

การปล่อยแก๊สเรดอนจากวัสดุก่อสร้าง

ไพฑูรย์ วรรณพงษ์*, ธัชพงศ์ ศรีสุวรรณ**, เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์**,
 จญาดา บุญเกียรติ***, สมชัย บวรกิตติ****

บทคัดย่อ

การศึกษาการปล่อยแก๊สเรดอนจากวัสดุก่อสร้างที่มีแก๊สรั่วจากโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหิน และมีฟอสฟอ-
 ยิปซัมจากโรงงานปุ๋ยเคมี พบว่า (๑) แผ่นคอนกรีตที่มีฟอสฟอยิปซัมผสมปล่อยแก๊สเรดอนมากกว่าแผ่นคอนกรีต
 ที่มีแก๊สรั่วผสม, (๒) ผงฟอสฟอยิปซัมปล่อยแก๊สเรดอน ๔๐๗ เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม และผงแก๊สรั่วปล่อยแก๊สเรดอน
 ๒๔ เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม, (๓) ฟอสฟอยิปซัมที่ศึกษามีไอโซโทปรังสีเรเดียม-๒๒๖ มากถึง ๑,๑๑๙ เบคเคอเรล
 ต่อกิโลกรัม และผงแก๊สรั่วมีเรเดียม-๒๒๖ เพียง ๑๙๔ เบคเคอเรลต่อกิโลกรัม จากผลการศึกษารูพบว่าวัสดุ
 ก่อสร้างที่มีฟอสฟอยิปซัมมีอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้สอย และมีศักยภาพก่อกวนสูงกว่าวัสดุก่อสร้างที่มีแก๊ส
 รั่วจากโรงงานใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน

คำสำคัญ : แก๊สเรดอน, วัสดุก่อสร้าง, คอนกรีต, เหล็ก, ฟอสฟอริซึม

ความสำคัญและจุดประสงค์การศึกษา

แก๊สเรดอนเป็นแก๊สธรรมชาติ มีแหล่งกำเนิดในเปลือกโลก อยู่ในหินและดิน มีศักยภาพก่อโรคโดยเฉพาะมะเร็งปอด ในปัจจุบันมนุษย์ต้องสัมผัสแก๊สเรดอนในปริมาณสูงขึ้นจากการตัดแปลงสภาพแวดล้อม และการเสี่ยงสัมผัส จึงมีโอกาสเกิดโรคเหตุความเครียดได้^๑ เช่น การนำวัสดุที่มีสารกำเนิดแก๊สเรดอนมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง และการสร้างอาคารที่อยู่อาศัยให้รับการแทรกซึมของแก๊สใต้ดินได้โดยตรง ประกอบกับเป็นอากาศปิดที่มีการระบายอากาศน้อย เพราะต้องการประหยัดพลังงาน ทำให้มีการสะสมสารพิษเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

การที่กิจกรรมมนุษย์ได้ทำให้ปริมาณรังสีในธรรมชาติ
เพิ่มปริมาณความเข้มข้นขึ้นเรียกกันว่า technically en-

hanced naturally occurring radioactive materials (TENORM) ซึ่งอาจเรียกเป็นภาษาไทยว่า “สารกัมมันตรังสีธรรมชาติเพิ่มปริมาณเหตุเทคนิค” ดังปรากฏในเอกสาร UNSCLEAR 2000^๒

เรเดียม-๒๒๖ เป็นไอโซโทปรังสีในอนุกรมยูเรเนียม-๒๓๘ มีค่าครึ่งชีวิต ๑,๖๒๐ ปี มีปริมาณน้อยมากในสิ่งแวดล้อมทั่วไป แต่มีบางกรณีที่กระบวนการทางอุตสาหกรรมทำให้สะสมเพิ่มขึ้น จึงปลดปล่อยแก๊สเรดอนมากขึ้น เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล, การนำหินฟอสเฟต ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน ได้กรดฟอสฟอริกไปผลิตปุ๋ยเคมี และได้ฟอสฟอริยัมซัลเฟต ($10\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งเป็นผลพลอยได้ ทั้งถ้ำถ่านหินและฟอสฟอริยัมซัลเฟตซึ่งมีเรเดียม-๒๒๖ สะสมอยู่ ซึ่งเมื่อนำไป

* กลุ่มงานวิจัยสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธรแห่งชาติ

**** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**

*** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

***สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสถาน



รูปที่ ๑ ตู้พลาสติกใส่ตัวอย่างวัดแก๊สเรดอน

เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง หรือนำไปใช้ปรับดินให้ร่วนซุย ก็จะก่อการปนเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสีและสารโลหะหนัก ในอาคารและในพืชผักผลไม้

