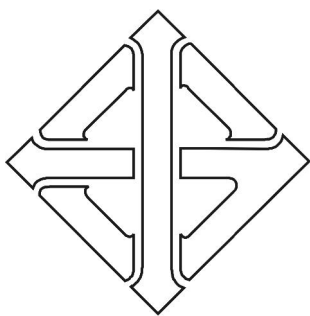




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2561 - 2555

การป้องกันรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสี

RADIATION PROTECTION FOR RADIATION WORKERS

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 13.280

ISBN 978-616-231-226-7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
การป้องกันรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสี

มอก. 2561-2555

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 129 ตอนพิเศษ 105 ง
วันที่ 4 กรกฎาคม พุทธศักราช 2555

คณะผู้จัดทำร่างมาตรฐาน
มาตรฐานการป้องกันรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสี

ประธาน

นายสมเจตน์ สุดประเสริฐ

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

กรรมการ

นายธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นายพิษณุ จันทรานูวัฒน์

บริษัท ฟิวชั่น คอนซัลแตนท์ จำกัด

นายองอาจ พร้อมจรรยากุล

กรมธุรกิจพลังงาน

นายสมยศ ประมือง

นายถกชัย ศิริภิรมย์

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

นายกิตติศักดิ์ ชินอุดมทรัพย์

นายกิตติพงษ์ สายหยุด

นายจรัสศักดิ์ ยิ่งธนทัต

นายวีรชน ตรีนุสนธิ์

นายพิภัทร พุกษาโรจนกุล

นายสุวัฒน์ บุญนาค

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

นางสาวกนกกรัษต์ ดิยพันธ์

นายทิวากร กฤษณามระ

บริษัท บางมดอินสเฟ็คชั่น แอนด์ เทสติ้ง จำกัด

นายภูบดี กริชภูรินทร์

ผู้ทรงคุณวุฒิ

นายไพบูรณ์ โพธิ์อุไร

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กรรมการและเลขานุการ

นายสุกิตติ เจริญวุฒิ

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

ปัจจุบันสารกัมมันตรังสีหรือเครื่องมือที่แผ่รังสี ได้นำมาใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในทางการแพทย์และอุตสาหกรรม ผู้ปฏิบัติงานรังสีต้องมีความรู้ในการใช้เครื่องมือ และความรู้ในเรื่องการป้องกันอันตรายจากรังสีเป็นอย่างดี เพื่อให้การทำงานมีความปลอดภัยทั้งต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่เกี่ยวข้อง จึงกำหนดมาตรฐานการป้องกันรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสีขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้จัดทำขึ้นตามความร่วมมือระหว่างสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กับสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากผู้ทำ ผู้ใช้ และเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

กฎกระทรวงกำหนดเงื่อนไข วิธีการขอรับใบอนุญาต และการดำเนินการเกี่ยวกับวัสดุนิวเคลียร์พิเศษ
วัสดุต้นกำลัง วัสดุพลอยได้ หรือพลังงานปรมาณู พ.ศ. 2550

ประกาศคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ.2549 เรื่องมาตรฐานความปลอดภัยเกี่ยวกับรังสี

พ.ป.ส.9(4)-ปร.1-01 มาตรฐานการป้องกันรังสี

พ.ป.ส.9(4)-ปร.3-01 เครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสี

พ.ป.ส.9(4)-ปร.4-01 บริเวณรังสี

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2547

เอกสารการฝึกอบรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 1

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2546

เอกสารการฝึกอบรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 2

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2547

ศัพทานุกรมนิวเคลียร์

ICRP NO.75-1997

Annals of the ICRP General Principles for the Radiation

Protection of Workers

ISO 21482 : 2007

Ionizing-radiation warning-supplement symbol

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้วเห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม
มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๔๑๐ (พ.ศ. ๒๕๕๕)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การป้องกันรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสี

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการป้องกันรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสี มาตรฐานเลขที่ มอก. ๒๕๖๑-๒๕๕๕ ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๓ เมษายน พ.ศ. ๒๕๕๕

หม่อมราชวงศ์พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การป้องกันรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสี

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมข้อกำหนดของกระบวนการป้องกันอันตรายจากรังสีสำหรับบุคลากรที่ทำงานภายในสถานปฏิบัติการทางรังสีหรือในสถานประกอบการ เช่น โรงพยาบาล ห้องทดลอง โรงงานอุตสาหกรรม
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมการป้องกันรังสีชนิดไม่ก่อให้เกิดการแตกตัว (nonionizing radiation)

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 การแผ่รังสี (radiation) หมายถึง การแผ่พลังงานที่อยู่ในรูปของคลื่นหรืออนุภาค เช่น การแผ่กระจายของคลื่นเสียง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รังสีจากสารกัมมันตรังสี
- 2.2 รังสีนอกร่างกาย (external exposure) หมายถึง รังสีที่มนุษย์ได้รับจากแหล่งกำเนิดที่อยู่ภายนอก ร่างกาย เช่น รังสีคอสมิก รังสีจากต้นกำเนิดรังสีชนิดต่าง ๆ
- 2.3 รังสีในร่างกาย (internal exposure) หมายถึง รังสีจากต้นกำเนิดรังสีใด ๆ ที่มีอยู่ในร่างกายมนุษย์ รวมทั้งที่ร่างกายได้รับจากน้ำ อาหาร อากาศ การบำบัดรักษาทางการแพทย์ การปฏิบัติงานทางรังสี และจากอุบัติเหตุทางรังสี
- 2.4 ชนิดของการได้รับรังสี (type of exposure) หมายถึง รูปแบบการได้รับรังสีของมนุษย์ ซึ่งรับรังสีได้หลายทางทั้งที่สมัครใจและไม่สมัครใจขึ้นอยู่กับดำรงชีวิตของแต่ละบุคคล
- 2.5 การรับรังสีจากอาชีพ (occupational exposure) หมายถึง ปริมาณรังสีทุกชนิดที่ผู้ปฏิบัติงานรังสีได้รับจากการทำงานหรือประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับรังสี
- 2.6 การได้รับรังสีจากทางการแพทย์ (medical exposure) หมายถึง การได้รับรังสีของผู้มารับบริการทางการแพทย์ ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของการวินิจฉัยโรคหรือการบำบัดโรคของผู้คน

- 2.7 การรับรังสีของบุคคลทั่วไป (public exposure) หมายถึง การได้รับรังสีของบุคคลทั่วไปจากต้นกำเนิดรังสี หรือจากการดำเนินการทางรังสี ซึ่งได้รับอนุญาตหรือกรณีเกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้ ไม่รวมถึงการได้รับรังสีจากการปฏิบัติงานจากการรักษาทางการแพทย์ และจากต้นกำเนิดรังสีตามธรรมชาติ
- 2.8 พื้นที่ควบคุม (controlled area) หมายถึง บริเวณใดก็ตามที่ทำให้บุคคลมีโอกาสได้รับปริมาณรังสีสูงกว่าหรือเท่ากับสามในสิบของขีดจำกัดปริมาณรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานทางรังสีที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง
- 2.9 พื้นที่ตรวจตรา (supervised area) หมายถึง บริเวณใดก็ตามที่ไม่ได้กำหนดให้เป็นพื้นที่ควบคุม แต่เป็นบริเวณที่มีโอกาสทำให้บุคคลได้รับรังสีสูงกว่าขีดจำกัดของปริมาณรังสีที่ประชาชนทั่วไปที่มีผู้ใช้บริการทางการแพทย์ซึ่งกำหนดไว้ในกฎกระทรวง
- 2.10 ปริมาณรังสียังผล (effective dose) หมายถึง ผลรวมของปริมาณรังสีสมมูลหลังจากการเปรียบเทียบสภาพไวต่อรังสีของแต่ละเนื้อเยื่อหรืออวัยวะทั่วร่างกาย
- 2.11 ปริมาณรังสีสมมูล (equivalent dose) หมายถึง ผลรวมของปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อหรืออวัยวะใด ๆ ของมนุษย์หลังจากปรับเทียบการก่ออันตรายของรังสีทุกชนิดที่อวัยวะนั้นได้รับ โดยเทียบกับการก่ออันตรายของรังสีแกมมา

