

บทความวิชาการ

การจัดการกากกัมมันตรังสีในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์
Radioactive Waste Management in Nuclear Medicine

นุชรีย์ พูลเอียด	วท.ม. วิทยาศาสตร์รังสี
ปีติมา รักษาณะ	วท.ม. นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ศุภลักษณ์ รัศมี	วท.บ. เคมีอุตสาหกรรม
กรวิษณุ ถวิลประวัตติ	วท.บ. รังสีเทคนิค

Received January 28, 2026; Revised April 24, 2026; Accepted April 30, 2026

บทคัดย่อ

เวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นสาขาทางการแพทย์ที่มีบทบาทสำคัญในการวินิจฉัยและรักษาโรค โดยการใช้วัสดุกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึกปริมาณน้อยเพื่อสร้างภาพทางการแพทย์ หรือเพื่อการรักษาโรค แม้จะมีประโยชน์ทางคลินิก แต่กระบวนการดังกล่าวก่อให้เกิดกากกัมมันตรังสีทางการแพทย์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพต่อบุคลากรทางการแพทย์ ผู้ป่วย ประชาชนทั่วไป และสิ่งแวดล้อม ทั้งในปัจจุบัน และอนาคต จึงจำเป็นต้องมีการจัดการกากกัมมันตรังสีอย่างถูกต้องและเป็นระบบครอบคลุมตั้งแต่การคัดแยก การจัดเก็บ ไปจนถึงการกำจัดขั้นสุดท้าย รวมถึงแนวทางลดการเกิดกากกัมมันตรังสี ผ่านการวางแผนการใช้สารรังสีอย่างเหมาะสม การควบคุมปริมาณการใช้ และการป้องกันการปนเปื้อนโดยไม่จำเป็น โดยดำเนินการภายใต้แนวทางมาตรฐานสากล และกฎหมายด้านความปลอดภัยทางรังสีของประเทศ เพื่อเป้าหมายสูงสุดคือการลดระดับการได้รับรังสีให้อยู่ในขอบเขตที่ปลอดภัยต่อสุขภาพมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: กากกัมมันตรังสี; การคัดแยกกากกัมมันตรังสี; วัสดุกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึก; สารเภสัชรังสี

Abstract

Nuclear medicine is a medical discipline that plays a significant role in the diagnosis and treatment of diseases through the use of small amounts of unsealed radioactive materials for medical imaging and therapeutic applications. Although it provides substantial clinical benefits, these procedures inevitably generate radioactive medical waste, which may pose potential risks to the health of healthcare personnel, patients, the general public, and the environment, both in the present and in the future. Therefore, the proper and systematic management of radioactive waste is essential, encompassing all stages from segregation and storage to final disposal. This also includes strategies for waste minimization, such as the appropriate planning of radioactive substance utilization, control of administered activity, and the prevention of unnecessary contamination. These practices should be implemented in accordance with international standards and national radiation safety regulations, with the ultimate objective of maintaining radiation exposure within levels that are safe for human health and the environment.

Keywords: Radioactive Waste; Waste Segregation; Unsealed Sources; Radiopharmaceuticals

บทนำ

สารเภสัชรังสีที่ใช้ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ส่วนใหญ่เป็นแบบไม่ปิดผนึก (unsealed source) ทำให้มีโอกาสเปื้อนหรือปนเปื้อนทางรังสีได้ง่าย และก่อให้เกิดกากกัมมันตรังสี

กากกัมมันตรังสี หรือขยะรังสี คือของเสียที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ที่ประกอบหรือปนเปื้อนด้วยกัมมันตรังสีที่ไม่ประสงค์จะใช้งานต่อไป แต่ยังคงมีกัมมันตภาพรังสีระดับสูงกว่าเกณฑ์ปกติที่มีในธรรมชาติ

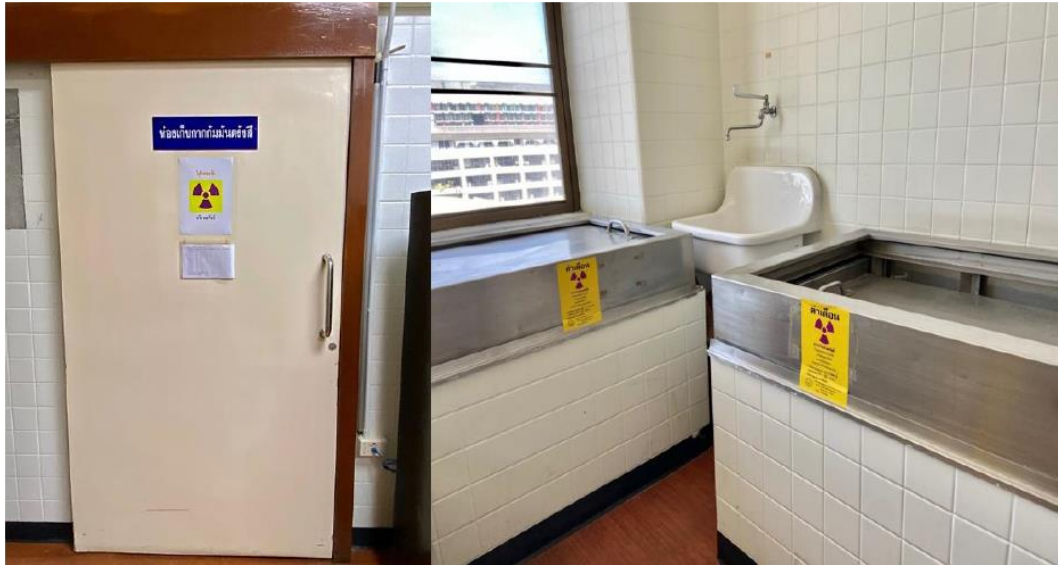
การจัดการกากกัมมันตรังสีในทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นกระบวนการที่สำคัญและซับซ้อน เพื่อความปลอดภัยของบุคลากรทางการแพทย์ ผู้ป่วย ประชาชน และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใช้สารกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึกในการวินิจฉัยและรักษาโรค

1. กากกัมมันตรังสีในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์

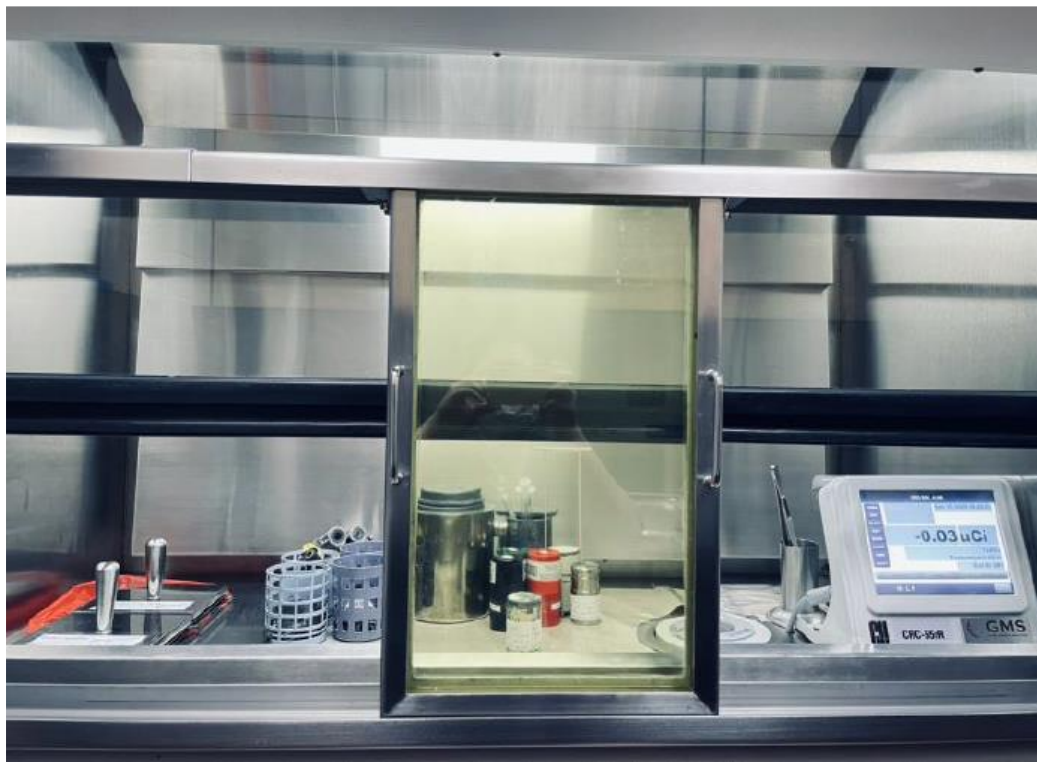
สารเภสัชรังสีเป็นวัสดุกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึก ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเหลว หรือก๊าซ ที่ไม่ถูกบรรจุอยู่ในภาชนะปิดมิดชิดถาวร ผู้ปฏิบัติงานสามารถนำไปใช้กับผู้ป่วยได้โดยการฉีด การกิน หรือการสูดดม สารเหล่านี้จะปลดปล่อยรังสีออกมาขณะที่อยู่ในร่างกายผู้ป่วย เพื่อการวินิจฉัยหรือรักษาโรค วัสดุกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึกมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดกากกัมมันตรังสีทางการแพทย์จากการรั่วไหลหรือฟุ้งกระจายในอากาศได้ง่าย

กากกัมมันตรังสีที่มาจากการใช้ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ คือวัสดุใดๆ ที่สัมผัสหรือเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในการวินิจฉัยหรือรักษาโรค ส่วนใหญ่มาจาก

