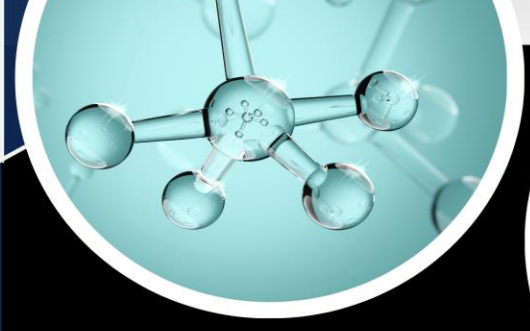


วารสาร

Atoms for Peace Journal

ปรมาณูเพื่อสันติ

ปีที่ 37 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2567

www.oap.go.th

0 2596 7600

บก. เปิดเล่ม

กลับมาเจอกันอีกครั้งกับวารสารปรมาณูเพื่อสันติ ปีที่ 37 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2567 ซึ่งในเล่มนี้คณะผู้จัดทำขอเสนอบทความที่น่าสนใจเกี่ยวกับ **“ข้อมูลทางสถิติด้านการสูญหายของวัสดุนิวเคลียร์และวัสดุกัมมันตรังสีทั่วโลก”** และ **“รังสีเอกซ์ ช่วยให้ค้นพบว่าใครเป็นผู้วาดภาพผลงานชิ้นเอกที่มีอายุหลายศตวรรษในแอลเบเนีย”**

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส.) ในฐานะหน่วยงานกำกับดูแลการใช้ประโยชน์พลังงานนิวเคลียร์และรังสีของไทย และมีภารกิจในการเผยแพร่ความรู้ และสร้างความตระหนักด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์และรังสี เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและทัศนคติที่ดีต่อพลังงานนิวเคลียร์และรังสีให้แก่ประชาชน

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านทุกท่าน และขอขอบคุณผู้ที่สนใจติดตามวารสารฉบับนี้อย่างต่อเนื่อง และในวารสารเล่มถัดไปนั้นจะเป็นเนื้อหาอะไร ติดตามพบกันใหม่ในฉบับหน้า

บรรณาธิการ

จัดทำโดย สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ที่ปรึกษา

1. รศ.ดร.พาสิทธิ์ หล่อธีรพงศ์ เลขาธิการสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
2. นางเพ็ญนภา กัญชนะ รองเลขาธิการสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

คณะทำงานพิจารณาเอกสารวิชาการและสื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (กองบรรณาธิการ)

1. นางสาวกรรณิกา มณีวรรณ์ เลขานุการกรม
2. ดร.ยุทธนา ตุ้มน้อย ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานปรมาณู
3. นางสาวธนวรรณ แจ่มสุวรรณ ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการพัฒนาระบบบริหารจัดการด้านพลังงานปรมาณู
4. ดร.รุ่งธรรม ทาคำ ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านความปลอดภัยทางรังสี
5. ดร.ไชยยศ สุนทราภา รักษาการผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านความปลอดภัยทางนิวเคลียร์
6. ดร.วิทิต ผึ่งกัน รักษาการผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการประเมินค่ากัมมันตภาพรังสี
7. นางสาวกมลพร ภักดี หัวหน้ากลุ่มบริหารจัดการองค์ความรู้ด้านนิวเคลียร์และรังสี
8. นางสาวนุชจรีย์ สัจจา รักษาการหัวหน้ากลุ่มเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ (เลขานุการฯ)
9. นายนภดล ศรีใจวงศ์ นักวิชาการเผยแพร่ (ผู้ช่วยเลขานุการ)

ออกแบบ : กลุ่มเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขานุการกรม

TABLE OF CONTENTS

04 ข้อมูลทางสถิติด้านการสูญหาย ของวัสดุนิวเคลียร์และวัสดุกัมมันตรังสีทั่วโลก

12 ผลการตรวจวัดปริมาณรังสีไอโอดีน-131 ในต่อมไทรอยด์ ของผู้ปฏิบัติงานโรงพยาบาล ด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เขตภาคเหนือ ใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ ประจำปี พ.ศ. 2566

18 การได้รับปริมาณรังสีสูงที่ผิวหนัง

22 คลื่น นวัตกรรมของรังสีบำบัด

25 รังสีเอกซ์ ช่วยให้ค้นพบว่าใครเป็นผู้วาดภาพผลงานชิ้นเอก ที่มีอายุหลายศตวรรษในแอลเบเนีย

29 เครื่องฉายรังสีแกมมาทางการแพทย์และศึกษาวิจัย

34 การนำรังสีมาใช้ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์

วารสารปรมาณูเพื่อสันติจัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ภารกิจและการดำเนินงานของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ รวมทั้งข่าวสาร บทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ตลอดจนเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

บรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการคัดเลือกและแก้ไขต้นฉบับทั้งเรื่องและภาพตามแต่จะเห็นสมควร โดยไม่ต้องขอความเห็นชอบจากเจ้าของเรื่องและไม่ส่งต้นฉบับคืน

ข้อคิดเห็นหรือบทความในเอกสารฉบับนี้เป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียน ซึ่งไม่มีข้อมูลผูกพันกับสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติแต่อย่างใด

ผู้สนใจส่งข้อเขียน หรือข้อเสนอแนะ
สามารถติดต่อได้ที่กลุ่มเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
เลขที่ 16 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2596 7600 ต่อ 1110,1120

: www.oap.go.th : pr@oap.go.th : Atoms4Peace สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
: officeofatomsforpeace : @atomsnet

ข้อมูลทางสถิติด้านการสูญหาย ของวัสดุนิวเคลียร์และวัสดุกัมมันตรังสีทั่วโลก

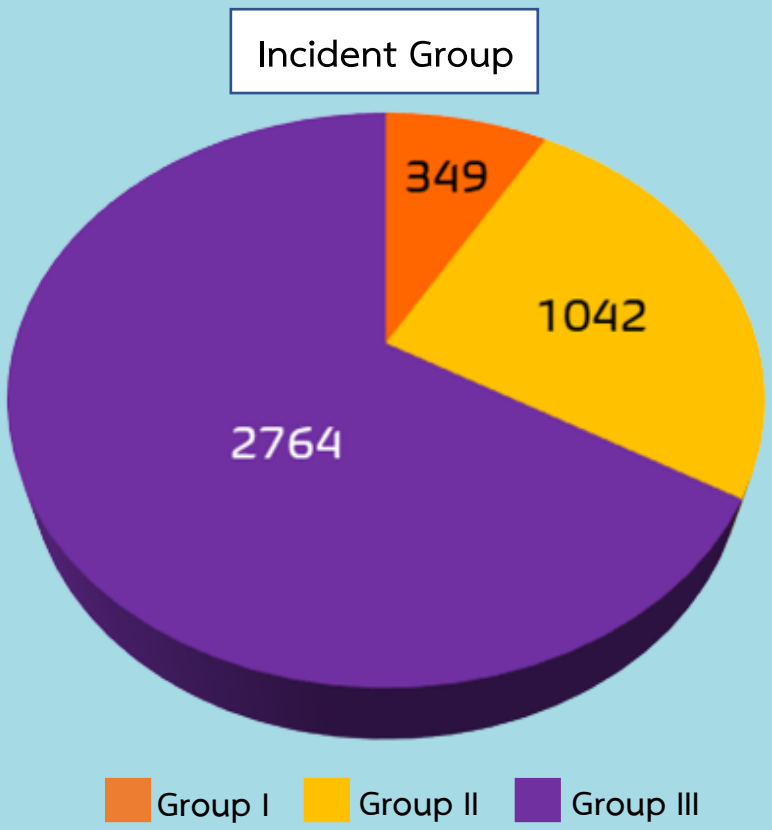
ดร.ร่งธรรม ทาคำ
ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านความปลอดภัยทางรังสี

จากเหตุการณ์ที่วัสดุกัมมันตรังสีที่มีชื่อว่า “ซีเซียม-137”

ซึ่งใช้เป็นต้นกำเนิดรังสีในเครื่องมือที่เรียกว่า **“อุปกรณ์วัดระดับ (Level gauge)”** ได้สูญหายไปจากสถานประกอบการแห่งหนึ่งในจังหวัดปราจีนบุรี เหตุการณ์ในลักษณะเช่นนี้เข้าข่ายเป็น **“เหตุฉุกเฉินทางรังสี”** และในด้านความมั่นคงปลอดภัยทางนิวเคลียร์ เรียกเหตุการณ์แบบนี้ว่า **“เหตุความมั่นคงปลอดภัย (Security incident)”** ซึ่งจากข้อมูลที่ได้รับทราบจนถึงปัจจุบันนั้น เหตุความมั่นคงปลอดภัยนี้ยังไม่ได้ส่งผลให้เกิดเป็น **“อุบัติเหตุทางรังสี (Radiation accident)”** แต่อย่างใด เนื่องจากยังไม่มีข้อเท็จจริงเชิงประจักษ์ใด ๆ ที่บ่งชี้ว่า ซีเซียม-137 ที่สูญหายไปนั้นได้ส่งผลให้มนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อมได้รับผลกระทบที่เป็นอันตรายจากการได้รับปริมาณรังสี (Radiation dose) หรือกัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) จากซีเซียม-137 แต่อย่างใด อย่างไรก็ดี สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส.) โดยกองและกลุ่มงานที่เกี่ยวข้อง ได้มีการลงพื้นที่เพื่อตรวจสอบและเฝ้าติดตามผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกว่า ปส. และประชาชนในพื้นที่จะมั่นใจได้ว่าเหตุความมั่นคงปลอดภัยในครั้งนี้ จะไม่ส่งผลเกิดเป็นอุบัติเหตุทางรังสีหรือผลกระทบทางรังสีอื่นใดได้อย่างแน่นอน

ในครั้งนี้ ผู้เขียนขอนำเรียนข้อมูลเชิงสถิติเกี่ยวกับการสูญหายและการหายไปของวัสดุนิวเคลียร์และวัสดุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นทั่วโลกมาเล่าสู่กันฟัง โดยข้อมูลที่ได้นำมาเสนอในครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลที่ชื่อว่า “Incident and Trafficking Database (ITDB)” ของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency หรือ IAEA) ที่ประเทศไทย โดย ปส. ได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกของฐานข้อมูลนี้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ซึ่งแต่เดิมฐานข้อมูล ITDB นี้มีชื่อว่า “Illicit Trafficking Database” ที่ IAEA ได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2538 ซึ่งเมื่อแปลความหมายจากชื่อเดิมนั้น ฐานข้อมูลนี้มีวัตถุประสงค์ดั้งเดิมเพื่อใช้ในการดำเนินงานเพื่อต่อต้านการลักลอบซื้อขายวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี และสนับสนุนการรักษาความมั่นคงปลอดภัยทางนิวเคลียร์ ต่อมาจึงได้มีการขยายขอบเขตของฐานข้อมูลให้ครอบคลุมอุบัติการณ์ทั้งในส่วนที่เป็นการลักลอบและอุบัติการณ์อื่น ๆ เช่น การตรวจพบ การสูญหาย การเคลื่อนย้าย การทิ้ง การเก็บ การโจรกรรม หรืออาชญากรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุนิวเคลียร์และวัสดุกัมมันตรังสี และได้เปลี่ยนชื่อของฐานข้อมูลมาเป็น ITDB ในปัจจุบัน ทั้งนี้ นับถึงปี พ.ศ. 2566 มีชาติต่าง ๆ เข้าร่วมเป็นสมาชิกของฐานข้อมูล ITDB แล้ว 144 ชาติทั่วโลก ซึ่งชาติสมาชิกลำดับล่าสุดก็คือเมียนมา โดยเข้าร่วมเป็นสมาชิกในปี พ.ศ. 2565

นับถึงปัจจุบัน (กันยายน 2566) มีเหตุความมั่นคงปลอดภัยที่ชาติสมาชิกทั่วโลกจำนวน 144 ชาติ ได้รายงานเข้าไปยัง ITDB เป็นจำนวนทั้งสิ้น **4,155 ครั้ง** โดยเป็นเหตุการณ์ที่จัดอยู่ใน**กลุ่ม 1** (มีความเกี่ยวข้องหรือเชื่อได้ว่ามีความเกี่ยวข้องกับการลักลอบขนย้ายวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีโดยเจตนา) **จำนวน 349 ครั้ง** จัดอยู่ใน**กลุ่ม 2** (อาจเกี่ยวข้องกับการลักลอบขนย้ายวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี) **จำนวน 1,042 ครั้ง** และจัดอยู่ใน**กลุ่ม 3** (ไม่เกี่ยวข้องกับการลักลอบขนย้ายวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี) **จำนวน 2,764 ครั้ง** (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงจำนวน Incident ที่ชาติสมาชิกได้รายงานเข้าไปยัง ITDB แยกตามกลุ่ม* (Group) ของรายงาน

* **รายงานเหตุการณ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1** ได้แก่

(ก) การนำวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีไปใช้ในการกระทำที่ผิดกฎหมายหรือการกระทำที่มุ่งหวังให้เกิดผลร้าย (Malicious use)

(ข) การซื้อขายโดยไม่ได้รับอนุญาต (Unauthorized trade)

(ค) การเคลื่อนย้ายโดยไม่ได้รับอนุญาต (Unauthorized movement)

(ง) การซื้อขายแลกเปลี่ยนที่มีการหลอกลวงให้เชื่อว่าเป็นวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีจริง ๆ (Scam/Fraud)

(จ) การมีไว้ในครอบครองโดยไม่ได้รับอนุญาต (Unauthorized possession) และการโจรกรรม (Theft) **เฉพาะกรณีที่มีหลักฐานหรือมีข้อมูลที่พิสูจน์ได้ว่าเป็นการกระทำที่มีวัตถุประสงค์ในการลักลอบซื้อขายแลกเปลี่ยน หรือนำไปใช้ในการกระทำที่ผิดกฎหมายหรือการกระทำที่มุ่งหวังให้เกิดผลร้าย**

* **รายงานเหตุการณ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 2** ได้แก่

(ก) การสูญหาย (Missing) ของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าเกิดจากการโจรกรรม

(ข) การมีไว้ในครอบครองโดยไม่ได้รับอนุญาต (Unauthorized possession) และการโจรกรรม (Theft) **เฉพาะกรณีที่ไม่มีหลักฐานหรือไม่มีข้อมูลว่าเป็นการกระทำที่มีวัตถุประสงค์ในการลักลอบซื้อขายแลกเปลี่ยน หรือนำไปใช้ในการกระทำที่ผิดกฎหมายหรือการกระทำที่มุ่งหวังให้เกิดผลร้าย**

* **รายงานเหตุการณ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 3** ได้แก่

(ก) การทิ้งโดยไม่ได้รับอนุญาต (Unauthorized disposal)

(ข) การจัดเก็บโดยไม่ได้รับอนุญาตหรือไม่แจ้ง (Unauthorized/Undeclared storage)

(ค) การขนย้ายโดยไม่ได้รับอนุญาต (Unauthorized shipment)

(ง) การค้นพบ (Discovery)

(จ) การหาย (Loss)

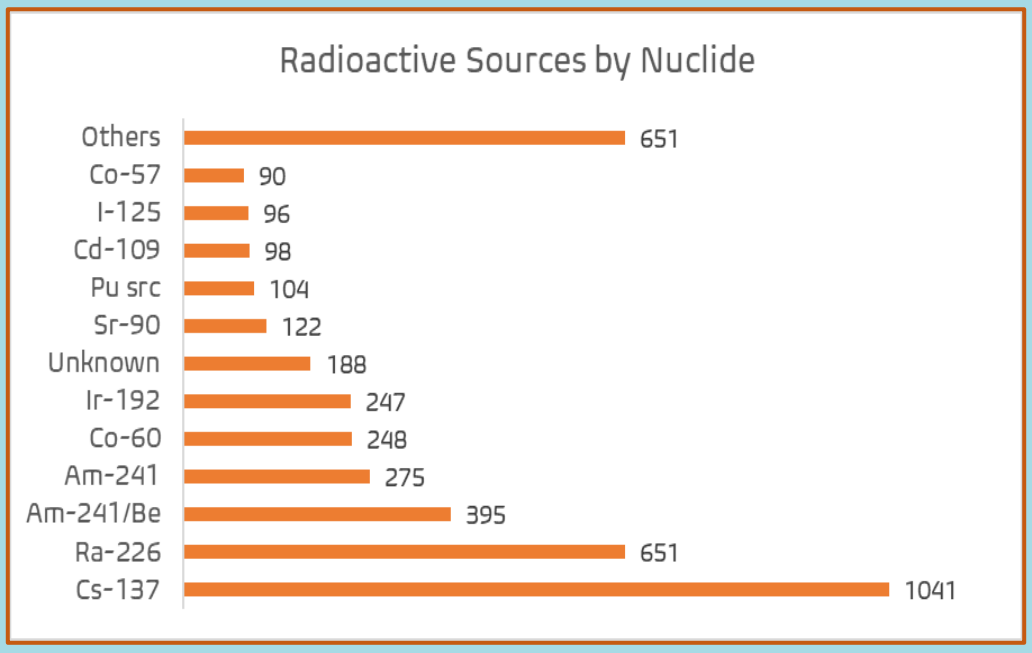
(ฉ) ผิดเส้นทาง (Misrouting)

(ช) อื่น ๆ

(ซ) การมีไว้ในครอบครองโดยไม่ได้รับอนุญาต (Unauthorized possession) และ การโจรกรรม (Theft) **เฉพาะกรณีที่ชาติสมาชิกได้ระบุไว้อย่างชัดเจนในรายงานว่า ไม่เป็นการกระทำที่มีวัตถุประสงค์ในการลักลอบซื้อขายแลกเปลี่ยน หรือนำไปใช้ในการกระทำที่ผิดกฎหมายหรือการกระทำที่มุ่งหวังให้เกิดผลร้าย**

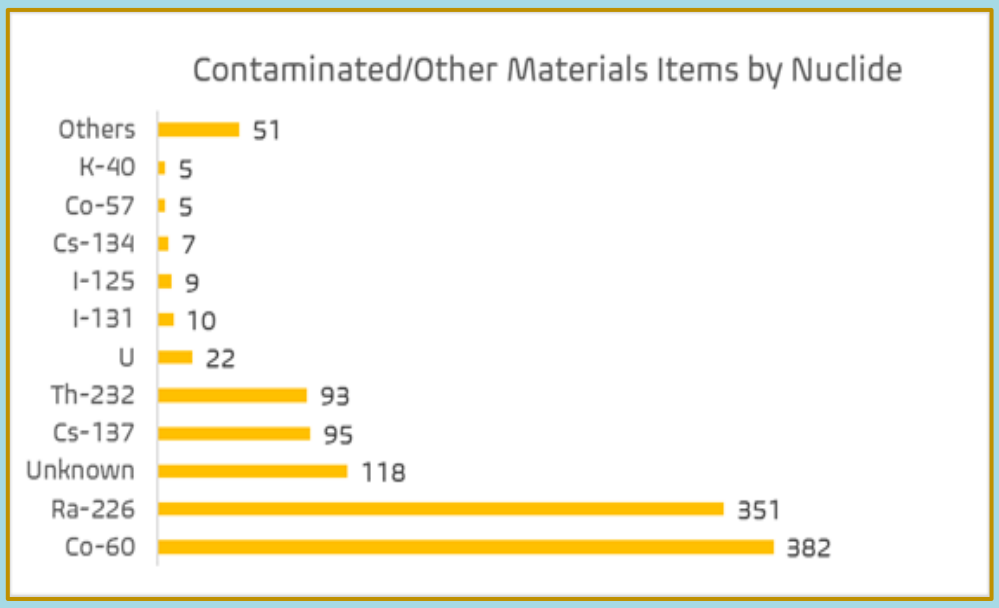
ข้อมูลอื่น ๆ ในภาพรวมจากฐานข้อมูล ITDB ที่น่าสนใจ เช่น

- วัสดุกัมมันตรังสีที่ปรากฏอยู่ในรายงานเป็นจำนวนสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ซีเซียม-137 (Cs-137) เรเดียม-226 (Ra-226) อะเมริเซียม-241/เบริลเลียม (Am-241/Be) อะเมริเซียม-241 (Am-241) และ โคบอลต์-60 (Co-60) (รูปที่ 2)