3. ข้อกำหนดทั่วไปในการควบคุมอันตรายจากรังสี

การควบคุมการได้รับปริมาณรังสีให้เป็นไปตามหลัก ALARA (as low as reasonably achievable) นั้น ผู้ปฏิบัติงานรังสีต้องประเมินความปลอดภัยก่อนการปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสีด้วยวิธีการ ดังต่อไปนี้

3.1 จัดทำกระบวนการป้องกันอันตรายจากรังสี

กระบวนการป้องกันอันตรายจากรังสีประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ ซึ่งเรียกรวมกันว่า หลักการที่ยอมให้ได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุดเท่าที่สามารถทำได้หรือ ALARA Principles ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการป้องกันอันตรายจากรังสีตามหลักการ ALARA

(ข้อ 3.1)

3.1.1 พิจารณาความคุ้มค่า

การพิจารณาเบื้องต้นเมื่อนำต้นทุนการติดตั้งมาใช้จนถึงผลประโยชน์ที่ได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับความปลอดภัยหรือความเสี่ยงอันตรายที่มี โดยยึดหลักว่าจะไม่ทำงานกับรังสีถ้าไม่มีแผนการปฏิบัติงานที่สามารถป้องกันอันตรายจากรังสีที่ดีพอและให้ผลคุ้มค่ามากที่สุด

3.1.2 พิจารณาทางเลือกที่เหมาะสม

การวิเคราะห์และคำนวณเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดในการปฏิบัติงานกับรังสี โดยที่ผู้ปฏิบัติงานรังสีได้รับรังสีน้อยที่สุดและต้องไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ต้องนำปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น เทคโนโลยีทางวิศวกรรม เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม มาพิจารณา ร่วมกัน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์หลักด้านการป้องกันอันตรายจากรังสีให้ได้มาซึ่งแนวทาง วิธีการ หรือแนวปฏิบัติที่ดีและเหมาะสมที่สุดสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสี

3.1.3 กำหนดปริมาณรังสีแต่ละบุคคล

การกำหนดระดับรังสีที่ยอมให้ผู้ปฏิบัติงานรังสีได้รับในระหว่างปฏิบัติงานกับรังสีนั้น ต้องผ่านการพิจารณาความคุ้มค่าของประโยชน์ที่จะได้รับเปรียบเทียบกับความเสี่ยงอันตรายจากการได้รับรังสี รวมทั้งพิจารณาทางเลือกต่าง ๆ ที่มีทั้งหมดอย่างเหมาะสมแล้ว อีกทั้งต้องวางแนวทางการปฏิบัติงานเพื่อป้องกันอันตรายจากรังสี เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานรังสีแต่ละคนได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้และต้องไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1 ระดับปริมาณรังสีที่ยอมให้รับได้จากการปฏิบัติงานและค่าระดับปริมาณรังสี
สำหรับบุคคลทั่วไป**
(ข้อ 3.1.2 และข้อ 3.1.3)

ระดับปริมาณรังสี	ปริมาณรังสียังผล (ภายในช่วง 1 ปี)	ปริมาณรังสีสมมูล (ภายในช่วง 1 ปี)	
		เลนส์แก้วตา mSv	บริเวณผิวหนัง ภายนอก mSv
ผู้ปฏิบัติงานรังสี	ไม่เกิน 50 mSv และปริมาณรังสีเฉลี่ยต่อเนื่อง ในช่วง 5 ปีไม่เกิน 20 mSv	150	500
ผู้ทำงานชั่วคราว	ไม่เกิน 6 mSv	50	150
ประชาชนทั่วไป	ไม่เกิน 5 mSv และปริมาณรังสีเฉลี่ยต่อเนื่อง ในช่วง 5 ปี ไม่เกิน 1 mSv	15	50
ผู้ที่ดูแลผู้ป่วยในช่วงที่เข้ามา รับการตรวจรักษา	ไม่เกิน 5 mSv	ไม่กำหนด	

3.2 กำหนดแผนงานและขั้นตอนการปฏิบัติงานกับรังสี

แผนงานและขั้นตอนการปฏิบัติงานกับรังสี อย่างน้อยจะต้องประกอบด้วยรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- 3.2.1 ชนิดของรังสีและความแรงรังสี
- 3.2.2 ความแรงรังสีในตำแหน่งที่ผู้ปฏิบัติงานรังสีทำงาน
- 3.2.3 วิธีการและขั้นตอนในการปฏิบัติงาน
- 3.2.4 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน
- 3.2.5 ผลคำนวณปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานรังสีได้รับในระหว่างการปฏิบัติงานเทียบกับตารางที่ 1 สำหรับวิธีการคำนวณต้องเป็นไปตามภาคผนวก ก.
- 3.2.6 ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกการได้รับรังสีส่วนบุคคลสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสี
- 3.2.7 การเฝ้าระวังกัมมันตรังสีที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงาน
- 3.2.8 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานรังสี
- 3.2.9 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการเฝ้าระวังกัมมันตรังสี
- 3.2.10 วิธีการจัดการกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงาน

3.3 การจำแนกบริเวณรังสี

เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานรังสีหรือผู้ใช้ประโยชน์จากวัสดุกัมมันตรังสีและเครื่องกำเนิดรังสีมีความตระหนักในอันตรายที่มีในระหว่างที่อยู่ในพื้นที่ที่มีรังสี และเพื่อการปฏิบัติงานด้วยความเข้มงวดในการควบคุมดูแลการใช้รังสีในแต่ละบริเวณพื้นที่ให้มีความสอดคล้องกับความเสี่ยงอันตราย การจัดจำแนกบริเวณรังสีทำโดยแบ่งพื้นที่สถานปฏิบัติการทางรังสีตามปริมาณและโอกาสที่เกิดการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานรังสีอาจได้รับ สำหรับการออกแบบสถานปฏิบัติการทางรังสีต้องเป็นไปตามภาคผนวก ข.