- 1.1 สารกัมมันตรังสีที่เหลือจากการใช้งาน เช่น สารเภสัชรังสี (radiopharmaceuticals) ที่ฉีดเข้าไปในร่างกายผู้ป่วย เพื่อการวินิจฉัยหรือรักษาโรค เช่น ไอโอดีน-131 (I-131) สำหรับวินิจฉัยหรือรักษาโรคเกี่ยวกับไทรอยด์ เทคนีเชียม-99เอ็ม (Tc-99m) สำหรับการตรวจวินิจฉัยต่างๆ
 - 1.2 ของเหลว หรือสารคัดหลั่ง ที่ขับออกจากผู้ป่วยที่ได้รับสารกัมมันตรังสีเข้าสู่ร่างกายผ่านทางระบบท่อน้ำทิ้งของโรงพยาบาล ก่อนทิ้งออกสู่สาธารณะ
 - 1.3 ขยะที่เป็นของเสีย ทั้งที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อ รวมทั้งขยะเศษอาหารจากห้องพักรักษาผู้ป่วยที่ได้รับสารกัมมันตรังสีเพื่อการวินิจฉัยและรักษาโรค
 - 1.4 น้ำเสียที่เกิดจากการซักล้าง การทำความสะอาดภาชนะ อุปกรณ์ หรือเครื่องแต่งกายที่สัมผัสกับผู้ป่วยที่ได้รับสารกัมมันตรังสีเพื่อการวินิจฉัยและรักษาโรค
 - 1.5 ขยะอื่น ๆ เช่น ขวดหรือหลอดบรรจุสารกัมมันตรังสีที่ใช้งานแล้ว, กระจกนิรภัยเสริมชนิดยา ที่ใช้ฉีดสารเภสัชรังสี, ถุงมือที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี, สำลี กระดาษซับและผ้าก๊อซ ที่ใช้เช็ดหรือทำความสะอาดบริเวณที่ปนเปื้อน เป็นต้น
2. พื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับกากกัมมันตรังสี
 - 2.1 ห้องเก็บกากกัมมันตรังสี หรือพื้นที่เก็บสารกัมมันตรังสี
 - 2.2 บริเวณที่ใช้เตรียมสารเภสัชรังสี
 - 2.3 บริเวณที่ใช้บริหารสารเภสัชรังสีแก่ผู้ป่วย เช่น บริเวณที่ใช้ในการบริหาร ไอโอดีนรังสี (I-131) แก่ผู้ป่วยไทรอยด์
 - 2.4 ห้องพักรักษาผู้ป่วยที่รับสารกัมมันตรังสีเพื่อการรักษา ประกอบด้วยฉากตะกั่วกั้นรังสีระหว่างผู้ป่วยกับแพทย์ และพยาบาลเมื่อต้องเข้ามาในห้องพักรักษาผู้ป่วย
 - 2.5 ห้องน้ำสำหรับผู้ป่วยที่รับสารกัมมันตรังสีเพื่อการรักษา ควรเป็นพื้นที่ที่โล่ง และทำความสะอาดง่าย
 3. บุคคลที่เกี่ยวข้องกับกากกัมมันตรังสีและบทบาทหน้าที่
 - 3.1 นักฟิสิกส์การแพทย์ ทำหน้าที่ตรวจสอบความแรงรังสีที่ผิวถุงขยะก่อนคัดแยก หรือกำจัดทิ้ง
 - 3.2 เจ้าหน้าที่เก็บและทิ้งขยะ ทำหน้าที่คัดแยกประเภทของขยะ และเก็บรวบรวมไว้ในพื้นที่สำหรับเก็บกากกัมมันตรังสี
 - 3.3 บุคคลที่ทิ้งกากกัมมันตรังสี เช่น แพทย์ พยาบาล ผู้เตรียมสารเภสัชรังสี ผู้ป่วยหรือญาติผู้ป่วย ต้องแยกประเภทของกากกัมมันตรังสีก่อนทิ้งให้ถูกต้อง



ภาพที่ 1 ห้องเก็บกากกัมมันตรังสี แสดงบ่อพักกากรังสี แยกตามค่าครึ่งชีวิตของสารกัมมันตรังสี



ภาพที่ 2 ตู้ดูดควันสำหรับเตรียมสารเภสัชรังสี ชนิดมีคาร์บอนฟิลเตอร์ ตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการทางรังสี



ภาพที่ 3 ตู้ดูดควันสำหรับบริหารสารเภสัชรังสี ชนิดมีคาร์บอนฟิลเตอร์ ตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการทางรังสี



ภาพที่ 4 ห้องพักผู้ป่วยที่รับสารกัมมันตรังสีเพื่อการรักษา



ภาพที่ 5 ห้องน้ำผู้ป่วย

4. วัตถุประสงค์ของการจัดการกากกัมมันตรังสี

- 4.1 เพื่อกำหนดหลักเกณฑ์ในการจัดการและการขจัดกากกัมมันตรังสี ประเภทก๊าซของเหลว หรือของแข็ง ที่มาจากการใช้ทางการแพทย์ด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์
- 4.2 เพื่อกำหนดหลักเกณฑ์การจัดการและการขจัดกากกัมมันตรังสีที่เป็นต้นกำเนิดรังสีชนิดปิดผนึก (sealed sources)

5. อุปกรณ์ / เครื่องมือ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกากกัมมันตรังสี

อุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกากกัมมันตรังสีในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับมาตรฐานสากล โดยสามารถจำแนกตามการใช้งานดังนี้

5.1 อุปกรณ์สำหรับการแยก และบรรจุกากกัมมันตรังสี

- 1) ถังหรือภาชนะเฉพาะ (Radioactive waste containers) ใช้สำหรับบรรจุกากกัมมันตรังสีโดยแยกตามประเภท เช่น ของแข็ง ของเหลว โดยมีคุณสมบัติป้องกันการรั่วไหลและการแผ่รังสี
- 2) ถุงขยะ ที่มีสัญลักษณ์รังสี และใช้แยกประเภทของกากกัมมันตรังสีตั้งแต่ต้นทาง
- 3) ภาชนะสำหรับทิ้งของมีคม เช่น เข็ม หรืออุปกรณ์ที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บ และปนเปื้อนรังสี

5.2 เครื่องมือวัดและสำรวจปริมาณรังสี

- 1) เครื่องวัดปริมาณรังสีเฉพาะบุคคล (Personal Radiation Dosimeter) คือ อุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับ โดยอาศัยวัสดุที่สามารถกักเก็บพลังงานจากรังสีไว้ภายในโครงสร้างผลึก เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงเลเซอร์หรือแสงความยาวคลื่นเฉพาะ วัสดุจะปล่อยแสงเรืองออกมา ซึ่ง ความเข้มของแสง นี้ มีความสัมพันธ์กับปริมาณรังสีที่ได้รับ
- 2) เครื่องวัดรังสีชนิดอ่านค่าเป็นตัวเลขได้ทันที (Electronic personal dosimeter) คือ อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณรังสีสำหรับบุคลากรที่สามารถ แสดงค่ารังสีแบบเรียลไทม์ บนหน้าจอดิจิทัล ผู้ใช้สามารถอ่านค่าปริมาณรังสีที่ได้รับทันทีขณะทำงานในบริเวณที่มีโอกาสได้รับรังสีปริมาณสูง ไม่ต้องรอส่งแผ่นไปอ่านค่าภายนอก
- 3) เครื่องสำรวจรังสี Survey meter คือ เครื่องมือสำหรับตรวจวัดระดับรังสีในสิ่งแวดล้อมแบบทันที ชนิด GM Counter ที่ผ่านการสอบเทียบประจำปีจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติหรือหน่วยงานที่ได้รับ การรับรองมาตรฐานการตรวจสอบเช่นสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ใช้

