

การเปลี่ยนแปลงระดับกัมมันตรังสีของเรเดียม-226 และยูเรเนียม
ในแหล่งน้ำธรรมชาติ จากการดำเนินงานของเหมืองลิกันต์
จังหวัดกระบี่

ขนิษฐา ศรีสุขสวัสดิ์ บุญสม พรเทพเกษมสันต์ จันทน์ แจ่มแสงทอง
และกรรมกริการ์ แคนลาดแก้ว

กองขจัดกากกัมมันตรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

โทรศัพท์ 579-5230 ต่อ 522 โทรสาร 561-3013

บทคัดย่อ

ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตรังสีของเรเดียม-226 และยูเรเนียมธรรมชาติ ในตัวอย่างน้ำซึ่งเก็บจากบริเวณเหมืองแร่ลิกันต์ จ. กระบี่ และแหล่งน้ำธรรมชาติโดยรอบ พบว่าปริมาณกัมมันตรังสี ของ เรเดียม-226 และยูเรเนียมธรรมชาติ ในน้ำซึ่งเก็บจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ดันน้ำเหนือเหมือง น้ำเก็บจากบริเวณที่ตั้งเหมืองและท้ายน้ำ มีค่าโดยเฉลี่ยสำหรับเรเดียม-226 เท่ากับ 0.0052 ± 0.0002 , 0.0342 ± 0.0002 และ 0.0272 ± 0.0003 เบคเคอเรลต่อลิตรและสำหรับยูเรเนียมธรรมชาติ 0.0125 ± 0.0007 , $.0934 \pm 0.0004$ และ 0.0348 ± 0.0008 เบคเคอเรลต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าน้ำจากบริเวณเหมืองซึ่งมีปริมาณกัมมันตรังสีสูงกว่าน้ำภายนอกเชิงอาจลงเมื่อถูกระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ดังนั้นการดำเนินงานของเหมืองแร่ลิกันต์ จ.กระบี่ ไม่ได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับกัมมันตรังสีในแหล่งน้ำธรรมชาติ และอยู่ในระดับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดไว้โดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งอเมริกา

ผลการทดลอง พบว่ามีการชะล้างของธาตุกัมมันตรังสีธรรมชาติออกจากเนื้อแร่ ถ่านหินจริง ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาผลกระทบทางรังสีสิ่งแวดล้อมในการดำเนินกิจการเหมืองต่อไป

Changes in Radioactivity of ^{226}Ra and Natural Uranium in Environmental Water According to Coal Mine Operation

**Kanitha Srisuksawad, Boonsom Porntepkasemsan, Jantanee Jamsangtong,
and Kannika Danladkaew**

Waste Management Division, Office of Atomic Energy for Peace
Tel 579-5230-4 Ext. 522 Fax 561-3013

ABSTRACT

Activities of ^{226}Ra and natural U in mine discharge, Krabi and water from natural resources nearby were investigated. The average ^{226}Ra activities in water upstream, downstream and site discharge were 0.0052 ± 0.0002 , 0.0272 ± 0.0003 and 0.0342 ± 0.0002 Bq/l and that for natural U were 0.0125 ± 0.0007 , 0.0348 ± 0.0008 and 0.0934 ± 0.0004 Bq/l, respectively. Mine discharge contain higher activity became diluted when discharged into the natural water resources. Based on the safety level stated by the US.EPA., the mine operating did not cause any radiological effect onto the surrounding environment.

There is evidence of leaching of radioactivity from coal mineral. Therefore, radiological study is necessary in order to provide information relevant to possible impacts of coal mining.

1. บทนำ

ถ่านหิน (Coal) เป็นทรัพยากรเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งของโลก มีกำเนิดมาจากการทับถมของซากพืชและซากสัตว์ที่มีชีวิตต่างๆเมื่อหลายสิบล้านปีมาแล้ว ต่อมาเมื่อตะกอนดินทรายมาทับถมและมีการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก จากความกดดันของน้ำหนักที่กดทับ รวมทั้งความร้อนจากภายในโลกเป็นเวลานาน ทำให้ซากที่ทับถมกันนี้แปรสภาพไปเป็นพีท (Peat) ซึ่งเป็นลำดับเริ่มต้นของกระบวนการเกิดถ่านหิน

ถ่านหินแบ่งออกเป็น 4 ลำดับชั้น เรียงจากคุณภาพต่ำไปหาคุณภาพสูง ดังนี้คือ ลิกไนต์ (Lignite) ซับบิทูมินัส (Subbituminous) บิทูมินัส(Bituminous) และ แอนทราไซต์(Anthracite) สำหรับถ่านลิกไนต์หรือถ่านหินสีน้ำตาล (Brown Coal) อยู่ในยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) มีช่วงอายุระหว่าง 65 ถึง 1.8 ล้านปีมาแล้ว

ประเทศไทยได้สำรวจพบแหล่งลิกไนต์หลายแห่ง และได้เปิดการทำเหมืองเพื่อนำลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ในกิจการอุตสาหกรรมต่างๆ รวมทั้งนำมาใช้เป็นพลังงานในการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เหมืองที่สำคัญมีอยู่ 2 แห่ง คือเหมืองแม่เมาะ จ. ลำปาง และ เหมืองกระบี่ จ. กระบี่ และที่สามารถจะพัฒนาทำเหมืองเพื่อขุดลิกไนต์มาใช้ได้อีก 3 แห่ง คือ ที่ อ. สะบ้าย้อย จ. สงขลา, ที่สินปุน อ. เขาพนม จ. กระบี่ และ อ. เวียงแหง จ. เชียงใหม่ โดยมีปริมาณสำรองถ่านหินในแต่ละแหล่งดังนี้

