กองตรวจสอบทางนิวเคลียร์และรังสี

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

เอกสารสนับสนุน

เรื่อง

หลักการทำงานและคุณลักษณะของ เครื่องฉายรังสีแกมมาทางการแพทย์และศึกษาวิจัย

Supporting Document on Principle and Characteristic of Gamma Irradiator for Medical and Research Facilities.

SD-NRI-RM-1.01

(ฉบับที่ 1 ปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 0)

จัดทำโดย	นางพรสุข บุญประทุม	
	นางสาววาสนา ไม้มะตาม	
	นางสาวน้ำฝน กิ่งจันทร์	
ทบทวนโดย	นางสุนันทา สาวิกันย์ (หกตพ.)	
อนุมัติโดย	นายสมเจตน์ สุดประเสริฐ (รก.ผกตส.)	

สถานะปรับปรุงเอกสาร

ฉบับที่	วันที่	ข้อสรุปการปรับปรุง
1	11 ตุลาคม 2566	ประกาศใช้

ผู้จัดทำ	ผู้ทบทวน	ผู้อนุมัติ
นางพรสุข บุญประทุม นางสาววาสนา ไม้มะตาม นางสาวน้ำฝน กิ่งจันทร์	นางสุนันทา สาวิกันย์	นายสมเจตน์ สุดประเสริฐ

สารบัญ

		หน้า
1	วัตถุประสงค์	5
2	ขอบเขต	5
3	หลักการทำงาน/ลักษณะการใช้งาน	5
เอกสารอ้างอิง		14

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		**หน้า**
1	ตัวอย่างเครื่องฉายรังสีแกมมาที่วัสดุกัมมันตรังสีมีเครื่องกำบังรังสีในตัว	6
2	ส่วนประกอบหลักของเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ทางการแพทย์	6
3	ส่วนประกอบหลักของเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ทางศึกษาวิจัย	7
4	วัสดุกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 และกรงใส่วัสดุกัมมันตรังสี (Source cage)	7
5	วัสดุกัมมันตรังสีซีเซียม-137 และแคปซูลสแตนเลส	8
6	อุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉินทางรังสี	8
7	ลักษณะการทำงานของเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้โคบอลต์-60	9
8	ลักษณะการทำงานของเครื่องฉายรังสีแกมมา รุ่น Gammacell 1000	9
9	ลักษณะการใช้งานเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ซีเซียม-137 รุ่นมาร์ค วัน	10
10	ตัวอย่างเครื่องฉายรังสีแกมมาที่มีวัสดุกัมมันตรังสีขณะฉายอยู่ภายนอกเครื่องกำบัง แบบ Panoramic dry source storage irradiators	11
11	อาคารฉายรังสีแกมมา	11
12	วัสดุกัมมันตรังสีโคบอลต์–60 ที่บรรจุในท่อนำส่งวัสดุกัมมันตรังสี	12
13	ท่อนำส่งวัสดุกัมมันตรังสี	12
14	ปุ่มฉุกเฉินและลวดสลิงที่ใช้ควบคุมให้ระบบเครื่องฉายรังสีหยุดการทำงาน	12
15	อุปกรณ์สำหรับเก็บเม็ดต้นกำเนิดรังสี	13
16	การนำตัวอย่างไปวางไว้ตามตำแหน่งที่ต้องการฉายในห้องฉายรังสี	13

1 วัตถุประสงค์

เพื่อใช้เป็นคู่มือสำหรับให้พนักงานเจ้าหน้าที่ศึกษาข้อมูลทางวิชาการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องฉายรังสีทางการแพทย์และศึกษาวิจัย

2 ขอบเขต

คู่มือฉบับนี้ครอบคลุมหลักการทำงาน ส่วนประกอบ ประเภท ลักษณะการใช้งาน เครื่องฉายรังสีแกมมาในทางการแพทย์และศึกษาวิจัย