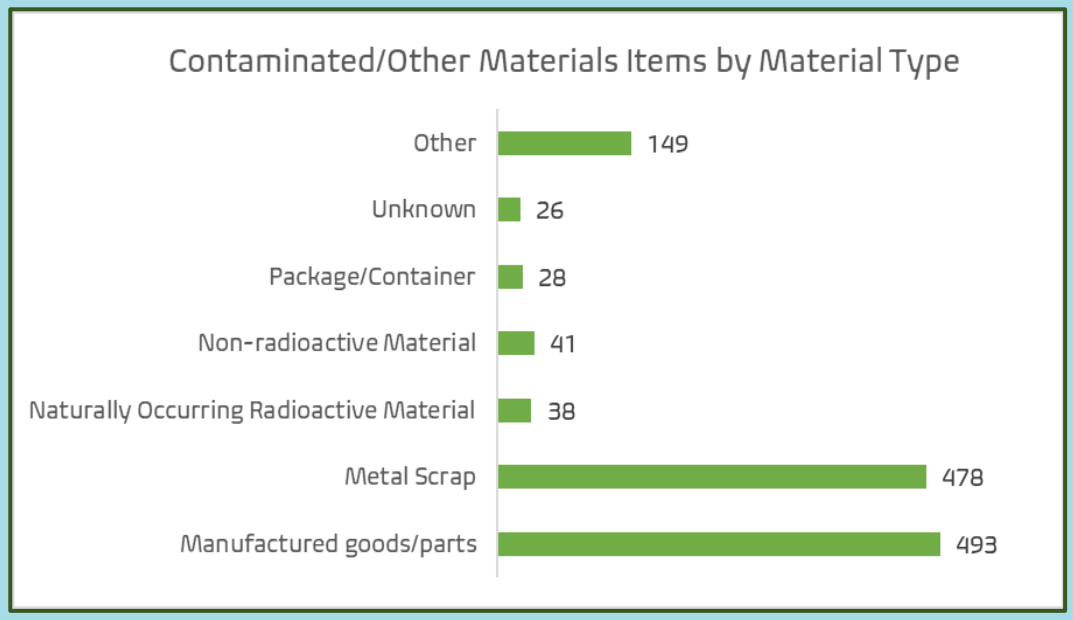
รูปที่ 2 แสดงจำนวนของรายงานที่ชาติสมาชิกแจ้งไปยัง ITDB แยกตามชนิดของวัสดุกัมมันตรังสีที่ปรากฏในรายงานนั้น

- วัสดุกัมมันตรังสีที่พบว่าปนเปื้อนอยู่ในวัตถุต่าง ๆ ได้แก่ โคบอลต์-60 (Co-60) เรเดียม-226 (Ra-226) ซีเซียม-137 (Cs-137) ทอเรียม-232 (Th-232) และยูเรเนียม (U) เป็นต้น (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงจำนวนของรายงานที่ชาติสมาชิกแจ้งไปยัง ITDB แยกตามชนิดของวัสดุกัมมันตรังสีที่พบว่าปนเปื้อนอยู่ในวัตถุต่าง ๆ

- วัตถุที่พบว่ามีการปนเปื้อนด้วยวัสดุกัมมันตรังสีเป็นจำนวนสูงสุดหรือเป็นวัตถุที่ตรวจพบว่ามีวัสดุกัมมันตรังสีปะปนอยู่เป็นประจำ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนต่าง ๆ เศษโลหะ วัสดุกัมมันตรังสีที่ปรากฏอยู่ตามธรรมชาติ บรรจุภัณฑ์ และวัตถุอื่น ๆ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 แสดงจำนวนของรายงานที่ชาติสมาชิกแจ้งไปยัง ITDB แยกตามชนิดของวัตถุที่พบว่ามีวัสดุกัมมันตรังสีปนเปื้อนอยู่

ในส่วนของการสูญหาย (Missing) หรือการหาย (Loss) ของวัสดุกัมมันตรังสีที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูล ITDB นั้น ก่อนอื่นขออธิบายถึงความแตกต่างระหว่าง “การสูญหาย” และ “การหาย” ตามคำนิยามของ ITDB ดังนี้

“การสูญหาย หรือ Missing” ตามนิยามที่ปรากฏอยู่ใน Conceptual Framework ของ ITDB นั้น หมายความถึง เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการหายไปหรือไม่ปรากฏให้พบเห็น (disappearance) ของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี โดยที่ในเหตุการณ์นี้นั้น ไม่ปรากฏหลักฐานที่บ่งชี้ถึงการโจรกรรม การหาย หรือการผิดเส้นทางของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่ทราบว่าวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีนั้นหายไปได้อย่างไรและหายไปด้วยเพราะสาเหตุอันใด ดังนั้น จึงยังไม่สามารถตัดความเป็นไปได้ว่าการสูญหายของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีนั้นเกิดจากการโจรกรรม ด้วยเหตุนี้ ITDB จึงกำหนดให้การสูญหาย (Missing) ของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีนั้นอยู่ใน**เหตุการณ์ในกลุ่มที่ 2 (Group II Incident)** ตัวอย่างของการสูญหายของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี เช่น

- ในระหว่างการจัดทำบัญชีรายการวัสดุกัมมันตรังสีตามปกติพบว่าวัสดุกัมมันตรังสีสทรอนเชียม-90 (Sr-90) จำนวนหลายรายการได้สูญหายไป ทั้งนี้ ไม่ทราบว่า Sr-90 นั้น ค้นหาไม่พบ (Lost) หรือถูกขโมยไป (Stolen) **คล้ายคลึงกับเหตุการณ์ที่วัสดุกัมมันตรังสี Cs-137 สูญหายไปจากสถานประกอบการที่จังหวัดปราจีนบุรี**

- บริษัทขนส่งเอกชนรายหนึ่งได้รับการว่าจ้างให้นำบรรจุภัณฑ์ที่มีวัสดุกัมมันตรังสีเทคนีเชียม-99 (Tc-99) ไปส่งยังห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่ง แต่ปรากฏว่าห้องปฏิบัติการแห่งนี้ไม่ได้รับบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว และไม่มีผู้ใดทราบว่าบรรจุภัณฑ์นี้ไปอยู่ที่ใด

“การหาย หรือ Loss” ซึ่งจัดเป็น**เหตุการณ์ในกลุ่มที่ 3 (Group III Incident)** ตามที่กำหนดไว้ใน Conceptual Framework ของ ITDB นั้น หมายความถึง เหตุการณ์ที่ไม่อาจพบเห็นได้ว่ามีวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีนั้นปรากฏอยู่ ณ จุดที่ติดตั้ง จัดเก็บ หรือใช้อยู่เดิม โดยการหายไปของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีนี้ ไม่ได้เกิดจากการโจรกรรม หรือจากการกระทำใด ๆ อันมีเจตนาให้วัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีนั้นหลุดพ้นจากการควบคุมดูแลของผู้ครอบครองหรือใช้ ตัวอย่างเช่น

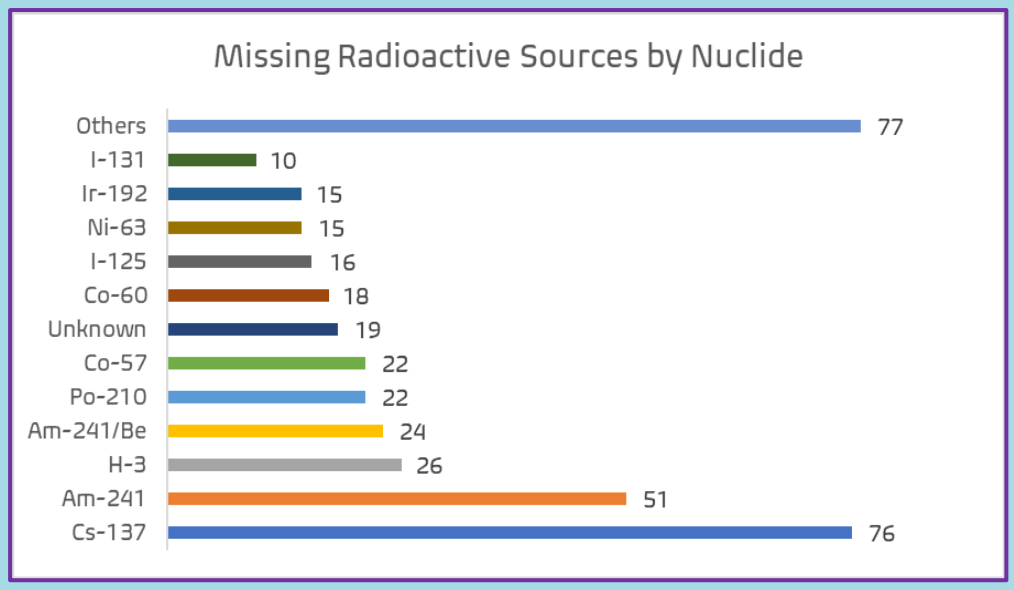
- วัสดุกัมมันตรังสีชิ้นหนึ่งได้ตกลงมาจากท้ายรถยนต์ เนื่องจากไม่ได้รับการจัดเก็บและล็อคติดไว้อย่างถูกต้อง แน่นหนา และได้หายไป

- เมื่อได้ใช้งานอุปกรณ์ที่มีวัสดุกัมมันตรังสีเป็นส่วนประกอบเสร็จแล้ว (เช่น อุปกรณ์ถ่ายภาพด้วยรังสีทางอุตสาหกรรมที่มีวัสดุกัมมันตรังสีอิริเดียม-192 (Ir-192) เป็นต้นกำเนิดรังสี) ผู้ใช้งานได้ทิ้งอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยไม่ได้จัดเก็บอย่างถูกต้องเหมาะสม ต่อมาอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ได้หายไป

จากฐานข้อมูล ITDB พบว่ามีรายงานจากชาติสมาชิกทั่วโลกเกี่ยวกับ “**การสูญหาย**” ของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีเป็นจำนวนทั้งสิ้น 237 ครั้ง ทั้งนี้ เมื่อแยกตามภูมิภาคที่ตั้งของชาติสมาชิก พบว่า**ชาติสมาชิกที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคอเมริกาเหนือและลาตินอเมริกา มีการรายงานเหตุการสูญหายของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีเป็นจำนวนสูงสุดที่ 123 ครั้ง** ลำดับถัดมาคือ**ชาติสมาชิกในภูมิภาคยุโรปตะวันตกจำนวน 35 ครั้ง ชาติสมาชิกในภูมิภาคยุโรปตะวันออก จำนวน 34 ครั้ง ชาติสมาชิกในภูมิภาคแอฟริกาจำนวน 20 ครั้ง ชาติสมาชิกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แปซิฟิค และเอเชียตะวันออกไกล จำนวน 18 ครั้ง และชาติสมาชิกในภูมิภาคตะวันออกกลางและเอเชียใต้ จำนวน 7 ครั้ง** (รูปที่ 5)

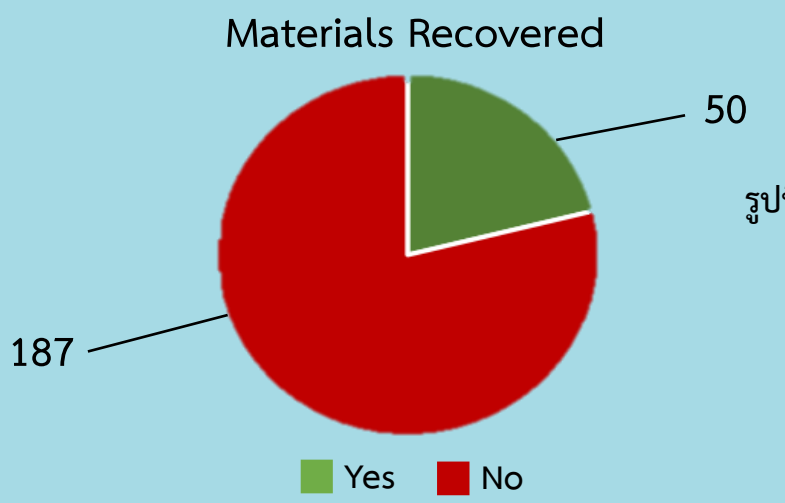
รูปที่ 5 แสดงจำนวนของรายงานเหตุการสูญหายของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่ชาติสมาชิกได้แจ้งต่อ ITDB แยกตามภูมิภาคที่ตั้งของชาติสมาชิก

เมื่อพิจารณาตามชนิดของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่ปรากฏอยู่ในรายงาน ในส่วนของวัสดุนิวเคลียร์นั้น พบว่ายูเรเนียมพร่องสมรรถะ (Depleted uranium) เป็นวัสดุนิวเคลียร์ที่มีรายงานว่าเกิดการสูญหายเป็นจำนวนมากที่สุด (จำนวน 24 ครั้ง) ลำดับถัดมาคือยูเรเนียมธรรมชาติ จำนวน 2 ครั้ง และยูเรเนียมเสริมสมรรถนะสูง (High enrichment uranium) จำนวน 1 ครั้ง และในส่วนของวัสดุกัมมันตรังสีนั้นพบว่า **Cs-137 เป็นวัสดุกัมมันตรังสีที่มีรายงานว่ามีการสูญหายเป็นจำนวนสูงสุดที่ 76 ครั้ง** โดยมี Am-241, H-3 , Am-241/Be และ Po-210 เป็นวัสดุกัมมันตรังสีที่ชาติสมาชิกรายงานถึงการสูญหายเป็นจำนวนสูงสุดในลำดับถัดมาที่ 51 ครั้ง 26 ครั้ง 24 ครั้ง และ 22 ครั้ง ตามลำดับ (รูปที่ 6)



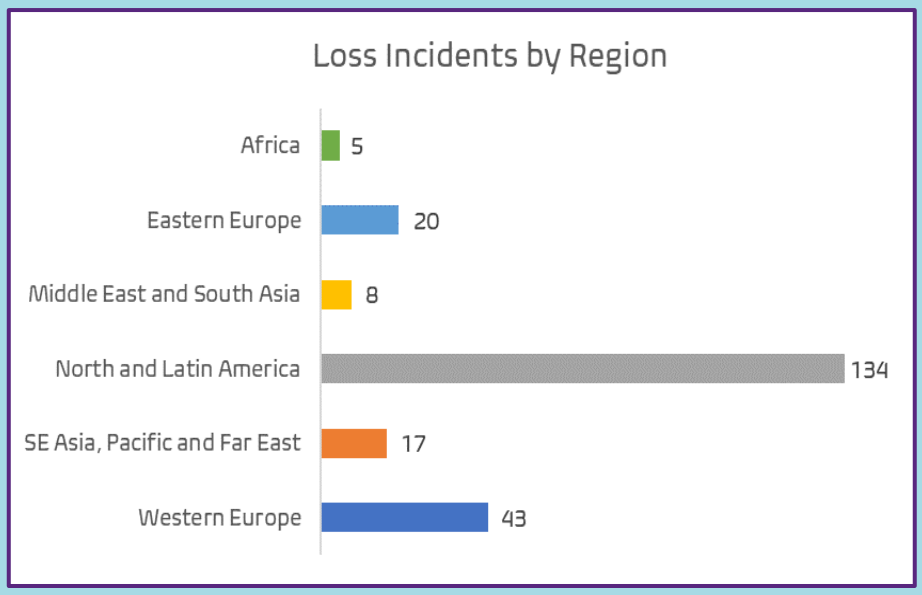
รูปที่ 6 แสดงจำนวนของรายงานเหตุการสูญหายของวัสดุกัมมันตรังสีที่ชาติสมาชิกได้แจ้งต่อ ITDB แยกตามชนิดของวัสดุกัมมันตรังสี

เมื่อวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีเกิดการสูญหาย จะต้องมีการออกติดตามค้นหาโดยผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่สูญหายไปนั้น กลับไปยังผู้ครอบครองหรือใช้ หรือสถานที่ติดตั้ง จัดเก็บ หรือใช้โดยเร็ว เพื่อลดหรือกำจัดความเสี่ยงที่วัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีจะก่อให้เกิดอันตรายจากรังสี หรือความเสี่ยงที่วัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีจะตกไปอยู่ในความครอบครองของผู้ไม่หวังดี ที่สามารถนำวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีไปใช้กระทำการที่ผิดกฎหมายหรือกระทำการใด ๆ ที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบจากการได้รับปริมาณรังสีของประชาชนและสิ่งแวดล้อมได้ ในฐานข้อมูล ITDB จึงได้มีข้อมูลแสดงไว้ด้วยว่า วัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่สูญหายไปนั้น ชาติสมาชิกที่รายงานเหตุสามารถติดตามค้นหาวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่สูญหายไปนั้นได้สำเร็จหรือไม่ ซึ่งพบว่าจากเหตุที่มีการสูญหายของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี จำนวนทั้งสิ้น 237 ครั้ง ชาติสมาชิกสามารถติดตามค้นหาจนได้วัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีกลับคืนมา เป็นจำนวน 50 ครั้ง และเป็นเหตุสูญหายที่ยังไม่สามารถติดตามค้นหาวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีกลับคืนมาได้เป็นจำนวน 187 ครั้ง (รูปที่ 7)



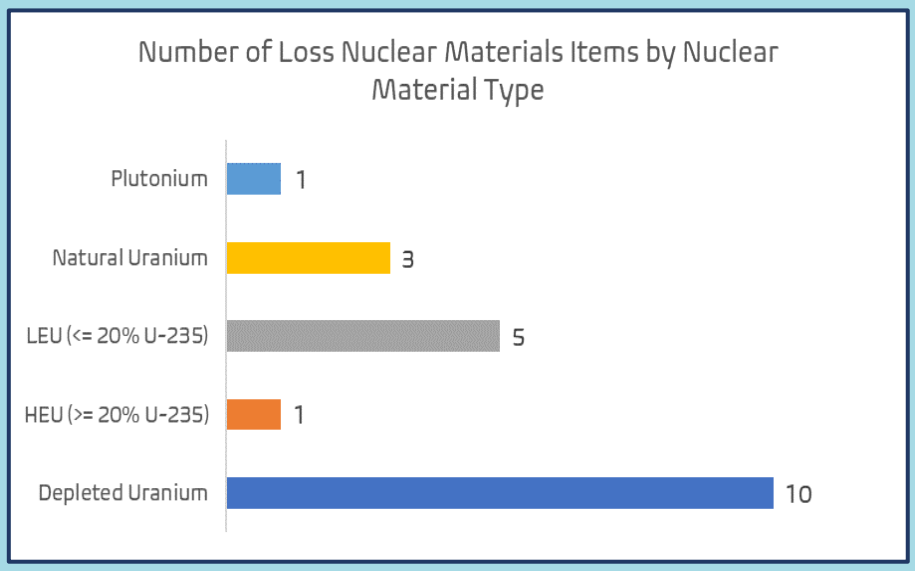
รูปที่ 7 แสดงจำนวนของรายงานเหตุสูญหายของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่ชาติสมาชิกได้แจ้งต่อ ITDB แยกตามผลสำเร็จในการติดตามค้นหาวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีกลับคืนสู่การควบคุมดูแลได้

ในส่วนของ “**การหาย**” ของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี ตามที่ปรากฏในฐานข้อมูล ITDB นั้น มีความคล้ายคลึงกับรายงาน “**การสูญหาย**” ของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่ได้แสดงข้างต้น ดังนี้ ชาติสมาชิกได้รายงานแจ้งต่อ ITDB ว่ามีการหายไปของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี เป็นจำนวนทั้งสิ้น 227 ครั้ง เป็นรายงานจากชาติสมาชิกในภูมิภาคอเมริกาเหนือและลาตินอเมริกา จำนวน 134 ครั้ง ยุโรปตะวันตก จำนวน 43 ครั้ง ยุโรปตะวันออก จำนวน 20 ครั้ง เอเชียตะวันออกเฉียงใต้แปซิฟิค และเอเชียตะวันออกไกล จำนวน 17 ครั้ง เอเชียตะวันออกกลางและเอเชียใต้ จำนวน 8 ครั้ง และแอฟริกา จำนวน 5 ครั้ง (รูปที่ 8)



