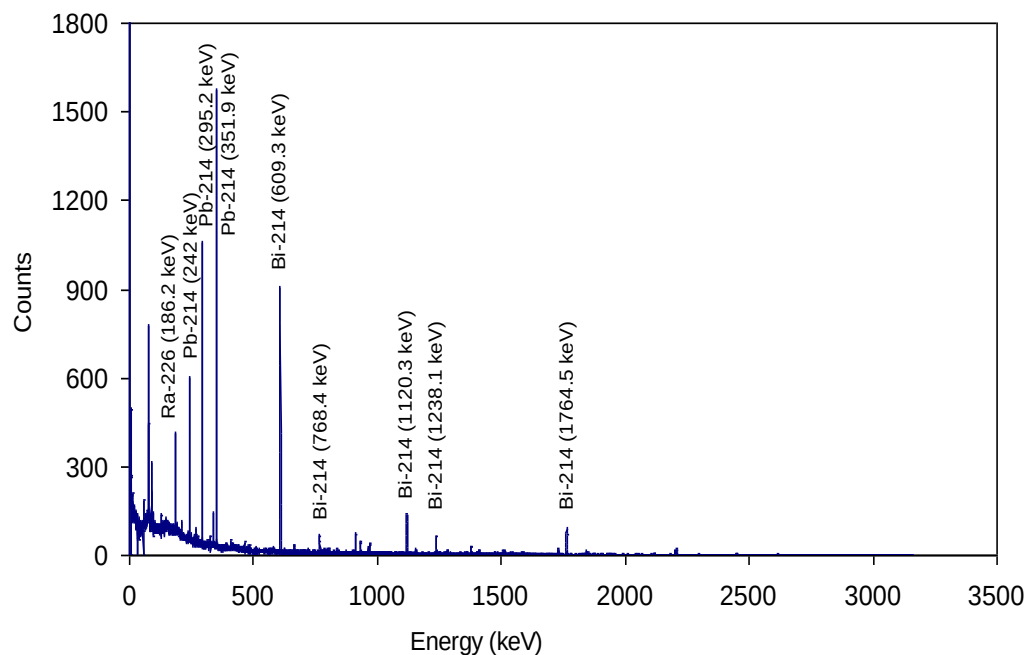
รหัส	แหล่งน้ำพุร้อน	T (°C)	TDS (ppm)	pH	Specific Activity of Ra-226 (mBq/l)	
					Min-max	Mean $\pm$ stdev
SR 1	บ้านน้ำพุร้อน อ.ไชยา (6)	57.00	5120	7.70	3915 - 5013	4192 $\pm$ 418
SR 2	เขานางสี อ.ไชยา (3)	38.50	8400	7.82	791 - 917	861 $\pm$ 64
SR 3	วัดธารน้ำร้อน อ.ท่าฉาง (6)	41.95	4100	7.80	2385 - 3167	2736 $\pm$ 328
SR 4	บ้านบ่อน้ำร้อน อ.กาญจนดิษฐ์ (4)	40.00	410	8.10	199 - 388	267 $\pm$ 84
SR 5	บ้านวังหิน อ.นาสาร (4)	41.00	270	8.20	94 - 296	190 $\pm$ 91
SR 6	บ้านเขาน้อย อ.คีรีรัฐนิคม (5)	46.70	765	7.85	1773 - 2443	2107 $\pm$ 273
SR 7	รัตนโกสัย อ.พุนพิน (4)	50.10	1520	7.80	2026 - 2704	2288 $\pm$ 301
SR 8	บ้านเขาพลู อ.บ้านนาเดิม (3)	50.70	1530	7.50	1773 - 2213	2028 $\pm$ 227
SR 9	บ้านเขาตอก อ.เคียนซา (16)	56.36	1210	7.33	1358 - 3934	2079 $\pm$ 613
SR10	สวนโมกษณานาชาติ (4)	41.35	9765	7.75	898 - 1478	1230 $\pm$ 245
	น้ำบ่อต้น					
SR 1 *	บ้านน้ำพุร้อน อ.ไชยา	-	-	-	-	-
SR 2	เขานางสี อ.ไชยา (2)	-	1230	7.40	89 - 103	96 $\pm$ 9
SR 3 *	วัดธารน้ำร้อน อ.ท่าฉาง	-	-	-	-	-
SR 4	บ้านบ่อน้ำร้อน อ.กาญจนดิษฐ์ (5)	-	280	7.80	7 - 40	29 $\pm$ 17
SR 5	บ้านวังหิน อ.นาสาร (5)	-	120	6.80	6 - 65	41 $\pm$ 29
SR 6	บ้านเขาน้อย อ.คีรีรัฐนิคม (3)	-	220	7.35	4 - 89	41 $\pm$ 43
SR 7	รัตนโกสัย อ.พุนพิน (2)	-	530	6.70	5 - 15	10 $\pm$ 6
SR 8 *	บ้านเขาพลู อ.บ้านนาเดิม	-	-	-	-	-
SR 9 *	บ้านเขาตอก อ.เคียนซา	-	-	-	-	-
SR10 *	สวนโมกษณานาชาติ	-	-	-	-	-