ดังนั้น หากนำวัสดุก่อสร้างที่มีเถาถ่านหิน หรือมี ฟอสฟอริบซัมไปก่อสร้างอาคารก็จะทำให้มีการปลดปล่อย แก๊สเรดอนโดยตรงภายในอาคาร ซึ่งถึงแม้ว่าปริมาณรังสี แกมมาที่ออกจากเรเดียม-๒๒๖ จะน้อยกว่าระดับที่จะก่อ ให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ แต่หากมีการสะสมเนื่องจากการระบายถ่ายเทอากาศในอาคารไม่พอเพียง และมีฝุ่น ละอองสารไอโซโทปรังสีที่เกิดจากการสลายตัวของเรดอน (อายุครึ่งชีวิต ๓.๘๔ วัน) ที่จะสลายตัวต่อไปให้อนุภาค แอลฟาที่มีพลังงานต่างๆ กันซึ่งเมื่อถูกหายใจเข้าไปในร่างกาย มนุษย์ติดต่อกันเป็นเวลานานๆ ก็จะเป็นสาเหตุสำคัญของ มะเร็งปอด โดยเหตุผลเหล่านี้ คณะวิจัยจึงทำการตรวจสอบ ปริมาณแก๊สเรดอนที่ปลดปล่อยจากวัสดุก่อสร้างที่มีเถาถ่าน หินหรือฟอสฟอริบซัมเจือปนอยู่

วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

๑. เถาถ่านหิน

๒. ฟอสฟอริบซัม

๓. ผงปูนซีเมนต์ตราเสือ

๔. แผ่นคอนกรีต ๕
- ได้จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
- ได้จากโรงงานปุ๋ยเคมี
- ได้จากร้านจำหน่าย วัสดุก่อสร้าง ในกรุงเทพฯ
- แผ่น ขนาด ๒๐ × ๒๐ เซนติเมตร × ๕ เซนติเมตร ที่ผลิตให้มีเถาถ่านหินหรือ ฟอสฟอริบซัมในอัตราส่วนร้อยละ ๒๐, ๓๐, ๔๐, ๕๐ และ ๖๐ ตามลำดับ

วิธีการศึกษา

การวัดแก๊สเรดอนปลดปล่อยจากแผ่นคอนกรีต

โดยวางแผ่นคอนกรีตในตู้พลาสติกเนื้อหนา ๘ มิลลิเมตร ขนาด ๔๐ × ๔๐ × ๔๐ เซนติเมตร ฝาปิดเปิดอยู่ด้านบน (รูปที่ ๑) ปิดสนิทอากาศเข้าออกไม่ได้ ทั้งตัวอย่างตรวจไว้ ๒๘ วัน เพื่อให้แก๊สเรดอนที่เกิดขึ้นสมดุลกับเรเดียม-๒๒๖ วัดปริมาณแก๊สเรดอนด้วยมาตรวัดแบบไอออนไนเซชัน ATMOS 12 dpx ผลิตจากประเทศสวีเดน

การวัดแก๊สเรดอนปลดปล่อยจากเถาถ่านหินและ

ผงฟอสฟอริบซัม ใช้ผงตัวอย่าง ๕๐๐ กรัม กองไว้ในถาด โลหะใส่ไว้ในตู้ แล้วดำเนินการเช่นเดียวกับการวัดแก๊ส เรดอนจากแผ่นคอนกรีต

การวัดปริมาณเรเดียม-๒๒๖, ธอเรียม-๒๓๒

และโปแตสเซียม-๔๐ ในผงเถาถ่านหินและผงฟอสฟอริบซัม ในกระปุกความจุ ๔๐๐ ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งได้รับการ ปรับเทียบประสิทธิภาพการวัดแล้ว ทำการวัดปริมาณสาร กัมมันตรังสีด้วยหัววัดสารกึ่งตัวนำเจอร์มานเนียม นาน ๘๐,๐๐๐ วินาที