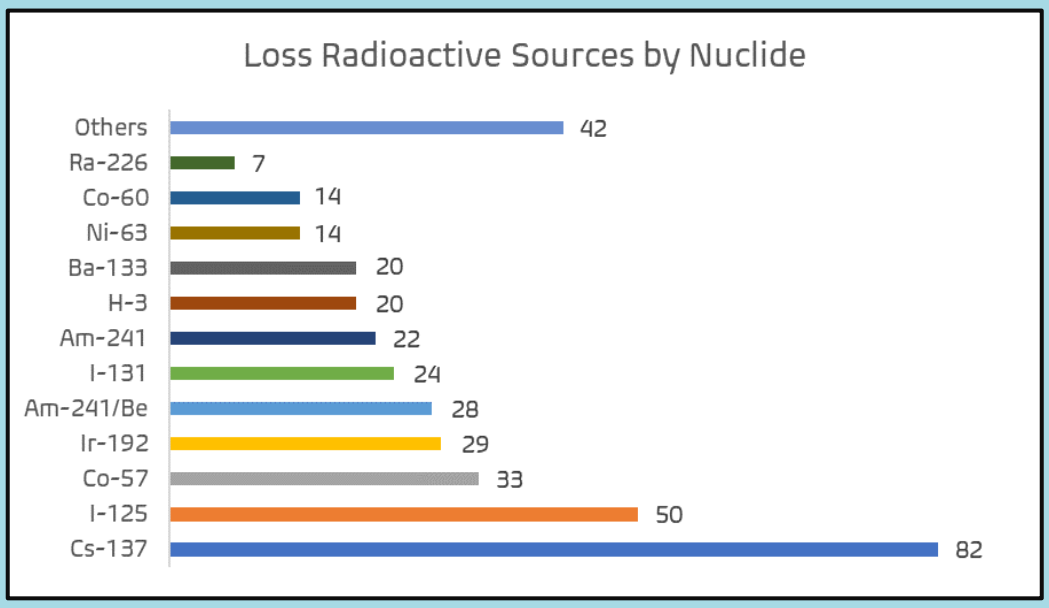
รูปที่ 8 แสดงจำนวนของรายงานเหตุการหายของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่ชาติสมาชิกได้แจ้งต่อ ITDB แยกตามภูมิภาคที่ตั้งของชาติสมาชิก

เมื่อแยกรายงานการหายตามชนิดของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี ในส่วนของวัสดุนิวเคลียร์นั้น พบว่ายูเรเนียมพร่องสมรรถะเป็นวัสดุนิวเคลียร์ที่มีรายงานว่ามีการหายเป็นจำนวนมากที่สุด (จำนวน 10 ครั้ง) ลำดับถัดมาคือยูเรเนียมสมรรถนะต่ำ (Low Enrichment Uranium) จำนวน 5 ครั้ง ยูเรเนียมธรรมชาติ จำนวน 3 ครั้ง ยูเรเนียมสมรรถนะสูง จำนวน 1 ครั้ง และพลูโทเนียม จำนวน 1 ครั้ง (รูปที่ 9)



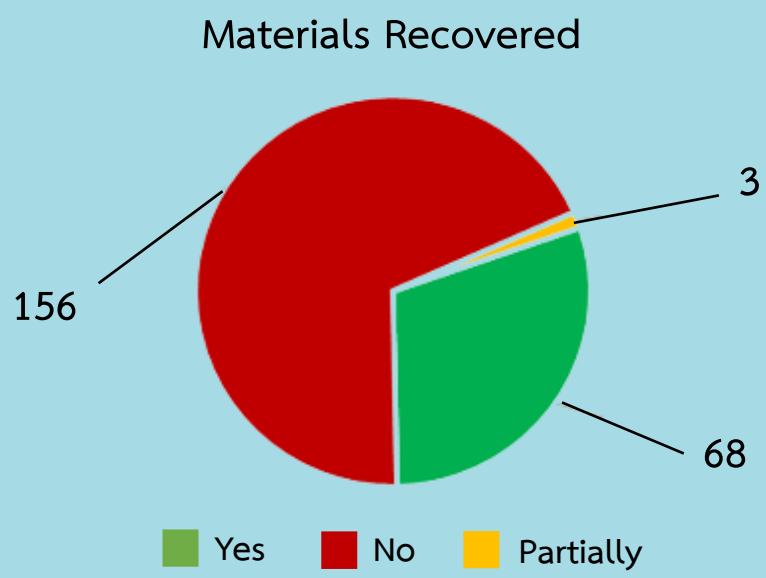
รูปที่ 9 แสดงจำนวนของรายงานเหตุการหายของวัสดุนิวเคลียร์ที่ชาติสมาชิกได้แจ้งต่อ ITDB แยกตามชนิดของวัสดุนิวเคลียร์

ในส่วนของวัสดุกัมมันตรังสีที่มีรายงานว่าหายนั้น พบว่า **Cs-137 เป็นวัสดุกัมมันตรังสีที่มีรายงานว่ามีการหายไปเป็นจำนวนสูงสุดที่ 82 ครั้ง** ลำดับถัดมาคือ I-125 จำนวน 50 ครั้ง Co-57 จำนวน 33 ครั้ง Ir-192 จำนวน 29 ครั้ง Am-241/Be จำนวน 28 ครั้ง I-131 จำนวน 24 ครั้ง Am-241 จำนวน 22 ครั้ง เป็นต้น (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 แสดงจำนวนของรายงานเหตุการหายของวัสดุกัมมันตรังสีที่ชาติสมาชิกได้แจ้งต่อ ITDB แยกตามชนิดของวัสดุกัมมันตรังสี

เช่นเดียวกันกับเหตุ “**การสูญหาย**” ของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี เมื่อวัสดุเหล่านี้มี “**การหาย**” เกิดขึ้น เจ้าหน้าที่และผู้ที่เกี่ยวข้องจะทำการออกติดตามค้นหาเพื่อนำวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่หายไปกลับคืนแก่ผู้ครอบครองหรือใช้ หรือกลับคืนไปยังสถานที่ติดตั้ง จัดเก็บ หรือใช้ โดยเร็วเช่นเดียวกัน และในฐานข้อมูล ITDB ได้มีข้อมูลแสดงเกี่ยวกับผลสำเร็จของการติดตามค้นหาวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่หายไปตามรายงานเหตุที่ชาติสมาชิกได้แจ้งเพิ่มเติมต่อ ITDB ซึ่งปรากฏว่าจากรายงานเหตุการณ์หายไปของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีจำนวน 227 ครั้ง ชาติสมาชิกได้มีการรายงานว่าสามารถติดตามค้นหาวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่หายไปกลับคืนมาทั้งหมด จำนวน 68 ครั้ง ไม่สามารถติดตามค้นหาวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่หายไปกลับคืนมาได้เลย จำนวน 156 ครั้ง และสามารถติดตามค้นหาวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่หายไปกลับคืนมาได้เป็นบางส่วน จำนวน 3 ครั้ง (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 แสดงจำนวนของรายงานเหตุการณ์หายของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่ชาติสมาชิกได้แจ้งต่อ ITDB แยกตามผลสำเร็จในการติดตามค้นหาวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีกลับคืนสู่การควบคุมดูแลได้

ข้อมูลทางสถิติจากฐานข้อมูล ITDB ที่นำมาเผยแพร่นี้ ชี้ให้เห็นว่าวัสดุนิวเคลียร์และวัสดุกัมมันตรังสีที่สถานประกอบการทั่วโลกมีไว้ในครอบครองหรือใช้อยู่นั้นสามารถเกิดการสูญหายหรือหายไปได้ และวัสดุที่สูญหายหรือหายไปเหล่านี้ มีเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่สามารถค้นหาและติดตามกลับคืนมาได้ อีกทั้งยังเป็นเรื่องที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งว่าวัสดุกัมมันตรังสีที่สูญหายหรือหายไปนั้น รวมทั้งวัสดุกัมมันตรังสีที่ปรากฏอยู่ในรายงานที่ชาติสมาชิกแจ้งต่อ ITDB นั้น โดยส่วนมากเป็นวัสดุกัมมันตรังสีที่มีชื่อว่า “Cs-137” อย่างไรก็ดี หากสังเกตุจากข้อมูลทางสถิติของวัสดุกัมมันตรังสีที่ปรากฏพบปนเปื้อนอยู่ในวัตถุต่าง ๆ เป็นจำนวนมากที่สุดนั้นไม่ใช่ Cs-137 แต่เป็นวัสดุกัมมันตรังสีอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำใช้ประโยชน์เป็นจำนวนไม่น้อยเช่นกันอย่าง “Co-60” ซึ่งทั้ง Cs-137 และ Co-60 ล้วนเป็นวัสดุกัมมันตรังสีที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายและน่าจะเป็นวัสดุกัมมันตรังสีที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมากที่สุดในโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการทางอุตสาหกรรมและทางการแพทย์

การที่ผู้เขียนได้นำข้อมูลทางสถิติในเรื่องการสูญหายหรือหายไปของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีมาเผยแพร่ในครั้งนี้ มิได้มีเจตนาที่จะทำให้กรณีการสูญหายของ Cs-137 จากสถานประกอบการในจังหวัดปราจีนบุรีนั้นดูเป็นเรื่องปกติที่สามารถเกิดขึ้นได้ หรือทำให้ดูเหมือนว่าเป็นเรื่องที่ไม่ต้องตื่นตระหนกแต่อย่างใด ในทางตรงกันข้าม เมื่อใดก็ตามที่เกิดกรณีที่วัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีสูญหายหรือหายไปหรือหลุดพ้นจากการกำกับดูแลของผู้ครอบครองหรือใช้นั้น ล้วนจัดเป็นเหตุฉุกเฉินทางรังสีที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องต้องให้ความสนใจเป็นอย่างยิ่ง เพราะวัสดุเหล่านี้หากตกไปอยู่ในมือของผู้ไม่หวังดีหรือผู้ที่ไม่มีความรู้ ก็มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุอันนำไปสู่ความเป็นอันตรายจากรังสีได้

แต่ทั้งนี้ ความเป็นอันตรายนั้นก็สัมพันธ์กับปริมาณหรือความแรงรังสีของวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสี หากวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่เกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นนั้นมีปริมาณหรือความแรงรังสีน้อย ความเสี่ยงของการเกิดอันตรายจากรังสีก็จะมีไม่มากและอาจอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือสามารถบริหารจัดการด้วยวิธีการทางเทคนิคต่าง ๆ เพื่อลดความเสี่ยงให้น้อยลงไปอีกได้ แต่ในทางตรงกันข้าม หากวัสดุนิวเคลียร์หรือวัสดุกัมมันตรังสีที่เกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นนั้นมีปริมาณหรือความแรงรังสีสูงก็จะส่งผลให้ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายจากรังสีอยู่ในระดับที่สูงมาก ต้องใช้กลไกและวิธีการต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรที่เพรียบพร้อมเพื่อติดตามค้นหานำวัสดุกลับคืนสู่การกำกับดูแลที่เหมาะสมให้ได้โดยเร็ว

ผลการตรวจวัดปริมาณรังสีไอโอดีน-131 ในต่อมไทรอยด์ของผู้ปฏิบัติงานโรงพยาบาลด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เขตภาคเหนือ ใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ ประจำปี พ.ศ. 2566

นางจิตติมา บ่างวิรุฬห์รักษ์
นักชีววิทยารังสีชำนาญการพิเศษ
นายกฤตนัย แพงศรี
นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ

ไอโอดีน-131 (I-131)

เป็นแร่ธาตุไอโอดีนที่มีคุณสมบัติเป็นสารกัมมันตรังสี มีค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัว (Half-Life) จำนวน 8 วัน การสลายตัวของธาตุไอโอดีน-131 จะสลายตัวได้อนุภาคหลายชนิดรวมถึงรังสีบีตาและรังสีแกมมา ซึ่งรังสีบีตาดังกล่าวนี้เองที่มีคุณสมบัติในการทำลายเนื้อเยื่อต่าง ๆ ได้ดี จึงมีการประยุกต์ใช้คุณสมบัติดังกล่าว มาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์เพื่อทำลายเนื้อเยื่อที่ผิดปกติ ทั้งนี้มีการนำมาใช้ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งต่อมไทรอยด์หรือกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นคอหอยพอก ที่มีการผลิตฮอร์โมนไทรอยด์สูงผิดปกติ เนื่องจากโดยปกติเนื้อเยื่อของต่อมไทรอยด์เป็นเนื้อเยื่อที่มีความสามารถสูงในการจับกับไอโอดีน (ซึ่งหมายความรวมถึงไอโอดีนทุกชนิด) เพื่อนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตฮอร์โมนไทรอยด์ ในการทำหน้าที่ควบคุมระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย ดังนั้น เมื่อต่อมไทรอยด์มีขนาดโตผิดปกติเนื่องจากมะเร็งหรือเป็นคอหอยพอก ไอโอดีน-131 ที่ให้เข้าไปก็จะถูกจับไว้ในเนื้อเยื่อของต่อมไทรอยด์และไปทำลายมะเร็งหรือเนื้อเยื่อที่ผิดปกตินั้นได้

หากในคนปกติที่ได้รับไอโอดีน-131 เข้าสู่ร่างกาย จะมีการดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและถูกดักจับเพื่อขนส่งเข้าสู่ต่อมไทรอยด์ต่อไป ผลที่เกิดขึ้นก็คือ เนื้อเยื่อของต่อมไทรอยด์อาจถูกทำลาย และกลายไปเป็นภาวะขาดฮอร์โมนไทรอยด์ได้ นอกจากนี้ยังอาจเกิดผลในอีกด้านหนึ่งคือทำให้เป็นมะเร็ง การศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่ากลุ่มประชากรที่อยู่บริเวณที่มีสารกัมมันตรังสีชนิด ไอโอดีน-131 สูง โดยเฉพาะเด็กทารกมีโอกาสเกิดมะเร็งต่อมไทรอยด์ได้สูงกว่าคนทั่วไป อีกทั้งยังมีโอกาสเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) ได้อีกด้วย มีการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสี (เช่น I-131 และ I-125) ในสาขาฟิสิกส์สุขภาพ เวชศาสตร์นิวเคลียร์ และสาขาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ โดยใช้อย่างกว้างขวางในการรักษามะเร็งต่อมไทรอยด์ และการถ่ายภาพต่อมไทรอยด์ นอกจากนี้ยังใช้ในการวินิจฉัยความผิดปกติการทำงานของตับ ไต การไหลเวียนของเลือด การอุดตันทางเดินปัสสาวะ ตัวมันเองมีการปลดปล่อยรังสีแกมมากำลังแรง แต่จะใช้ประโยชน์จากรังสีบีตาเพื่อการบำบัดรักษา

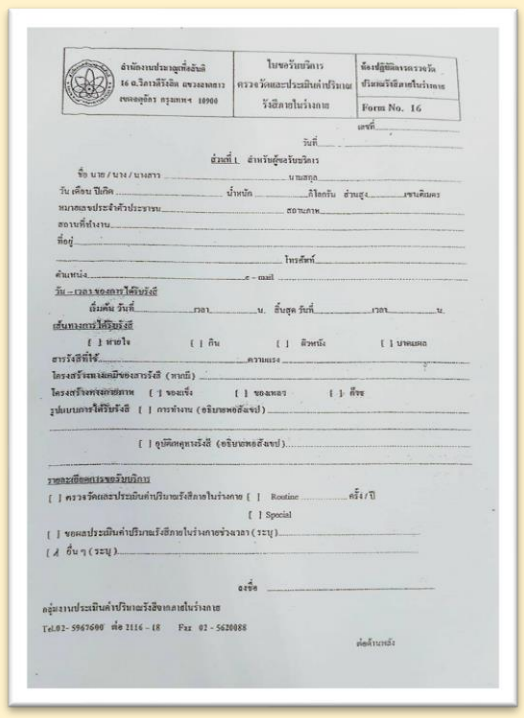
รูปที่ 1 แสดงรูปแบบสารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131

วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจวัดและประเมินการได้รับปริมาณรังสีไอโอดีน-131 ของผู้ปฏิบัติงานของโรงพยาบาลด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของประเทศไทย

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

1. เครื่องวัดรังสีตำแหน่งไทรอยด์ หัววัดรังสีโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) ขนาด 3x3 นิ้ว
2. คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมวิเคราะห์รังสีแกมมาแบบหลายช่อง
3. ปั้มดูดอากาศ
4. Activated Charcoal Filter
5. สารรังสีมาตรฐาน แบเรียม-133 (Ba-133) และ ซีเซียม-137 (Cs-137)
6. Neck Phantom
7. ตลับเมตรวัดระยะ
8. แบบฟอร์มใบขอรับบริการตรวจวัดและประเมินค่าปริมาณรังสีภายในร่างกาย (FM 16)
9. โปรแกรม INDAC (Integrated Dose Assessment Code)


สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ 16 ถ.วิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

ใบขอรับบริการ ตรวจวัดและประเมินค่าปริมาณรังสีภายในร่างกาย

ห้องปฏิบัติการตรวจวัดปริมาณรังสีภายในร่างกาย

Form No. 16

เลขที่.....

วันที่.....

ส่วนที่ 1 สำหรับผู้ขอรับบริการ

ชื่อ นาย / นาง / นางสาว ..... นามสกุล .....

วัน เดือน ปีเกิด ..... น้ำหนัก ..... กิโลกรัม ส่วนสูง ..... เซนติเมตร

หมายเลขประจำตัวประชาชน ..... สถานภาพ .....

สถานที่ทำงาน .....

ที่อยู่ .....

..... โทรศัพท์ .....

ตำแหน่ง ..... e - mail .....

วัน - เวลา ของการได้รับรังสี

เริ่มต้น วันที่ ..... เวลา ..... น. สิ้นสุด วันที่ ..... เวลา ..... น.

เส้นทางการได้รับรังสี

[ ] หายใจ [ ] กิน [ ] ผิวหนัง [ ] บาดแผล

สารรังสีที่ได้ ..... ความแรง .....

โครงสร้างทางเคมีของสารรังสี (ถ้าทราบ) .....

โครงสร้างทางจลนศาสตร์ [ ] ของเหลว [ ] ของแข็ง [ ] ก๊าซ

รูปแบบการได้รับรังสี [ ] การทำงาน (อธิบายเพิ่มเติม) .....

[ ] อุบัติเหตุทางรังสี (อธิบายเพิ่มเติม) .....

รายละเอียดการขอรับบริการ

[ ] ตรวจวัดและประเมินค่าปริมาณรังสีภายในร่างกาย [ ] Routine ..... ครั้ง / ปี

[ ] Special

[ ] ขอผลประเมินค่าปริมาณรังสีภายในร่างกายช่วงเวลา (ระบุ) .....

[ ] อื่น ๆ (ระบุ) .....

ลงชื่อ .....