3.3.1 พื้นที่ควบคุม ต้องจัดให้มีมาตรการและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานรังสีในพื้นที่ดังต่อไปนี้

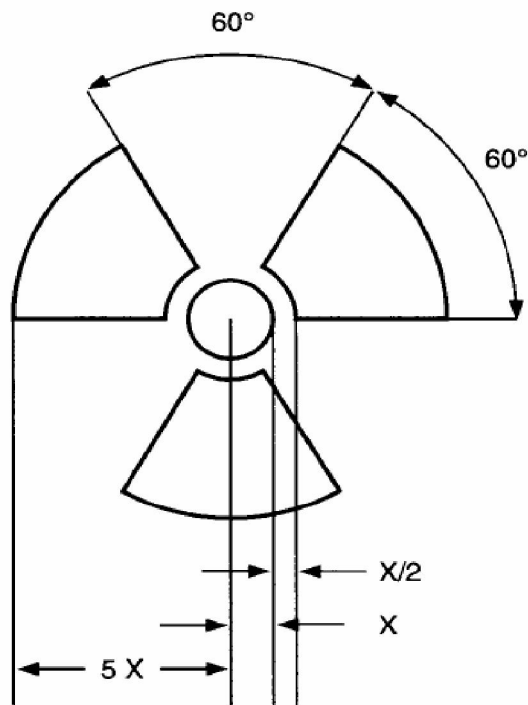
- 3.3.1.1 กำหนดพื้นที่ควบคุมอย่างชัดเจนด้วยการกั้น-แยกห้องและทางเข้าออกที่ถาวรหรือด้วยวิธีการอื่นที่ได้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน
- 3.3.1.2 แสดงป้ายเครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสีและป้ายที่กำหนดหลักเกณฑ์ แนวปฏิบัติในการเข้าไปในพื้นที่ควบคุมที่ครบถ้วนและชัดเจนที่บริเวณทางเข้าพื้นที่ควบคุม
- 3.3.1.3 ควบคุมการเข้าออกพื้นที่ควบคุมด้วยกฎระเบียบที่ชัดเจน ขออนุญาตจากผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบดูแลความปลอดภัยในพื้นที่ดังกล่าว
- 3.3.1.4 จัดให้มีอุปกรณ์การตรวจวัดปริมาณรังสีและชุดป้องกันการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี ที่บริเวณทางเข้าให้พอเพียงและเหมาะสม
- 3.3.1.5 จัดให้มีอุปกรณ์ตรวจจับการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี อุปกรณ์ชำระล้างการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี และอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บที่บริเวณทางออก
- 3.3.1.6 ทบทวนมาตรการป้องกันอันตรายจากรังสีที่มีเป็นระยะ ๆ เพื่อการปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป

3.3.2 พื้นที่ตรวจตรา ต้องจัดให้มีมาตรการเพิ่มความระมัดระวังในการใช้พื้นที่ ดังต่อไปนี้

- 3.3.2.1 กำหนดเขตพื้นที่ตรวจตราออกจากพื้นที่ทั่วไปด้วยวิธีการที่เหมาะสม
- 3.3.2.2 ติดป้ายแสดงตำแหน่งพื้นที่ตรวจตราให้ชัดเจน
- 3.3.2.3 กำหนดมาตรการป้องกันอันตรายจากรังสีในรูปแบบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ตรวจตรา รวมทั้งทบทวนมาตรการป้องกันอันตรายจากรังสีที่มีเป็นระยะ ๆ เพื่อการปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

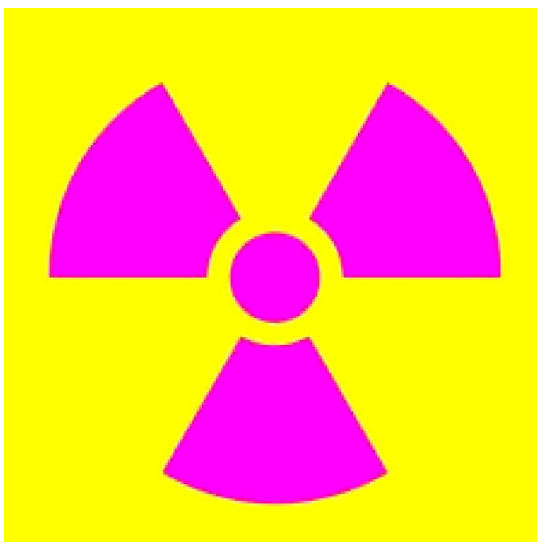
4. ป้ายเครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสี

ป้ายเครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสีต้องมีรูปแบบและสีตามที่กำหนด โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 ป้ายเครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสี
(ข้อ 4.)

- 4.1 วงกลมตรงกลางรัศมี X
- 4.2 มีพื้นเป็นสีเหลือง วงกลมและแถบมีสีม่วงแดงหรือสีดำ ดังรูปที่ 2.1 ก และรูปที่ 2.1 ข
- 4.3 ป้ายเตือนอันตรายจากรังสีสำหรับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่บรรจุสารกัมมันตรังสี ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ก ป้ายเครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสี
(ข้อ 4.2)



รูปที่ 2.1 ข ป้ายเครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสี
(ข้อ 4.2)



รูปที่ 2.2 ป้ายเตือนอันตรายจากรังสีสำหรับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่บรรจุสารกัมมันตรังสี
(ข้อ 4.3)

ภาคผนวก ก.

การควบคุมอันตรายจากรังสีจากภายนอกร่างกาย

(ข้อ 3.2.5)

การควบคุมปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานรังสีได้รับจากการทำงานในบริเวณที่มีการแผ่รังสีจากต้นกำเนิดรังสีหรือเครื่องกำเนิดรังสีนั้น ให้เลือกใช้วิธีการเพื่อลดปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานรังสีได้รับดังต่อไปนี้

ก.1 ใช้เทคนิคพื้นฐานในการควบคุมอันตรายจากรังสี

ก.1.1 การควบคุมระยะเวลาการทำงานกับรังสี

ผู้ปฏิบัติงานรังสีจะลดการได้รับปริมาณรังสีได้ด้วยการควบคุมระยะเวลาในการทำงานในบริเวณที่มีการแผ่รังสีหรือสัมผัสสารรังสี โดยปริมาณรังสีจะได้รับในระยะเวลาที่เหมาะสมจากสูตรดังต่อไปนี้

$$d = rt$$

เมื่อ d คือ ปริมาณรังสีที่ได้รับ เป็น Sv

r คือ อัตราการได้รับปริมาณรังสีในระหว่างการปฏิบัติงาน เป็น Sv/h

t คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน เป็น h

หมายเหตุ หากลดระยะเวลาในการปฏิบัติงานลงครึ่งหนึ่ง ผู้ปฏิบัติงานรังสีจะลดการได้รับปริมาณรังสีลงได้ครึ่งหนึ่งด้วย

ก.1.2 การควบคุมระยะห่างระหว่างผู้ปฏิบัติงานรังสีกับต้นกำเนิดรังสี

การควบคุมระยะห่างระหว่างผู้ปฏิบัติงานรังสีกับต้นกำเนิดรังสี เป็นอีกวิธีหนึ่งในการลดการได้รับรังสีของผู้ปฏิบัติงานรังสีได้ ยิ่งผู้ปฏิบัติงานรังสีสามารถทำงานห่างจากต้นกำเนิดรังสีได้มากที่สุดเท่าไร ก็จะได้รับรังสีน้อยที่สุดเช่นกัน ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการได้รับรังสีกับระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีคำนวณได้จากกฎการแปรผกผัน (inverse square law) ดังต่อไปนี้

$$I = k/d^2$$

เมื่อ I คือ อัตราปริมาณรังสีที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสี d เป็น rem/h

k คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของต้นกำเนิดรังสี

d คือ ระยะห่างระหว่างผู้ปฏิบัติงานรังสีกับต้นกำเนิดรังสี เป็น m

ถ้าต้นกำเนิดรังสีชนิดเดียวกันสามารถแปลงรูปสมการเพื่อคำนวณหาปริมาณรังสีที่ลดลงหากเพิ่มระยะห่างได้ดังนี้