3 หลักการทำงาน/ลักษณะการใช้งาน

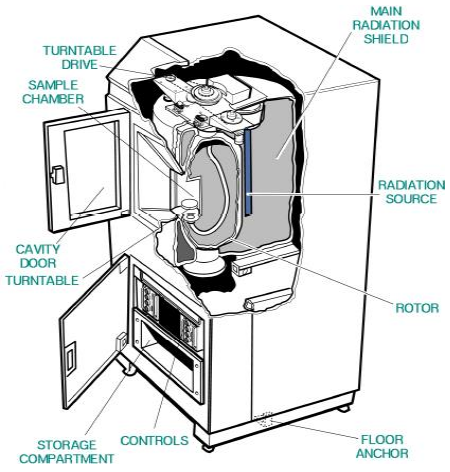
การฉายรังสี หมายถึง การใช้วัสดุกัมมันตรังสีที่มีปริมาณรังสีกัมมันตภาพสูง ให้รังสีแกมมาฉายไปยังผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย แมลง หรือเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ เช่น อาหาร, ภาชนะบรรจุอาหาร, เครื่องเทศ, เมล็ดพันธุ์พืช, เลือดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ และวัสดุอื่น ๆ ในทางการแพทย์จะฉายรังสีเพื่อฆ่าเชื้อโรคในเลือดหรือส่วนประกอบของเลือดก่อนนำมารักษาผู้ป่วย เพื่อป้องกันการเกิด TA-GVHD (transfusion graft versus host diseases) ปะปนอยู่ในเลือดและส่วนประกอบของเลือด ในทางการศึกษาวิจัยได้ใช้ประโยชน์จากการฉายรังสีเพื่อควบคุมศัตรูพืชโดยการทำหมันแมลง การฉายรังสีพันธุ์ข้าวเพื่อปรับปรุงพันธุ์ พันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้พันธุ์ใหม่ที่แข็งแรงให้ทนต่อสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และเพื่อความสวยงาม การฉายรังสีแกมมาปริมาณรังสีสูงนี้ไม่มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์กลายสภาพเป็นวัสดุกัมมันตรังสีหรือกัมมันตรังสีติดไปกับผลิตภัณฑ์ โดยในประเทศไทยเครื่องฉายรังสีแกมมาทางการแพทย์และศึกษาวิจัย มีการใช้วัสดุกัมมันตรังสี Co-60 และ Cs-137 เป็นต้น เครื่องฉายรังสีแกมมามี 2 แบบ คือ เครื่องฉายรังสีแกมมาแบบแห้ง และเครื่องฉายรังสีแกมมาแบบเปียก และลักษณะของเครื่องฉายรังสีแกมมามี 2 ประเภทคือ เครื่องฉายรังสีแกมมาที่วัสดุกัมมันตรังสีมีเครื่องกำบังรังสีในตัว (Self-shield irradiators) และเครื่องฉายรังสีแกมมาที่มีวัสดุกัมมันตรังสีขณะฉายอยู่ภายนอกเครื่องกำบังแบบ Panoramic dry source storage irradiators ในทางการแพทย์และศึกษาวิจัยจะใช้เครื่องฉายรังสีแกมมาแบบแห้ง มีรายละเอียดลักษณะของเครื่องฉายรังสีแกมมาทั้ง 2 ประเภท ดังนี้

3.1 เครื่องฉายรังสีแกมมาที่วัสดุกัมมันตรังสีมีเครื่องกำบังรังสีในตัว (Self-shield irradiators) มีหลักการทำงานคือ วัสดุกัมมันตรังสีจะอยู่ภายในเครื่องกำบังรังสีไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ วัตถุที่ต้องการฉายรังสีจะโหลดลงไปยังตำแหน่งที่ใกล้วัสดุกัมมันตรังสีเพื่อฉายรังสี โดยวัตถุที่ต้องการฉายรังสีนั้นจะมีขนาดเล็กและมีขนาดพอดีหรือเล็กกว่าช่องใส่วัตถุ ซึ่งขณะทำการฉายรังสีระดับรังสีโดยรอบเครื่องฉายรังสีต้องอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยทางรังสี ดังรูปที่ 1