ผู้ประสานประเมินค่าปริมาณรังสีภายในร่างกาย

Tel.02 - 5967600 ต่อ 2116 - 18 Fax 02 - 5620888

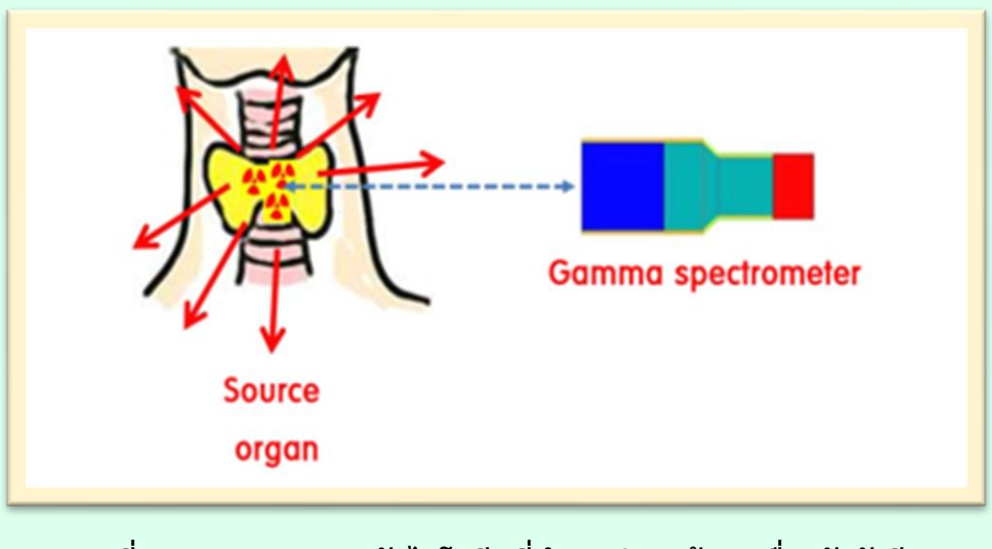
ต่อด้านหลัง

รูปที่ 2 แบบฟอร์มใบขอรับบริการตรวจวัดและประเมินค่าปริมาณรังสี ภายในร่างกาย (FM 16)

การตรวจวัดปริมาณรังสีไอโอดีน-131 ในผู้ปฏิบัติงานโรงพยาบาลด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ในพื้นที่ทั้งหมด 3 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย

- ภาคเหนือ จำนวน 3 แห่ง ซึ่ง ปส. ทำการเข้าตรวจวัดผู้ปฏิบัติงานตั้งแต่วันที่ 27 กุมภาพันธ์ - 3 มีนาคม 2566 โดยมีผู้ปฏิบัติงานที่เข้ารับการตรวจวัด จำนวน 37 ราย
- ภาคใต้ จำนวน 2 แห่ง ซึ่ง ปส. ทำการเข้าตรวจวัดผู้ปฏิบัติงานตั้งแต่วันที่ 25 – 29 เมษายน 2566 โดยมีผู้ปฏิบัติงานที่เข้ารับการตรวจวัด จำนวน 36 ราย
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 4 แห่ง ซึ่ง ปส. ทำการเข้าตรวจวัดผู้ปฏิบัติงานตั้งแต่วันที่ 17 – 22 กรกฎาคม 2566 โดยมีผู้ปฏิบัติงานที่เข้ารับการตรวจวัด จำนวน 72 ราย

รวมทั้งสิ้น 9 แห่ง โดยมีผู้ปฏิบัติงานที่เข้ารับการตรวจวัด จำนวน 145 ราย



รูปที่ 3 แสดงการตรวจวัดไอโอดีนที่ตำแหน่งคอด้วยเครื่องวัดรังสี

รูปที่ 4 แสดงการตรวจวัดไอโอดีน-131 ในผู้ปฏิบัติงานโรงพยาบาลด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์

วิธีการตรวจวัด

1 ขั้นตอนการปรับเทียบพลังงาน

1.1 ทำการนับวัดสารรังสีมาตรฐาน Ba-133 ด้วยเครื่องวัดรังสีตำแหน่งไทรอยด์ หัววัด NaI ขนาด 3x3 นิ้ว เป็นเวลา 600 วินาที ที่ระยะประชิด ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์รังสีแกมมาแบบหลายช่อง (Maestro32)

1.2 กำหนดช่วงพลังงาน (ROI) ของ Ba-133 ให้ครอบคลุม peak ที่พลังงาน 81 และ 356 keV บนโปรแกรม Maestro32

1.3 ปรับเทียบพลังงานด้วยโปรแกรม Maestro32

2 การหาประสิทธิภาพการนับวัด

2.1 ทำการนับวัดสารรังสีมาตรฐาน Ba-133 โดยใส่สารรังสีมาตรฐานลงใน Neck Phantom ด้วยระยะห่างระหว่าง phantom และหัววัดที่ 25 เซนติเมตร เป็นเวลา 600 วินาที

2.2 เลือกช่วงพลังงานของ Ba-133 (ROI_{Ba-133}) ที่พลังงาน 356 keV หลังจากทำการปรับเทียบพลังงานแล้ว

2.3 จดบันทึกค่าผลการนับวัดที่ได้ในช่วง ROI_{Ba-133}

2.4 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดของไอโอดีน -131 (Eff_{I-131})

โดยที่

CPS_{Ba-133} = ค่านับวัดสุทธิในช่วง ROI ของสารรังสีมาตรฐาน Ba-133 ลบด้วยค่าปริมาณรังสีตามธรรมชาติ ต่อวินาที

DPS = ค่ากัมมันตภาพรังสีของ Ba-133 ณ เวลาที่ทำการนับวัด

R = อัตราการสลายตัวของไอโอดีน-131 กับ Ba-133 มีค่าเท่ากับ 0.81/0.62

$$Eff_{I-131} = \frac{CPS_{Ba-133}}{DPS_{Ba-133}} \text{x R}$$

$$CPS_{Ba-133} = \frac{\text{Gross area}_{Ba-133} - \text{Gross Area}_{Background}}{600}$$

3 การตรวจวัดผู้ปฏิบัติงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์

3.1 ผู้เข้ารับการตรวจวัดกรอกเอกสารลงบนแบบฟอร์มใบขอรับบริการตรวจวัดและประเมินค่าปริมาณรังสีภายในร่างกาย (FM 16) ให้ครบถ้วน

3.2 จัดท่าผู้เข้ารับการตรวจวัด โดยมีระยะห่างระหว่างหัววัดกับตำแหน่งคอ ประมาณ 25 เซนติเมตร

3.3 ทำการนับวัดเป็นเวลา 600 วินาที แล้วบันทึกค่าการนับวัด เพื่อนำมาคำนวณค่าปริมาณรังสี

3.4 การคำนวณ ดังสมการด้านล่างนี้

$$\text{Activity} = \frac{\text{CPS}_{\text{Net}}}{\text{Eff}_{\text{I-131}}}$$

โดยที่

CPS_{Net} = ค่านับวัดที่วัดได้ในช่วงที่สนใจ (ROI) ลบด้วยค่าปริมาณรังสีตามธรรมชาติต่อวินาที

Eff_{I-131} = ประสิทธิภาพของการนับวัด

3.5 คำนวณค่าปริมาณสารรังสีที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย (Intake Estimate) โดยสมมติให้ได้รับไอโอดีน-131 เข้าสู่ร่างกายในช่วงระยะเวลา 14 วัน และเวลาที่ได้รับรังสีที่จุดกึ่งกลางของช่วงเวลาในการได้รับไอโอดีน-131 ที่ 7 วัน โดยกำหนดให้ไอโอดีน-131 มีรูปแบบการดูดกลืน (Absorption Type) ประเภท F ที่ขนาดอนุภาค 5 μm และมีรูปแบบการได้รับรังสีด้วยการหายใจ (Inhalation)

$$\text{Intake estimate} = \frac{\text{M}}{\text{m(t)}}$$

โดยที่

M = Activity ที่ตรวจวัดได้

m(t) = สัดส่วนการคงอยู่ของไอโอดีน-131 ในไทรอยด์ ณ เวลา t วัน หลังจากได้รับไอโอดีน-131 เข้าสู่ร่างกาย

3.6 คำนวณค่าปริมาณรังสีที่บริเวณไทรอยด์ได้รับ (Committed Dose Equivalent : CDEThyroid) และค่าปริมาณรังสีที่ทั่วร่างกายได้รับตลอดช่วงเวลา 50 ปี หรือ Committed Effective Dose Equivalent (CEDE)

$$\text{CDE}_{\text{Thyroid}}\ (\text{Sv}) = \text{Intake estimate (Bq) x CDE per unit intake (Sv/Bq)}$$

$$CEDE\ (Sv) = \text{Intake estimate (Bq)}\ x\ \text{e(50) (S v/B q)}$$

โดยที่

CDE per unit intake คือ สัดส่วนปริมาณรังสีที่อวัยวะและเนื้อเยื่อได้รับในช่วงระยะเวลา 50 ปี หลังจากได้รับสารรังสีเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งมีค่าอ้างอิงจาก ICRP78[1]

e(50) คือ สัดส่วนปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับในช่วงระยะเวลา 50 ปี หลังจากได้รับสารรังสีเข้าสู่ร่างกายซึ่งมีค่าอ้างอิงจาก ICRP78[1]

4 การตรวจวัดปริมาณการฟุ้งกระจายของสารรังสีในอากาศของโรงพยาบาลด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์

4.1 ประกอบปั๊มดูดอากาศกับ Activated Charcoal Filter

4.2 ตั้งค่าอัตราการดูดอากาศ (Flow Rate) ให้อยู่ที่ 3 ลิตรต่อนาที

4.3 ติดตั้งตามห้องปฏิบัติงาน เช่น ห้อง Hot lab หรือห้องฉีดยา เป็นต้น

4.4 จดบันทึกเวลาที่เริ่มเปิด และเวลาที่ปิดเครื่อง เพื่อนำมาคำนวณนาทีที่เปิดปั้ม

4.5 นำ Activated Charcoal Filter มาทำการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมา

4.6 การคำนวณ ดังสมการ

$$\text{Activity (Bq/m}^3) = \frac{\text{CPS}_{\text{Net}}}{\text{Eff}_{\text{Filter}}\ x\ \ V(m^3)}$$

$$V = \frac{\text{จำนวนนาทีที่ปั๊มทำงาน}\ x\ Flow\ rate}{1000}$$

เกณฑ์สำหรับการประเมินความปลอดภัย

สำหรับการได้รับปริมาณไอโอดีน-131 ในร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน โดยอ้างอิงจากค่าปริมาณรังสียังผล (Effective Dose) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี โดยเฉลี่ยในช่วงห้าปีติดต่อกัน ทั้งนี้ในแต่ละปีจะรับรังสีได้ไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต และตลอดช่วงห้าปีติดต่อกัน จะต้องได้รับรังสีไม่เกิน 100 มิลลิซีเวิร์ต โดยอ้างอิงจากกฎกระทรวงความปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561 ในหมวดที่ 6 “ขีดจำกัดปริมาณรังสี” โดยกำหนดให้ไอโอดีน-131 มีรูปแบบการดูดกลืน ประเภท F ที่ขนาดอนุภาค 5 μm และมีรูปแบบการได้รับรังสีด้วยการหายใจซึ่งสามารถกำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผู้ปฏิบัติงานทางรังสี

เกณฑ์การประเมิน	ปริมาณรังสียังผลต่อปี (50 สัปดาห์) (msV)	ปริมาณรังสียังผล ต่อ 1 สัปดาห์ (msV)	ปริมาณรังสียังผล ต่อ 2 สัปดาห์ (msV)
ND	ค่าตรวจวัดต่ำกว่า MDA		
RL	1	0.02	0.04
IL	5	0.1	0.2
DL	20	0.4	0.8

หมายเหตุ

- Investigation Level (IL)= 10.0 kBq/ 2weeks
- Recording Level (RL)= 2.0 kBq/ 2weeks

คำอธิบายตาราง

- **ND (Not Detected)** หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้ เนื่องจากค่าที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่าค่าปริมาณต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ (Minimum Detectable Activity; MDA)
- **RL (Recording Level)** หมายถึง ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับโดยกำหนดขึ้นเป็นค่าอ้างอิง หากผลการประเมินตรวจวัดผู้ปฏิบัติงานเกินค่า RL จะต้องทำการบันทึกข้อมูลค่าของผู้ปฏิบัติงานบุคคลนั้นลงในประวัติการได้รับรังสี
- **IL (Investigation Level)** หมายถึง ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายที่กำหนดเป็นค่าอ้างอิง โดยค่าที่มากกว่า IL จะต้องทำการตรวจสอบหาสาเหตุของที่มาการได้รับรังสีและมาตรการการลดระดับรังสีของบุคคลนั้น
- **DL (Dose limit)** หมายถึง ค่าขีดจำกัดการได้รับรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

เกณฑ์สำหรับการประเมินความปลอดภัยสำหรับการฟุ้งกระจายของสารรังสีไอโอดีน-131 ในอากาศ

(Derived Air Concentration : DAC) คือปริมาณการฟุ้งกระจายของสารกัมมันตรังสีในอากาศสูงสุดที่ยอมให้ผู้ปฏิบัติงานทางรังสี ปฏิบัติงานได้ที่ 8 ชั่วโมงต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์ และ 50 สัปดาห์ในหนึ่งปี สำหรับไอโอดีน-131 รูปแบบการดูดกลืน ประเภท F ขนาดอนุภาค 5 μm และรูปแบบการได้รับรังสีด้วยการหายใจ มีค่าเท่ากับ 416 Bq/m^3

สำหรับการประเมินการฟุ้งกระจายของสารกัมมันตรังสีในอากาศของห้องปฏิบัติการ ที่ได้ทำการตรวจวัดนั้นจะต้องนำค่า Activity (Bq/m^3) ที่คำนวณได้ในแต่ละห้องที่ได้ทำการติดตั้งปั๊มดูดอากาศมาเทียบกับค่า DAC ถ้าค่าที่ตรวจวัดได้เกินกว่าค่า DAC จะต้องวิเคราะห์หาสาเหตุและมาตรการการลดระดับรังสี

สรุปผลการตรวจวัด

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินผู้ปฏิบัติงานโรงพยาบาลเขตภาคเหนือ

โรงพยาบาล	ผู้ปฏิบัติงาน (คน)	เกณฑ์การประเมิน (คน)		
		ND	<IL	>IL
1	8	8	0	0
2	17	13	4	0
3	12	12	0	0

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินผู้ปฏิบัติงานโรงพยาบาลเขตภาคใต้

โรงพยาบาล	ผู้ปฏิบัติงาน (คน)	เกณฑ์การประเมิน (คน)		
		ND	<IL	>IL
1	11	11	0	0
2	25	24	1	0

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินผู้ปฏิบัติงานโรงพยาบาลเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

โรงพยาบาล	ผู้ปฏิบัติงาน (คน)	เกณฑ์การประเมิน (คน)		
		ND	<IL	>IL
1	26	12	14	0
2	18	0	0	18
3	14	9	5	0
4	14	13	0	1

ผลการตรวจวัดการฟุ้งกระจายของไอโอดีน-131 ในอากาศ

จากการตรวจวัดการฟุ้งกระจายของไอโอดีน-131 ในอากาศของโรงพยาบาลด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ได้ผลดังนี้

- ผลการตรวจวัดการฟุ้งกระจายของไอโอดีน-131 ในอากาศในห้องปฏิบัติงานต่าง ๆ ของโรงพยาบาลเขตภาคเหนือทั้ง 3 แห่ง และโรงพยาบาลเขตภาคใต้ ทั้ง 2 แห่ง พบการฟุ้งกระจายแต่อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าค่า DAC (สำหรับไอโอดีน-131)
- โรงพยาบาลเขตภาคตะวันออกเฉียงใต้ มีเพียงห้อง Hot Lab ของโรงพยาบาลลำดับที่ 7 และห้อง Treatment I-131 ของโรงพยาบาลลำดับที่ 4 ในโรงพยาบาลเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีค่าการฟุ้งกระจายเกินค่า DAC จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาสาเหตุและลดการฟุ้งกระจายของสารกัมมันตรังสีลง

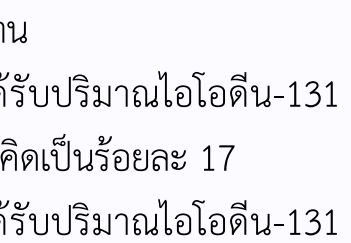
ผลการตรวจวัดในผู้ปฏิบัติงาน

จากผลการตรวจวัดและประเมินผู้ปฏิบัติงานโรงพยาบาลด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของทั้ง 3 ภาค ตรวจวัดผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด 145 ราย ได้ผลดังนี้

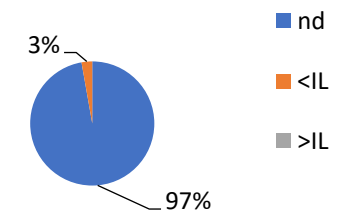
- ผู้ปฏิบัติงาน จำนวน 102 ราย มีผลได้รับปริมาณไอโอดีน-131 เข้าสู่ร่างกาย (Intake) อยู่ในเกณฑ์ ND (not detected) หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้เนื่องจากค่าที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่า MDA คิดเป็นร้อยละ 70 ของผู้ปฏิบัติงาน
- ผู้ปฏิบัติงาน จำนวน 24 ราย ได้รับปริมาณไอโอดีน-131 เข้าสู่ร่างกายอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าIL/2weeks คิดเป็นร้อยละ 17
- ผู้ปฏิบัติงาน จำนวน 19 ราย ได้รับปริมาณไอโอดีน-131 เข้าสู่ร่างกายอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่า IL/2weeks คิดเป็นร้อยละ 13

** ในกรณีตรวจพบค่า IL สูงกว่าเกณฑ์ ปส. จะตรวจหาสาเหตุการได้รับรังสีของผู้ปฏิบัติงานของโรงพยาบาลนั้น ๆ โดยกลุ่มประเมินค่าปริมาณรังสี (กปร.) จะรายงานผลการตรวจวัดไปยังกองตรวจสอบทางนิวเคลียร์และรังสี (กตส.) และกองอนุญาตทางนิวเคลียร์และรังสี (กอญ.) และทาง กตส. จะเป็นหน่วยเข้าไปตรวจสอบพื้นที่โรงพยาบาลนั้น ซึ่งจากตารางที่ 4 ภายหลังจากการตรวจพบค่า IL สูงในผู้ปฏิบัติงาน กลุ่ม กปร. และ กตส. ได้ลงพื้นที่ติดตามตรวจวัดผู้ปฏิบัติงานซ้ำอีกครั้ง โดยผลการตรวจวัดที่ได้ผู้ปฏิบัติงานมีค่าปริมาณไอโอดีน-131 ต่ำกว่าเกณฑ์ทุกคน

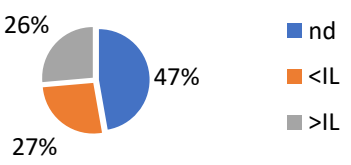
แผนภูมิแสดงสัดส่วนผลการประเมินผู้ปฏิบัติงาน ด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของโรงพยาบาล ภาคเหนือ



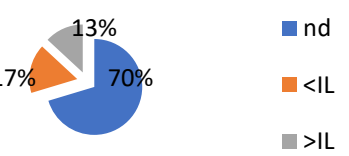
แผนภูมิแสดงสัดส่วนผลการประเมินผู้ปฏิบัติงาน ด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของโรงพยาบาล ภาคใต้



แผนภูมิแสดงสัดส่วนผลการประเมินผู้ปฏิบัติงาน ด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของโรงพยาบาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



แผนภูมิแสดงสัดส่วนผลการประเมินผู้ปฏิบัติงาน ด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของโรงพยาบาล ภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



เอกสารอ้างอิง

1. https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2078

การได้รับปริมาณรังสีสูงที่ผิวหนัง

นายประวิทย์ บัวบาน

นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ

การบาดเจ็บหรือมีรอยไหม้ที่ผิวหนังจากการได้รับรังสี เกิดจากการที่รังสีถ่ายเทพลังงานให้กับผิวหนังหรือเนื้อเยื่อแล้วก่อให้เกิดความเสียหายขึ้น โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นก็ขึ้นกับปริมาณ ชนิด และพลังงานของรังสี เช่น รังสีโฟตอนที่มีพลังงาน 600 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ สามารถถ่ายเทพลังงานได้ถึง 30 เซนติเมตร ภายในเนื้อเยื่อ หรือรังสีบีตาพลังงาน 400 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ สามารถถ่ายเทพลังงานงานที่ระยะ 0.1 - 0.2 เซนติเมตร ใต้ชั้นผิวหนัง (Andrea L. DiCarlo, Aaron C. Bandremer et al., 2020) [1] สำหรับปริมาณรังสีที่มีค่ามากกว่า 2 เกรย์ เริ่มเห็นผลกระทบชัดเจนกับร่างกายมนุษย์ โดยที่ผิวหนังเริ่มมีผื่นแดง เกิดบาดแผล หรือทำให้เซลล์ที่ผิวหนังเกิดความเสียหายถาวรหรืออาจก่อให้เกิดเป็นมะเร็งได้ ซึ่งก็ขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับ ผลกระทบที่ปรากฏให้เห็นหรือแสดงอาการอาจใช้เวลาไม่กี่ชั่วโมงหรือหลายเดือนหลังการได้รับรังสี (Louis K. Wagner., 1998) [2]

สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุทางรังสี

การเกิดอุบัติเหตุทางรังสีที่ทำให้ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับปริมาณรังสีสูงแล้วก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายหรือชีวิตนั้น สามารถเกิดขึ้นได้กับผู้ปฏิบัติงานในด้านอุตสาหกรรม เช่น การถ่ายภาพชิ้นงานด้วยการใช้วัสดุกัมมันตรังสีหรือเครื่องเอกซเรย์ งานด้านการแพทย์ที่ใช้เครื่องกำเนิดรังในงานวินิจฉัยหรือการรักษาโรค หรือแม้แต่งานที่ใช้รังสีเพื่อการวิจัยก็สามารถเกิดอุบัติเหตุได้เช่นกัน โดยสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุทางรังสีส่วนใหญ่เกิดจาก

- ความประมาทและไม่ปฏิบัติตามมาตรการด้านความปลอดภัยทางรังสี
- การไม่ดูแลรักษาเครื่องวัดรังสีหรืออุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยทางรังสีให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

ค่าปริมาณรังสีและผลกระทบจากการได้รับรังสี

ผิวหนังที่อักเสบหรือไหม้เกิดจากการได้รับปริมาณรังสีมากกว่า 2 เกรย์ ขึ้นไป ผิวหนังจะเริ่มมีอาการผื่นแดงขึ้นและเกิดการอักเสบภายใน 2 - 3 สัปดาห์ อาการจะรุนแรงมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ได้รับ ผู้บาดเจ็บบางรายมีบาดแผลที่รุนแรงทำให้เกิดความพิการหรือเสียชีวิตได้ ผลของการได้รับปริมาณรังสีที่แตกต่างกันแสดงในตารางดังนี้