หมายเหตุ * แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ไม่มีน้ำบ่อต้น
ตัวเลขในวงเล็บ () แสดงจำนวนตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณโลหะหนักแคดเมียม ทองแดง และตะกั่ว ในน้ำพุร้อน จ.สุราษฎร์ธานี

รหัส	แหล่งน้ำพุร้อน	ปริมาณโลหะหนัก (mg/l)		
		แคดเมียม (Cd)	ทองแดง (Cu)	ตะกั่ว (Pb)
SR 1	บ้านน้ำพุร้อน	0.001	ไม่พบ	ไม่พบ
SR 2	เขานางสี	0.001	ไม่พบ	ไม่พบ
SR 3	วัดธารน้ำร้อน	0.001	0.002	ไม่พบ
SR 4	บ้านบ่อน้ำร้อน	0.002	0.004	ไม่พบ
SR 5	บ้านวังหิน	0.002	ไม่พบ	ไม่พบ
SR 6	บ้านเขาน้อย	0.002	ไม่พบ	ไม่พบ
SR 7	รัตนโกสัย	0.001	ไม่พบ	ไม่พบ
SR 8	บ้านเขาพลู	0.001	ไม่พบ	ไม่พบ
SR 9	บ้านเขาคอก	0.002	ไม่พบ	ไม่พบ
SR 10	สวนโมกขนิมมานาชาติ	0.001	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ ไม่พบ คือ ค่าที่วัดได้น้อยกว่าค่าต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจพบได้ (LOD) ค่าต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจพบได้ของ Cd = 0.005 mg/l, Cu = 0.001 mg/l, Pb = 0.05 mg/l



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างน้ำพุร้อนที่บ้านน้ำพุร้อน อ.ไชยา (SR1)

5. สรุป

การวิจัยเพื่อตรวจวัดกัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำพุร้อน และน้ำบ่อดินบริเวณใกล้เคียงในเขต จ.สุราษฎร์ธานี จากแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 10 แห่ง 8 อำเภอ พบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ในน้ำพุร้อนมีค่าต่ำสุด 190 mBq/l ที่บ้านวังหิน อ.นาสาร (SR5) และมีค่าสูงสุด 4,192 mBq/l ที่บ้านน้ำพุร้อน อ.ไชยา (SR1) อุณหภูมิน้ำพุร้อนธรรมชาติวัดค่าได้ต่ำสุด 38.5 °C ที่เขานางสี อ.ไชยา (SR2) และค่าสูงสุด 57 °C ที่บ้านน้ำพุร้อน อ.ไชยา (SR1) มวลสารรวมละลายในน้ำ วัดค่าได้ต่ำสุด 270 ppm บ้านวังหิน อ.นาสาร (SR5) และค่าสูงสุด 9765 ppm ที่สวนโมกขนานาชาติ (SR) และความเป็นกรดเบสมีค่าต่ำสุด 7.33 ที่บ่อน้ำพุร้อนบ้านเขาคอก อ.เคียนซา (SR9) และค่าสูงสุด 8.2 ที่บ่อน้ำพุร้อน บ้านวังหิน อ.นาสาร (SR5) และค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ในน้ำบ่อดินมีค่าต่ำสุด 10 mBq/l ที่บ่อน้ำพุร้อนรัตนโกสีย์ อ.พุนพิน (SR7) และสูงสุด 96 mBq/l ที่บ่อน้ำพุร้อน เขานางสี อ.ไชยา (SR2) มวลสารรวมละลายในน้ำ วัดค่าได้ต่ำสุด 120 ppm ที่บ้านวังหิน อ.นาสาร (SR5) และค่าสูงสุด 1230 ppm ที่เขานางสี อ.ไชยา (SR2) และความเป็นกรดเบสมีค่าต่ำสุด 6.7 ที่รัตนโกสีย์ อ.พุนพิน (SR7) และค่าสูงสุด 7.8 ที่บ้านบ่อน้ำร้อน อ.กาญจนดิษฐ์ (SR4) และ ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักแคดเมียม ทองแดง และตะกั่วในตัวอย่างน้ำพุร้อนดังตารางที่ 2 พบว่า การปนเปื้อนของโลหะหนักแคดเมียม มีค่าต่ำสุด 0.001 mg/l ที่บ้านน้ำพุร้อน (SR1) เขานางสี อ.ไชยา (SR2) สวนโมกขนานาชาติ (SR) รัตนโกสีย์ (SR7) และบ้านเขาพลู (SR8) และค่าสูงสุด 0.002 mg/l ที่ บ้านวังหิน (SR5) บ้านเขาน้อย (SR6) และบ้านเขาคอก (SR9) และการปนเปื้อนของโลหะหนักทองแดง มีค่าต่ำสุด 0.002 mg/l ที่วัดธารน้ำร้อน (SR3) และค่าสูงสุด 0.004 mg/l ที่บ้านบ่อน้ำร้อน (SR4) และไม่พบตะกั่วในตัวอย่างน้ำพุร้อนทั้ง 10 แห่ง ใน จ.สุราษฎร์ธานี ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานทางรังสีสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติที่สำคัญ สามารถอ้างอิงเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา และยังสามารถป้องกันด้านเวชกรรมให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีแหล่งน้ำพุร้อนอีกต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณสำนักงานปรมานูเพื่อสันติที่สนับสนุนทุนจากโครงการสนับสนุนทุนวิจัยด้านความปลอดภัยจากการใช้พลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ขอขอบคุณ ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้อนุญาตให้ใช้เครื่องมือที่จำเป็นในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