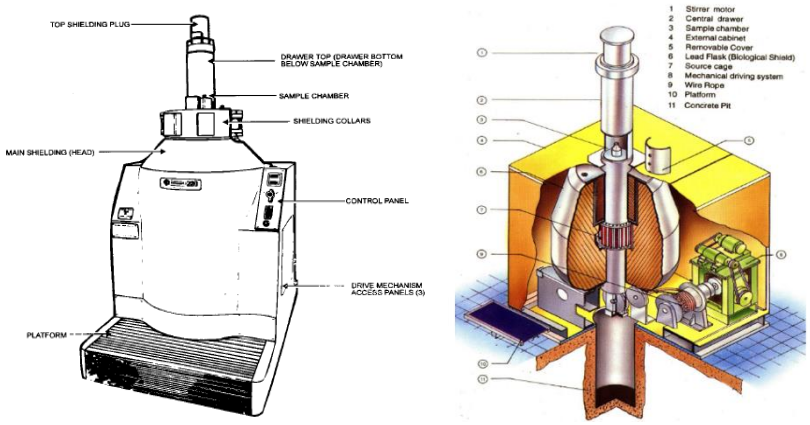
รูปที่ 1 ตัวอย่างเครื่องฉายรังสีแกมมาที่วัสดุกัมมันตรังสีมีเครื่องกำบังรังสีในตัว
ที่มารูป https://www.irpa.net/members/P06.84fp.pdf

3.1.1 ส่วนประกอบหลัก

3.1.1.1 เครื่องฉายรังสีแกมมา เป็นอุปกรณ์ฉายรังสีที่มีต้นกำเนิดรังสีและเครื่องป้องกันรังสีอยู่ในเครื่อง วัสดุกัมมันตรังสีจะถูกเก็บไว้ในบริเวณส่วนกลางของเครื่อง มีเหล็ก ตะกั่ว หรือทังสเตน เป็นวัสดุกำบังรังสีเพื่อป้องกันรังสีที่แผ่ออกมาจากวัสดุกัมมันตรังสีให้อยู่ในระดับปลอดภัยตามมาตรฐานของผู้ผลิตเครื่องฉายรังสี มีช่องหน้าต่างเปิดปิดเพื่อปล่อยลำรังสีออกมาสู่ตัวอย่างที่ต้องการฉาย เครื่องฉายรังสีจะถูกติดตั้งอยู่กับที่และไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างง่าย ส่วนประกอบหลักของเครื่องฉายรังสีแกมมาทางการแพทย์มีลักษณะดังรูปที่ 2 และส่วนประกอบหลักของเครื่องฉายรังสีแกมมาทางศึกษาวิจัยมีลักษณะดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ทางการแพทย์
ที่มารูป https://www1.cgmh.org.tw/intr/intr2/c3s000/corelab/RadiationBiology/doc/%E9%8A%AB137%E7%85%A7%E5%B0%84%E5%84%80.pdf



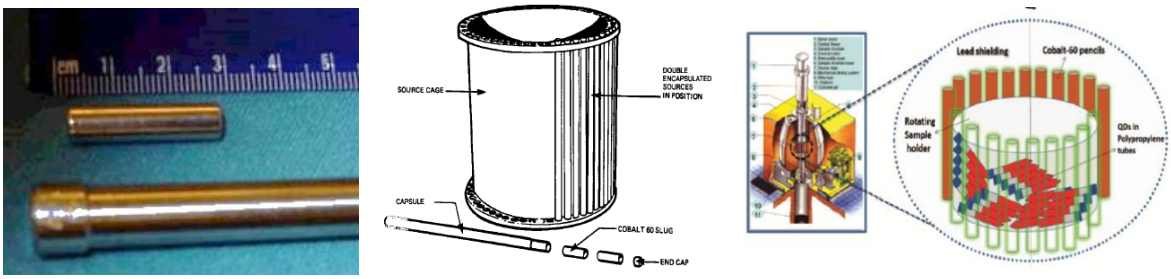
รูปที่ 3 ส่วนประกอบหลักของเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ทางศึกษาวิจัย

ที่มารูป 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

3.1.1.2 วัสดุกัมมันตรังสี ที่ใช้สำหรับเครื่องฉายรังสีแกมมาทางการแพทย์และศึกษาวิจัย