ปริมาณสำรองถ่านหินในประเทศไทย

แหล่ง	ปริมาณสำรอง (ล้านตัน)	
	ที่คาดว่าจะทำเหมืองได้	ทางธรณีวิทยา (ประมาณ)
1. แม่เมาะ จ. ลำปาง	1100	1490
2. กระบี่ จ. กระบี่	20	120
3. สะบ้าย้อย จ. สงขลา	130	มากกว่า 150
4. สินปุน จ. กระบี่	23	65
5. เวียงแหง จ. เชียงใหม่	25	100
รวม	1017	----

ที่มา : การพัฒนาไฟฟ้าในประเทศไทย 2533 เอกสารเผยแพร่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(2)

เหมืองแร่ลิกไนต์ ในพื้นที่ จ.กระบี่ เท่าที่ได้สำรวจพบและทำเป็นเหมืองเปิดในปัจจุบัน มี 3 บ่อ คือเหมืองบางปุด้า เหมืองคลองหวายเล็ก และเหมืองบางหมาก ทั้ง 3 เหมืองตั้งอยู่ในเขต ต.คลองขนาน ห่างจากตัวเมืองลงมาทางใต้ 30 กม. เหมืองทั้ง 3 นี้ได้ส่งลิกไนต์ให้กับโรงไฟฟ้ากระบี่ซึ่งเป็นโรงงานไฟฟ้าพลังความร้อน ขนาดกำลังการผลิต 40000 กิโลวัตต์ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมัน โรงไฟฟ้าแห่งนี้เปิดดำเนินงานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2507 ได้จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับประชาชนส่วนใหญ่ในภาคใต้ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2537 โรงไฟฟ้าแห่งนี้ก็ได้ปิดการดำเนินงานลง ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานของโรงไฟฟ้าแห่งนี้ ได้ใช้

ถ่านหินลิกไนต์ไปแล้วทั้งหมด 8 ล้านตัน ซึ่งถ้าซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของโรงไฟฟ้านี้จะถูกผสมกับน้ำกร่อย แล้วระบายทิ้งรวมกับน้ำทิ้งจากเหมืองล่งสู่น้ำป่ากาศัย (รูปที่ 1)

จากการสำรวจปริมาณกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำธรรมชาติในส่วนต่างๆของโลก พบว่า น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติหลายแห่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำจากบริเวณเหมืองถ่านหิน มีระดับกัมมันตภาพรังสีสูงกว่าค่าปกติในธรรมชาติหลายเท่า ตัวอย่างเช่น การสำรวจปริมาณกัมมันตภาพรังสีในน้ำใต้ดินบริเวณแคว้น Ruhr และแคว้น Saar ในประเทศเยอรมันนี้ พบว่าปริมาณ เรเดียม-226 ในน้ำซึ่งสูบขึ้นมาจากชั้นใต้ดินของเหมืองถ่านหิน มีค่าสูงถึง 13 กิโลเบคเคอเรลต่อลูกบาศก์เมตร โดยปกติปริมาณกัมมันตรังสีของ เรเดียม-226 ในแหล่งน้ำธรรมชาติไม่ควรมีค่าเกิน 0.1 กิโลเบคเคอเรลต่อลูกบาศก์เมตร หรือ 0.1 เบคเคอเรลต่อลิตร (3) และเมื่อน้ำนี้ไหลซึมย้อนผ่านชั้นหินลงไปถึงชั้นใต้ดินของเหมืองกลับพบว่ามีปริมาณ เรเดียม-226 ละลายอยู่ถึง 63 กิโลเบคเคอเรลต่อลูกบาศก์เมตร ประมาณการว่าเหมืองถ่านหินบริเวณนี้ได้นำเอา เรเดียม-226 ขึ้นสู่ผิวโลกถึงปีละ 37 กิกะเบคเคอเรล (Gbk)(4)

ในประเทศไทยยังไม่เคยมีผู้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากการดำเนินงานของเหมืองแร่มาก่อน การศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการสำรวจปริมาณกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งเป็นที่รองรับน้ำทิ้ง จากเหมืองแร่และโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากลิกไนต์ จ.กระบี่ โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำธรรมชาติเนื่องจากการดำเนินงานของเหมืองแร่และโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแห่งนี้

2. วัตถุประสงค์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่าง

ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างแสดงไว้ใน รูปที่ 1 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุก 3 เดือน น้ำตัวอย่างเป็นทั้งน้ำทิ้งซึ่งถูกระบายจากเหมืองและน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียง ทำการปรับสภาพน้ำให้เป็นกรดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 12 นอร์มัล จำนวน 5 มล. ต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณ เรเดียม-226 และ ยูเรเนียมในน้ำตัวอย่างต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณ 226-Ra ในน้ำตัวอย่าง