สำรวจ ตรวจสอบ และประเมินพื้นที่ที่มีรังสี

- 4) เครื่องวัดปริมาณรังสีปนเปื้อนบนพื้นผิว (Surface Contamination Meter) คือ เครื่องวัดปริมาณรังสีปนเปื้อนบนพื้นผิว เช่น พื้นห้อง โตะปฏิบัติงาน พื้นผิวอุปกรณ์ เครื่องมือ เสื้อผ้า หรือผิวหนังผู้ปฏิบัติงาน

5.3 อุปกรณ์ป้องกันรังสี

- 1) ถุงมือป้องกันการปนเปื้อน
- 2) เสื้อคลุม
- 3) ฉากตะกั่ว

5.4 สถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการจัดเก็บกากกัมมันตรังสี

- 1) ห้องหรือพื้นที่เฉพาะสำหรับเก็บของเสียจนกว่ากัมมันตภาพจะลดลง
- 2) ตู้ตะกั่ว เพื่อลดการแผ่รังสีออกสู่ภายนอก
- 3) ถังเก็บกากกัมมันตรังสีที่เป็นของเหลว เช่น ปัสสาวะจากผู้ป่วย

5.5 อุปกรณ์ติดตามและบันทึกข้อมูล

- 1) ป้ายสัญลักษณ์รังสี ที่ระบุ รหัส ชื่อ สารกัมมันตรังสี วันที่ตรวจสอบ วันที่สามารถกำจัดได้
- 2) ไบบันทึกประวัติการจัดเก็บ

5.6 ชุดอุปกรณ์สำหรับชำระการปนเปื้อน (decontamination box) เช่น ถุงมือ ถุงคลุม รองเท้า กระดาษชำระ สบู่เหลว และขวดน้ำ คีมคีบ ถุงขยะปกติและถุงขยะติดเชื้อ ถุงพลาสติก หนัวยาง เทปกาว ปากกาเคมี

ดินสอหรือปากกา สมุดบันทึก แผ่นพลาสติก กรรไกร เข็มหรือสายวัด ป้ายเดือน เขียนว่า “บริเวณรังสี” เป็นต้น

6. หลักการพื้นฐานในการจัดการกากกัมมันตรังสี

การจัดการกากกัมมันตรังสีทางการแพทย์มีหลักการสำคัญที่อ้างอิงตามมาตรฐานสากล เพื่อลดการสัมผัสรังสีให้น้อยที่สุด (ALARA principle: As Low As Reasonably Achievable) และป้องกันการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี

6.1 การแยกประเภทและคัดแยก (Segregation) กากกัมมันตรังสีจะต้องถูกแยกออกจากขยะทั่วไปทันที ณ แหล่งกำเนิด เพื่อป้องกันการปนเปื้อน และลดปริมาณกากกัมมันตรังสีที่ไม่จำเป็น

- 1) ขยะไม่มีรังสี หรือขยะอื่นๆ จะถูกแยกเป็นขยะทั่วไปและขยะติดเชื้อ โดยขยะทั่วไปจะคัดแยกใส่ถุงขยะแห้งสีเหลือง และขยะติดเชื้อจะคัดแยกใส่ถุงขยะติดเชื้อสีส้ม
- 2) กากกัมมันตรังสี จะแยกตามประเภทของกากกัมมันตรังสี (ของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ กากกัมมันตรังสีติดเชื้อ/ไม่ติดเชื้อ) แยกตามชนิดของสารกัมมันตรังสี และค่าครึ่งชีวิตของสารกัมมันตรังสี เช่น I-131, Tc-99m เป็นต้น และทิ้งขยะแต่ละประเภท (เข็ม, กระจกฉีดยา, ถุงมือยาง, ขยะไม่มีรังสี) ลงในภาชนะที่กำหนด

เท่านั้น โดยอ่านป้ายที่ติดกำกับไว้ตรงที่เก็บขยะและทิ้งให้ถูกต้อง

- 6.2 จำกัดการเกิดกากให้น้อยที่สุด (Minimization) โดยพยายามลดปริมาณกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตั้งแต่การเลือกใช้สารกัมมันตรังสี การวางแผนการทำงาน และการใช้ซ้ำหรือการแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
- 6.3 การทำให้เข้มข้นแล้วเก็บรวบรวม (Concentrate and Contain) สำหรับกากที่มีกัมมันตภาพสูงหรือมีครึ่งชีวิตยาวนาน (long half-life) จะต้องผ่านการทำให้เข้มข้นเพื่อลดปริมาตร และจัดเก็บในภาชนะที่ปลอดภัย มีการกำบังรังสีที่เหมาะสม
- 6.4 การเก็บแบบถ่วงเวลาให้นานขึ้นเพื่อปล่อยให้สารกัมมันตรังสีสลายตัวไปเอง (Delay and Decay) กากกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตสั้น (เช่น Tc-99m ที่มีครึ่งชีวิตประมาณ 6 ชั่วโมง) สามารถเก็บพักไว้ในพื้นที่ควบคุม และมีการป้องกันรังสีที่เหมาะสม เพื่อรอเวลาจนกว่าระดับกัมมันตภาพรังสีจะลดลงถึงเกณฑ์ที่ปลอดภัยก่อนจะนำไปจัดการในรูปแบบขยะทั่วไปได้
- 6.5 การทำให้เจือจางแล้วระบายทิ้ง (Dilute and Disperse) สำหรับกากที่มีกัมมันตภาพต่ำและมีครึ่งชีวิตสั้น สามารถทำให้เจือจางและระบายทิ้งได้ โดยต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยตามที่กฎหมายกำหนด