$$I_1 d_1^2 = I_2 d_2^2$$

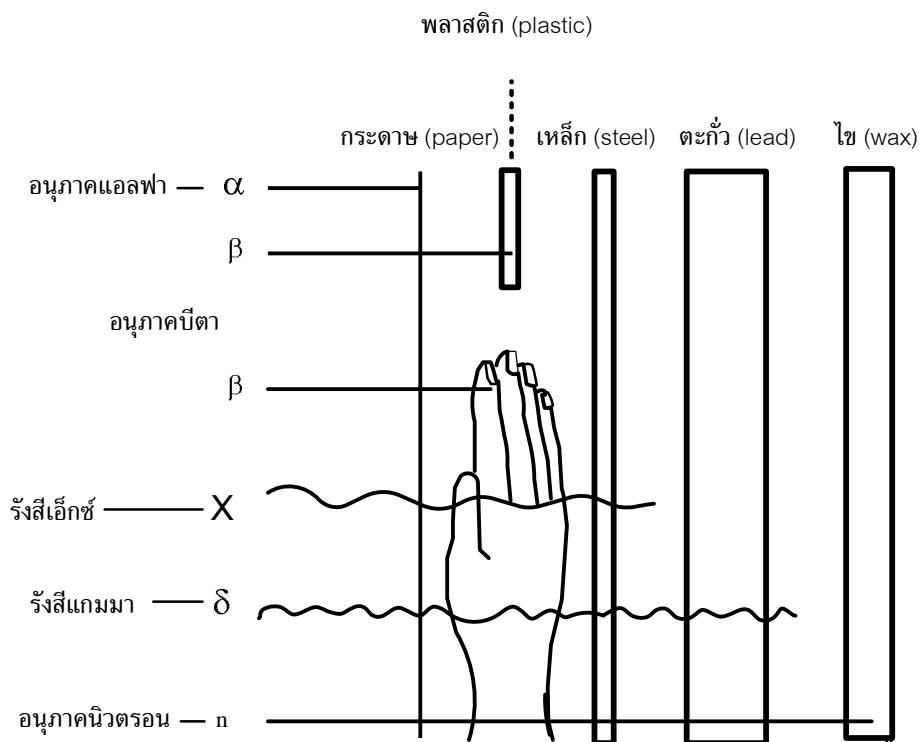
- เมื่อ I_1 คือ อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับที่ระยะห่าง d_1 เป็น rem/h
 d_1 คือ ระยะห่างระหว่างผู้ปฏิบัติงานรังสีกับต้นกำเนิดรังสี เป็น m
 I_2 คือ อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับ ณ ระยะห่าง d_2 เป็น rem/h
 d_2 คือ ระยะห่างระหว่างผู้ปฏิบัติงานรังสีกับต้นกำเนิดรังสี เป็น m

ก.1.3 การใช้เครื่องกำบังรังสี

วิธีที่ลดการได้รับปริมาณรังสีของผู้ปฏิบัติงานรังสีลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้วัสดุที่เหมาะสมเป็นเครื่องกำบังรังสี การใช้เครื่องกำบังรังสีนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

- (ก) ชนิดของรังสี
- (ข) ความแรงรังสี
- (ค) ปริมาณรังสีหลังผ่านเครื่องกำบังรังสี

รังสีแต่ละชนิดมีการทะลุทะลวงวัสดุแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 การทะลุทะลวงของรังสีผ่านวัสดุชนิดต่างๆ

(ข้อ ก.1.3)

จากรูปจะสังเกตได้ว่ารังสีแกมมาจะมีความสามารถในการทะลุทะลวงสูง เนื่องจากมีพลังงานสูงกว่ารังสีแอลฟาและบีตา อีกทั้งยังเป็นรังสีที่มีการนำใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งทางการแพทย์และอุตสาหกรรม ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานรังสีจึงต้องสามารถเลือกใช้เครื่องกำบังรังสีแกมมาได้อย่างเหมาะสม ทั้งประเภทของวัสดุที่ใช้ทำเครื่องกำบังรังสีและความหนา ซึ่งวิธีการคำนวณโดยใช้รูปกราฟเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อผู้ปฏิบัติงานรังสีจะนำไปประยุกต์ใช้ แต่ทั้งนี้ต้นกำเนิดรังสีแกมมาต้องมีขนาดเล็ก (point source) ที่มีรูปแบบของลำรังสีแบบแคบ (narrow beam) หรือแบบกว้าง (broad beam) ก็ได้

ค่าอัตราส่วนของปริมาณรังสีหลังผ่านเครื่องกำบังรังสี (I) ต่อรังสีก่อนผ่านเครื่องกำบังรังสี (I_0) เรียกว่า ค่าอัตราการส่งผ่าน (transmission factor) โดยค่าปริมาณรังสีทั้งก่อนและหลังผ่านเครื่องกำบังรังสีจะต้องมีหน่วยเดียวกัน โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น R/h