กระทำโดยวิธีตกตะกอนร่วมตามวิธีของ ชนิษฐาและสุชาติ(5) นำน้ำตัวอย่างจำนวน 2 ลิตร เติมสารละลายตัวพาแบบเรียม สารละลายตัวติดตามแบบเรียม-133 และสารละลายยัติทีเอ ปรับสารละลายให้มีสภาพความเป็นกรด - ด่าง 4.5 ด้วยสารละลายกรดไนตริกและสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ แยกเรเดียมออกจากสารละลายโดยตกตะกอนร่วมกับแบบเรียมในรูปของเกลือซัลเฟต เปลี่ยนตะกอนเรเดียม - แบบเรียมซัลเฟตให้อยู่ในรูปของเกลือคาร์บอนเนตโดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมคาร์บอนเนตแล้วต้มให้ร้อน ละลายตะกอนที่ได้ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น นำไปสกัดแยกด้วยสารละลาย TTA (thenoyl trifluoroacetone) ในเบนซีน(benzene) ตกตะกอนเรเดียมร่วมกับแบบเรียมซัลเฟตอีกครั้งหนึ่ง ถ่ายตะกอนลงในจานนับรังสี ทำให้แห้ง ตั้งทิ้งไว้ในโถกันความชื้น ประมาณ 4 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลระหว่าง เรเดียม -226 กับ daughter products และเพื่อให้เรเดียม - 228 สลายตัวหมดไป นำไปวัดรังสีแอลฟาด้วยเครื่องวัดรังสี low background alpha-beta counter

การวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมในน้ำตัวอย่าง

กระทำโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (6) นำน้ำตัวอย่างจำนวน 2 ลิตร นำมาปรับสภาพให้มีความเป็นกรด - ด่าง น้อยกว่า 1 ตกตะกอนยูเรเนียมโดยใช้เหล็กเป็นตัวพา ในรูปของไฮดรอกไซด์ ละลายตะกอนไฮดรอกไซด์ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 8 นอร์มัล นำสารละลายไปผ่านคอลัมน์ขนาด 13 มม. x 150 มม. บรรจุด้วย anion exchange resin Dowex1x4 100-200 mesh Cl⁻ form ล้างตัวพาเหล็กออกด้วยสารละลายกรดไฮดริโอริก ความเข้มข้น 47% ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 8 นอร์มัล ด้วยอัตราส่วน 1: 9 จากนั้นล้างยูเรเนียมออกด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล นำมาระเหยให้แห้ง ย่อยสลายสารอินทรีย์และสารตกค้างอื่นๆด้วยการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 นอร์มัล แล้วระเหยให้แห้ง ซ้ำกันหลายๆครั้ง ถ่ายสารละลายลงในจานนับรังสี ทำให้แห้ง นำไปวัดรังสีแอลฟา ด้วยเครื่องวัดรังสี low background alpha beta counter

3. ผลการศึกษาวิจัย

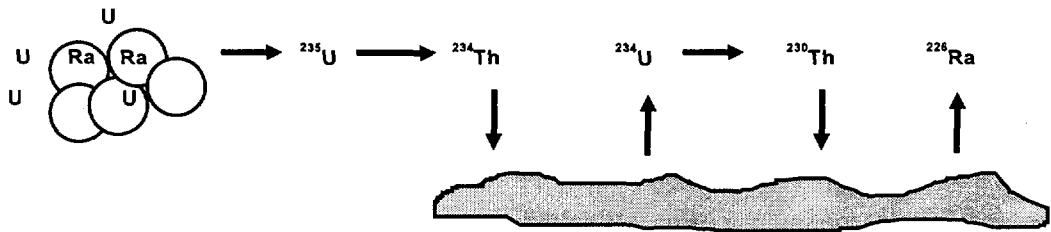
ปริมาณเรเดียม-226 และยูเรเนียมในตัวอย่างน้ำซึ่งเก็บจากบริเวณเมืองแสดงไว้ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 พบว่าปริมาณเรเดียม-226 และยูเรเนียมในน้ำจากบริเวณเมืองมีค่าสูงกว่าในน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียง ปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำบริเวณเมืองมีค่า ตั้งแต่ 0.008-0.306 เบคเคอเรลต่อลิตร ปริมาณสูงสุดของเรเดียม-226 พบในน้ำซึ่งเก็บจากชุมชนเมืองบางหมากเมื่อเดือนสิงหาคม 2535 มีค่า 0.306 ± 0.007 เบคเคอเรลต่อลิตร ซึ่งมีค่าเกินกว่ามาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้โดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งอเมริกา ให้มีค่าไม่เกิน 0.1 เบคเคอเรลต่อลิตรถึง 3 เท่า สำหรับปริมาณยูเรเนียมในน้ำบริเวณเมืองมีค่า ตั้งแต่ 0.008-0.642 เบคเคอเรลต่อลิตร ปริมาณสูงสุดของยูเรเนียมพบในน้ำซึ่งเก็บจากชุมชนเมืองบางปูดำ เมื่อเดือน กรกฎาคม 2536 มีค่า 0.642 ± 0.027 เบคเคอเรลต่อลิตร มีค่าเกินมาตรฐานน้ำดื่มซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 0.5 เบคเคอเรลต่อลิตร เช่นเดียวกัน สำหรับปริมาณเรเดียม-226 และ ยูเรเนียมในน้ำผิวดินภายในเมืองและบริเวณโดยรอบ (หน่วยเบคเคอเรลต่อลิตร) แสดงไว้ในตารางดังต่อไปนี้

สถานี	เรเดียม-226	ยูเรเนียม
ปากคลองปกาศัย	0.008 ± 0.001	0.146 ± 0.010
บ้านปลายงา	0.009 ± 0.001	<0.009
บ้านนาเหนือ	0.015 ± 0.002	0.012 ± 0.004
คลองกกไทรใต้ถนนเพชรเกษม	0.005 ± 0.001	<0.009
คลองปกาศัยใต้ถนนเพชรเกษม	0.012 ± 0.002	0.021 ± 0.005
อ่างเก็บน้ำในเมือง	0.066 ± 0.003	0.089 ± 0.009
อ่างเก็บน้ำนอกเมือง	0.030 ± 0.002	0.018 ± 0.006
ปากคลองหวายเล็ก	0.066 ± 0.003	NA
บ้านคลองแรด	0.036 ± 0.003	NA