6.6 การบันทึกและติดตาม (Record Keeping and Monitoring) การบันทึกข้อมูลปริมาณขยะ, ประเภท และวิธีการจัดการเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้สามารถติดตามและ

ตรวจสอบย้อนหลังได้ รวมถึงการเฝ้าระวังระดับรังสีในพื้นที่จัดเก็บ

ตารางที่ 1 ขีดจำกัดการปนเปื้อนทางรังสี โดยอ้างอิงตามกฎกระทรวง ความปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561⁽⁴⁾

ชนิดของรังสี	ขีดจำกัดการปนเปื้อนทางรังสี (Bq/cm ²)	
	พื้นที่ควบคุม	พื้นที่ตรวจตรา
รังสีบีตา รังสีแกมมา และรังสี แอลฟาที่มีความเป็นพิษต่ำ	4	0.4
รังสีแอลฟาอื่น ๆ	0.4	0.04



ภาพที่ 6 ขยะไม่มีรังสีแยกเป็นขยะทั่วไปใส่ถุงสีเหลือง และขยะติดเชื้อใส่ถุงสีส้ม



ภาพที่ 7 ภาชนะแยกกากกัมมันตรังสีตามประเภทของกากกัมมันตรังสี

7. แนวทางการจัดการกากกัมมันตรังสีในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ตามข้อเสนอแนะ โดยทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA Safety Standards Series No. SSG-46) [1]

กากกัมมันตรังสีในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นกากรังสีครึ่งชีวิตสั้น บางชนิดสามารถจัดประเภทเป็นขยะทั่วไปได้หลังการกักเก็บชั่วคราวให้สลายตัวในระยะเวลาสั้นๆ และผ่านมาตรฐานการทิ้งกากกัมมันตรังสี โดยมีเกณฑ์พิจารณาก่อนจัดเก็บดังนี้

- 7.1 มีห้องกักเก็บรังสีชั่วคราว แยกจากบริเวณอื่นชัดเจน มีการระบายอากาศที่ดี
- 7.2 ภาชนะที่จัดเก็บต้องเหมาะสมทั้งขนาด ปริมาตร มีกำบังรังสี และป้องกันการรั่วซึม
- 7.3 มีบันทึกการจัดเก็บ ระบุที่มาของกากกัมมันตรังสี แยกประเภทตามช่วงเวลารอการสลายตัว และสถานะทางกายภาพของ กากรังสี โดยพิจารณาจากความแรงรังสีเริ่มต้นและครึ่งชีวิต ตัวอย่างสถานะทางกายภาพได้แก่
 - 1) ขวด (vials) ที่ยังมีสารกัมมันตรังสีตกค้าง
 - 2) ของเสียทางชีวภาพ (biological wastes) ที่รอการย่อยสลาย
 - 3) ขยะติดเชื้อ (infectious waste) ที่ต้องผ่านการทำให้ปลอดเชื้อ
 - 4) เศษแก้ว กระบอกและเข็มฉีดยาที่ต้องแยกภาชนะเก็บ
 - 5) เครื่องกำเนิดรังสี ไอโอดีน-131 (Radionuclide generator)

6) ผ้าปูที่นอนจากห้องพักผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยรังสีไอโอดีน-131

7.4 การจัดการกากกัมมันตรังสีชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์

- 1) การทิ้งกากกัมมันตรังสีครึ่งชีวิตยาว ให้พิจารณาจากความแรงรังสีเริ่มต้นและครึ่งชีวิต ภายใต้คำแนะนำจากเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีของหน่วยงาน รังสีไอโอดีน-131 ที่ใช้ในการรักษา
- 2) รังสีไอโอดีน-131 ที่ใช้ตรวจวินิจฉัยส่วนใหญ่คือ เทคนีเชียม-99เอ็ม ครึ่งชีวิต 6 ชั่วโมง สามารถกักเก็บไว้ในเวลาสั้น ๆ 2.5 วัน (ประมาณ 10 ครึ่งชีวิต หรือมี สัดส่วนอัตราการสลายตัวเท่ากับ 1000)
- 3) การจัดการเทคนีเชียม-เจนเนอเรเตอร์ มี 2 ทางเลือกคือ
 - ก. ส่งคืนให้กับบริษัทผู้ทำหน้าที่จัดหาและส่งมอบสินค้าตามมาตรฐานการเคลื่อนย้ายวัสดุกัมมันตรังสี
 - ข. กักเก็บรอการสลายตัว โมลิบดีนัม-99 ใน เทคนีเชียม-เจนเนอเรเตอร์ มีครึ่งชีวิต 2.75 วัน ระยะเวลาที่กักเก็บอยู่ระหว่าง 1.5-2 เดือน ขึ้นอยู่กับความแรงรังสีเริ่มต้น หลังแยกคอลัมน์ออกจากตะกั่วกำบังรังสี ควร