3.1.1.2.1 วัสดุกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 จะใช้โคบอลต์-60 (Co-60) อยู่ในรูปปิดผนึกแบบพิเศษ มีค่าครึ่งชีวิต 5.27 ปี มีค่ากัมมันตภาพประมาณ 1,600 – 25,000 คูรี ถูกบรรจุอยู่ในท่อสแตนเลสที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 เซนติเมตร สูงประมาณ 21 เซนติเมตร จำนวน 1 – 45 ท่อ ถูกจัดเรียงไว้ในกรงใส่วัสดุกัมมันตรังสี (Source cage) ดังรูปที่ 4 บรรจุในเครื่องฉายรังสีแกมมารุ่น Gamma Cell 220 และ Gamma Chamber 5000



รูปที่ 4 วัสดุกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 และกรงใส่วัสดุกัมมันตรังสี (Source cage)

ที่มารูป https://twitter.com/Casillic/status/1043849136003579906/photo/2

https://gnssn.iaea.org

3.1.1.2.2 วัสดุกัมมันตรังสีซีเซียม-137 อยู่ในรูปของ Cesium Chloride powders มีค่าครึ่งชีวิต 30.2 ปี มีค่ากัมมันตภาพประมาณ 600 – 2,600 คูรี บรรจุอยู่ในแคปซูลสแตนเลส 2 แท่ง ดังรูปที่ 5 บรรจุในเครื่องฉายรังสีแกมมารุ่น Gamma Elite 1000 ที่ใช้สำหรับการฉายรังสีเลือด และมีค่ากัมมันตภาพประมาณ 4,500 คูรี บรรจุในเครื่องฉายรังสีแกมมา รุ่นมาร์ค วัน (Mark I Irrradiator) ที่ใช้ในทางศึกษาวิจัย

รูปที่ 5 วัสดุกัมมันตรังสีซีเซียม-137 และแคปซูลสแตนเลส

ที่มารูป https://twitter.com/Casillic/status/1043849883634012160/photo/1

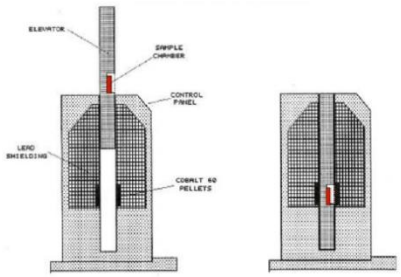
https://www1.cgmh.org.tw/intr/intr2/c3s000/corelab/RadiationBiology/doc/%E9%8A%AB137%E7%85%A7%E5%B0%84%E5%84%80.pdf

3.1.1.3 อุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉินทางรังสี เหตุฉุกเฉินทางรังสีที่มีโอกาสเกิดขึ้นขณะที่มีการใช้งานเครื่องฉายรังสี คือ กรณีเครื่องฉายรังสีไม่หยุดฉายรังสีหลังจากครบเวลาที่ตั้งไว้ เจ้าหน้าที่ฉายรังสีจะต้องหยุดการฉายรังสีโดยกดปุ่มฉุกเฉิน (Emergency stop) หรือ ไขกุญแจปิดเครื่องฉายรังสี ตามรูปที่ 6