หมายเหตุ NA = ไม่ได้วิเคราะห์ตัวอย่าง (No Analysis)

จากผลการวิเคราะห์เรเดียม-226 และยูเรเนียมไม่พบว่าอยู่ในสภาวะสมดุลย์ เมื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ เรเดียม-226 และปริมาณยูเรเนียมในน้ำตัวอย่างแล้ว พบว่าปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำตัวอย่างมีปริมาณน้อยกว่ายูเรเนียมมาก (ตารางที่ 3) แสดงว่า การชะล้าง เรเดียม-226 ออกจากเนื้อแร่ของถ่านหินไม่มีหรือมีน้อยมาก ดังนั้นเรเดียม-226 น่าจะเกิดขึ้นจากการสลายตัวของ ยูเรเนียม-238 ในน้ำแต่เพียงอย่างเดียว สมมติฐานนี้สอดคล้องกับปริมาณของคลอไรด์ไอออนในน้ำ กล่าวคือ

สำหรับบริเวณ ชุมเหมือง บางปุดำ1, บางปุดำ2 และ ชุมเหมืองบางหมาก น้ำในบริเวณนี้มีคลอไรด์ไอออนละลายอยู่ในปริมาณน้อย (250-990 mg/l) จึงไม่สามารถชะล้างเอา เรเดียม-226 ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียม-238 และถูกกักขังอยู่ภายในโครงสร้าง (crystal lattice) ของเนื้อแร่ออกมาได้ ดังนั้นการชะล้างจะเกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของเนื้อแร่เท่านั้น เมื่อน้ำชะล้างเอายูเรเนียมที่บริเวณพื้นผิวออกมา ยูเรเนียมมีคุณสมบัติละลายน้ำจึงละลายอยู่ในน้ำและสลายตัวให้ ทอเรียม และเรเดียม ตามลำดับอนุกรมของการสลายตัว ระหว่างนี้ ทอเรียม ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำจะแยกตัวตกตะกอนออกมาบางส่วนแยกไปสะสมที่ตะกอนใต้ท้องน้ำ ทำให้ปริมาณเรเดียมบางส่วนที่จะเกิดขึ้นจากการสลายตัวของยูเรเนียมหายไป ยังผลให้สัดส่วนของค่าเฉลี่ยเรเดียม กับยูเรเนียม มีค่าต่ำ ดังแสดงใน ตารางที่ 3 และรูปที่ 2



รูปที่ 2 การสลายตัวของ ยูเรเนียม-238 ...>.....> เรเดียม-226

ตารางที่ 3 ปริมาณคลอไรด์และซัลเฟตไอออนในน้ำผิวดิน

สถานี	ซัลเฟตไอออน มิลลิกรัม/ลิตร	คลอไรด์ไอออน มิลลิกรัม/ลิตร	เรเดียม-226 มิลลิเบคเคอเรล/ลิตร	ยูเรเนียม มิลลิเบคเคอเรล/ลิตร	สัดส่วน เรเดียม/ยูเรเนียม
บ้านปกาศัย	100	244	7.1	16.5	0.43
ชุมเหมืองบางปุดำ1	1895	292	65.4	244.0	0.14
ชุมเหมืองบางปุดำ2	1924	250	31.0	365.6	0.08
ข้ามบางหมาก	741	957	99.0	485.6	0.53
บ่อขี้เถ้า	1525	9278	146.8	215.4	0.68
ปากทางรับน้ำโรงจักร	1270	11550	54.1	79.1	0.68
คลองบางหมาก	1504	11270	46.7	68.0	0.69
คลองบางยาง	1783	15405	37.9	43.5	0.87

ส่วนน้ำในบริเวณที่ 2 คือบริเวณโรงจักรฯ น้ำในบริเวณนี้มีคลอไรด์ไอออนละลายอยู่ในปริมาณสูง ประสิทธิภาพในการชะล้างแร่เดียวออกจากโครงสร้างของเนื้อแร่จึงสูงกว่าน้ำในบริเวณเหมือง ทำให้สัดส่วนของแร่เดียว กับยูเรเนียม ในบริเวณนี้มีค่าสูงขึ้นดัง ตารางที่ 3

ปรากฏการณ์นี้ตรงกันข้ามกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นที่บริเวณ Upper Silesian Coal Basin ซึ่งเป็นแอ่งถ่านหินขนาดใหญ่ในประเทศโปแลนด์ แอ่งถ่านหินนี้กินอาณาบริเวณถึง 4500 ตารางกิโลเมตร และมีเหมืองถ่านหินเปิดดำเนินการอยู่ถึง 66 เหมือง น้ำซึ่งนำมาใช้ในกิจการเหมืองแร่เหล่านี้มีค่า Salinity สูงมาก กล่าวคือมี คลอไรด์ไอออนละลายอยู่ในปริมาณสูงกว่า 42000 มิลลิกรัม/ลิตร คลอไรด์ไอออนจำนวนมากนี้มีผลอย่างมากต่อการเคลื่อนย้ายของแร่เดียว และพบว่าปริมาณแร่เดียวในน้ำบริเวณนี้มีค่าสูงกว่าปริมาณที่คาดว่าจะเกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียมแต่เพียงอย่างเดียวหลายเท่า (7)