- ตรวจสอบว่ามีการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีอายุยาวนานหรือไม่ ถ้าไม่มี ให้เอาป้ายที่ติดฉลากวัสดุกัมมันตรังสีออก และจัดทิ้งเป็นขยะทั่วไป
- 4) กากกัมมันตรังสีจาก ฟลูออรีน-18 ครึ่งชีวิต 110 นาที กำจัดได้หลัง 24 ชั่วโมง
 - 5) กระจกและเข็มฉีดยาที่ใช้แล้วควรเก็บรวบรวมในภาชนะอยู่ในบริเวณที่มีกัมมันตรังสีใกล้เคียงบริเวณเตรียมสารเภสัชรังสี เมื่อเต็มแล้วปิดผนึกให้เรียบร้อย ติดฉลากวันที่ทิ้งได้ให้ชัดเจน ตรวจสอบอัตราการแผ่รังสีภายนอกก่อนทิ้งเมื่ออัตราการแผ่รังสีเท่ากับระดับรังสีพื้นหลัง หรือไม่เกิน 5 ไมโครซีเวิร์ทต่อชั่วโมง
 - 6) ขวดยาที่มีสารกัมมันตรังสีตกค้าง เช่น เทคนีเชียม-99เอ็ม, แกลเลียม-67, อินเดียม-111, ไอโอดีน-123, ไอโอดีน-131, ฟอสฟอรัส-32, สตรอนเชียม-89 และแทลเลียม-201 เป็นต้น ให้เก็บในภาชนะอยู่ภายในบริเวณที่มีกัมมันตรังสีเช่นเดียวกับ กระจกและเข็มฉีดยา แยกประเภทตามครึ่งชีวิต
 - 7) กากกัมมันตรังสีที่เป็นราดิโอไอโนวไคลด์อายุยาว ปริมาณน้อย เช่น เจอร์เมเนียม-68 ครึ่งชีวิต 271 วัน ควรแยกเก็บ
 - 8) ถุงมือและกระดาษที่ใช้ปูรองบริเวณทำงาน ให้เก็บในถุงพลาสติกรวบรวมไว้ใกล้เคียงบริเวณเตรียมสารเภสัชรังสี เมื่อเต็มแล้ว รอเวลาสลายตัว ตรวจวัดอัตราการแผ่รังสีที่พื้นผิว ก่อนทิ้งเป็นขยะทั่วไป
 - 9) ต้นกำเนิดรังสีชนิดปกปิด ที่ใช้สอบเทียบเครื่องวัดความแรงรังสี (activity meter) เพื่อใช้ควบคุมคุณภาพเครื่องมือทั้งเครื่องวัดรังสี และเครื่องถ่ายภาพรังสีเช่น แกมมา คาเมรา หรือใช้ทำเครื่องหมายทางกายวิภาค (anatomical marking) บนภาพสแกน ควรจัดทิ้งตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีของหน่วยงานตามเกณฑ์มาตรฐาน
 - 10) สิ่งขับถ่ายจากผู้ป่วย เช่น ปัสสาวะ ที่ปนเปื้อน ไอโอดีน-131 ถ้าใช้ในการตรวจวินิจฉัย ไม่จำเป็นต้องกักเก็บ ผู้ป่วยสามารถขับถ่ายลงโถปัสสาวะได้เลย ส่วนผู้ป่วยที่ได้รับการรักษา ยังคงใช้หลักการเจือจางหรือพักรอการสลายตัวโดยผ่านท่อระบายจากห้องพักรักษาผู้ป่วย เข้าสู่บ่อพักแบบต่อเนื่องหลายบ่อก่อนสูบทิ้งสู่ท่อระบายสาธารณะ ระบบจะออกแบบสำหรับกักเก็บสิ่งขับถ่ายจากผู้ป่วยโดยเฉพาะแยกจากผู้ป่วยทั่วไป แต่มีข้อควรระวังคือไม่ทิ้งลงสู่พื้นที่ทำเกษตรกรรม ระดับการ

ปนเปื้อน ไอโอดีน-131 ที่ตกลงสู่แม่น้ำ ไม่ควรเกินเกณฑ์มาตรฐานคือ 0.04 เบ็กเคอเรลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (0.04 Bq/cc)

- 11) การจัดการกากกัมมันตรังสีสำหรับผู้ป่วยกลับบ้านหลังได้รับการรักษาด้วยรังสีไอโอดีน-131 ควรแนะนำให้ผู้ป่วยกั้นน้ำทิ้งชำระโถส้วมหลังใช้งาน ระวังของเหลวกระเด็นเปื้อนเปื้อนเป็นบริเวณกว้าง และทำความสะอาดฝักบัวและอ่างอาบน้ำทุกครั้งหลังใช้งาน ควรแยกทำความสะอาดเสื้อผ้าจากคนอื่นๆ ในบ้าน

การจัดการกากกัมมันตรังสีในทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นกระบวนการที่สำคัญและซับซ้อน เพื่อความปลอดภัยของบุคลากรทางการแพทย์ ผู้ป่วย ประชาชน และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใช้สารกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึกในการวินิจฉัยและรักษาโรค

เมื่อกากกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้นสลายตัวจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐานแล้ว จะสามารถนำไปทิ้งร่วมกับขยะทั่วไปได้ ส่วนกากที่มีกัมมันตภาพรังสีสูงหรือมีครึ่งชีวิตยาวจะต้องถูกบรรจุในภาชนะที่ทนทานเป็นพิเศษ และขนส่งไปยังสถานที่กำจัดกากกัมมันตรังสีแบบถาวร และการขนส่งกากกัมมันตรังสีต้องเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยสากล เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยสูงสุดตลอดเส้นทาง

มาตรฐาน และข้อบังคับในประเทศไทย

ในประเทศไทย การจัดการกากกัมมันตรังสีทางการแพทย์อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องคือ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส.) ซึ่งมีบทบาทในการออกกฎหมาย ข้อบังคับ และให้คำแนะนำด้านความปลอดภัยทางรังสี รวมถึงการอนุญาต และการตรวจสอบสถานพยาบาลที่ใช้สารกัมมันตรังสี เพื่อให้มั่นใจว่าการปฏิบัติงานทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยระดับประเทศและสากล

ระดับค่ากัมมันตภาพของวัสดุที่ประกอบหรือปนเปื้อนด้วยวัสดุกัมมันตรังสีที่อยู่ภายใต้การควบคุมตามกฎหมายกระทรวงการจัดการกากกัมมันตรังสี พ.ศ. 2561[1]

การจัดการกากกัมมันตรังสีตามกฎหมายกระทรวง เรื่องการจัดการกากกัมมันตรังสี คือ กระบวนการรวบรวม คัดแยก จำแนก จัดเก็บ บำบัด ปรับสภาพ หรือขจัดกากกัมมันตรังสี และให้หมายความรวมถึงการขนส่งและการดำเนินการใด ๆ ในระหว่างกระบวนการดังกล่าวด้วย ซึ่งการจัดการกากกัมมันตรังสี ทำได้โดยการจัดเก็บกากกัมมันตรังสีในสถานที่หรือที่จัดตั้งใดที่หนึ่งที่เหมาะสมตามที่ระบุไว้ในใบอนุญาตโดยไม่ประสงค์จะให้มีการนำกากกัมมันตรังสีมาดำเนินการอื่นใดอีก

ระดับค่ากัมมันตภาพของวัสดุที่ประกอบหรือปนเปื้อน ด้วยวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่อยู่ภายใต้การควบคุมตามพระราชบัญญัตินี้ สามารถปลดออกจากการกำกับดูแลหรือปล่อยทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ตามที่คณะกรรมการประกาศกำหนด และต้องควบคุมให้เกิดการปล่อยทิ้งกากกัมมันตรังสีให้น้อยที่สุดทั้งในเชิงปริมาณ และความเข้มข้น โดยการจัดเก็บเพื่อรอการสลายตัว การทำให้เจือจาง หรือวิธีอื่นที่เหมาะสม

เพื่อเลี้ยงหรือลดผลกระทบทางรังสีต่อประชาชน และ
สิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องควบคุมการปล่อยทิ้งกากกัมมันต-

รังสีเพื่อป้องกันมิให้ประชาชนและผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้รับ
รังสีเกินกว่า 0.3 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

ตารางที่ 2 เกณฑ์ปลอดภัยสำหรับวัสดุที่ประกอบหรือปนเปื้อนด้วยวัสดุกัมมันตรังสีหรือวัสดุนิวเคลียร์ในรูปของแข็ง
ของเหลว หรือก๊าซที่มีปริมาณไม่เกิน 3 ตัน (ประกาศคณะกรรมการพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ เรื่อง เกณฑ์ปลอดภัย พ.ศ.
2562)⁽²⁾

นิวไคลด์กัมมันตรังสี		ค่ากัมมันตภาพต่อปริมาณ (เบ็ก เคอเรลต่อกรัม)	กัมมันตภาพรวม (เบ็กเคอเรล)
ฟลูออรีน-18	F-18	1×10^1	1×10^6
โคบอลต์-57	Co-57	1×10^2	1×10^6
โคบอลต์-60	Co-60	1×10^1	1×10^5
แกดเลียม-67	Ga-67	1×10^2	1×10^6
แกดเลียม-68	Ga-68	1×10^1	1×10^5
เทคนิเชียม-99เอ็ม	Tc-99m	1×10^2	1×10^7
ไอโอดีน-131	I-131	1×10^2	1×10^6
ซีเซียม-137	Cs-137	1×10^1	1×10^4
ลูทีเชียม-177	Lu-177	1×10^3	1×10^7
เรเดียม-223	Ra-223	1×10^2	1×10^5
แอกทิเนียม-225	Ac-225	1×10^1	1×10^4

แม้จะมีแนวปฏิบัติที่ชัดเจน แต่การจัดการกาก
กัมมันตรังสีทางการแพทย์ยังคงมีความยากอยู่อีกหลาย
ประการ เช่น

1. การเพิ่มขึ้นของการใช้สารเภสัชรังสี อัน
เป็นผลมาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี
ด้านการวินิจฉัยและการรักษา ส่งผลให้
ปริมาณกากกัมมันตรังสีเพิ่มสูงขึ้นอย่าง
ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดภาระต่อระบบการ
จัดเก็บ การควบคุม และการกำจัดกาก

กัมมันตรังสี โดยเฉพาะในสถานพยาบาลที่
มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ และทรัพยากร

2. การจัดการกากกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิต
ยาว ไม่สามารถใช้วิธีการเก็บรอกการ
สลายตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมือนสาร
กัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น สาร
กัมมันตรังสีบางชนิดมีค่าครึ่งชีวิตยาวมาก
ซึ่งต้องการการจัดเก็บที่ปลอดภัยในระยะ
ยาวและมีค่าใช้จ่ายสูงในการดำเนินการ

3. การจัดอบรมและพัฒนาศักยภาพของบุคลากรอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการจัดการกากกัมมันตรังสีต้องอาศัยทั้งความรู้ทางวิชาการ ความเข้าใจในมาตรฐานสากล และทักษะในการปฏิบัติงานจริง หากบุคลากรขาดความรู้หรือไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ถูกต้อง อาจนำไปสู่ความเสี่ยงด้านการปนเปื้อน การได้รับรังสีเกินขีดจำกัด และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

บทสรุป

สารกัมมันตรังสีมีบทบาทสำคัญ และถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในหลายสาขาทั่วโลก โดยเฉพาะด้านการแพทย์ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการวินิจฉัยและรักษาโรค แม้จะก่อให้เกิดอันตรายต่อทั้งมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ดังนั้น การจัดการกากกัมมันตรังสีอย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อน และการได้รับรังสี