ผลกระทบจากการได้รับรังสี	ปริมาณรังสี (เกรย์)	ระยะเวลาการแสดงอาการ
ผิวหนังเริ่มมีรอยผื่นแดง	2	2-24 ชั่วโมง
ขนบริเวณผิวหนังร่วงชั่วคราว	3-6	3 สัปดาห์
ขนบริเวณผิวหนังร่วงถาวร	7	3 สัปดาห์
ผิวหนังชั้นนอกหลุดลอก	10	4 สัปดาห์
ผิวหนังแตกเป็นแผลและมีน้ำเหลือง	15	4 สัปดาห์
ผิวหนัง/เนื้อเยื่อตาย	18	> 10 สัปดาห์
ผิวหนังฝ่อ	10	14 สัปดาห์ - 1ปี
มะเร็งผิวหนัง	-	> 5 ปี

(ข้อมูลอ้างอิง: Wangner LK, Archer BR. 1998.) [7]

การรักษาหรือวินิจฉัยโรคบางชนิด เช่น การรักษาโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตันจะใช้รังสีจากเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีเพื่อนำมารักษา ถ้าแพทย์หรือผู้ปฏิบัติงานใช้เครื่องกำเนิดรังสีเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีที่สูงและเกิดการบาดเจ็บที่ผิวหนังได้ ลักษณะบาดแผลที่เกิดจากการได้รับปริมาณรังสีสูงจากเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปี แสดงดังรูปที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ สำหรับเครื่องกำเนิดที่ใช้ในการศึกษาวิจัยสามารถเกิดอุบัติเหตุทางรังสีได้เช่นกัน เช่น เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction, XRD) เป็นเครื่องที่ใช้วิเคราะห์โครงสร้างของผลึกตัวอย่าง เนื่องจากลักษณะการทำงานที่ต้องนำตัวอย่างไปไว้ในช่องที่ใส่ตัวอย่างที่มีรังสีเอกซ์ ถ้าระบบความปลอดภัยของเครื่องกำเนิดรังสีทำงานผิดปกติ ก็เป็นสาเหตุทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับรังสีได้ ลักษณะบาดแผลบริเวณมือของผู้บาดเจ็บ จากการได้รับรังสีจากเครื่องกำเนิดรังสีประเภทนี้แสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 1 ผู้ป่วยที่มีบาดแผลบริเวณหลังจากการได้รับรังสีมากกว่า 20 เกรย์ (เดือนที่ 18-21) จากรังสีเอกซเรย์วินิจฉัยชนิดฟลูออโรสโคปี (รูปภาพจาก T. Shope, ICRP 85., 2000) [5]

รูปที่ 2 ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บบริเวณหลังจากการได้รับปริมาณรังสี 15-20 เกรย์ (เดือนที่ 21) จากรังสีเอกซเรย์วินิจฉัยชนิดฟลูออโรสโคปี (รูปภาพจาก F. Mettler, ICRP 85., 2000) [5]

รูปที่ 3 เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีที่ใช้ในทางการแพทย์ [10]

รูปที่ 4 แผลบริเวณนิ้วมือขวาของผู้บาดเจ็บ 30 วัน หลังจากอุบัติเหตุทางรังสีจากเครื่อง XRD [4]

นอกจากอุบัติเหตุทางรังสีที่เกิดจากกการใช้เครื่องกำเนิดรังสีแล้วยังมีอุบัติเหตุทางรังสีจากการใช้วัสดุกัมมันตรังสีในงานอุตสาหกรรม เช่น การใช้สารกัมมันตรังสีอิริเดียม-192 สำหรับการถ่ายภาพชิ้นงาน เนื่องจากลักษณะการทำงานที่ต้องขับเคลื่อนวัสดุกัมมันตรังสีเข้าและออกจากภาชนะบรรจุที่ป้องกันรังสีเพื่อใช้ถ่ายภาพชิ้นงาน อุบัติเหตุจากการทำงานนี้ส่วนใหญ่มักเกิดจากความเข้าใจผิดของผู้ปฏิบัติงานว่าได้นำวัสดุกัมมันตรังสีเก็บเข้าภาชนะบรรจุแล้วและไม่ได้ใช้เครื่องสำรวจรังสีเพื่อยืนยันค่าระดับรังสี ลักษณะบาดแผลที่เกิดขึ้นจากการได้รับรังสีและวัสดุกัมมันตรังสีที่ใช้ในการถ่ายภาพชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

รูปที่ 5 แผลบริเวณลำตัวของผู้บาดเจ็บ 15 วัน หลังเกิดอุบัติเหตุทางรังสี ได้รับปริณาณรังสีประมาณ 30 เกรย์ จาก Ir-192 (กัมมันตภาพรังสี 185 GBq) ที่ใช้ในการถ่ายภาพชิ้นงาน [8]

รูปที่ 6 วัสดุกัมมันตรังสีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมสำหรับถ่ายภาพชิ้นงาน [11]

การดูแลและการรักษาผู้ป่วยที่รับปริมาณรังสีสูงที่ผิวหนัง

ผู้ป่วยจากการได้รับปริมาณรังสีสูงภายใน 24 ชั่วโมงแรก อาการผิวหนังมีลักษณะสีแดงคล้ายกับผิวหนังที่ถูกความร้อน ทำให้แพทย์หรือผู้ทำการรักษาไม่ทราบสาเหตุแน่ชัดว่าอาการดังกล่าวเกิดจากอะไร ดังนั้นต้องมีการถ่ายรูป ซักประวัติ และติดตามอาการผู้ป่วยอย่างใกล้ชิด ถ้าผู้ป่วยเริ่มมีอาการชัดเจนให้ดูแลความสะอาดป้องกันการติดเชื้อ ให้ยาเพื่อลดการอักเสบ บรรเทาความเจ็บปวด ให้สารต้านการแข็งตัวของเลือด กระตุ้นการฟื้นฟูดีเอ็นเอและระบบไหลเวียนโลหิต อาจมีการปลูกถ่ายผิวหนังบริเวณที่ผิวหนังที่ถูกทำลายจากการได้รับรังสี และอาจต้องสนับสนุนทางด้านจิตวิทยากับผู้ป่วยร่วมด้วย (CDC., 2022) [4]

แนวทางการป้องกันการได้รับปริมาณรังสีสูง

งานด้านการแพทย์ที่ใช้แหล่งกำเนิดรังสี เช่น เครื่องเอกซเรย์เพื่อการวินิจฉัยและร่วมรักษาต้องมีเครื่องตรวจสอบปริมาณรังสีตามเวลาจริงในระหว่างทำการวินิจฉัยหรือการรักษา เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถหลีกเลี่ยงการให้ปริมาณรังสีกับผู้ป่วยที่สูงเกินเกณฑ์ 2 เกรย์ ซึ่งเป็นปริมาณรังสีที่ทำให้ผิวหนังเริ่มเกิดผื่นแดงหรือมีรอยไหม้ หรือถ้าเกินเกณฑ์จะต้องรับทราบข้อเท็จจริงนี้เพื่อให้สามารถติดตามผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสม ผู้ใช้งานต้องทำการบันทึกเวลา พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการฉายรังสี ลดอัตราการฉายรังสีและกระแสของหลอดเอกซเรย์ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สำหรับตำแหน่งการยืนของผู้ใช้งานต้องเป็นตำแหน่งที่สามารถทำงานได้และต้องได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุด มีอุปกรณ์ป้องกันรังสีที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยและผู้ใช้งาน เช่น เสื้อตะกั่ว แว่นตะกั่ว ถุงมือตะกั่ว เป็นต้น (ICRP 85., 2000) [5]

งานด้านอุตสาหกรรมใช้แหล่งกำเนิดรังสีที่เป็นวัสดุกัมมันตรังสี หรือเครื่องเอกซเรย์เพื่อการถ่ายภาพชิ้นงาน ผู้ใช้งานต้องตรวจสอบความพร้อมและความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อความปลอดภัยทางรังสี มีเครื่องสำรวจรังสีที่ใช้สำรวจระดับรังสีโดยรอบบริเวณที่ทำงาน และใช้ในการสำรวจค่าระดับรังสีเพื่อยืนยันว่าวัสดุกัมมันตรังสีที่ใช้แล้วได้ถูกเก็บไว้ในกำบังรังสีแล้วหรือไม่ และที่สำคัญต้องปฏิบัติตามแผนและมาตรการด้านความปลอดภัยทางรังสีอย่างเคร่งครัด

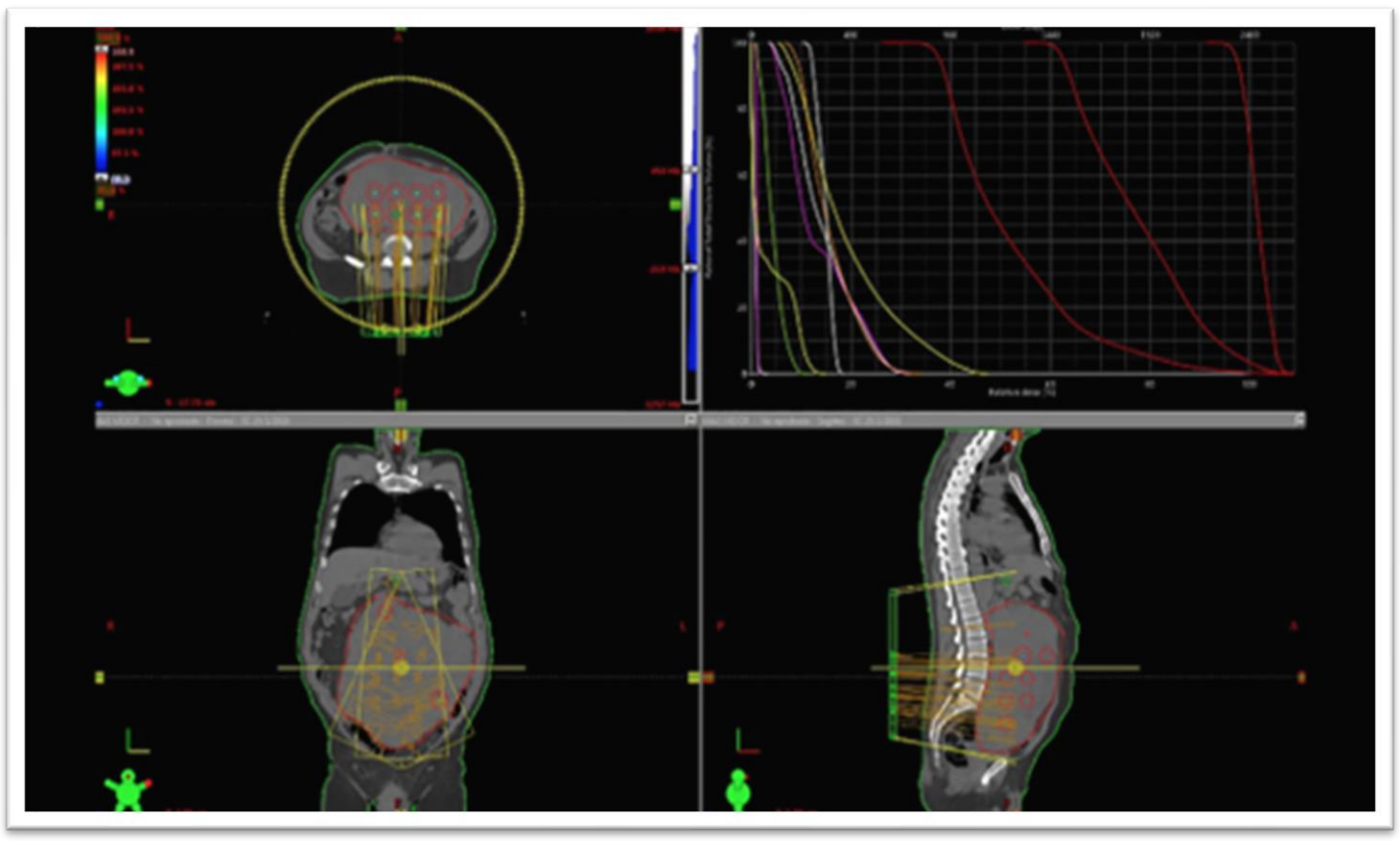
เอกสารอ้างอิง

1. Andrea L. DiCarlo, Aaron C. Bandremer, Hollingsworth, Brynn A., Kasim, Suhail, Laniyonu, Adebayo, et al. Cutaneous Radiation Injuries: Models, Assessment and Treatments. Radiation Research 194, 315-344 (2020)
2. Louis K. Wagner, Ph.D., DABR, FACR, FAAPM, Minimizing Risks from Fluoroscopic X Rays, Partners in Radiation Management, 1998, p. 10
3. International Atomic Energy Agency. Lessons Learned from Accidents in Industraial Radiography, Safety Reports Series no. 7 (1998)
4. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention (CDC). A Brochure for Physicians Cutaneous Radiation Injury. Retrieved from https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/pdf/cri.pdf
5. ICRP Publication 85, Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures (2000)
6. Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR) Radiation Safety Industrial Radiography (FANR-RG-019)
7. Wangner LK, Archer BR. Minimizing risks from fluoroscopic x-rays. 2nd ed. Houston, TX: Partners in Radiation Management, 1998.
8. Toby Richard (2015). Overview of Industrial Radiography Source and Accidents. Retrieved from https://slideplayer.com/slide/4311720/
9. Patton McGinley (2015). Improving Safety and Reducing Harm from Fluoroscopy. Retrieved from https://www.psqh.com/news/improving-safety-and-reducing-harm-from-fluoroscopy/
10. https://www.medicalequipment-msl.com/htm/c-arm-x-ray-machine/c-arm-x-ray-MSLCX37.html
11. https://www.sourca.com/880%20OMEGA%20PROJECTOR.html

คลื่น
นวัตกรรมของรังสีบำบัด

นางสาวกาหลง อุ่ยยะเสถียร
นักฟิสิกส์รังสีชำนาญการ
นางสาวหทัยกาญจน์ กุหลาบเสาวคนธ์
นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ

มะเร็ง เป็นปัญหาสำหรับมนุษยชาติมาอย่างยาวนาน ซึ่งปรากฏหลักฐานในฟอสซิลและมัมมี่ และยังมีการบันทึกไว้ในประวัติศาสตร์ นอกจากนี้มะเร็งสามารถถ่ายทอดความผิดปกติจากพันธุกรรมได้ ผู้ป่วยโรคมะเร็งที่บันทึกไว้ที่เก่าแก่ที่สุดมีอายุย้อนไปถึงอียิปต์โบราณกว่า 3,500 ปี และมีการพบความผิดปกติบนกระดูกนิ้วเท้าของฟอสซิลมนุษย์ที่มีอายุ 1.7 ล้านปี ปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์กำลังพัฒนาวิธีการรักษามะเร็งในรูปแบบใหม่ เช่น รักษาด้วยรังสี หรือที่เรียกว่ารังสีรักษา เพื่อต่อสู้กับโรคนี้ รังสีรักษาเป็นการใช้รังสีชนิดก่อไอออนจากเครื่องกำเนิดรังสีหรือวัสดุกัมมันตรังสีพุ่งเป้าไปยังเซลล์มะเร็งและทำลายเซลล์มะเร็ง เพื่อลดความเสี่ยงในการทำลายเนื้อเยื่อรอบ ๆ ที่มีสุขภาพดี จึงมีการพัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ เพื่อปรับปรุงความแม่นยำของรังสีรักษา เครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีของศตวรรษที่ 21 เช่น การฉายรังสีแบบ Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT) การฉายรังสีแบบ Spatially Fractionated Radiation Therapy (SFRT) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ซึ่งช่วยให้การรักษามีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น มีผลข้างเคียงน้อยลง



รูปที่ 1 แสดงเนื้องอกระยะแพร่กระจายในช่องท้องและอุ้งเชิงกราน ซึ่งได้รับการฉายรังสีโดยใช้เทคนิค SFRT วงกลมเล็ก ๆ สีแดง แสดงถึงปริมาณรังสีสูงที่ทำลายเซลล์เนื้องอกโดยตรง และพื้นที่รอบๆ วงกลมสีแดงภายในวงกลมใหญ่สีแดง เป็นการได้รับผลกระทบจากปริมาณรังสีที่ลดลง ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในการทำลายเนื้องอก (ที่มา : Naipy Perez/Innovative Cancer Institute, USA)

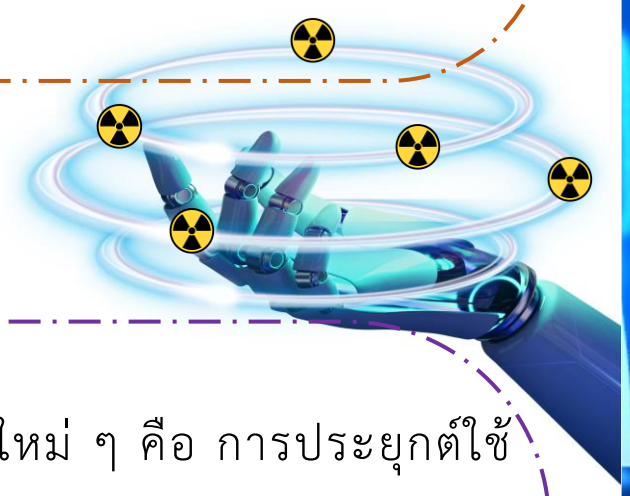
การฉายรังสีแบบร่วมพิกัด (Stereotactic Body Radiation Therapy; SBRT)[2]

การฉายรังสีแบบ SBRT เป็นการรักษาด้วยการฉายรังสีร่วมพิกัดบริเวณลำตัว เป็นเทคนิคการรักษาขั้นสูง โดยเป็นการฉายรังสีพุ่งเป้าไปที่เนื้องอกด้วยปริมาณรังสีและความแม่นยำสูง วิธีนี้จำกัดขอบเขตผลกระทบต่อเนื้อเยื่อปกติข้างเคียงรอบ ๆ ซึ่งช่วยลดโอกาสการเกิดผลข้างเคียง ดังนั้นการรักษาด้วยวิธีนี้เป็นไปได้ว่าจะสามารถรักษาให้หายขาดได้หรือเป็นทางเลือกการรักษาที่ให้ผลดีสำหรับเนื้องอกหลายประเภท เช่น ปอด ตับ สมอง และตับอ่อน เป็นต้น ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency; IAEA) ได้ช่วยเหลือในการนำเทคนิคการรักษานี้ไปใช้ในหลายประเทศ ผ่านโครงการวิจัยที่ดำเนินการร่วมกันและโครงการความร่วมมือทางเทคนิค หนึ่งในโครงการดังกล่าว คือ การตรวจสอบประสิทธิภาพของการรักษาด้วยการฉายรังสีร่วมพิกัดบริเวณลำตัว ในกรณีของเซลล์มะเร็งตับที่ไม่สามารถผ่าตัดได้ ซึ่งมะเร็งตับตรวจพบได้บ่อยที่สุดเป็นอันดับที่ 6 โดยคาดว่าผลลัพธ์ของโครงการนี้จะส่งผลต่อมาตรฐานการรักษาในปัจจุบัน และจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับประเทศกำลังพัฒนา

การฉายรังสีแบบ Spatially Fractionated Radiation Therapy (SFRT)

การฉายรังสีแบบ SFRT เป็นเทคนิคการรักษาด้วยรังสีที่สามารถให้ปริมาณรังสีที่ค่อนข้างสูงแตกต่างกันไปทั่วก้อนมะเร็งขนาดใหญ่ ในขณะเดียวกันก็ปกป้องอวัยวะปกติโดยรอบด้วย รูปแบบหนึ่งของการใช้เทคนิค SFRT คือ การรักษาด้วยรังสีแบบกริด (Grid Radiotherapy) โดยใช้บล็อกที่มีรูเล็ก ๆ ช่วยให้เนื้องอกได้รับทั้งปริมาณรังสีสูงและต่ำ และเทคนิค Lattice Radiotherapy ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกันโดยเป็นการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ งานวิจัยชี้ให้เห็นถึงอัตราการตอบสนองที่ยอดเยี่ยมเมื่อใช้การฉายรังสีแบบ SFRT เป็นระยะเวลาหนึ่งกับเนื้องอกขนาดใหญ่ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้สามารถใช้เทคนิครังสีรักษาดังกล่าวได้อย่างปลอดภัยมากขึ้น ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2563 (ค.ศ. 2020) IAEA ได้ริเริ่มโครงการวิจัยที่ดำเนินการร่วมกัน เกี่ยวกับประสิทธิภาพของการฉายรังสีแบบ SFRT ในการรักษาแบบประคับประคองของมะเร็งปอดและมะเร็งปากมดลูก โดยโครงการได้ตรวจสอบการใช้ SFRT ในการทำให้การตอบสนองของผู้ป่วยดีขึ้นต่อการรักษาด้วยรังสีแบบประคับประคอง ซึ่งเป็นการรักษาที่ช่วยบรรเทาอาการของผู้ป่วยและชะลอการลุกลามของโรค