เมื่อวิเคราะห์น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณเหนือเหมือง และได้เหมือง พบว่าปริมาณแร่เดียว-226 และยูเรเนียมมีค่าต่ำ และมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำดื่ม แสดงให้เห็นว่าปริมาณที่สูงของ แร่เดียว-226 และยูเรเนียมในน้ำ จะปรากฏในบริเวณเหมืองเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้อาจอธิบายได้เป็น 2 ทาง ตามคุณลักษณะทางเคมีของน้ำ (Lebecka et al. (8)) กล่าวคือ น้ำที่ขังอยู่ในบริเวณเหมืองมักเป็นน้ำที่มีแร่ธาตุละลายอยู่ในปริมาณสูง ดังนั้นจึงสามารถชะล้างเอาแร่เดียว และยูเรเนียมออกจากเนื้อถ่านหินได้ เมื่อน้ำนี้ระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ถ้า น้ำนั้นมีแบเรียมไอออนละลายอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ไม่มีซัลเฟตไอออนหรือมีเป็นจำนวนต่ำมาก (type A-water) น้ำชนิดนี้เมื่อระบายทิ้งจากเหมืองสู่แหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งโดยธรรมชาติแล้วมักมี ซัลเฟตไอออนละลายอยู่ แบเรียม แร่เดียว และยูเรเนียม ในน้ำทั้งจะทำปฏิกิริยากับซัลเฟตไอออน เกิดเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ตกตะกอนสะสมอยู่ในบริเวณนั้น กรณีเช่นนี้สิ่งที่น่าจะคำนึงถึงคือตะกอนนั้นเป็นตะกอนที่มีธาตุกัมมันตรังสีเจือปน ดังนั้นเมื่อเกิดการทับถมนานๆ เข้า ดินในบริเวณนั้นก็จะเกิดการเปราะเปื้อนด้วยธาตุกัมมันตรังสี และถ้าเกิดการสะสมในปริมาณที่มากพอ ก็อาจเกิดการเปราะเปื้อนสู่แหล่งน้ำใต้ดินหรือเป็นอันตรายต่อพืชและสัตว์ที่อาศัยในบริเวณนั้นได้

เหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นในบริเวณ Upper Silesian Coal Basin เช่นกัน เหมืองถ่านหินซึ่งดำเนินการอยู่ในบริเวณนี้ส่วนหนึ่งได้ปล่อยน้ำทิ้งซึ่งมี แร่เดียว-226 ละลายปะปนอยู่ในปริมาณสูงถึง 16 เบคเคอเรลต่อลิตร ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำเหล่านี้เมื่อผสมกับน้ำธรรมชาติซึ่งมี ซัลเฟตไอออนเจือปนแร่เดียว-226 จึงเข้าทำปฏิกิริยาด้วย เกิดเป็นเกลือซัลเฟต ตกเป็นตะกอนซึ่งพบว่ามีความเข้มข้นของแร่เดียว-226 สูงถึง 150 กิโลเบคเคอเรลต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม สะสมตามเส้นทางระบายน้ำ และเมื่อขุดลอกตะกอนเพื่อต้องการทำความสะอาดและชำระล้างเส้นทางระบายน้ำ กลับทำให้เกิดการเปราะเปื้อนในดินบริเวณใกล้เคียง ทำให้ปริมาณแร่เดียว-226 ในดินเพิ่มสูงถึง 0.2-31 กิโลเบคเคอเรลต่อกิโลกรัม ซึ่งในดินปกติจะมีแร่เดียว-226 อยู่ประมาณ 0.025 กิโลเบคเคอเรลต่อกิโลกรัม เท่านั้น และเมื่อพืชน้ำแร่เดียว-226 จำนวนนี้ไปใช้ ก็ทำให้พืชน้ำบริเวณนั้นเกิดการเปราะเปื้อนและวัดปริมาณแร่เดียว-226 ได้สูงถึง 1 กิโลเบคเคอเรลต่อกิโลกรัม นอกจากนั้นแร่เดียว-226 จำนวนนี้ยังได้ซึมผ่านชั้นดินลงไปลึกถึง 1.5 เมตร ก่อให้เกิดความเปราะเปื้อนไปทั่วบริเวณ (7)

สำหรับน้ำอีกประเภทหนึ่ง คือ น้ำซึ่งมีซัลเฟตไอออนละลายอยู่เป็นจำนวนมาก แต่อาจไม่มีแบเรียมไอออนหรือมีในปริมาณน้อย (type B-water) น้ำประเภทนี้จะไม่เกิดปฏิกิริยาตกตะกอนเมื่อพบกับน้ำ

ภายนอก แต่จะถูกพัดพาไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ และการเปื้อนจะกินอาณาบริเวณกว้างกว่า ถ้าน้ำที่นั่นได้ชะล้างเอาเรเดียมและยูเรเนียมออกมาในปริมาณที่สูงพอ