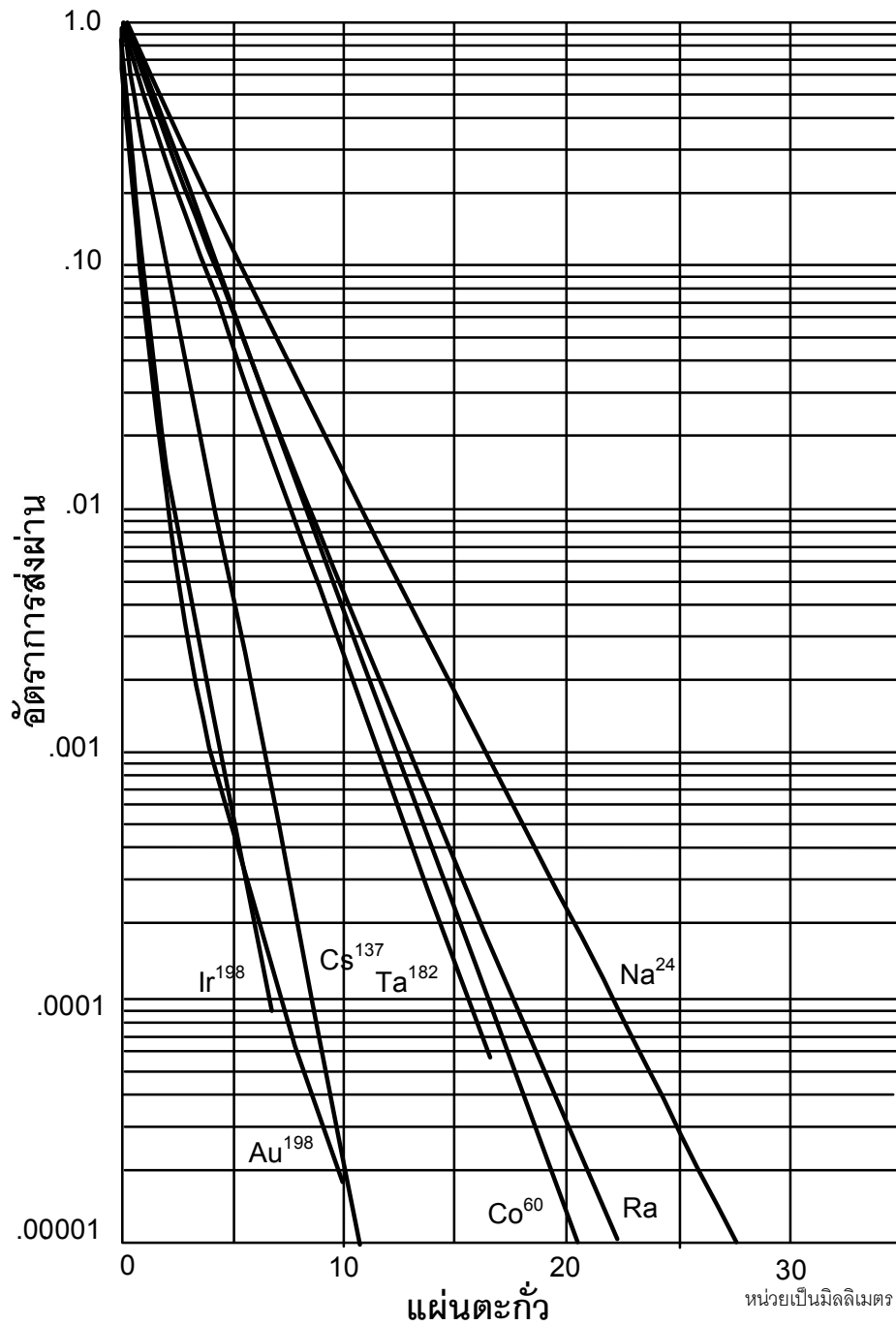
$$B = \frac{I}{I_0}$$

เมื่อ B คือ ค่าอัตราการส่งผ่าน

I คือ ปริมาณรังสีหลังผ่านเครื่องกำบังรังสี เป็น R/h

I_0 คือ ปริมาณรังสีก่อนผ่านเครื่องกำบังรังสี เป็น R/h

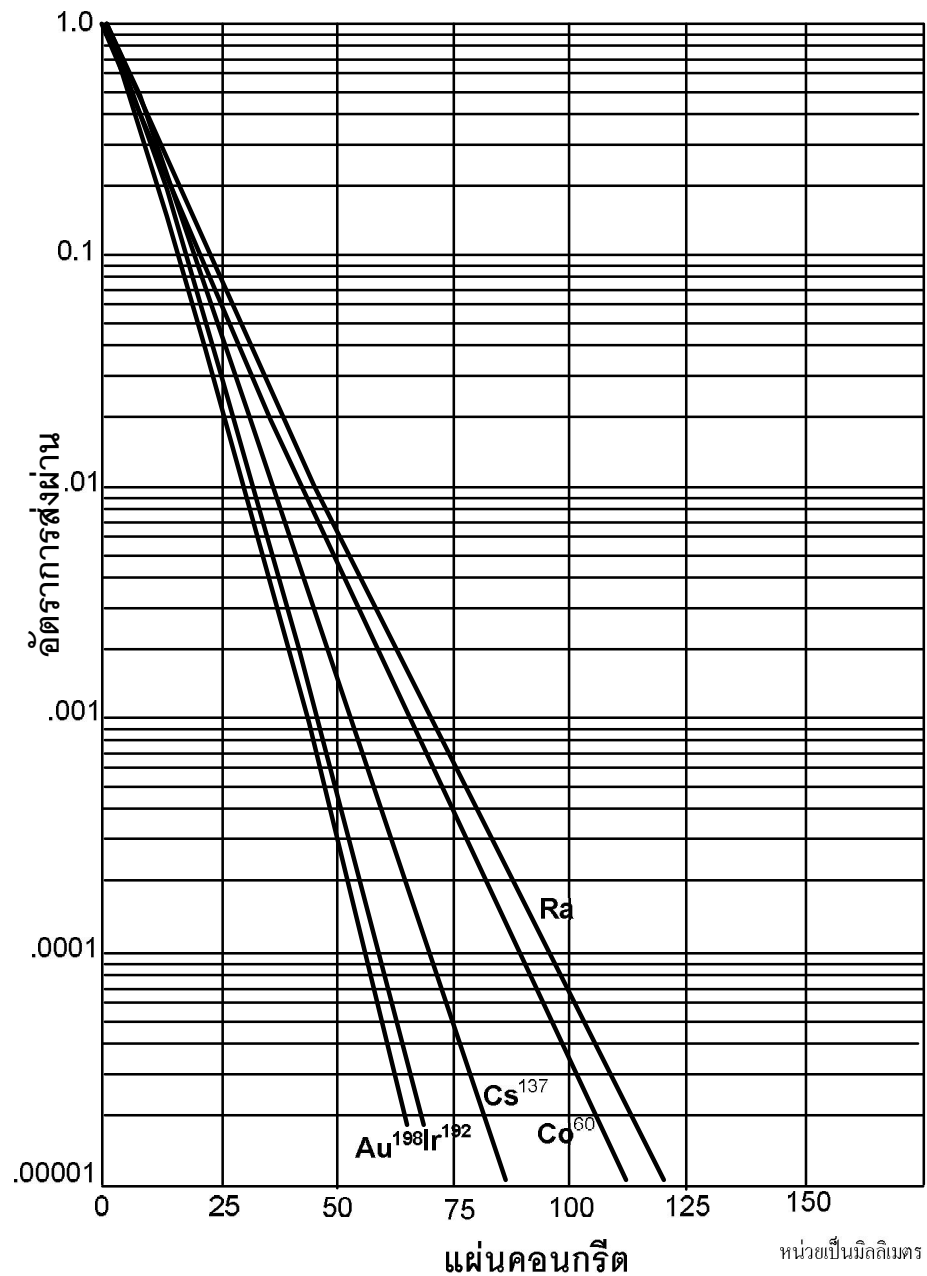
หลังจากได้ค่าอัตราการส่งผ่านแล้ว ให้นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟของวัสดุแต่ละชนิดที่นิยมนำมาใช้ทำเครื่องกำบังรังสีดังรูป ก.2 รูป ก.3 และรูป ก.4 ผู้ปฏิบัติงานรังสีก็จะสามารถเลือกวัสดุที่มีความหนาเหมาะสมสำหรับนำมาทำเครื่องกำบังรังสีแกมมาจากสารกัมมันตรังสีแต่ละชนิดได้ต่อไป



รูปที่ ก.2 อัตราการส่งผ่านรังสีแกมมาของสารกัมมันตรังสีแต่ละชนิดผ่านแผ่นตะกั่ว

(ข้อ ก.1.3)