การจัดการกากกัมมันตรังสีที่มีประสิทธิภาพ ต้องอาศัยการควบคุมทางเทคนิค การปฏิบัติตามกฎหมาย และการสร้างความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัยแก่บุคลากร เพื่อให้กากกัมมันตรังสีได้รับการกำจัดอย่างปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

การจัดการกากกัมมันตรังสีเป็นกระบวนการสำคัญในการป้องกันอันตรายต่อบุคลากร สิ่งแวดล้อม และสังคม โดยต้องอาศัยหลักการควบคุมรังสีที่เป็นมาตรฐาน กากกัมมันตรังสีจะถูกจำแนกตามชนิดระดับกัมมันตภาพ และอายุการสลายตัวของสาร

กัมมันตรังสี ก่อนดำเนินการเก็บ บรรจุ ติดย้าย และจัดเก็บอย่างถูกต้องตามหลักความปลอดภัย เพื่อป้องกันการปนเปื้อน และจำกัดการแพร่กระจายของรังสี

ระบบการจัดการที่เป็นระบบจะสามารถช่วยให้มั่นใจได้ว่ากากกัมมันตรังสีทางการแพทย์จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ในอนาคตยังคงคาดหวังว่าจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น การลดปริมาณกากกัมมันตรังสี การรีไซเคิล และกระบวนการบำบัดที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะช่วยสร้างระบบจัดการกากกัมมันตรังสีที่ยั่งยืนได้ การประสานงานระหว่างภาครัฐ สถานพยาบาล และสถาบันการศึกษา เป็นปัจจัยสำคัญในการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยทางรังสี

ในทุกขั้นตอนการกำจัดกากกัมมันตรังสีต้องยึดหลัก ALARA (As Low As Reasonably Achievable) โดยลดเวลาการปฏิบัติงานกับกากกัมมันตรังสี เพิ่มระยะห่าง และใช้เครื่องป้องกันอย่างเหมาะสม พร้อมบันทึกข้อมูลการจัดการทุกขั้นตอนอย่างมีระบบ เพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ การจัดการกากกัมมันตรังสีที่มีประสิทธิภาพจึงต้องอาศัยทั้งหลักการที่ถูกต้อง การปฏิบัติตามกฎหมาย และการสร้างความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัย เพื่อให้การกำจัดกากกัมมันตรังสีเป็นไปอย่างปลอดภัยต่อทั้งมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.พญ.เบญจจาภา เขียวหวาน ที่ได้ให้การสนับสนุนให้บุคลากรได้มีการพัฒนาคุณภาพของงานโดยการทำงานวิจัย ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์มลลิตี ตันตวิรุพห์ และคณาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย

ทางรังสีทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ด้วยความเมตตาและเอาใจใส่ ส่งผลให้บทความฉบับนี้มีความสมบูรณ์ถูกต้อง และสอดคล้องกับมาตรฐานสากล

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัว รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านซึ่งมิได้เอ่ยนาม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน จนทำให้บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. International Atomic Energy Agency. Radiation protection and safety in medical uses of ionizing radiation: safety standards for protecting people and the environment. Vienna: IAEA; 2018. (Specific Safety Guide No. SSG-46).
2. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. ประกาศคณะกรรมการพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ เรื่อง เกณฑ์ความปลอดภัย พ.ศ. 2562. กรุงเทพฯ: สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ; 2562. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136 ตอนพิเศษ 303 ง (ประกาศ ณ วันที่ 18 ตุลาคม 2562).
3. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. พระราชบัญญัติพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ พ.ศ. 2559 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติมใหม่ล่าสุด พ.ศ. 2562). กรุงเทพฯ: สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ; 2559. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนที่ 67 ก หมวด 6 หน้า 66–69 (ประกาศ ณ วันที่ 5 เมษายน 2562).
4. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. กฎกระทรวง การจัดการกากกัมมันตรังสี พ.ศ. 2561. กรุงเทพฯ: สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ; 2561. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 135 ตอนที่ 89 ก หน้า 7–11 (ประกาศ ณ วันที่ 5 พฤศจิกายน 2561).
5. International Commission on Radiological Protection. The 2007 recommendations of the ICRP. Ann ICRP. 2007;37(2-4). (ICRP Publication 103).
6. International Atomic Energy Agency. Management of radioactive waste. Vienna: IAEA; 2009. (Safety Guide WS-G-2.5).
7. International Atomic Energy Agency. Fundamentals of radioactive waste management. Vienna: IAEA; 2011. (Safety Standards Series No. GSR Part 5).
8. Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM Jr, Boone JM. The essential physics of medical imaging. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
9. International Commission on Radiological Protection. Radiological protection in nuclear medicine. Ann ICRP. 2013;42(2). (ICRP Publication 122).
10. Office of Atoms for Peace (Thailand). Guidelines for management of radioactive waste in medical facilities. Bangkok: OAP; 2018.
11. International Atomic Energy Agency. Radioactive waste management: solutions for a sustainable future. Proceedings of an international conference; 2021 Nov 1–5; Vienna, Austria. Vienna: IAEA; 2023.

12. International Atomic Energy Agency. Regulations for the safe transport of radioactive material. Vienna: IAEA; 2018. (SSR-6).
13. International Atomic Energy Agency. Monitoring for compliance with exemption and clearance levels. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2012. (Safety Reports Series No. 67).
14. International Atomic Energy Agency. Management of radioactive waste from the use of radionuclides in medicine. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2000 Nov. (IAEA-TECDOC-1183).