ในกรณีของเหมืองแร่กระเป๋เป็นเหมืองแร่ขนาดเล็กผลกระทบทางรังสีต่อสภาพแวดล้อมอาจมีไม่มากนัก จากการวิเคราะห์สภาพทางเคมีของน้ำ พบว่าน้ำจากเหมืองแร่และโรงไฟฟ้ากระบี่มีซัลเฟตไอออนละลายอยู่ปริมาณที่สูง ดังนั้นขบวนการลดความเข้มข้นของเรเดียม และยูเรเนียมในน้ำทิ้ง น่าจะเป็นการเจือจางด้วยน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจากภายนอก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของเรเดียม-226 และยูเรเนียมในแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณเหนือเหมือง และใต้เหมือง พบว่าถึงแม้จะมีปริมาณต่ำแต่ปริมาณของธาตุทั้งสองมีค่าสูงกว่าอย่างเด่นชัดในน้ำใต้ทางระบายน้ำของเหมืองดังแสดงใน รูปที่ 3 ทั้งนี้ค่าเฉลี่ย (Weighted Mean (9)) ของปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เหนือเหมือง น้ำซึ่งเก็บจากบริเวณเหมือง และน้ำใต้เหมือง มีค่าเท่ากับ 0.0052 ± 0.0002 , 0.0342 ± 0.0002 และ 0.0272 ± 0.0003 และสำหรับยูเรเนียมมีค่า 0.0125 ± 0.0007 , 0.0934 ± 0.004 และ 0.0348 ± 0.0008 เบคเคอเรลต่อลิตร ตามลำดับ ดังนั้นการเจือจางโดยน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจึงน่าจะเป็นขบวนการที่สำคัญในการลดความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีทั้งสองในน้ำทิ้ง การติดตามและเฝ้าระวังปริมาณกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำธรรมชาติจึงเป็นสิ่งที่ควรกระทำ

4. วิจัยและสรุปผลการทดลอง

การดำเนินงานของเหมืองแร่ลิทไนต์และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากถ่านหินลิทไนต์ จ. กระเป๋ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีเรเดียม-226 และยูเรเนียมธรรมชาติ ในแหล่งน้ำธรรมชาติในบริเวณใกล้เคียงจนเป็นอันตรายต่อการอุปโภคและบริโภค การเคลื่อนย้ายหรือการสะสมของธาตุกัมมันตรังสีในน้ำ สัมพันธ์อย่างมากต่อลักษณะทางเคมีของน้ำนั้นๆ ดังนั้นลักษณะการเคลื่อนย้ายหรือการสะสมของธาตุกัมมันตรังสีจึงแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ การดำเนินงานของเหมืองแห่งนี้ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากต่อปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีในแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง แต่การดำเนินงานของเหมืองแร่ลิทไนต์แห่งอื่นๆอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้ จากผลของการทดลองแสดงให้เห็นว่าการชะล้างของธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติออกจากเนื้อแร่ถ่านหินได้จริง ดังนั้นการศึกษามลกระทบทางรังสีจึงจำเป็นในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อการดำเนินกิจการเหมือง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ตัวอย่างน้ำและข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของน้ำได้รับความอนุเคราะห์โดย เจ้าหน้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

1. US. Environmental Protection Agency. 1976 *National Interim Primary Drinking Water Regulations*. Office of Water Supply, Washington, D.C. 20640. Report EPA-570/9-76-003.
2. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2533 การพัฒนาไฟฟ้าในประเทศไทย. เอกสารเผยแพร่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 75 หน้า.
3. National Council on Radiation Protection and Measurements. 1984. *Exposures from the uranium series with emphasis on radon and its daughters*. Bethesda, Maryland, USA, NCRP report 77.
4. Gans, I., D. Fuhrmann, E. Weller, and H. Wollenhaupt. 1981 Radium in waste water from coal mines and other sources in the FRG. *Proceedings of the Second Special Symposium on Natural Radiation Environment*, held in Bhabha Atomic Research Center, Bombay India 19-23 January 1981
5. ขนิษฐา กมลรัตน์ และ สุชาติ มงคลพันธ์ 2523 การพัฒนาการวิเคราะห์ปริมาณเรเดียม-226 โดยวิธีการตกตะกอน รายงานประจำปี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พปส-3-3: 54
6. Krieger, H.L. and E.L. Whittaker. 1980. *Prescribed Procedures for Measurement of Radioactivity in Drinking Water* EPA-600/4-80-032
7. Skubacz, K., J. Lebecka, S. Chalupnik and M. Wysocka. 1992. Possible changes in radiation background of the natural environment caused by coal mine activity. *Energy Sources*, 14:149-153.
8. Lebecka, J., K. Skubacz, S. Chalupnik, I. Tomza, I. Pluta, and J. Skowronek. 1986. Influence of mining activity on distribution of radium in the natural environment. *Proceedings of the fourth Working Meeting on Isotopes in Nature*, Leipzig, Germany, September 1986.
9. Hendee, W.R. 1973. *Radioactive Isotopes in Biological Research*. John Wiley & Sons, Inc.

ตารางที่ 1. ปริมาณเรเดียม-226ในน้ำผิวดินภายในเหมืองและบริเวณโดยรอบ (หน่วยเบคเคอเรลต่อลิตร)