ปัญญาประดิษฐ์ในการรักษาด้วยรังสี (Artificial Intelligence in Radiation Therapy)



อีกตัวอย่างที่สำคัญของวิธีการรักษาด้วยรังสีที่มีการพัฒนาด้วยแนวทางใหม่ ๆ คือ การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) เครื่องมือที่ใช้ AI มีความสามารถในการปรับปรุงประสิทธิภาพ ความแม่นยำและการประกันคุณภาพของรังสีรักษา เครื่องมือดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในทุกขั้นตอนของการรักษาผู้ป่วย ตั้งแต่การวินิจฉัยไปจนถึงการรักษาและติดตามผล นำมาซึ่งการปรับปรุงการทำงานอัตโนมัติอย่างที่ไม่เคยมีมาก่อน AI ได้เข้ามามีบทบาทในการรักษามากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการตรวจจับโรค รวมถึงการถ่ายภาพทางการแพทย์และพยาธิวิทยาแบบดิจิทัลและการเพิ่มประสิทธิภาพของโลจิสติกส์ บริการด้านการดูแลสุขภาพและการรักษาโรคมะเร็ง การนำเครื่องมือ AI มาใช้งานทางคลินิกนั้นยังมีอุปสรรคอยู่ ทำให้เครื่องมือ AI จำนวนมากอยู่ในขั้นตอนพิสูจน์แนวคิดและยังห่างไกลจากการยอมรับทางคลินิก อย่างไรก็ตาม การศึกษาในปัจจุบันและความสนใจที่เพิ่มขึ้นของภาคธุรกิจ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเครื่องมือ AI ในการบำบัดด้วยรังสี IAEA ได้จัดประชุมผู้เชี่ยวชาญในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 (ค.ศ. 2021) เพื่อหารือเกี่ยวกับแนวทางที่ใช้ AI ในเทคโนโลยีนิวเคลียร์ รวมถึงการรักษาด้วยรังสี นอกจากนี้ โครงการร่วมระหว่าง IAEA และ European Society for Radiotherapy and Oncology (ESTRO) เกี่ยวกับทักษะในการรักษาด้วยการฉายรังสีในสภาพแวดล้อมทางคลินิก ที่นำ AI มาใช้งาน มีแผนจะเริ่มในปี พ.ศ. 2565 (ค.ศ. 2022) โดยโครงการนี้จะพิจารณาว่า AI สามารถช่วยกระจายภาระงานของบุคลากรโดยช่วยให้การวางแผนการรักษาได้รวดเร็วขึ้นหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

1. https://www.iaea.org/bulletin/radiation-therapy-on-the-wave-of-innovation
2. พญ. ดร. ณปภัช อมรวิเชษฐ์. บทบาทของการฉายรังสีร่วมพิกัดในการรักษามะเร็งแพร่กระจายไปตับ (Role of Stereotactic body radiotherapy in liver metastasis). Journal of Thai Association of Radiation Oncology, Vol. 24 No. 1 January - June 2018 หน้าที่ 14-26

รังสีเอกซ์
ช่วยให้ค้นพบว่าใครเป็นผู้วาดภาพผลงานชิ้นเอก ที่มีอายุหลายศตวรรษในแอลเบเนีย

นางสาวกาหลง อุ่ยยะเสถียร
นักฟิสิกส์รังสีชำนาญการ
นางสาวหทัยกาญจน์ กุหลาบเสาวคนธ์
นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ

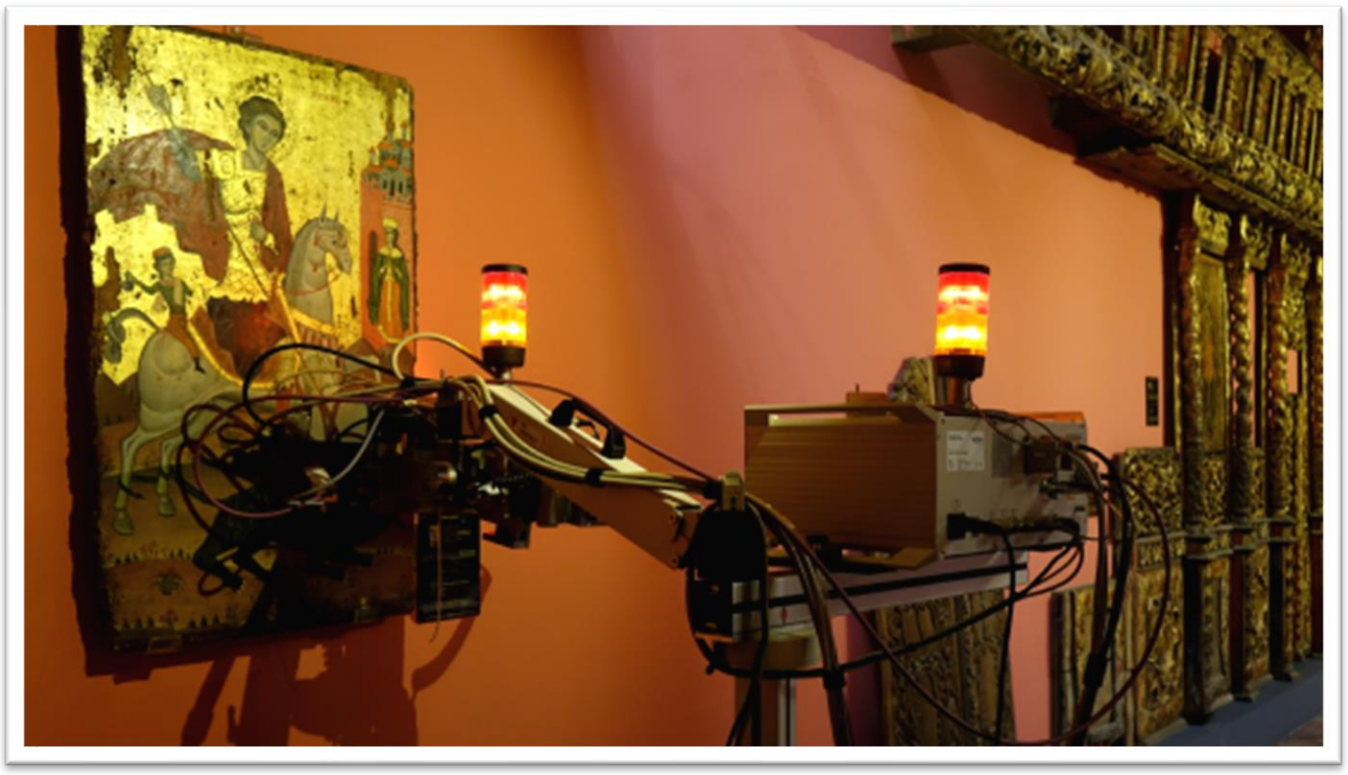
นักวิจัยชาวแอลเบเนียใช้รังสีเอกซ์เพื่อค้นหาว่าใครเป็นผู้วาดภาพนักบุญจอร์จ ซึ่งเป็นผลงานชิ้นเอกที่ละเอียดอ่อนมีอายุหลายศตวรรษ ซึ่งเป็นหนึ่งในนักบุญที่มีชื่อเสียงที่สุดของศาสนาคริสต์ วิธีที่นักวิจัยใช้ในการตรวจสอบภาพวาดคือ การตรวจสอบโครงสร้างภายในของภาพวาดแบบไม่ทำลายชิ้นงาน (Non-Destructive Testing :NDT) และการตรวจสอบองค์ประกอบวัสดุของภาพวาดแบบไม่ทำลายชิ้นงาน (Non-Destructive Assay :NDA) ด้วยรังสีเอกซ์ ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาวัสดุและคุณภาพของวัตถุ ตั้งแต่การวิเคราะห์สิ่งประดิษฐ์ทางวัฒนธรรมและตัวอย่างทางชีวการแพทย์ เช่น เลือด เส้นผม ไปจนถึงการค้นหารอยแตกหรือโพรงในท่อน้ำมันและชิ้นส่วนเครื่องบิน

Elida Bylyku ผู้อำนวยการสถาบันฟิสิกส์นิวเคลียร์ประยุกต์ ในเมืองติรานา ประเทศแอลเบเนีย กล่าวว่า การตรวจสอบโครงสร้างภายในและ NDT ทำให้เราประเมินความสมบูรณ์และคุณสมบัติทางกายภาพของภาพวาดโดยไม่ทำลายชิ้นงาน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากเมื่อต้องทำงานกับโบราณวัตถุที่มักจะเปราะบางมาก รังสีเอกซ์ยังช่วยให้เรามองเห็นส่วนด้านในของวัตถุและระบุรอยแตกหรือตำหนิที่อาจมองไม่เห็นได้

หลังจากกู้คืนภาพเหมือนจากโบสถ์เก่า นักวิจัยจากสถาบันฟิสิกส์นิวเคลียร์ประยุกต์ได้ทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญของ IAEA เพื่อศึกษาภาพเหมือนโดยใช้เทคนิค NDT และ NDA การค้นพบนี้ช่วยให้นักอนุรักษ์ที่พิพิธภัณฑ์ประวัติศาสตร์แห่งชาติในเมืองติรานา เข้าใจประวัติศาสตร์ของภาพวาดและเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการฟื้นฟูผลงานศิลปะอันล้ำค่า

Bylyku กล่าวว่า เดิมทีเมื่อได้รับภาพเหมือนนักบุญ คิดว่าน่าจะวาดโดยศิลปินนิรนาม หลังจากตรวจสอบความสมบูรณ์ของโครงสร้างของชิ้นงานโดยใช้การถ่ายภาพรังสีทางอุตสาหกรรมแล้ว นักวิจัยได้ใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ X-ray fluorescence (XRF) เพื่อระบุวัสดุที่ใช้วาดภาพของนักบุญ พวกเขาเปรียบเทียบวัสดุเหล่านี้กับวัสดุที่ใช้โดยศิลปินต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ต่างกัน และจากการวิเคราะห์ได้ค้นพบศิลปินที่วาดภาพดังกล่าว และได้กล่าวเพิ่มเติมว่า เป็นเพราะผลจากการวิเคราะห์การเรืองแสงรังสีเอกซ์ ทำให้เราสามารถระบุชนิดของสีที่ใช้ในภาพเหมือนของนักบุญจอร์จ ซึ่งช่วยให้เราค้นพบว่าภาพวาดนักบุญนี้วาดโดยพี่น้องเซติริ (Çetiri brothers) [2] ซึ่งเป็นนักวาดภาพในศตวรรษที่ 18 ข้อมูลนี้ยังเป็นกุญแจสำคัญในการฟื้นฟูชิ้นงานด้วยวิธีที่เหมาะสม

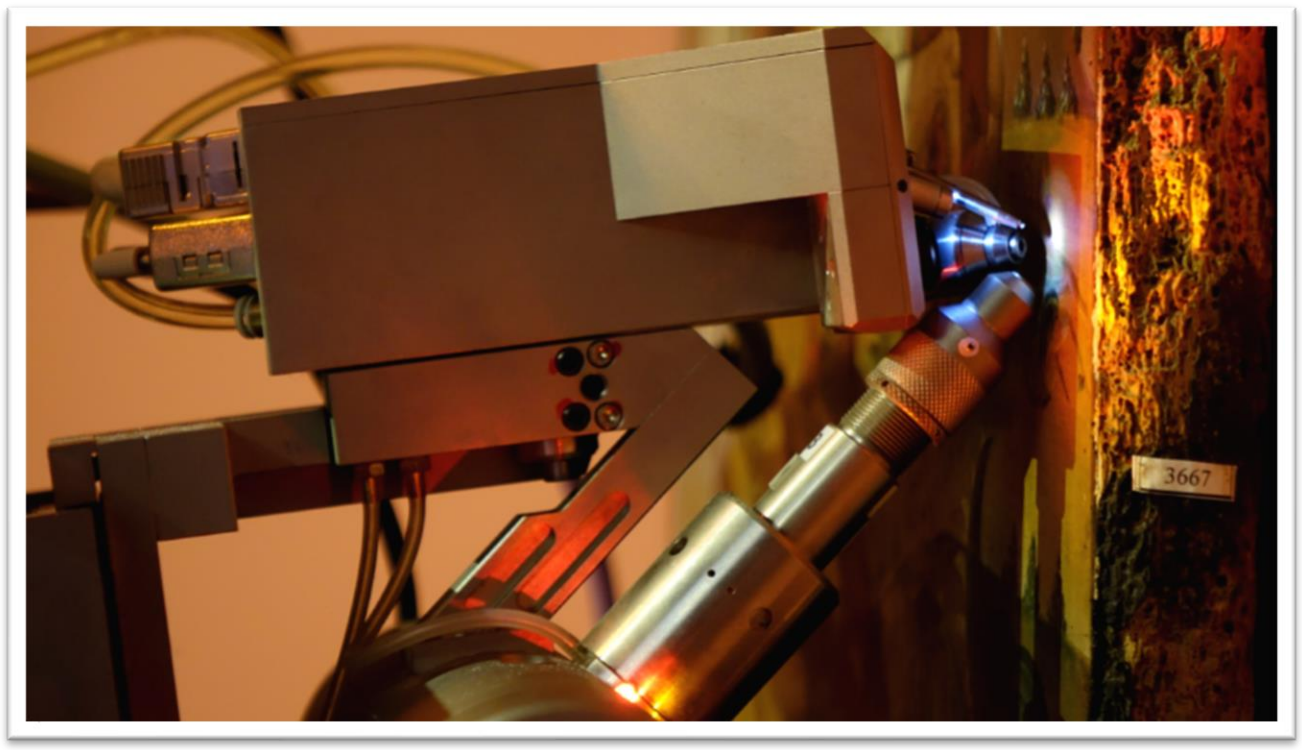
ภาพเหมือนของนักบุญจอร์จเป็นหนึ่งในสมบัติล้ำค่าทางวัฒนธรรมและโบราณคดี นับพันชิ้นในคลังของพิพิธภัณฑ์หลายชิ้นที่ถูกกู้คืนจากโบราณสถานและโบสถ์ ชิ้นงานหลายชิ้นมีความบอบบางและเสื่อมสภาพ ซึ่งทำให้ไม่ปลอดภัยในการดำเนินการ แต่เนื่องจากวิธีการตรวจสอบแบบ NDT และ NDA เป็นวิธีการที่ไม่ต้องใช้มือในการสัมผัสชิ้นงาน นักวิจัยจึงมักใช้วิธีการเหล่านี้ในการศึกษาโบราณวัตถุดังกล่าว



รูปที่ 1 เครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้หาชนิดและปริมาณธาตุด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์แบบพกพา (Portable XRF Spectrometer) ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ภาพเหมือนของนักบุญจอร์จ หนึ่งในนักบุญที่มีชื่อเสียงที่สุดของศาสนาคริสต์ (ที่มา : A. Silva/IAEA)

การปกป้องมรดกทางวัฒนธรรมทั่วโลก

วิธีการตรวจสอบแบบ NDT และ NDA สามารถเปิดเผยรายละเอียดอันมีค่าในงานศิลปะและสิ่งประดิษฐ์ทางวัฒนธรรมที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า Patrick Brisset นักเทคโนโลยีอุตสาหกรรมของ IAEA กล่าวว่า แต่ละชิ้นงานประกอบด้วยองค์ประกอบและไอโซโทปที่เป็นเอกลักษณ์ ซึ่งให้ข้อมูลเกี่ยวกับที่มาของชิ้นงาน ตั้งแต่เทคนิคและวัสดุที่ใช้ ไปจนถึงเวลาและแม้แต่สถานที่ที่ศิลปินน่าจะใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ในขณะที่ข้อมูลนี้สามารถใช้เพื่ออนุรักษ์ชิ้นงานและค้นพบประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์ของศิลปิน แต่ก็สามารถใช้เพื่อระบุการปลอมแปลงของชิ้นงานได้



รูปที่ 2 ลำของรังสีเอกซ์ทำอันตรกิริยากับอะตอมในภาพบุคคลเพื่อเปิดเผยเบาะแสเกี่ยวกับประวัติและวิธีที่ภาพถูกสร้างขึ้น (ที่มา : A. Silva/IAEA)

ผู้เชี่ยวชาญหลายร้อยคนทั่วโลกทำงานร่วมกับ IAEA ในการใช้วิธีตรวจสอบแบบ NDT และ NDA เพื่อศึกษาและอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมและเพื่อระบุการปลอมแปลงชิ้นงาน ซึ่งความร่วมมือกับ IAEA อาจรวมถึงการได้รับการฝึกอบรมและอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นในการศึกษาและอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมผ่านโครงการวิจัยที่ดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศสมาชิกของ IAEA และโครงการความร่วมมือทางเทคนิค โครงการเหล่านี้ ยังเป็นโอกาสสำหรับผู้เชี่ยวชาญในการแบ่งปันความเชี่ยวชาญและความรู้ ซึ่งจะช่วยพัฒนางานด้านนี้และอนุรักษ์ประวัติศาสตร์ของอารยธรรมมนุษย์

Arta Dollani ผู้อำนวยการสถาบันอนุสรณ์สถานทางวัฒนธรรมแห่งแอลเบเนีย ซึ่งทำงานอย่างใกล้ชิดกับพิพิธภัณฑ์ประวัติศาสตร์แห่งชาติ เพื่อฟื้นฟูสิ่งประดิษฐ์ทางวัฒนธรรมหรือโบราณวัตถุ กล่าวว่า เรากำลังทำงานร่วมกับสถาบันฟิสิกส์นิวเคลียร์ประยุกต์ เพราะภาพวาดนักบุญจอร์จเป็นหนึ่งในมรดกทางวัฒนธรรมที่สำคัญที่สุดที่มี ดังนั้น จึงดำเนินการทุกขั้นตอนเพื่อให้แน่ใจว่าภาพวาดนักบุญจอร์จได้รับการตรวจสอบและอนุรักษ์ไว้อย่างเหมาะสม

การเรืองรังสีเอกซ์และการถ่ายภาพรังสีทางอุตสาหกรรม (X-ray fluorescence and Industrial radiography)

เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray fluorescence หรือ XRF) เป็นวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายชิ้นงาน (NDA) ที่ตรวจจับการมีอยู่และวัดความเข้มข้นขององค์ประกอบในวัสดุแทบทุกประเภท นักวิทยาศาสตร์มักใช้อุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก ที่เรียกว่า เอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรมิเตอร์ (X-ray Fluorescence Spectrometer) เพื่อยิงตัวอย่างวัสดุทดสอบด้วยรังสีเอกซ์ ลำรังสีเอกซ์ทำอันตรกิริยากับอะตอมในตัวอย่าง โดยจะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรชั้นในของอะตอม เมื่ออิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรด้านใน จะเกิดตำแหน่งว่างซึ่งจะถูกแทนที่โดยอิเล็กตรอนจากวงโคจรชั้นที่สูงกว่า เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากวงโคจรที่สูงไปยังวงโคจรที่ต่ำกว่า พลังงานจำนวนหนึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสีนี้อยู่ในรูปของรังสีเอกซ์ ซึ่งสามารถตรวจพบโดยสเปกโตรมิเตอร์และใช้ระบุองค์ประกอบที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน วิธีการนี้มีความแม่นยำ เนื่องจากพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ปล่อยออกมานั้นแตกต่างกันไปในแต่ละองค์ประกอบของธาตุ XRF ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านโบราณคดี เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบของเม็ดสีหรือโลหะที่ใช้ในเอกสารที่เขียนด้วยมือ ภาพวาด เหรียญ เซรามิก และสิ่งประดิษฐ์อื่น ๆ

การถ่ายภาพรังสีทางอุตสาหกรรม (Industrial radiography) เป็นวิธีการ NDT ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบโครงสร้างภายในและความสมบูรณ์ของวัตถุโดยใช้รังสีชนิดก่อไอออน เช่น รังสีเอกซ์ เพื่อสร้างภาพโครงสร้างภายในของวัสดุที่เป็นของแข็ง รังสีจะทะลุผ่านวัสดุ กระทบกับฟิล์มที่วางอยู่อีกด้านหนึ่ง ความมืดของฟิล์มแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณของรังสีที่ผ่านเข้าไปในวัตถุ นั่นคือ วัสดุที่มีพื้นที่ ที่มีความหนาลดลง รอยแตกหรือช่องว่าง หรือความหนาแน่นของวัสดุที่ต่ำกว่า รังสีจะทะลุผ่านได้มากขึ้น ความแตกต่างในรูปภาพดังกล่าวสามารถใช้เพื่อค้นหาข้อบกพร่องหรือรอยร้าวที่ซ่อนอยู่ภายในวัตถุได้