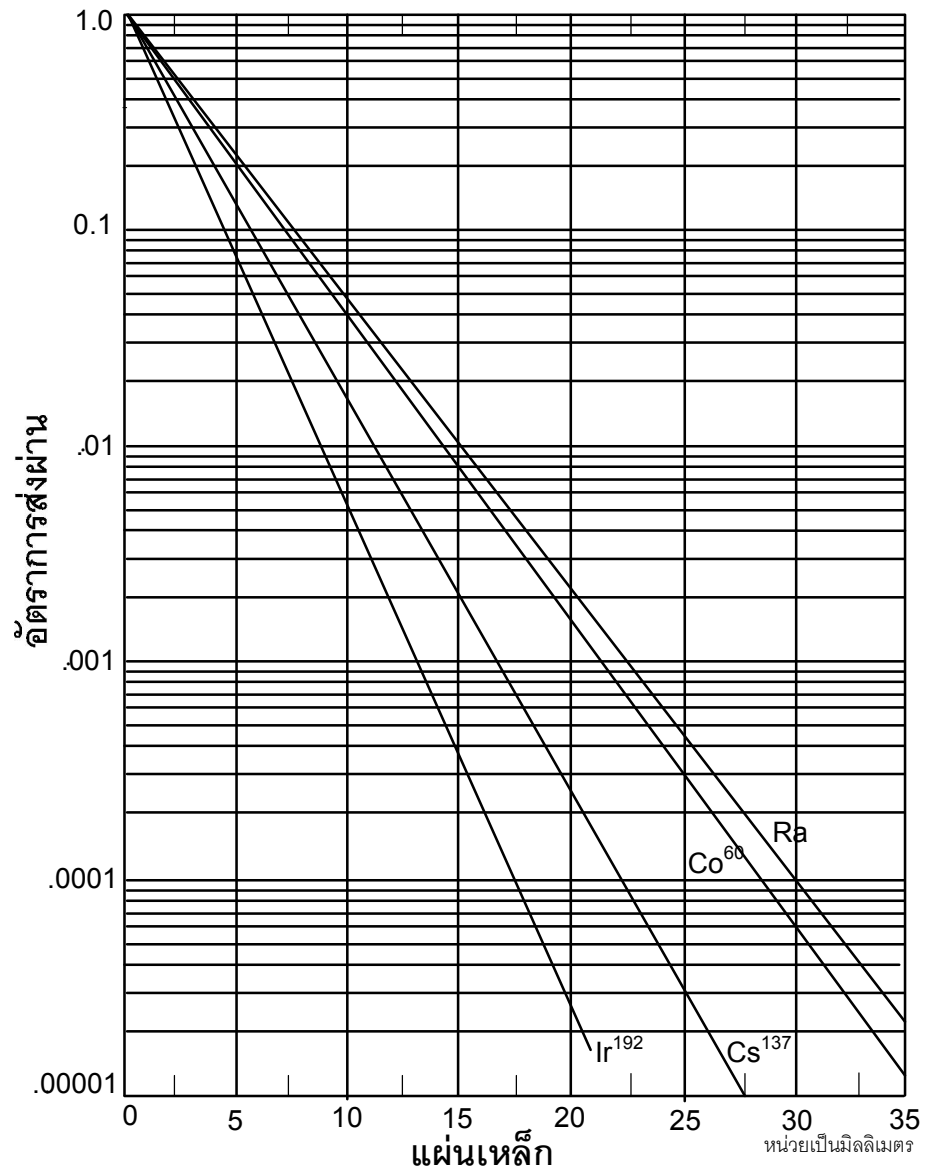
หมายเหตุ Ra หมายถึง radium Co^{60} หมายถึง cobalt 60 Cs^{137} หมายถึง cesium 137
 Au^{198} หมายถึง gold 198 Ir^{192} หมายถึง iridium 192 Ta^{182} หมายถึง tantalum 182
 Na^{24} หมายถึง sodium 24



รูปที่ ก.3 อัตราการส่งผ่านรังสีแกมมาของสารกัมมันตรังสีแต่ละชนิดผ่านแผ่นคอนกรีต

(ข้อ ก.1.3)

หมายเหตุ Ra หมายถึง radium Co^{60} หมายถึง cobalt 60 Cs^{137} หมายถึง cesium 137
 Au^{198} หมายถึง gold 198 Ir^{192} หมายถึง iridium



รูปที่ ก.4 อัตราการส่งผ่านรังสีแกมมาของสารกัมมันตรังสีแต่ละชนิดผ่านแผ่นเหล็ก
(ข้อ ก.1.3)

หมายเหตุ Ra หมายถึง radium Co⁶⁰ หมายถึง cobolt 60 Cs¹³⁷ หมายถึง cesium137
Ir¹⁹² หมายถึง iridium 192

ก.2 การควบคุมอันตรายจากรังสีโดยวิธีการบริหารจัดการ

เป็นวิธีการลดการได้รับปริมาณรังสีของผู้ปฏิบัติงานรังสีและบุคลากรอื่น ๆ โดยการใช้การจำแนกพื้นที่ควบคุมและวางกฎระเบียบ ด้วยการบริหารจัดการโดยใช้มาตรการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ก.2.1 การจำแนกพื้นที่ทางรังสีในสถานปฏิบัติงานแยกออกจากพื้นที่ทั่วไปอย่างชัดเจน
- ก.2.2 อนุญาตเฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องให้สามารถเข้ามาในพื้นที่บริเวณรังสีได้
- ก.2.3 ออกแบบห้องปฏิบัติงานรังสีให้การแพร่กระจายของรังสีน้อยที่สุดเท่าที่ทำได้
- ก.2.4 ตรวจสอบความเรียบร้อยของพื้นที่และความแรงรังสีในแต่ละบริเวณเป็นระยะ ๆ
- ก.2.5 ตรวจสอบการได้รับรังสีของผู้ปฏิบัติงานและบุคลากรอื่นๆ ที่เข้ามาในพื้นที่เป็นประจำ
- ก.2.6 วางระเบียบ ข้อกำหนด และกฎเกณฑ์รวมทั้งเงื่อนไขในการทำงานที่ชัดเจน และบังคับใช้อย่างเข้มงวด
- ก.2.7 ดำรวจปริมาณของรังสีในแต่ละพื้นที่ คัดป้ายเตือนระดับรังสีในบริเวณนั้น รวมทั้งจัดทำข้อเสนอแนะและแนวปฏิบัติที่ชัดเจน รวมทั้งปรับปรุงให้ทันสมัยเป็นระยะ ๆ
- ก.2.8 ฝึกอบรมพื้นฐานการป้องกันอันตรายจากรังสีให้แก่ผู้ปฏิบัติงานรังสีและผู้ที่เกี่ยวข้องที่เข้ามาในพื้นที่ชั่วคราว ให้เหมาะสม

ภาคผนวก ข.

การออกแบบสถานปฏิบัติการทางรังสี

(ข้อ 3.3)

ข.1 การกำหนดพื้นที่ปฏิบัติการทางรังสี

ข.1.1 พื้นที่สีขาว (white zone หรือ zone 1)

ได้แก่ บริเวณที่ไม่มีการแผ่รังสีและไม่มีการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีโดยสิ้นเชิง ทั้งบริเวณพื้นผิวและในอากาศ จึงไม่ต้องมีมาตรการควบคุมอันตรายจากรังสีแต่อย่างใด เช่น บริเวณพื้นที่ทำงานธุรการทั่วไป

ข.1.2 พื้นที่สีเขียว (green zone หรือ zone 2)

ได้แก่ บริเวณพื้นที่ที่มีการแผ่รังสีในระดับต่ำ อาจมีการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีในระดับน้อยมาก จึงจัดเป็นพื้นที่ตรวจตรา ซึ่งต้องมีการควบคุมการเข้าออกและจะอนุญาตเฉพาะผู้ปฏิบัติการเท่านั้น โดยต้องมีการสวมเสื้อคลุมปฏิบัติการและถุงคลุมรองเท้า รวมทั้งต้องมีการสำรวจระดับรังสี และการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีเป็นระยะ ๆ เช่น ห้องเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี ห้องควบคุมการใช้งานเครื่องมือที่มีการแผ่รังสี ห้องเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง ห้องเก็บอุปกรณ์เครื่องมือที่นำไปใช้ในพื้นที่ควบคุมและห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า

ข.1.3 พื้นที่สีส้ม (amber zone หรือ zone 3)