รูปที่ 6 อุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉินทางรังสี

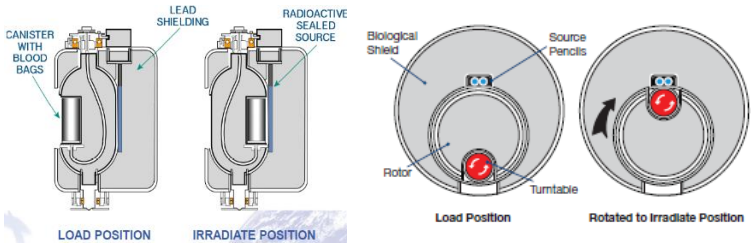
3.1.2 ลักษณะการใช้งาน

3.1.2.1 เครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้โคบอลต์-60 รุ่น Gamma Cell 220 และ Gamma Chamber 5000 จะใช้รังสีแกมมาที่มีพลังงานสูงฉายรังสีไปยังวัตถุที่ต้องการฉายรังสี โดยการวางตัวอย่างไว้ในช่องที่วางตัวอย่าง ระบบของเครื่องก็จะนำตัวอย่างเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งไปยังตำแหน่งที่วัสดุกัมมันตรังสีอยู่ เมื่อช่องหน้าต่างเปิดระบบจะทำการฉายรังสีตามเวลาที่ตั้งไว้ เมื่อครบเวลาตามที่ตั้งไว้ ช่องหน้าต่างจะปิด แล้วระบบของเครื่องจะดันตัวอย่างขึ้นมายังตำแหน่งด้านบน ดังรูปที่ 7 เวลาที่ใช้ในการฉายนั้น ขึ้นกับความแรงที่ทางผู้ใช้ต้องการฉายรังสี



ดังรูปที่ 7 ลักษณะการทำงานของเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้โคบอลต์-60
ที่มารูป https://www.researchgate.net/figure/Colbalt-60-irradiators-gammacell-200-from-Atomic-Energy-of-Canada-left-and-220-from_fig4_318100609

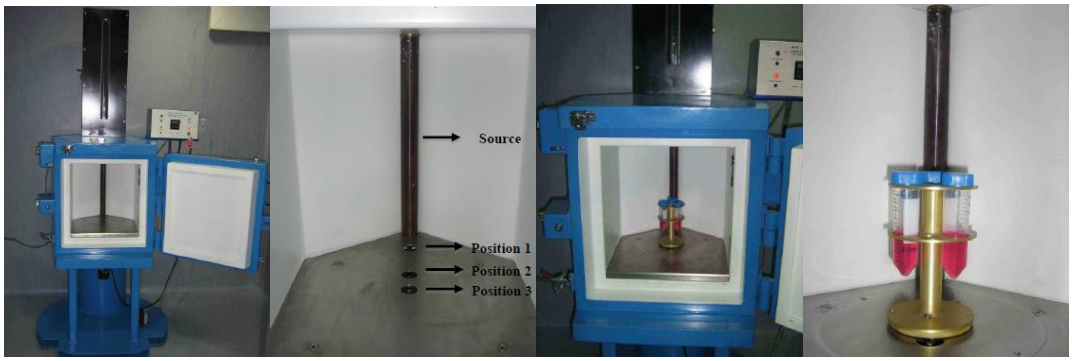
3.1.2.2 เครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ซีเซียม-137 รุ่น Gammacell 1000 จะใช้รังสีแกมมา penetrate ไปยังทุกส่วนของเลือดและส่วนประกอบของเลือด โดยการนำตัวอย่างบรรจุในภาชนะ (Metal canister) ระวังไม่ให้ส่วนใดส่วนหนึ่งอยู่พ้นขอบภาชนะ ใส่ในตู้ด้านหน้าของเครื่องฉายรังสีวางบนแป้นหมุนปิดประตูให้สนิท กดปุ่ม start ระบบจะหมุนตัวอย่างในแนวระนาบเข้าไปหาวัสดุกัมมันตรังสีและทำการฉายรังสี เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้จะมีเสียงเตือน จึงนำตัวอย่างออกมา ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ลักษณะการทำงานของเครื่องฉายรังสีแกมมา รุ่น Gammacell 1000
ที่มารูป https://www1.cgmh.org.tw/intr/intr2/c3s000/corelab/RadiationBiology/doc/%E9%8A%AB137%E7%85%A7%E5%B0%84%E5%84%80.pdf

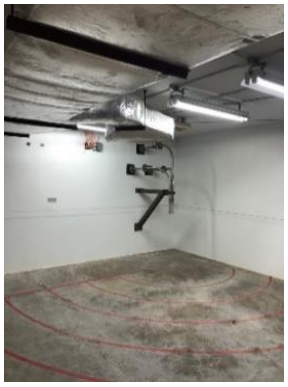
3.1.2.3 เครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ซีเซียม-137 รุ่นมาร์ค วัน (Mark I Irrradiator) ภายในเครื่องฉายจะมีหม้อตะกั่วที่มีวัสดุกัมมันตรังสีอยู่ภายในและมีช่องสำหรับนำตัวอย่างเข้าไปฉายรังสี (Sample irradiation chamber) สำหรับช่องใส่ตัวอย่างสามารถเลือกตำแหน่งในการวางตัวอย่างได้ 3 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งมีชุดอุปกรณ์สำหรับวางตัวอย่าง โดยที่ชุดอุปกรณ์สำหรับวางตัวอย่างนี้จะหมุนอยู่ตลอดเวลาในขณะที่ฉายรังสี ทั้งนี้เพื่อให้ตัวอย่างได้รับรังสีอย่างสม่ำเสมอ