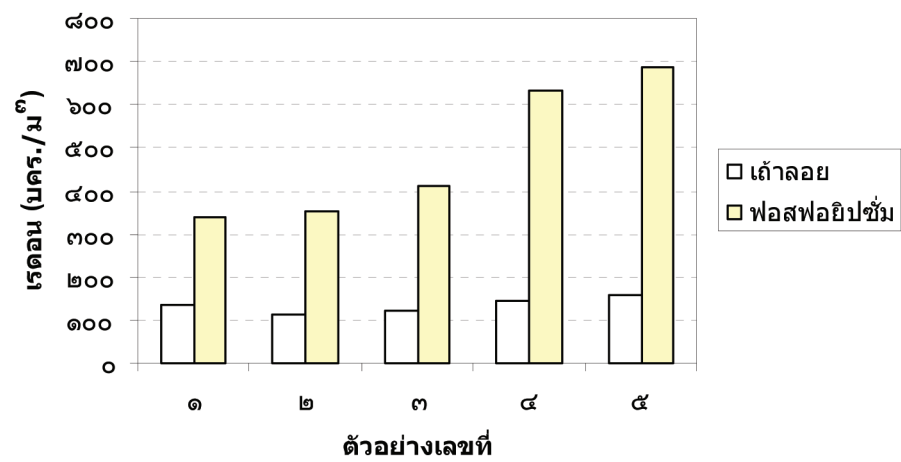
ผลการศึกษา

ค่าแก๊สเรดอนจากตัวอย่างแผ่นคอนกรีต ๕ แบบ แสดงในรูปที่ ๒ และจากผงตัวอย่างแสดงในตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ ผลวัดแก๊สเรดอนภายในตู้พลาสติกที่มีผง ตัวอย่างวางอยู่ ๒๘ วัน

ปริมาณแก๊สเรดอน (บคร./กก.)	
ผงปูนซีเมนต์	๒๒
ผงเถาถ่านหิน	๒๔
ผงฟอสฟอริบซัม	๔๐๓

ค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีเรเดียม-๒๒๖, ธอเรียม-๒๓๒ และโปแตสเซียม-๔๐ ในผงตัวอย่างแสดง ในรูปที่ ๓



รูปที่ ๒ ความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในตู้พลาสติกที่มีแผ่นคอนกรีตตัวอย่างวางอยู่ ๒๘ วัน

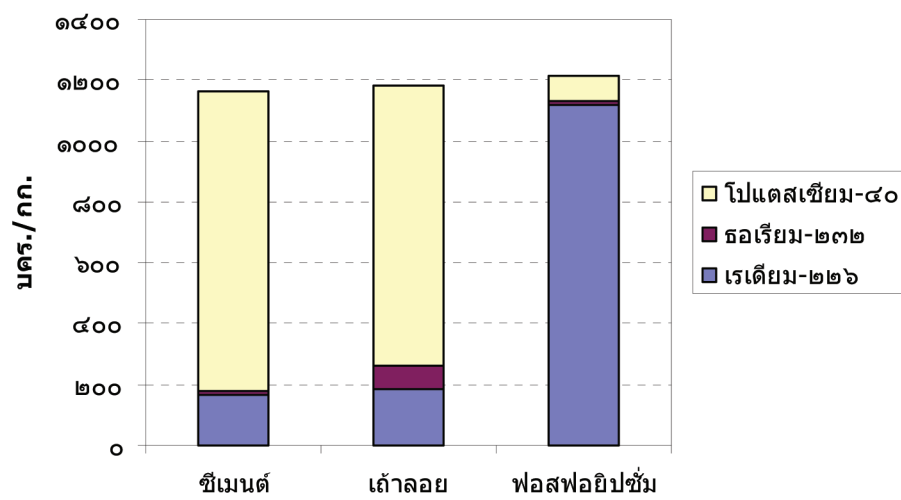
ตัวอย่างเลขที่ ๑: มีแก๊สลอยหรือฟอสฟอริปซัมผสมร้อยละ ๒๐

ตัวอย่างเลขที่ ๒: มีแก๊สลอยหรือฟอสฟอริปซัมผสมร้อยละ ๓๐

ตัวอย่างเลขที่ ๓: มีแก๊สลอยหรือฟอสฟอริปซัมผสมร้อยละ ๔๐

ตัวอย่างเลขที่ ๔: มีแก๊สลอยหรือฟอสฟอริปซัมผสมร้อยละ ๕๐

ตัวอย่างเลขที่ ๕: มีแก๊สลอยหรือฟอสฟอริปซัมผสมร้อยละ ๖๐



รูปที่ ๓ ผลการวัดปริมาณสารกัมมันตรังสี ๓ ชนิด ในตัวอย่างผงปูนซีเมนต์ ผงแก๊สลอย และผงฟอสฟอริปซัม