ได้แก่ บริเวณพื้นที่ที่มีการแผ่รังสีระดับปานกลาง รวมทั้งมีการปนเปื้อนทางสารกัมมันตรังสีทั้งบริเวณพื้นผิวและในอากาศ จึงจัดเป็นพื้นที่ควบคุม ซึ่งผู้ปฏิบัติงานรังสีต้องเปลี่ยนชุดทำงานเป็นแบบที่ป้องกันการซึมผ่านของสารกัมมันตรังสีได้ ผู้ที่จะเข้ามาในบริเวณนี้ต้องได้รับอนุญาตจากผู้รับผิดชอบก่อน ต้องตรวจวัดระดับรังสีและการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีก่อนออกจากพื้นที่ทุกครั้ง ตัวอย่างของพื้นที่ประเภทนี้ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการทางรังสีที่มีผู้สำหรับทำงานกับสารรังสี (glove box) ที่ติดตั้งเครื่องดูดควัน (fume hood) ไว้ภายใน

ข.1.4 พื้นที่สีแดง (red zone หรือ zone 4)

ได้แก่ บริเวณพื้นที่ที่มีการแผ่รังสีระดับสูง มีการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีทั้งบริเวณพื้นผิวและในอากาศมาก จึงจัดเป็นพื้นที่ควบคุม จำเป็นต้องจัดให้มีมาตรการควบคุมอันตรายจากรังสี เช่น การจำกัดระยะเวลาการทำงานในพื้นที่นี้อย่างเข้มงวด การเปลี่ยนชุดทำงานแบบเต็มตัวและใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากและแว่นตา รวมทั้งต้องมีเครื่องตรวจวัดระดับรังสีและการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีทางรังสีในอากาศที่เปิดใช้งานตลอดเวลา ตัวอย่างของ

พื้นที่ประเภทนี้ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการที่มีรังสีสูง ห้องที่มีตู้ปฏิบัติการทางรังสีแบบมีกระจกกันรังสี (hot cell)

ข.2 การเลือกสถานที่ตั้งห้องปฏิบัติการทางรังสี

ข.2.1 ข้อกำหนดทั่วไป

สถานปฏิบัติการทางรังสีที่มีการใช้สารกัมมันตรังสีที่มีความแรงรังสีสูง ต้องตั้งห่างจากแหล่งชุมชน เขตที่พักอาศัย และโรงงานอื่น ๆ ที่มีปริมาณวัสดุคิดไฟจำนวนมาก เช่น สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง โรงงานบรรจุก๊าซ แต่ถ้าเป็นสถานปฏิบัติการทางรังสีที่ใช้สารกัมมันตรังสีระดับต่ำก็สามารถอนุญาตให้อยู่ใกล้เขตชุมชนได้ โดยต้องออกแบบให้ปลอดภัย ถ้ามีการขนย้ายสารกัมมันตรังสี และมีมาตรการจัดการกากกัมมันตรังสีที่เหมาะสมด้วย

ข.2.2 ข้อกำหนดสำหรับสถานปฏิบัติการทางรังสีภายในอาคาร

การออกแบบหรือเลือกใช้พื้นที่สำหรับสถานปฏิบัติการทางรังสีโดยใช้พื้นที่ส่วนใดส่วนหนึ่งในอาคาร ให้พิจารณาข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

- ข.2.2.1 เป็นบริเวณที่มีผู้ที่ใช้อาคารผ่านไปมาน้อยที่สุดและควบคุมการผ่านเข้าออกได้ง่าย
- ข.2.2.2 มีความเสี่ยงอันตรายจากการเกิดอัคคีภัยน้อยที่สุด
- ข.2.2.3 มีระบบระบายอากาศที่เหมาะสม ซึ่งหากเกิดการเปื้อนของสารกัมมันตรังสีบนพื้นผิวหรือในอากาศขึ้น จะสามารถควบคุมการกระจายความเปื้อนสารกัมมันตรังสีได้ง่าย
- ข.2.2.4 ควบคุมระดับรังสีให้เป็นไปตามที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข.3 การเคลือบพื้นผิวภายในสถานปฏิบัติการทางรังสี

นอกเหนือจากการใช้เครื่องมือที่มีความปลอดภัยและมีระบบอากาศที่เหมาะสมแล้ว ในบางพื้นที่ที่มีการเปื้อนสารกัมมันตรังสีได้ จึงต้องออกแบบให้พื้นผิวของห้องภายในพื้นที่นั้น ๆ สามารถชำระล้างความเปื้อนสารกัมมันตรังสีได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นห้องและผนังห้อง บริเวณพื้นห้องอาจใช้พรมน้ำมันหรือกระเบื้องยางชนิดที่มีการเชื่อมรอยต่อเป็นอย่างดีและเคลือบด้วยสารที่ป้องกันการซึมผ่านของของเหลวได้ เช่น สีพลาสติกสำหรับทาเคลือบพื้นห้อง หรือสารขัดเคลือบพื้นห้องจำพวกไข (wax) ในกรณีที่ต้องใช้พื้นคอนกรีตหรือพื้นไม้ ต้องเคลือบพื้นผิวด้วยสีประเภทยางเพื่อให้กันน้ำได้ หรือเคลือบพื้นผิวด้วยวัสดุอื่น ๆ ที่เหมาะสม โดยต้องพิจารณาสมบัติดังต่อไปนี้

- ข.3.1 พื้นผิวเรียบสม่ำเสมอและทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี
- ข.3.2 ทนต่อความชื้น อุณหภูมิ และไม่หลุดลอกง่ายจากการขัดสี

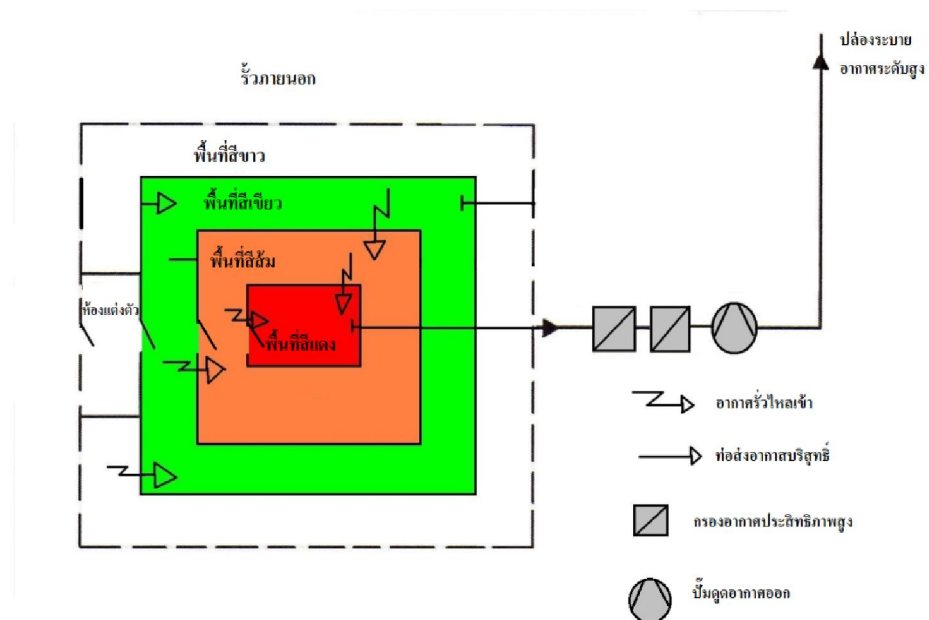
ข.3.3 ทนทานและเหมาะสมต่อชนิดของสารกัมมันตรังสีและสารเคมีที่ใช้งานในบริเวณนั้น