เอกสารอ้างอิง

1. https://www.iaea.org/publications/10937/uses-of-ionizing-radiation-for-tangible-cultural-heritage-conservation
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Ardenica_Monastery

เครื่องฉายรังสีแกมมาทางการแพทย์และศึกษาวิจัย

นางพรสุข บุญประทุม
นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ
นางสาววาสนา ไม้มะตาม
นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ
นางสาวน้ำฝน กิ่งจันทร์
นักฟิสิกส์รังสี

การฉายรังสีเป็นกระบวนการฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง โดยใช้รังสีแกมมาจากวัสดุกัมมันตรังสีที่มีปริมาณกัมมันตภาพสูง เช่น โคบอลต์-60 (Co-60) และ ซีเซียม-137 (Cs-137) ในทางการแพทย์จะฉายรังสีเพื่อฆ่าเชื้อโรคในเลือดหรือส่วนประกอบของเลือดก่อนนำมารักษาผู้ป่วย เพื่อป้องกันการเกิด TA-GVHD (Transfusion Graft Versus Host Diseases) ปะปนอยู่ในเลือดและส่วนประกอบของเลือด และทางด้านศึกษาวิจัยได้ใช้ประโยชน์จากการฉายรังสีเพื่อควบคุมศัตรูพืชโดยการทำหมันแมลง การฉายรังสีพันธุ์ข้าว พันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อปรับปรุงพันธุ์ให้สวยงามยิ่งขึ้น แข็งแรง ทนต่อสภาพแวดล้อมภูมิประเทศและภูมิอากาศ การฉายรังสีแกมมานี้จะไม่มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์กลายสภาพเป็นวัสดุกัมมันตรังสี

ประเทศไทยมีการนำเครื่องฉายรังสีแกมมามาใช้ในทางการแพทย์และศึกษาวิจัย

ได้แก่ เครื่องฉายรังสีแกมมาที่วัสดุกัมมันตรังสีมีเครื่องกำบังรังสีในตัว (Self-Shield Irradiators) และเครื่องฉายรังสีแกมมาที่มีวัสดุกัมมันตรังสีขณะฉายอยู่ภายนอกเครื่องกำบัง แบบ Panoramic Dry Source Storage Irradiators รายละเอียดลักษณะของเครื่องฉายรังสีแกมมาทั้ง 2 ประเภท ดังนี้

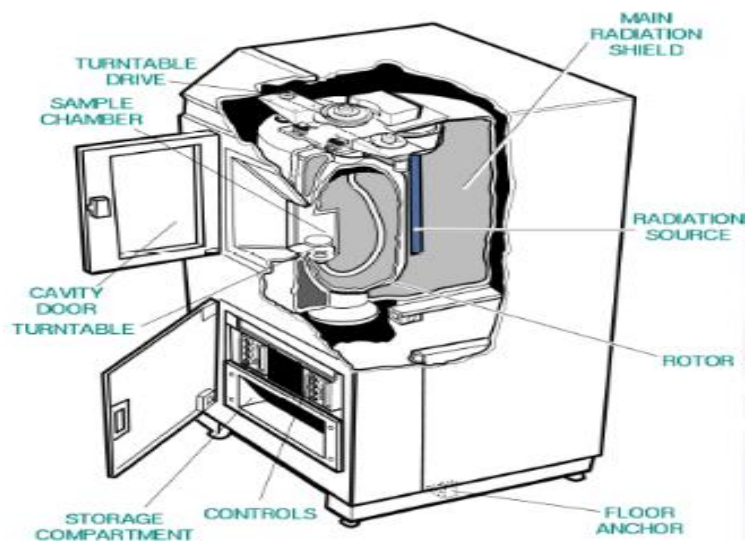
1. เครื่องฉายรังสีแกมมาที่วัสดุกัมมันตรังสีมีเครื่องกำบังรังสีในตัว (Self-Shield Irradiators)

เป็นอุปกรณ์ฉายรังสีที่มีต้นกำเนิดรังสีและเครื่องป้องกันรังสีอยู่ภายในเครื่อง จะใช้รังสีแกมมาจากวัสดุกัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Cs-137) ค่ากัมมันตภาพประมาณ 600 - 4,500 คูรี หรือวัสดุกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 (Co-60) ค่ากัมมันตภาพประมาณ 14,000 - 25,000 คูรี บรรจุในรูปของแข็งปิดผนึกมิดชิด และถูกเก็บไว้ในบริเวณส่วนกลางของเครื่อง โดยใช้เหล็ก ตะกั่ว หรือทังสเตน เป็นวัสดุกำบังรังสีเพื่อป้องกันรังสีที่แผ่ออกมาจากวัสดุกัมมันตรังสีให้อยู่ในระดับปลอดภัยตามมาตรฐานของผู้ผลิตเครื่องฉายรังสีและมีช่องหน้าต่างเปิดปิดเพื่อปล่อยลำรังสีออกมาสู่ตัวอย่างที่ต้องการฉาย เครื่องฉายรังสีจะถูกติดตั้งอยู่กับที่ และไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างง่าย รวมถึงมีอุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉินทางรังสีของเครื่องฉายรังสีแกมมาฯ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1

เมื่อต้องการฉายรังสีจะต้องนำวัตถุที่ต้องการฉายวางในตำแหน่งที่วางตัวอย่าง วัตถุที่ต้องการฉายรังสีจะถูกโหลดลงไปยังตำแหน่งที่ใกล้วัสดุกัมมันตรังสีเพื่อฉายรังสี โดยวัตถุที่ต้องการฉายรังสีนั้น จะมีขนาดเล็กและพอดีหรือเล็กกว่าช่องใส่ตัวอย่าง ซึ่งขณะทำการฉายรังสีระดับรังสีโดยรอบเครื่องฉายรังสีจะอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยทางรังสี เนื่องจากเครื่องฉายมีระบบกำบังรังสีภายในตัว ส่วนประกอบเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ทางการแพทย์มีลักษณะดังรูปที่ 2 และส่วนประกอบของเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ทางศึกษาวิจัยมีลักษณะ ดังรูปที่ 3

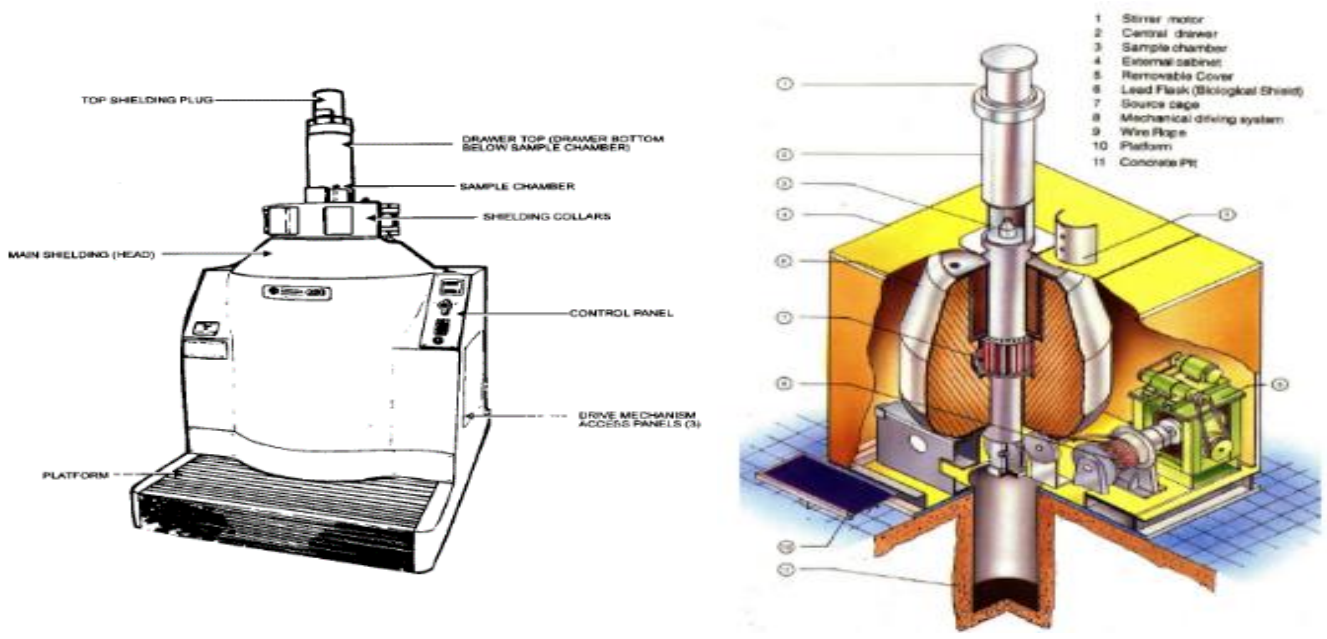
รูปที่ 1 ตัวอย่างเครื่องฉายรังสีแกมมาที่วัสดุกัมมันตรังสีมีเครื่องกำบังรังสีในตัว

ที่มา https://www.irpa.net/members/P06.84fp.pdf



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ทางการแพทย์

ที่มา https://www1.cgmh.org.tw/intr/intr2/c3s000/corelab/RadiationBiology/doc/%E9%8A%AB137%E7%85%A7%E5%B0%84%E5%84%80.pdf



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ทางศึกษาวิจัย

ที่มา https://www1.cgmh.org.tw/intr/intr2/c3s000/corelab/RadiationBiology/doc/%E9%8A%AB137%E7%85%A7%E5%B0%84%E5%84%80.pdf

https://gnssn.iaea.org/CSN/Abu%20Dhabi%20Conference/Shared%20Documents/Session%204%20presentations/160%20Konakanchi.pdf

2. เครื่องฉายรังสีแกมมาที่มีวัสดุกัมมันตรังสีขณะฉายอยู่ภายนอกเครื่องกำบัง แบบ Panoramic Dry Source Storage Irradiators

เครื่องฉายรังสีประเภทนี้เป็นเครื่องฉายรังสีชนิดนี้ไม่มีเครื่องกำบังรังสีในตัว จะต้องติดตั้งในห้องที่ออกแบบเพื่อลดทอนรังสีโดยรอบด้าน ให้อยู่ในขีดจำกัดการได้รับรังสีตามที่กฎหมายกำหนด หรือสร้างเป็นอาคารฉายรังสีโดยเฉพาะและต้องมีห้องควบคุมการทำงานของเครื่องในการฉายรังสี (Control Room) เพื่อลดโอกาสการได้รับรังสีของผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากวัสดุกัมมันตรังสีจะถูกบรรจุภายในท่อนำส่งวัสดุกัมมันตรังสีในห้องที่ออกแบบมาเพื่อฉายรังสี (Irradiation room) โดยการฉายรังสีจะนำวัตถุที่ต้องการฉายรังสีวางในตำแหน่งที่กำหนดภายในห้องฉายรังสี เมื่อต้องการฉายรังสีวัสดุกัมมันตรังสีจะเคลื่อนออกจากตำแหน่งที่เก็บไปยังตำแหน่งฉายด้วยระบบลม (Pneumatic) เมื่อฉายรังสีครบตามเวลาที่กำหนด ระบบจะดึงวัสดุกัมมันตรังสีกลับไปยังตำแหน่งที่เก็บ ดังรูปที่ 4 ในปัจจุบันมีการใช้งานเครื่องฉายรังสีประเภทนี้เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน การวิจัยและให้บริการฉายรังสีพืช

รูปที่ 4 ตัวอย่างเครื่องฉายรังสีแกมมาที่มีวัสดุกัมมันตรังสีขณะฉายอยู่ภายนอกเครื่องกำบัง แบบ Panoramic Dry Source Storage Irradiators

วัสดุกัมมันตรังสีที่นำมาใช้ฉายรังสีแกมมาคือ โคบอลต์-60 มีค่ากัมมันตภาพรวม 934 คูรี ประกอบด้วยต้นกำเนิดรังสี 3 ส่วนที่บรรจุไว้ในท่อส่งต้นกำเนิดรังสีที่แยกจากกัน โดยต้นกำเนิดรังสีของโคบอลต์-60 ในแต่ละท่อมีค่ากัมมันตภาพแตกต่างกัน การฉายรังสีสามารถเลือกใช้วัสดุกัมมันตรังสีในการฉายรังสี ได้ 3 แบบ คือ เลือกใช้วัสดุกัมมันตรังสีครั้งละ 1 ต้นกำเนิดรังสี, เลือกใช้พร้อมกันทั้ง 2 ต้นกำเนิดรังสี หรือเลือกใช้พร้อมกันทั้ง 3 ต้นกำเนิดรังสี ซึ่งการเลือกใช้แต่ละช่วงปริมาณรังสีต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน

การใช้งานเครื่องฉายรังสีแกมมาที่มีวัสดุกัมมันตรังสีขณะฉายอยู่ภายนอกเครื่องกำบัง แบบ Panoramic Dry Source Storage Irradiators จะต้องมีอุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉินทางรังสี และอุปกรณ์สำหรับเก็บเม็ดวัสดุกัมมันตรังสี โดยปกติเหตุฉุกเฉินทางรังสีที่มีโอกาสเกิดขึ้นขณะที่มีการใช้งานเครื่องฉายรังสี คือ เมื่อครบเวลาฉายรังสีแล้ววัสดุกัมมันตรังสีไม่กลับมายังตำแหน่งที่เก็บ เจ้าหน้าที่จะต้องกดปุ่มฉุกเฉินที่ส่วนควบคุม หรือดึงลวดสลิงเพื่อให้ระบบหยุดการทำงาน ดังรูปที่ 5 และหากไม่สามารถนำวัสดุกัมมันตรังสีกลับเข้าที่เก็บได้ เจ้าหน้าที่ต้องเปิดปลายท่อนำส่งและนำเม็ดวัสดุกัมมันตรังสีจัดเก็บในอุปกรณ์ที่ทำด้วยตะกั่ว สำหรับเก็บเม็ดวัสดุกัมมันตรังสี เพื่อลดทอนระดับรังสี ซึ่งอุปกรณ์สำหรับเก็บเม็ดวัสดุกัมมันตรังสี มีลักษณะดังรูปที่ 6

รูปที่ 5 ปุ่มฉุกเฉินและลวดสลิงที่ใช้ควบคุมให้ระบบเครื่องฉายรังสีหยุดการทำงาน

รูปที่ 6 อุปกรณ์สำหรับเก็บเม็ดต้นกำเนิดรังสี

ปัจจุบันเครื่องฉายรังสีชนิดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน การวิจัยและให้บริการฉายรังสีพืช ภายในห้องฉายรังสีแกมมาได้ออกแบบให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและแสงสว่างให้เหมาะสมเจริญเติบโตของพืชและเนื้อเยื่อพืชที่นำมาฉายรังสีได้ ตามรูปที่ 7

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างห้องฉายรังสีแกมมาสำหรับงานศึกษาวิจัยที่ภายในห้องออกแบบให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ (ที่มา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี)

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล (2559). ราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 133 ตอนที่ 67ก พระราชบัญญัติพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ พ.ศ. 2559. กรุงเทพมหานคร สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรีทำเนียบรัฐบาล
2. สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล (2561). ราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 135 ตอนที่ 79ก กฎกระทรวงความมั่นคงปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561. กรุงเทพมหานคร สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรีทำเนียบรัฐบาล.
3. สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล (2561). ราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 135 ตอนที่ 79ก กฎกระทรวงความปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561. กรุงเทพมหานคร สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล
4. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. (2547). ศัพทานุกรมนิวเคลียร์. กรุงเทพฯ: สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
5. เพ็ญนภา กัญชนะ. (2556). แนวปฏิบัติด้านการตรวจสอบ สำหรับสถานปฏิบัติการที่มีเครื่องฉายรังสีสำหรับการศึกษาวิจัย. กรุงเทพฯ:สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ.
6. วรัญญา ภิบาลวงษ์. (2560). การตรวจประเมินความปลอดภัยทางรังสีของเครื่องฉายรังสีแกมมาทางอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ:สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ.
7. ศศิธร เพชรจันทร. (2539). Irradiation of Blood and Blood Components. วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต, 6(4), 319-322.
8. ภาณี ลีหไพบูลย์สกุล และคณะ. (2548). The Irradiation of Blood and Blood Components in Siriraj Hospital. วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต, 15(1), 15-23.
9. M.A. Fernandaz-Enriquezy, R.Escudero. Applications of ionizing radiation: Irradiation of biological materials and small animals in research. Madrid.
10. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เครื่องฉายรังสีแกมมา มาร์ค วัน (Mark I Irradiator). สืบค้น 11 กุมภาพันธ์ 2564, จาก https://www.sci.ku.ac.th/Gamma/machine_gamma.html

การนำรังสีมาใช้ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์

นางสาววาสนา ไม้มะตาม
นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ

เวชศาสตร์นิวเคลียร์ เป็นการใช้สารกัมมันตรังสีและสารเภสัชรังสีเพื่อตรวจวินิจฉัยและรักษาโรคแก่ผู้ป่วย ซึ่งสามารถตรวจวินิจฉัยโรคได้ถึงระดับโมเลกุล สามารถตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่ระยะเริ่มแรกของโรคได้ โดยให้สารเภสัชรังสีเข้าไปในร่างกาย ผ่านทางการรับประทาน การสูดหายใจเข้าไป หรือฉีดทางหลอดเลือด และอื่น ๆ โดยต้องเตรียมสารเภสัชรังสีให้เหมาะสมกับการตรวจรักษาโรคแต่ละชนิด ซึ่งสารกัมมันตรังสีที่ถูกนำมาใช้ในรูปของธาตุโดยตรง สำหรับการตรวจและรักษาโรค มี 4 ชนิด คือ ไอโอดีน 123 (I-123) ไอโอดีน 131 (I-131) ซีนอน 133 (Xe-133) และคริปทอน 81m (Kr-81m) ตัวอย่างสารกัมมันตรังสีต่าง ๆ และการนำไปใช้ประโยชน์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างและการนำไปใช้ประโยชน์ของสารเภสัชรังสี (3)

นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclides)	ครึ่งชีวิต (Half-Life)	การนำไปใช้ประโยชน์
บิสมัส-213 (Bi-213)	46 นาที	• ใช้รักษามะเร็ง รักษาแบบเจาะจงเป้าหมาย (Targeted Alpha Therapy,TAT)
ดิสโพรเซียม-165 (Dy-165)	2 ชั่วโมง	• ใช้ในรูปของสารละลายไฮดรอกไซด์รักษาภาวะข้ออักเสบโดยการฉีดเข้าข้อ (Synovectomy Treatment of Arthritis)
เออร์เบียม-169 (Er-169)	9.4 วัน	• ใช้เพื่อบรรเทาอาการปวดภาวะข้ออักเสบในข้อต่อ (Synovial joints)
โฮลเมียม-166 (Ho-166)	26.8 ชั่วโมง	• ใช้รักษามะเร็งตับ
ไอโอดีน-123 (I-123)	13 ชั่วโมง	• ใช้ตรวจวินิจฉัยการทำงานของต่อมไทรอยด์ • ใช้ถ่ายภาพ สมอง ต่อมไทรอยด์ ไต และหัวใจ • ใช้ศึกษาการไหลเวียนเลือดในสมองเป็น Ideal imaging • ใช้ตรวจวินิจฉัยโรคทางระบบประสาท เช่น อัลไซเมอร์
ไอโอดีน-125 (I-125)	60 วัน	• ชนิดปิดผนึก ใช้เพื่อรักษามะเร็งต่อมลูกหมากและสมอง (Permanent Implant Brachytherapy) ชนิดไม่ปิดผนึก ใช้เพื่อประเมินอัตราการกรองของไต และการวินิจฉัยการอุดตันของหลอดเลือดดำที่ขา ใช้ในด้าน RIA เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฮอร์โมนหรือสารต่าง ๆ ในของเหลวชีวภาพ
ไอโอดีน-131 (I-131)	8.03 วัน	• ใช้รักษามะเร็งต่อมไทรอยด์ ไทรอยด์เป็นพิษ และการถ่ายภาพต่อมไทรอยด์ • ใช้ตรวจวินิจฉัยความผิดปกติในการทำงานของตับ การไหลเวียนของเลือดในไต และการอุดตันของทางเดินปัสสาวะ
ตะกั่ว-212(Pb-212)	10.6 ชั่วโมง	• ใช้ในการรักษามะเร็งแบบ Targeted Alpha Therapy (TAT) ด้วยรังสีแอลฟาโดยสลายกัมมันตรังสี เป็น Bi-212, Po-212 และ Tl-208 ตามลำดับ
ลูทีเชียม-177 (Lu-177)	6.7 วัน	• ใช้รักษาด้วยรังสีบีตาเพื่อรักษาเนื้องอกขนาดเล็ก เช่น ในต่อมไร้ท่อ (Endocrine) และใช้ตรวจวินิจฉัยโรคด้วยรังสีแกมมา