วิจารณ์

จากรูปที่ ๒ ซึ่งแสดงผลการตรวจปริมาณแก๊สเรดอนปล่อยจากตัวอย่างแผ่นคอนกรีต ๕ แบบ แสดงชัดเจนว่าแผ่นคอนกรีตที่มีฟอสฟอริปซัมในปริมาณต่างๆ กัน ปล่อยแก๊สเรดอนปริมาณมากกว่าที่ปล่อยจากแผ่นผสมแก๊สลอย ซึ่งยืนยันโดยผลการตรวจผงตัวอย่างในตารางที่ ๑ ผลการตรวจสารกัมมันตรังสีที่เป็นผู้ให้กำเนิดแก๊สเรดอนใน

ผงตัวอย่าง (รูปที่ ๓) ก็ช่วยอธิบายสาเหตุที่ค่าการปลดปล่อยแก๊สเรดอนแตกต่างกันระหว่างผลแก๊สลอยกับผงฟอสฟอริปซัม

หากนำผลค่าแก๊สเรดอนปล่อยจากแผ่นคอนกรีตที่ผสมฟอสฟอริปซัมร้อยละ ๕๐ โดยสมมติว่านำไปสร้างอาคารแบบตึกแถว เมื่อนำผลไปคำนวณปริมาณการรับสัมผัสกัมมันตรังสีตลอดเวลา ๑ ปี (๓,๐๐๐ ชั่วโมง) ในห้องที่มี

ผนังและมีการระบายอากาศ ๐.๓๕ ต่อชั่วโมง จะได้ค่ารังสี
ยังผลรายปี (annual effective dose) ที่ผู้อยู่อาศัยจะได้รับ
๓.๒ มิลลิซีเวิร์ต^๓ ซึ่งเกินค่าสูงสุดสำหรับประชาชนทั่วไป
ที่กำหนดไว้เป็น ๑.๐ มิลลิซีเวิร์ตต่อปี^๔ ผลจากการศึกษา
นี้จึงสมควรเป็นข้อพึงสังวรในการใช้วัสดุก่อสร้างที่มีสาร
กัมมันตรังสีปนเปื้อน และอาจเป็นข้อชี้แนะให้ทำการศึกษา
วิจัยในเรื่องนี้ให้กว้างขวางออกไป นอกจากนั้นยังควร
ระมัดระวังการนำอนุพันธ์แร่ใยหินไปใช้บำรุงคุณภาพดิน
เพื่อการเพาะปลูกด้วย

เอกสารอ้างอิง

๑. สมชัย บวรกิตติ. มะเร็งปอด--โรคเหตุความสึ่วไลซ์.
ใน: สมชัย บวรกิตติ, พรชัย สิทธิศรีนัยกุล, นรินทร์
หิรัญสุทธิกุล (บรรณาธิการ). โรคเหตุความสึ่วไลซ์.
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร; ๒๕๔๘ หน้า
๓-๔๔.

๒. United Nations Scientific Committee on the
Effects of Atomic Radiation, UNSCLEAR 2000.
Sources and Effects of Ionizing Radiation. New
York: United Nations Publication; 2000.
๓. ชัยพงษ์ ศรีสุวรรณ. การลดปริมาณก๊าซเรดอนในอาคาร.
กรณีศึกษาอาคารประเภทตึกแถวที่ใช้วัสดุก่อสร้างประเภท
คอนกรีต ซึ่งมีแก๊สเรดอนในดินและฟอสฟอริซึมเป็น
ส่วนผสม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรม-
ศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,
๒๕๔๕.
๔. Recommendations of the International Commis-
sion on Radiological Protection, ICRP Publica-
tion 60, Pergamon Press, England; 1994.

Abstract

Emanation of Radon Gas from Building Materials

Paitoon Wanabongse*, Touchaphong Srisuwan**, Chalermwat Tantasavasdi**, Jayada Boonyakiat***,
Somchai Bovornkitti****

* Research Section on Environment and Safety, Thailand Institute of Nuclear Technology

** Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University

*** Faculty of Architecture and Design, King Mongkut's University of Technology Thonburi

**** The Academy of Science, the Royal Institute

Evaluation of radon gas emanated from industrial by-products, i.e., fly ash from coal-fired power plant and phosphogypsum from fertilizer production plant revealed the following findings: (1) the concrete slab containing phosphogypsum released greater amounts of radon gas than that released from the concrete slab containing fly ash; (2) phosphogypsum powder released radon gas 407 Bq/kg and fly ash released 24 Bq/kg; (3) phosphogypsum contained radium-226 amounts as high as 1,119 Bq/kg, while fly ash contained only 184 Bq/kg; this is the reason explaining the difference in the released amounts of radon gas between the two materials.

Key words: radon gas, building materials, concrete slab, fly ash, phosphogypsum