ข.3.4 ซ่อมแซมได้ง่ายในกรณีชำรุดเสียหาย หรือเปลี่ยนสารกัมมันตรังสีและสารเคมี

ข.4 ข้อกำหนดระบบระบายอากาศสถานปฏิบัติการทางรังสี

เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานรังสีภายในสถานปฏิบัติการทางรังสีมีความปลอดภัยจากสารกัมมันตรังสีที่อาจฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศทั้งในสภาพการทำงานตามปกติและในสภาพฉุกเฉิน และเป็นการป้องกันอันตรายจากรังสีที่อาจแพร่กระจายไปสู่ประชาชนทั่วไปทางอากาศได้ห้องปฏิบัติการทางรังสีต้องมีข้อกำหนดทั่วไปของระบบระบายอากาศเหมือนกับห้องปฏิบัติการทางเคมีทั่วไป แต่เพิ่มรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ข.4.1 ออกแบบให้มีการไหลของอากาศจากบริเวณที่ไม่มีการปนเปื้อนทางรังสีไปสู่บริเวณที่มีการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีและมีอัตราการไหลของอากาศรวมในพื้นที่ไม่น้อยกว่า 3 เท่าของปริมาณอากาศทั้งหมดต่อชั่วโมง โดยต้องเป็นการไหลผ่านในบริเวณที่เกี่ยวข้องเพียงครั้งเดียว เช่น อากาศจะไหลผ่านบริเวณทางเดิน ห้องทำงาน ไปยังบริเวณปฏิบัติงานทั่วไป จากนั้นจึงผ่านตู้ควันและปล่อยออกสู่ภายนอกโดยผ่านระบบกรองอากาศ ดังรูปที่ ข.1

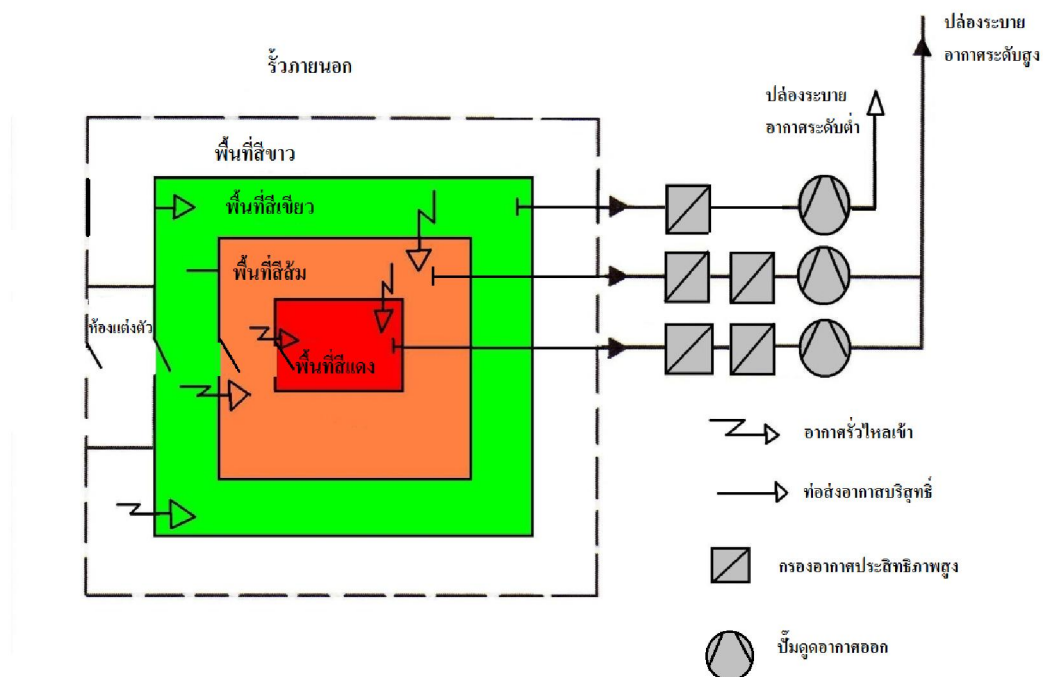


รูปที่ ข.1 แผนผังแสดงระบบระบายอากาศแบบรวม

(ข้อ ข.4.1)

ข.4.2 การระบายอากาศภายในบริเวณพื้นที่ปิดแน่นบางส่วนต้องมีอัตราการไหลของอากาศผ่านไม่น้อยกว่า 5 เท่าของปริมาณอากาศทั้งหมดต่อชั่วโมง และมีอัตราการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดในตู้ควันในแนวระนาบจะต้องไม่น้อยกว่า 1 m³/s เมื่อเปิดด้านหน้าของตู้ควันเต็มที่ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าสารกัมมันตรังสีจะไม่ฟุ้งกระจายย้อนกลับเข้ามาสู่บริเวณปฏิบัติงานได้อีก

- ข.4.3 นำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศภายในห้องปฏิบัติการทางรังสีในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้มีอากาศบริสุทธิ์มากพอสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสี
- ข.4.4 หากใช้สารกัมมันตรังสีที่มีความแรงรังสีที่แตกต่างกันมาก ต้องแยกระบบระบายอากาศและระบบกรองอากาศออกจากกัน และระบบทั้งหมดต้องทำงานร่วมกันได้อย่างสมดุลโดยมีอัตราการไหลของอากาศผ่านระบบกรองอากาศที่เหมาะสมไม่น้อยกว่า $1 \text{ m}^3/\text{s}$ และมีการเลือกใช้ระบบกรองอากาศตามผลการวิเคราะห์ความเป็นอันตรายของอากาศ (air hazard analysis) ในแต่ละพื้นที่ซึ่งมีการฟุ้งกระจายของสารกัมมันตภาพรังสีที่มีความเข้มแตกต่างกัน โดยตำแหน่งของปล่องที่ปล่อยอากาศออกสู่ภายนอกนั้นจะต้องมีความสูงที่เหมาะสมและพิจารณาทิศทางลมเป็นไปด้วยดี ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 แผนผังแสดงระบบระบายอากาศแบบแยกส่วน

(ข้อ ข.4.4)

- ข.4.5 ระบบระบายอากาศต้องสามารถปิดการทำงานทั้งระบบหรือเฉพาะบางส่วนได้ เพื่อป้องกันการปลดปล่อยสารกัมมันตภาพรังสีออกสู่ภายนอกในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน

- ข.4.6 ในบริเวณพื้นที่สีแดงต้องมีระบบทำความสะอาดอากาศภายในที่กรองจับสารกัมมันตรังสีในอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานรังสีภายในและเจ้าหน้าที่กู้ภัยต่างๆ โดยใช้วัสดุกรองอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง (high efficiency particulate arresting, HEPA) โดยติดตั้งในบริเวณด้านอากาศออกในตำแหน่งที่ผู้ปฏิบัติงานเปลี่ยนชุดกรองอากาศ
- ข.4.7 หากในระบบทำความสะอาดอากาศมีความชื้นสูงเกินกว่า 80% ต้องติดตั้งเครื่องลดความชื้นอากาศเพื่อให้ชุดกรองอากาศสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพ
-