ในขณะที่ยังไม่ใช้งานวัสดุกัมมันตรังสีจะถูกเก็บไว้ตรงส่วนล่างของเครื่อง การนำวัสดุกัมมันตรังสีขึ้นลงจะใช้ระบบลมเป่าให้ขึ้นลงตามท่อ (Pneumatic cable cylinder) วัสดุกัมมันตรังสีจะเคลื่อนที่จากตำแหน่ง "OFF" มายังตำแหน่ง "Irradiation chamber" ใช้ระยะเวลาน้อยกว่า 2 วินาที และกลับสู่ตำแหน่ง "OFF" ใช้ระยะเวลาน้อยกว่า 1 วินาที ปริมาณรังสีที่ตัวอย่างได้รับจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของชุดอุปกรณ์ใส่ตัวอย่างที่เลือกใช้และระยะเวลาในการฉายรังสี การป้องกันความปลอดภัยของผู้ใช้ นอกจากเครื่องป้องกันรังสีในตัวเครื่องแล้วประตูและการควบคุมแหล่งรังสีจะเป็นระบบ "Fully interlocked" หมายความว่า ถ้าประตูเปิดอยู่หรือปิดไม่สนิท จะไม่สามารถยกวัสดุกัมมันตรังสีขึ้นมาได้ และถ้าวัสดุกัมมันตรังสียังอยู่ที่ตำแหน่ง "Irradiation chamber" ก็จะไม่สามารถเปิดประตูได้เช่นกัน ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ลักษณะการใช้งานเครื่องฉายรังสีแกมมาที่ใช้ซีเซียม-137 รุ่นมาร์ค วัน
ที่มารูป https://www.irpa.net/members/P06.84fp.pdf

3.2 เครื่องฉายรังสีแกมมาที่มีวัสดุกัมมันตรังสีขณะฉายอยู่ภายนอกเครื่องกำบัง แบบ Panoramic dry source storage irradiators เครื่องฉายรังสีประเภทนี้จะต้องติดตั้งในห้องที่ออกแบบเพื่อลดทอนรังสีโดยรอบด้าน เนื่องจากวัสดุกัมมันตรังสีจะจัดเก็บโดยการบรรจุอยู่ในท่อนำส่งวัสดุกัมมันตรังสี การฉายรังสีจะนำวัตถุที่ต้องการฉายรังสีวางในตำแหน่งที่กำหนดภายในห้องฉายรังสี เมื่อต้องการฉายรังสีวัสดุกัมมันตรังสีจะเคลื่อนออกจากตำแหน่งที่เก็บไปยังตำแหน่งฉายด้วยระบบลม (Pneumatic) เมื่อฉายรังสีครบตามเวลาที่กำหนด ระบบจะดึงวัสดุกัมมันตรังสีกลับไปยังตำแหน่งที่เก็บ ดังรูปที่ 10 ในปัจจุบันมีการใช้งานเครื่องฉายรังสีประเภทนี้เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน การวิจัยและให้บริการฉายรังสีพืช



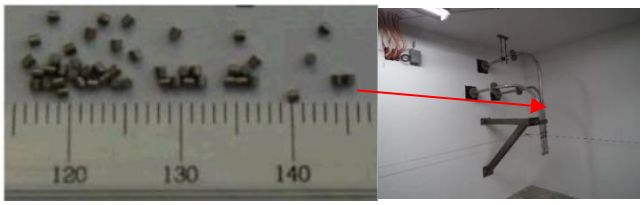
รูปที่ 10 ตัวอย่างเครื่องฉายรังสีแกมมาที่มีวัสดุกัมมันตรังสีขณะฉายอยู่ภายนอกเครื่องกำบัง แบบ Panoramic dry source storage irradiators