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างและการนำไปใช้ประโยชน์ของสารเภสัชรังสี (ต่อ) (3)

นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclides)	ครึ่งชีวิต (Half-Life)	การนำไปใช้ประโยชน์
โมลิบดีนัม-99 (Mo-99)	66 ชั่วโมง	• ใช้เป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีตั้งต้นเพื่อผลิต Tc-99m (Mo-99/Tc-99m Generator)
ฟอสฟอรัส-32 (P-32)	14 วัน	• ใช้ในการรักษา Polycythemia Vera (บำบัดการมีเม็ดเลือดแดงมากเกินไป) มีการสร้างเม็ดเลือดแดงมากผิดปกติในไขกระดูก
โพแทสเซียม-42 (K-42)	12 ชั่วโมง	• ใช้หาอัตราการแลกเปลี่ยนโพแทสเซียมใน Coronary blood flow
รีเนียม-186 (Re-186)	3.8 วัน	• ใช้บรรเทารักษาอาการปวดของมะเร็งกระดูก และยังให้รังสีแกมมาเพื่อถ่ายภาพทางรังสีได้อีกด้วย
รีเนียม-188 (Re-188)	17 ชั่วโมง	• ใช้เป็น Generator ให้รังสีบีตาเพื่อฉีดเข้าไปในหลอดเลือดหัวใจ ก่อนการทำบอลลูนหลอดเลือดหัวใจ
ซาแมเรียม-153 (Sm-153)	47 ชั่วโมง	• ใช้บรรเทาอาการปวดของมะเร็งกระดูกระยะที่สองหรือมะเร็งที่แพร่มากระดูก • ใช้บำบัดรักษามะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งเต้านม และมะเร็งเม็ดเลือดขาว • ใช้ฉีดเข้าข้อเพื่อรักษาภาวะข้ออักเสบไม่ติดเชื้อแบบเรื้อรัง
ซีรีเนียม-75 (Se-75)	120 วัน	• ใช้ในรูปของ Selenomethionine เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเอนไซม์ย่อยอาหารด้วยการถ่ายภาพตับอ่อน (Pancreas) และต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid Glands)
โซเดียม-24 (Na-24)	15 ชั่วโมง	• ใช้ศึกษา Electrolytes ในร่างกาย (การแลกเปลี่ยนโซเดียมในร่างกาย)
สทรอนเชียม-89 (Sr-89)	50 วัน	• ใช้บรรเทาอาการปวดจากมะเร็งต่อมลูกหมาก และมะเร็งกระดูก
เทคนีเชียม-99m (Tc-99m)	6 ชั่วโมง	• ใช้ติดฉลากกับเภสัชภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อถ่ายภาพทางรังสีสำหรับการตรวจวินิจฉัยโรคหรือศึกษาการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ เช่น การถ่ายภาพกระดูก กล้ามเนื้อหัวใจ สมอง ต่อมไทรอยด์ ปอด ม้าม ตับ ไต ถุงน้ำดี ไขกระดูก ต่อมน้ำลาย ต่อมน้ำตา ปริมาณเลือดในหัวใจ การติดเชื้อ และยังใช้ในการศึกษาทางการแพทย์อีกมากมาย
ซีนอน-133 (Xe-133)	5 วัน	• ใช้ในการศึกษาการทำงานของปอด (Lung Ventilation Studies)
อิตเทอร์เบียม-169 (Yb-169)	32 วัน	• ใช้ในการศึกษาของเหลวสมองไขสันหลัง (Cerebrospinal Fluid) ในสมอง • ใช้ตรวจวินิจฉัยระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal Tract Diagnosis)

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างและการนำไปใช้ประโยชน์ของสารเภสัชรังสี (ต่อ) (3)

นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclides)	ครึ่งชีวิต (Half-Life)	การนำไปใช้ประโยชน์
อิตเทอร์เบียม-177 (Yb-177)	1.9 ชั่วโมง	• เป็นตัวตั้งต้นของ Lu-177 (ลูทีเชียม-177)
อิตเทรียม-90 (Y-90)	64 ชั่วโมง	• ใช้บรรเทาอาการปวดข้ออักเสบใน Synovial Joint • ใช้รักษาแบบรังสีรักษาระยะใกล้ สำหรับ Non-Hodgkin's Lymphoma, มะเร็งตับ (รักษาแบบ intra-arterial) • ใช้ติดฉลากกับ Monoclonal Antibodies เพื่อบำบัดรักษามะเร็ง ซึ่งเป็นวิธีการรักษาแบบ Radio immuno therapy (RIT) • ใช้รักษาโรคมะเร็งต่อน้ำเหลือง, โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์
ทองคำ-198 (Au-198)	2.69 วัน	• ใช้รักษาโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งในช่องปาก, มะเร็งต่อมลูกหมาก, มะเร็งสมอง
คาร์บอน-11 (C-11)	20 นาที	• ใช้เพื่อการตรวจวินิจฉัยเนื้องอกในสมอง, โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก, ใช้ในการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์
ไนโตรเจน-13 (N-13)	9.97 นาที	• ใช้ถ่ายภาพทางรังสีด้วยเครื่อง PET-Scan เพื่อการตรวจวินิจฉัยภาวะเลือดเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ
ออกซิเจน-15 (O-15)	2 นาที	• ใช้ถ่ายภาพทางรังสีด้วยเครื่อง PET-Scan เพื่อการตรวจวินิจฉัยภาวะเลือดเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ, อัตราการเผาพลาญออกซิเจนในสมอง, ภาวะเลือดเลี้ยงปอด, การไหลเวียนของเลือด
ฟลูออรีน-18 (F-18)	109.7 นาที	• ใช้ติดฉลากกับชีวเคมีต่าง ๆ สำหรับถ่ายภาพทางรังสีด้วยเครื่อง PET-Scan เพื่อการตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคทางสมองและระบบประสาท
โคบอลต์-57(Co-57)	272 วัน	• ใช้สำหรับทดสอบเพื่อตรวจวินิจฉัยแบบ In-Vitro (In-Vitro Diagnostic Kits) ใช้ตรวจสอบการดูดซึมวิตามิน B12 ของลำไส้ • ใช้เป็นตัวทำเครื่องหมาย ในการประเมินขนาดของอวัยวะต่าง ๆ • ใช้เป็นสารรังสีติดตามสำหรับงานวิจัย (Radiotracer in Research) • ใช้สำหรับปรับเทียบเครื่องมือถ่ายภาพทางรังสี เช่น เครื่อง Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) • ใช้เป็นต้นกำเนิดรังสีสำหรับ X-ray Fluorescence Spectroscopy

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างและการนำไปใช้ประโยชน์ของสารเภสัชรังสี (ต่อ) (3)

นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclides)	ครึ่งชีวิต (Half-Life)	การนำไปใช้ประโยชน์
ทองแดง-64 (Cu-64)	12.7 ชั่วโมง	• ใช้ถ่ายภาพทางรังสีด้วยเครื่อง PET เพื่อตรวจหาเนื้องอก (Tumors) • ใช้ศึกษาโรคทางพันธุกรรมอันเนื่องมาจากขบวนการเมแทบอลิซึมของทองแดงในร่างกาย • ใช้ตรวจภาวการณ์ไหลเวียนเลือดเลี้ยงสมองและกล้ามเนื้อหัวใจ • ใช้ร่วมกับ Cu-62 เพื่อรักษามะเร็งลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก
ทองแดง-67 (Cu-67)	61.9 ชั่วโมง	• ใช้ถ่ายภาพทางรังสีด้วยเครื่อง SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) เพื่อตรวจหามะเร็ง • ใช้ติดฉลากกับ Monoclonal Antibodies เพื่อบำบัดรักษามะเร็ง ซึ่งเป็นวิธีการรักษาแบบ Radioimmunotherapy (RIT)
แกลเลียม-67 (Ga-67)	78 ชั่วโมง	• ใช้ถ่ายภาพทางรังสีด้วยเครื่อง SPECT เพื่อตรวจหาเนื้องอก • ใช้เพื่อวินิจฉัยการอักเสบจากการติดเชื้อและมะเร็งในผู้ป่วยกลุ่มภูมิคุ้มกันบกพร่อง • ใช้เพื่อวินิจฉัยติดตามการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งหลังจากการรักษาว่ายังมีเซลล์มะเร็งที่มีชีวิตอยู่หรือยังมีรอยโรคหลงเหลืออยู่หรือไม่ • ใช้วินิจฉัยอาการไข้ไม่ทราบสาเหตุ เพราะ Ga-67 จะแสดงภาพวินิจฉัยได้ทั้งการติดเชื้อ การอักเสบ และมะเร็ง
แกลเลียม-68 (Ga-68)	68 นาที	• ใช้ถ่ายภาพทางรังสีด้วยเครื่อง PET-Scan เพื่อตรวจภาวะหลอดเลือดมีลิ่มเลือดและหลอดเลือดแดงแข็งตัว • ใช้ตรวจหามะเร็งตับอ่อน
เจอร์เมเนียม-68 (Ge-68)	271 วัน	• ใช้เป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีตั้งต้นเพื่อผลิตแกลเลียม-68
อินเดียม-111 (In-111)	2.8 วัน	• ใช้สำหรับการศึกษาวินิจฉัย เช่น สมอง, การติดเชื้อ ,ใช้ตรวจมะเร็งรังไข่และมะเร็งลำไส้ ,ใช้ตรวจเนื้องอกที่มี somatostatin receptor
ไอโอดีน-123 (I-123)	13.1 ชั่วโมง	• ใช้ตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์ • ใช้ถ่ายภาพ สมอง ต่อมไทรอยด์ ไต และหัวใจ • ใช้ศึกษาการไหลเวียนเลือดในสมองเป็น Ideal imaging • ใช้ตรวจวินิจฉัยโรคทางระบบประสาท เช่น อัลไซเมอร์
ไอโอดีน-124 (I-124)	4.17 วัน	• ใช้เป็นรังสีติดตาม (Radiotracer) เพื่อถ่ายภาพต่อมไทรอยด์ ด้วยเครื่อง PET-Scan

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างและการนำไปใช้ประโยชน์ของสารเภสัชรังสี (ต่อ) (3)

นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclides)	ครึ่งชีวิต (Half-Life)	การนำไปใช้ประโยชน์
คริปทอน-81m (Kr-81m)	13 วินาที	• ได้จากการสลายตัวของรูบิเดียม-81 (Rb-81) (ครึ่งชีวิต 4.6 ชั่วโมง) คริปทอน-81m สถานะแก๊ส ใช้สำหรับประเมินภาวะการทำงานของปอดด้านการแลกเปลี่ยนแก๊สและศึกษาการหมุนเวียนของอากาศในระบบทางเดินหายใจ
รูบิเดียม-82 (Rb-82)	1.26 นาที	• ใช้ตรวจภาวะเลือดเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ ด้วยเครื่อง PET-Scan • ใช้ตรวจโรคเส้นเลือดหัวใจตีบเริ่มแรก • ใช้เป็นสารรังสีติดตามเพื่อศึกษาการไหลเวียนเลือด
สทรอนเชียม-82 (Sr-82)	25 วัน	• ใช้เป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีตั้งต้น (Parent) เพื่อผลิต Rb-82 (Sr-82/Rb-82 generator)
แทลเลียม-201 (Tl-201)	73 ชั่วโมง	• ใช้สำหรับวินิจฉัยโรคหลอดเลือดหัวใจและการทำงานผิดปกติอื่น ๆ ของหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจตาย ด้วยเครื่อง SPECT • ใช้เพื่อประเมินและติดตามผลภายหลังการรักษา เช่น การผ่าตัดทำบายพาสหลอดเลือดแดงโคโรนารีย์ • ใช้ในการพยากรณ์โรคและวางแผนการรักษา รวมทั้งฟื้นฟูสมรรถภาพหลังจากเกิดกล้ามเนื้อหัวใจตายอย่างเฉียบพลัน • ใช้ประเมินความรุนแรงของความผิดปกติในผู้ป่วยที่มีอาการตีบของหลอดเลือดหัวใจ และใช้ประเมินความรุนแรงของกล้ามเนื้อหัวใจที่ถูกทำลายและกล้ามเนื้อหัวใจส่วนที่ขาดเลือดหลังจากหายป่วยภาวะที่มีกล้ามเนื้อหัวใจตาย • ใช้ localization ตำแหน่งของต่อมพาราไทรอยด์ที่ทำงานมากเกินไป • ใช้ระบุตำแหน่งของมะเร็งต่อมน้ำเหลือง

สารเภสัชรังสี (Radiopharmaceutical)

ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สารกัมมันตรังสี (Radioactivity) และสารประกอบทางยา (Pharmaceutical) ดังแสดงตามรูปที่ 1 สารกัมมันตรังสีที่ติดฉลากกับสารประกอบที่มีคุณสมบัติการกระจายตัวอยู่เฉพาะในเนื้อเยื่อที่ต้องการตรวจ โดยการบริหารสารเภสัชรังสีแก่ผู้ป่วย มีวิธีการดังนี้ เช่น การรับประทาน การสูดหายใจเข้าไป หรือฉีดทางหลอดเลือด แล้วจะนำผู้ป่วยเข้าตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่อง Gamma Camera เพื่อดูการกระจายตัวของสารกัมมันตรังสีในอวัยวะต่าง ๆ

รูปที่ 1 สารเภสัชรังสีที่ใช้ในการรักษามะเร็งไทรอยด์ (7)

งานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ จะนำรังสีมาใช้ 2 ประเภท ดังนี้

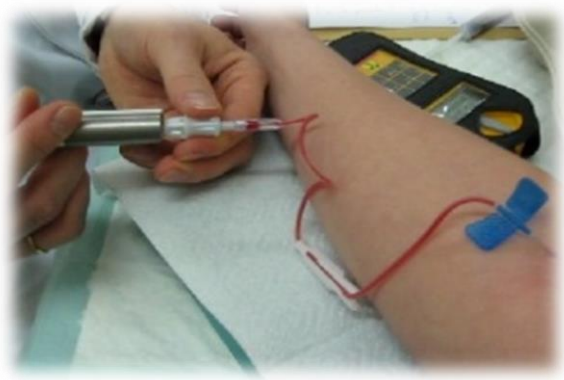
1. สารกัมมันตรังสีสำหรับการรักษา จะใช้สารกัมมันตรังสีที่อยู่ในรูปของธาตุโดยตรง มีคุณสมบัติสามารถทำลายเซลล์หรือเนื้อเยื่อ โดยให้รังสีไปทำลายเซลล์ที่ไม่ต้องการ เช่น เซลล์มะเร็ง หรือเซลล์ต่อมไทรอยด์ที่ทำงานมากเกินไป เป็นต้น ซึ่งเมื่อเซลล์ถูกรังสีในปริมาณที่มากพอเซลล์ก็จะตาย สารกัมมันตรังสีที่ใช้ในการรักษามากที่สุดได้แก่ ไอโอดีน-131 หากผู้ป่วยได้รับไอโอดีน-131 มากกว่า 30 มิลลิคูรี จะทำให้มีรังสีแกมมาออกจากตัวผู้ป่วยมากและอาจเป็นอันตรายต่อคนรอบข้าง จึงมีความจำเป็นที่ต้องให้ผู้ป่วยนอนพักในโรงพยาบาลที่มีระบบป้องกันรังสีอย่างเพียงพอ เพื่อรอให้ปริมาณรังสีลดลงอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยทางรังสี จึงจะอนุญาตให้ออกจากโรงพยาบาลได้ ดังแสดงตามรูปที่ 2 และโรงพยาบาลจะต้องจัดหาบ่อพักน้ำทิ้งเพื่อรอการสลายตัวของไอโอดีน-131 ก่อนปล่อยสู่สาธารณะ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำทิ้งที่ปนเปื้อนไอโอดีน-131 ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมเกินเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ดังแสดงตามรูปที่ 3

รูปที่ 2 ห้องพักผู้ป่วยไอโอดีน-131

รูปที่ 3 บ่อพักน้ำทิ้งเพื่อรอการสลายตัวของไอโอดีน-131

2. สารเภสัชรังสีสำหรับการตรวจวินิจฉัย จะใช้สารเภสัชรังสีที่ให้รังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์ ที่มีพลังงานต่ำ นำมาบริหารแก่ผู้ป่วยโดยการรับประทาน การสูดหายใจเข้าไป หรือฉีดทางหลอดเลือด ซึ่งจะใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย แล้วนำผู้ป่วยเข้าตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เช่น การถ่ายภาพด้วยเครื่อง Gamma Camera หรือ SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) เพื่อดูการกระจายตัวของสารกัมมันตรังสีในอวัยวะต่าง ๆ ที่นำไปสู่การวินิจฉัยหาความผิดปกติของการทำงานของอวัยวะนั้น ๆ และปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีโดยการนำเครื่อง SPECT มาทำงานร่วมกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computed Tomography) อยู่ในเครื่องเดียวกัน คือ SPECT/CT (Single Photon Emission Computed Tomography/ Computed Tomography) เป็นตัวช่วยให้แพทย์สามารถแปลผลการรักษาได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังแสดงตามรูปที่ 4 - 6 ทั้งนี้ ในการใช้เครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ จะใช้ โคบอลต์-57 (Co-57) ซีเซียม-137 (Cs-137) ยูโรเปียม-152 (Eu-152) เป็นวัสดุกัมมันตรังสีมาตรฐานใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เพื่อให้มีการแปลผลที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด

รูปที่ 4 ตัวอย่างสารเภสัชรังสี (เทคนีเซียม 99 เอ็ม (Tc-99m)) (4)



รูปที่ 5 การฉีดสารเภสัชรังสีให้ผู้ป่วย (9)

รูปที่ 6 การถ่ายภาพด้วยเครื่อง SPECT/CT (5)

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ มีหน้าที่ในการกำกับดูแลความปลอดภัยทางนิวเคลียร์และรังสี ซึ่งการนำรังสีมาใช้ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เพื่อการรักษาและการตรวจวินิจฉัยโรค จะต้องได้รับการอนุญาตฯ จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยมีการประเมินความปลอดภัยทางรังสี เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงาน ผู้ป่วยที่มารับการรักษา และประชาชนทั่วไป มีความปลอดภัยจากรังสี ซึ่งผู้ขออนุญาตฯต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขในการขออนุญาตฯ

เอกสารอ้างอิง

(1) สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล (2559). ราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 133 ตอนที่ 67ก พระราชบัญญัติพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ พ.ศ. 2559 กรุงเทพมหานครสำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล

(2) สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล (2561). ราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 135 ตอนที่ 79ก กฎกระทรวงความมั่นคงปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561. กรุงเทพมหานครสำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล.

(3) ณรงค์เวทย์ บุญเต็ม. การผลิตนิวไคลด์กัมมันตรังสีและการประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์.

(4) Technetium-99m . สืบค้น 22 กุมภาพันธ์ 2564, จาก https://www.simply.science/popups/other_applications.html

(5) ชัยสุนทร วิเศษนันท์. (2563). การตรวจวินิจฉัยและรักษาโรคมะเร็งด้วยเทคโนโลยีล้ำสมัยทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์. จุลสารโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี, 18(77), 18-22.

(6) อรสา ชวาลภาฤทธิ์, ภาวนา ภูสุวรรณ, เยาวลักษณ์ ชาญศิลป์. การใช้รังสีในการตรวจวินิจฉัยและรักษาโรค. สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย. 2549.

(7) โรงพยาบาลจุฬาภรณ์. สารเภสัชรังสีไอโอดีน I-131. สืบค้น 22 กุมภาพันธ์ 2564, จาก http://www.chulabhornhospital.com/page.php?name=1241

(8) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. เวชศาสตร์นิวเคลียร์. สืบค้น 22 กุมภาพันธ์ 2564, จาก http://radiology.md.chula.ac.th/nuclearmedicine/?page_id=122

(9) wikiwand. Technetium-99m . สืบค้น 22 กุมภาพันธ์ 2564, จาก https://www.wikiwand.com/en/Technetium-99m

(10) ภาวนา ภูสุวรรณ โดยสมาคมเวชศาสตร์นิวเคลียร์แห่งประเทศไทย, สมาคมนักฟิสิกส์การแพทย์ไทย และสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. Radiation Safety Management in Nuclear Medicine. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง,2549

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
เลขที่ 16 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2596 7600 ต่อ 1110,1120

www.oap.go.th
pr@oap.go.th
0 2596 7600
Atoms4Peace สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
@atomsnet
officeofatomsforpeace