สถานี	วันที่ส่งตัวอย่าง									
	พค. 2535	ศค. 2535	พย. 2535	มค. 2536	พค. 2536	กค. 2536	ตค. 2536	กพ. 2537	เมย. 2536	ศค. 2537
บ้านปกาศัย	0.016 ± 0.005	0.013 ± 0.002	0.003 ± 0.001	0.005 ± 0.001	0.009 ± 0.002	0.007 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.001 ± 0.001	0.004 ± 0.001	0.002 ± 0.001
น้ำล้นบ่อซีเมนต์	0.263 ± 0.014	0.298 ± 0.007	0.124 ± 0.003	0.145 ± 0.002	0.127 ± 0.007	0.139 ± 0.002	0.035 ± 0.002	0.054 ± 0.001	0.061 ± 0.002	0.075 ± 0.002
ปากทางรับน้ำโรงจักร	0.148 ± 0.010	0.134 ± 0.005	0.023 ± 0.001	0.057 ± 0.002	0.026 ± 0.003	0.025 ± 0.011	0.012 ± 0.001	0.015 ± 0.001	0.028 ± 0.001	0.019 ± 0.001
ขุมเหมืองบางหมาก	0.114 ± 0.009	0.306 ± 0.007	0.081 ± 0.003	0.144 ± 0.018	0.020 ± 0.004	0.032 ± 0.012	0.055 ± 0.003	0.027 ± 0.001	0.042 ± 0.002	0.070 ± 0.002
ขุมเหมืองบางปูดำ 1	0.026 ± 0.006	0.090 ± 0.004	0.031 ± 0.002	0.015 ± 0.001	0.020 ± 0.003	0.014 ± 0.001	0.053 ± 0.002	0.013 ± 0.001	0.018 ± 0.001	0.039 ± 0.002
ขุมเหมืองบางปูดำ 2	0.037 ± 0.006	0.062 ± 0.003	0.016 ± 0.001	0.015 ± 0.001	0.008 ± 0.002	0.017 ± 0.001	NS	NS	NS	NS
คลองบางหมาก	NS	0.095 ± 0.004	0.028 ± 0.001	0.043 ± 0.001	0.022 ± 0.003	0.030 ± 0.001	<1.539	0.019 ± 0.001	0.056 ± 0.002	0.033 ± 0.002
ปากคลองบางยาง	0.070 ± 0.009	0.085 ± 0.004	0.025 ± 0.001	0.037 ± 0.012	0.024 ± 0.003	0.019 ± 0.001	0.016 ± 0.001	0.008 ± 0.001	0.041 ± 0.002	0.016 ± 0.002

หมายเหตุ NS = ไม่มีตัวอย่าง (No Sample)

ตารางที่ 2. ปริมาณยูเรเนียมธรรมชาติในน้ำผิวดินภายในเหมืองและบริเวณโดยรอบ (หน่วยเบคเคอเรลต่อลิตร)

สถานี	วันที่ส่งตัวอย่าง									
	พค. 2535	สค. 2535	พย. 2535	มค. 2536	พค. 2536	กค. 2536	ตค. 2536	กพ. 2537	เมย. 2536	สค. 2537
บ้านปกาศัย	NA	0.016 ± 0.006	NA	<0.008	<0.009	0.033 ± 0.008	0.013 ± 0.001	<0.012	NA	0.004 ± 0.002
น้ำล้นบ่อชี้เท้า	NA	0.009 ± 0.003	NA	0.602 ± 0.033	0.501 ± 0.024	0.243 ± 0.017	0.035 ± 0.001	0.047 ± 0.007	NA	0.071 ± 0.005
ปากทางรับน้ำโรงจักร	NA	0.133 ± 0.010	NA	0.155 ± 0.018	0.026 ± 0.007	0.116 ± 0.016	0.015 ± 0.001	0.093 ± 0.009	NA	0.016 ± 0.003
ขุมเหมืองบางหมาก	NA	0.152 ± 0.013	NA	0.144 ± 0.018	0.130 ± 0.012	0.313 ± 0.019	0.212 ± 0.001	0.119 ± 0.010	NA	0.229 ± 0.009
ขุมเหมืองบางปุดำ 1	NA	0.488 ± 0.022	NA	0.026 ± 0.011	0.086 ± 0.010	0.639 ± 0.027	0.107 ± 0.001	0.184 ± 0.012	NA	0.178 ± 0.008
ขุมเหมืองบางปุดำ 2	NA	NA	NA	0.021 ± 0.010	0.422 ± 0.021	0.642 ± 0.027	NS	NS	NS	NS
คลองบางหมาก	NA	NS	NA	0.134 ± 0.017	0.076 ± 0.010	0.107 ± 0.012	0.037 ± 0.001	0.046 ± 0.007	NA	0.008 ± 0.003
ปากคลองบางยาง	NA	NA	NA	0.059 ± 0.018	0.060 ± 0.009	0.088 ± 0.022	0.016 ± 0.001	0.008 ± 0.004	NA	0.030 ± 0.004

หมายเหตุ NA = ไม่ได้วิเคราะห์ตัวอย่าง (No Analysis)

NS = ไม่มีตัวอย่าง (No Sample)

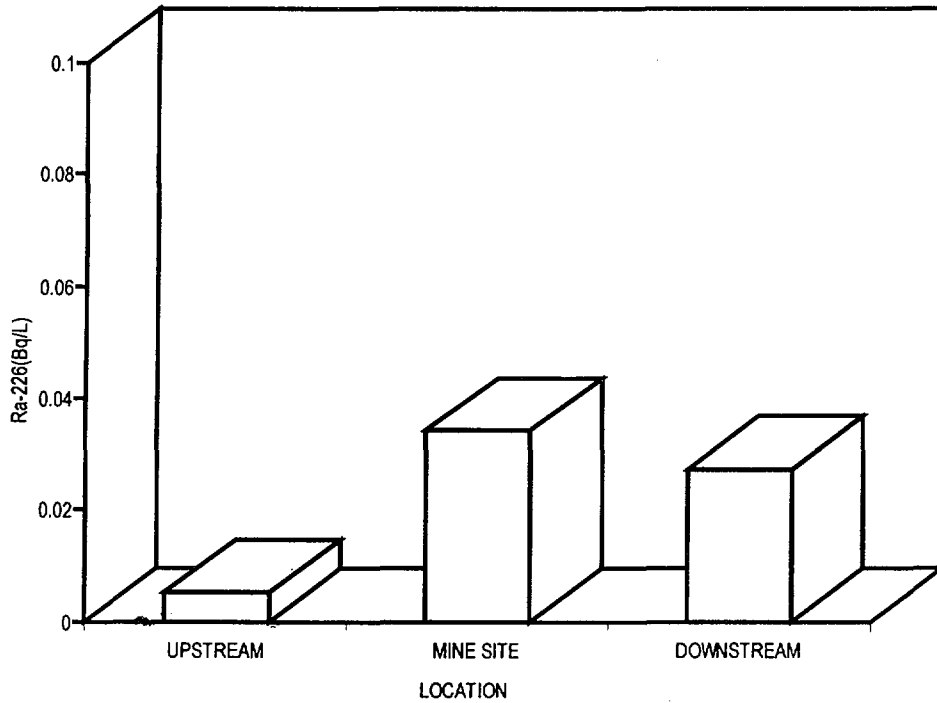
ตารางที่ 3. ปริมาณเรเดียม-226 และ ยูเรเนียมธรรมชาติในน้ำผิวดินภายในเหมืองและบริเวณโดยรอบ (หน่วยเบคเคอเรลต่อลิตร)