3.2.1 ส่วนประกอบหลัก

3.2.1.1 อาคารฉายรังสีแกมมา ต้องเป็นอาคารแบบปิด ดังรูปที่ 11 ภายในอาคารแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องฉายรังสี (Control room) และส่วนของห้องที่ออกแบบมาเพื่อฉายรังสี (Irradiation room) ตัวอาคารฉายรังสีมีผนังและหลังคาเป็นคอนกรีตหนา สามารถกำบังรังสีให้อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยทางรังสี คือ 400 ไมโครซีเวิร์ตต่อสัปดาห์ สำหรับผู้ปฏิบัติงาน และ 20 ไมโครซีเวิร์ตต่อสัปดาห์ สำหรับประชาชน

รูปที่ 11 อาคารฉายรังสีแกมมา

3.2.1.2 วัสดุกัมมันตรังสี ที่ติดตั้งในเครื่องฉายรังสีแกมมาที่มีวัสดุกัมมันตรังสีขณะฉายอยู่ภายนอกเครื่องกำบัง แบบ Panoramic dry source storage irradiators คือโคบอลต์-60 มีค่ากัมมันตภาพรวม 934 คูรี บรรจุไว้ในท่อส่งนำวัสดุกัมมันตรังสีที่แยกจากกัน 3 ส่วน โดยวัสดุกัมมันตรังสีของโคบอลต์-60 ในแต่ละท่อมีค่ากัมมันตภาพแตกต่างกันคือ 416 คูรี, 254 คูรี และ 264 คูรี ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 วัสดุกัมมันตรังสีโคบอลต์–60 ที่บรรจุในท่อนำส่งวัสดุกัมมันตรังสี
ที่มารูป https://twitter.com/Casillic/status/1043849136003579906/photo/2
https://gnssn.iaea.org

3.2.1.3 ท่อนำส่งวัสดุกัมมันตรังสี เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสแตนเลสทรงกลมยาวปลายปิด ซึ่งสามารถเปิดได้หากมีวัสดุกัมมันตรังสีติดค้างที่ส่วนปลายท่อ มีจำนวน 3 ท่อ ซึ่งแต่ละท่อจะมีวัสดุกัมมันตรังสีจำนวน 1 เม็ด มีปริมาณรังสีต่างกัน ทำหน้าเป็นท่อนำส่งวัสดุกัมมันตรังสีเพื่อฉายรังสียังตัวอย่างที่ต้องการฉายรังสี ดังรูปที่ 13

รูปที่ 13 ท่อนำส่งวัสดุกัมมันตรังสี

3.2.1.4 อุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉินทางรังสีและอุปกรณ์สำหรับเก็บเม็ดวัสดุกัมมันตรังสี เหตุฉุกเฉินทางรังสีที่มีโอกาสเกิดขึ้นขณะที่มีการใช้งานเครื่องฉายรังสี คือ เมื่อครบเวลาฉายรังสีแล้ววัสดุกัมมันตรังสีไม่กลับมายังตำแหน่งที่เก็บ เจ้าหน้าที่จะต้องกดปุ่มฉุกเฉินที่ส่วนควบคุมหรือดึงลวดสลิง เพื่อให้ระบบหยุดการทำงาน ดังรูปที่ 14 และหากไม่สามารถนำวัสดุกัมมันตรังสีกลับเข้าที่เก็บได้ เจ้าหน้าที่ต้องเปิดปลายท่อนำส่งและนำเม็ดวัสดุกัมมันตรังสีจัดเก็บในอุปกรณ์ที่ทำด้วยตะกั่วสำหรับเก็บเม็ดวัสดุกัมมันตรังสี เพื่อลดทอนระดับรังสี ซึ่งอุปกรณ์สำหรับเก็บเม็ดวัสดุกัมมันตรังสี มีลักษณะดังรูปที่ 15