1. จเร วุฒิสาสตร์, ธวัช ชิตตระการ, ครุณี ผ่องสุวรรณ และไตรภพ ผ่องสุวรรณ, 2548. กัมมันตภาพจำเพาะความเข้มข้นของเรเดียม-226ในน้ำบ่อต้นและความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์เกิดมะเร็งช่องปากและมะเร็งหลอดอาหารใน อ.นาหม่อม จ.สงขลา. ว.สงขลานครินทร์ (วทท.) 28(1): หน้า 201-215.
2. จูติรัตน์ เจริญตา, มาริษา ตาเคอิน และไตรภพ ผ่องสุวรรณ, 2005. กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำพุร้อนของภาคใต้ประเทศไทย. 31st Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology, 18-20 October 2005.
3. ไตรภพ ผ่องสุวรรณ, ธวัช ชิตตระการ, สมพร จอคำ, พรศรี พลพงษ์, สุขสวัสดิ์ ศิริจารุกุล, อภินันท์ จูติภรณ์พันธ์, คมฤทธิ์ วัฒนวาทิ และจเร วุฒิสาสตร์, 2545. ก๊าซกัมมันตรังสีเรดอนในบ้าน. วารสารสงขลานครินทร์. ปีที่ 20 ฉบับที่ 2 เม.ย.-มิ.ย.
4. ปรีดา นวลจริง, ธวัช ชิตตระการและ ไตรภพ ผ่องสุวรรณ, 2550. กัมมันตภาพรังสีธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช. ว.สงขลานครินทร์ (วทท.) 29(4): หน้า 1183-1198.
5. มานพ รักษาสกุลวงศ์, 2544. น้ำพุร้อน-แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ วารสารเศรษฐธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, ปีที่3, ฉบับที่ 4.
6. สิริพร อังกูรรัตน์, ไตรภพ ผ่องสุวรรณ, ธวัช ชิตตระการ และครุณี ผ่องสุวรรณ, 2550. กัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226ในผักที่ปลูกในพื้นที่ อ.นาหม่อม จ.สงขลา ว.สงขลานครินทร์ (วทท.) 29(5): หน้า 1439-1455.
7. สุภัทร ภัทรกิจโสภณ, 2547. ประสิทธิภาพการจับเรเดียมของเรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดแคดอออน. โครงการฟิสิกส์สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
8. Krishnasawami, S., Graustein, W.C., Turekian, K.K., and Dowd, J.F, 1982. Radium, Thorium, and radioactive lead isotopes in ground water: application to the in-situ determination of absorbtion rate constant and retardation factors, Water Resour. Res 18:1663-1675
9. Marovic, G., Sencar, J., Franic, Z., and Lokobaner, N., 1996. Radium-226 in thermal and Mineral Springs of Croatia and Assosiated Health Risk. J. Environmental Radioactivity. 33, 55-67.
10. Moon, D.S., Bernett, W.C., Nour, S., Horwitz, P., and Bond, A., 2003. Preconcentration of radium isotopes from natural water using MnO₂ Rasin. Int. J. Appl. Radiat. Isot. 59, 255-262.