สถานี	เรเดียม-226	ยูเรเนียม
ปากคลองปกาศัย	0.008 ± 0.001	0.146 ± 0.010
บ้านปลายงา	0.009 ± 0.001	<0.009
บ้านนาเหนือ	0.015 ± 0.002	0.012 ± 0.004
คลองกกไทรใต้ถนนเพชรเกษม	0.005 ± 0.001	<0.009
คลองปกาศัยใต้ถนนเพชรเกษม	0.012 ± 0.002	0.021 ± 0.005
ช่างเก็บน้ำในเหมือง	0.066 ± 0.003	0.089 ± 0.009
ช่างเก็บน้ำนอกเหมือง	0.030 ± 0.002	0.018 ± 0.006
ปากคลองห้วยเล็ก	0.066 ± 0.003	NA
บ้านคลองแรด	0.036 ± 0.003	NA

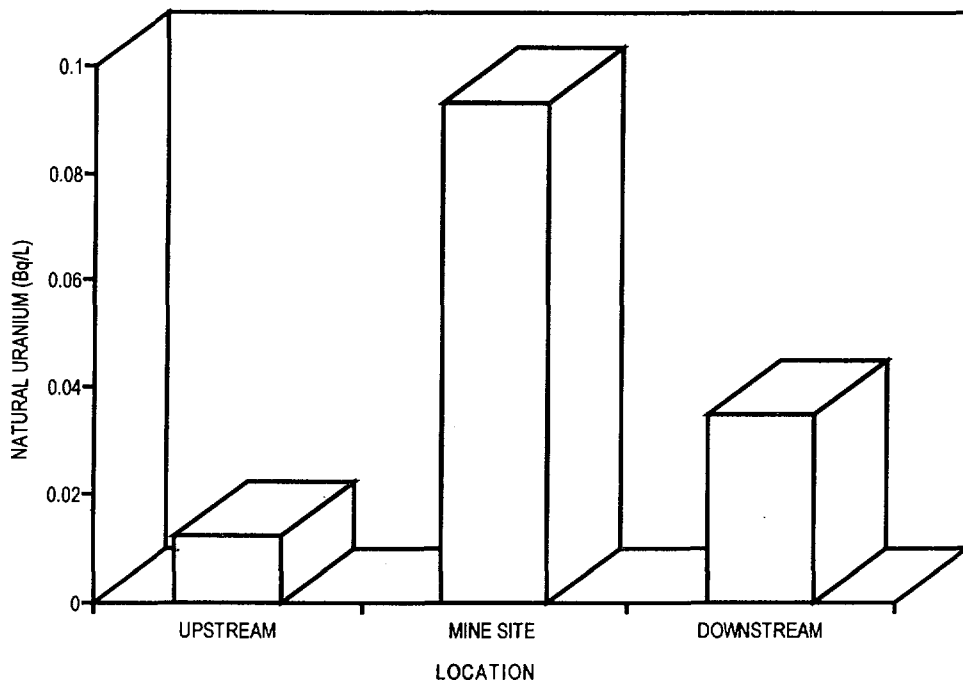
หมายเหตุ NA = ไม่ได้วิเคราะห์ตัวอย่าง (No Analysis)

ตารางที่ 4. ปริมาณคลอไรด์และซัลเฟตไอออนในน้ำผิวดินบริเวณเหมือง

สถานี	ซัลเฟตไอออน	คลอไรด์ไอออน	เรเดียม-226	ยูเรเนียม	สัดส่วน
	มิลลิกรัม/ลิตร	มิลลิกรัม/ลิตร	มิลลิเบคเคอเรล/ลิตร	มิลลิเบคเคอเรล/ลิตร	เรเดียม/ยูเรเนียม
บ้านปกาศัย	100	244	7.1	16.5	0.43
หุมเหมืองบางปุดำ 1	1895	292	35.4	244.0	0.14
หุมเหมืองบางปุดำ 2	1924	250	31.0	365.6	0.08
ซ้่มบางหมาก	741	957	99.0	185.6	0.53
บ่อซี้เฝ้า	1525	9278	146.8	215.4	0.68
ปากทางรับน้ำโรงจักรฯ	1270	11550	54.1	79.1	0.68
คลองบางหมาก	1504	11270	46.7	68.0	0.69
คลองบางยาง	1783	15405	37.9	43.5	0.87



รูปที่ 3 ปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณต้นน้ำเหนือเหมือง, บริเวณในเมืองและบริเวณท้ายน้ำที่ผ่านออกจากเหมือง



รูปที่ 4 ปริมาณยูเรเนียม ในน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณต้นน้ำเหนือเหมือง, บริเวณในเมืองและบริเวณท้ายน้ำที่ผ่านออกจากเหมือง