รูปที่ 14 ปุ่มฉุกเฉินและลวดสลิงที่ใช้ควบคุมให้ระบบเครื่องฉายรังสีหยุดการทำงาน

รูปที่ 15 อุปกรณ์สำหรับเก็บเม็ดต้นกำเนิดรังสี

3.2.2 ลักษณะการใช้งาน

ก่อนทำการฉายรังสีต้องนำตัวอย่างไปวางไว้ตามตำแหน่งที่ต้องการฉายในห้องฉายรังสีก่อน ตามรูปที่ 16 แล้วทำการปิดประตูห้องฉายรังสีพร้อมตรวจสอบว่าไม่มีบุคคลอื่นอยู่ภายในห้องฉายรังสี จึงจะสามารถทำการฉายรังสีได้ การฉายรังสีแก่ตัวอย่างภายในอาคารฉายรังสีแกมมาสามารถเลือกใช้วัสดุกัมมันตรังสีในการฉายรังสีได้ 3 แบบ คือ 1 ต้นกำเนิดรังสี, ใช้พร้อมกัน 2 ต้นกำเนิดรังสี หรือพร้อมกันทั้ง 3 ต้นกำเนิดรังสี ซึ่งการเลือกใช้แต่ละช่วงปริมาณรังสีต่าง ๆ นั้น จะขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้งาน การฉายรังสีระบบจะดันวัสดุกัมมันตรังสีออกจากตำแหน่งที่เก็บมาตามท่อส่งต้นกำเนิดรังสี แล้วมาหยุดที่ส่วนปลายของท่อ ทำการฉายรังสีตามระยะเวลาที่ตั้งไว้ เมื่อฉายรังสีครบตามเวลาที่กำหนด ระบบจะดึงวัสดุกัมมันตรังสีกลับไปยังตำแหน่งที่เก็บ ในการฉายรังสีสามารถเลือกใช้การควบคุมวัสดุกัมมันตรังสีได้ทั้งแบบควบคุมโดยผู้ปฏิบัติงาน (Manual control) หรือควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer control) การใช้งานอาคารฉายรังสีแกมมาจะอยู่ในความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ที่มีความเชี่ยวชาญในการใช้งาน

รูปที่ 16 การนำตัวอย่างไปวางไว้ตามตำแหน่งที่ต้องการฉายในห้องฉายรังสี
ที่มารูป https://www.sci.ku.ac.th/Gamma/machine_gamma.html

เอกสารอ้างอิง

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

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

10.3 สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล (2561). ราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 135 ตอนที่ 79ก กฎกระทรวงความปลอดภัยทางรังสี พ.ศ. 2561. กรุงเทพมหานครสำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล

10.4 สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. (2547). ศัพทานุกรมนิวเคลียร์. กรุงเทพฯ: สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

10.5 สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. (2561). ร่างกฎกระทรวงกำหนดศักยภาพทางเทคนิคของผู้ขอรับใบอนุญาตเกี่ยวกับวัสดุกัมมันตรังสี พ.ศ. ....

10.6 เพ็ญนภา กัญชนะ. (2556). แนวปฏิบัติด้านการตรวจสอบ สำหรับสถานปฏิบัติการที่มีเครื่องฉายรังสีสำหรับการศึกษาวิจัย. กรุงเทพฯ:สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ.

10.7 วรัญญา ภิบาลวงษ์. (2560). การตรวจประเมินความปลอดภัยทางรังสีของเครื่องฉายรังสีแกมมาทางอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ:สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ.

10.8 ศศิธร เพชรจันทร. (2539). Irradiation of Blood and Blood Components. วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต, 6(4), 319-322.

10.9 วิภาณี ลีหไพบูลย์สกุล และคณะ. (2548). The Irradiation of Blood and Blood Components in Siriraj Hospital. วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต, 15(1), 15-23.

10.10 M.A. Fernandaz-Enriquezy, R.Escudero. Applications of ionizing radiation: Irradiation of biological materials and small animals in research. Madrid.

10.11 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เครื่องฉายรังสีแกมมา มาร์ค วัน (Mark I Irradiator). สืบค้น 11 กุมภาพันธ์ 2564, จาก https://www.sci.ku.ac.th/Gamma/machine_gamma.html