วารสาร
Atoms for Peace Journal

ปรมาณูเพื่อสันติ

ปีที่ 29 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2559

เรื่องของน้ำ

P.4

ชุดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี สำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ที่ใช้ในทางการแพทย์ P.7

ทริเทียม สารรังสีที่คนทั่วไปไม่รู้จัก P.13

วารสาร
Atoms for Peace Journal
ปรมาณูเพื่อสันติ
ปีที่ 29 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2559

Editor's talk

สวัสดีท่านผู้อ่านที่เคารพ วารสารของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ฉบับที่ 1 ประจำปี 2559 มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบอีกครั้งหนึ่ง โดยเปลี่ยนชื่อจาก "จดหมายข่าวปรมาณูเพื่อสันติ" (Office of Atoms for Peace Newsletter) เป็น **"วารสารปรมาณูเพื่อสันติ" (Atoms for Peace Journal)** ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากคณะผู้จัดทำต้องการนำเสนอเนื้อหาความรู้วิชาการต่าง ๆ ด้านพลังงานนิวเคลียร์และรังสีให้เข้มข้นขึ้น โดยจะเน้นถึงความปลอดภัยทางนิวเคลียร์และรังสีในการทำงานเป็นหลัก รวมทั้งข่าวสารและข้อมูลการปฏิบัติงานของสำนักงาน เพื่อให้เข้าถึงกลุ่มผู้อ่านได้เพิ่มมากขึ้น แน่นอนว่าเนื้อหาสาระยังคงอัดแน่นครบครันเช่นเดิม...เห็นได้จากปกฉบับนี้ "เรื่องของน้ำ" มาบอกเล่าถึงความสำคัญในการบริหารจัดการน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากน้ำในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ แล้วมาทำความรู้จักกับชุดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีสำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในทางการแพทย์และการดูแลรักษาหลังการใช้งาน เพื่อให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ ติดตามด้วยเรื่องทริเทียม สารรังสีที่คนทั่วไปไม่รู้จัก อีกเรื่องที่น่าสนใจไม่น้อยไปกว่ากัน ระเบิดไฮโดรเจน และข่าวสารมากมายติดตามอ่านได้ในฉบับ และในโอกาสการปรับโฉมใหม่นี้ ท่านผู้อ่านจะได้พบกับวารสารปรมาณูเพื่อสันติในรูปแบบออนไลน์ได้แล้วที่นี่ http://atoms4peace.net

บรรณาธิการ

เจ้าของ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

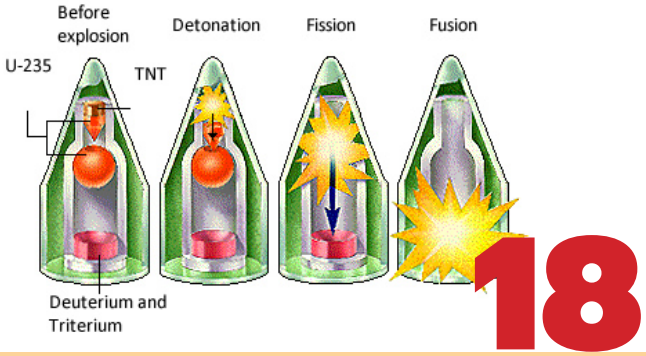
ที่ปรึกษา

1. นางสาวอัจฉรา วงศ์แสงจันทร์
เลขาธิการสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
2. นายกิตติศักดิ์ ชินอุดมทรัพย์
รองเลขาธิการสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
3. นางสาววิไลวรรณ ตันจ้อย
รองเลขาธิการสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

คณะทำงานพิจารณาจัดทำเอกสารเผยแพร่ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (กองบรรณาธิการ)

1. นายสมบุญ จิรชาญชัย
ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านความปลอดภัยทางรังสี
2. นางนิตยา ศุภฤทธิ์
ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการประเมินค่ากัมมันตภาพรังสี
3. นางสาวอัมพิกา อภิชัยบุคคล
ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านพัฒนาระบบบริหารจัดการด้านพลังงานปรมาณู
4. นางวราภรณ์ วัชรสุรกุล
ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านความปลอดภัยทางนิวเคลียร์
5. นางสาวอุษา กัลลประวิทย์
รักษาราชการในตำแหน่งที่ปรึกษาด้านพลังงานปรมาณู
6. นายนฤพนธ์ เพ็ญศิริ
นักฟิสิกส์รังสีชำนาญการพิเศษ
7. นางสาวตวงพร เอ็งวงษ์ตระกูล
วิศวกรนิวเคลียร์ชำนาญการพิเศษ
8. นางสาวธนวรรณ แจ่มสุวรรณ
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการพิเศษ
9. นายพิภัทร พฤกษาโรจนกุล
วิศวกรนิวเคลียร์ชำนาญการพิเศษ
10. นายกิตติศักดิ์ ชัยสรรค์
นักฟิสิกส์รังสีชำนาญการ
11. นายไชยยศ สุนทราภา
วิศวกรนิวเคลียร์ชำนาญการ
12. นางสาวสุประวีณ์ ศิริบุญประภพ
นักนิวเคลียร์เคมีชำนาญการ
13. นางสาวเดือนดารา มาลาอินทร์
นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ
14. นางสิริวรรณ เรืองรอง
นักวิชาการเผยแพร่ชำนาญการพิเศษ
15. นางสาวบุษบา ยศวังใจ
นักวิชาการเผยแพร่

ออกแบบและพิมพ์ที่ : บริษัท มายด์ มีเดีย จำกัด



สารบัญ

4 เรื่องของน้ำ

7 ชุดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีสำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในทางการแพทย์

10 การวิเคราะห์สเปกตรัมของวัสดุนิวเคลียร์ด้วยเครื่องแกมมาสเปกโทรเมตรี เพื่อสนับสนุนการพัฒนาฐานข้อมูลการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ทางนิวเคลียร์และรังสี

13 ทริเทียม สารรังสีที่คนทั่วไปไม่รู้จัก

18 ระเบิดไฮโดรเจน

22 Inside OAP Orbit

วารสารปรมาณูเพื่อสันติ จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ภารกิจและการดำเนินงานของสำนักงาน รวมทั้งบทความวิชาการและข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับนิวเคลียร์และรังสี ตลอดจนเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีนิวเคลียร์ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

บรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการคัดเลือกและแก้ไขต้นฉบับทั้งเรื่องและภาพตามแต่จะเห็นสมควร โดยไม่ต้องขอความเห็นชอบจากเจ้าของเรื่อง และไม่ส่งต้นฉบับคืน **ข้อคิดเห็น หรือ บทความในเอกสารฉบับนี้ เป็นความเห็นส่วนตัวของผู้เขียนซึ่งไม่มีข้อผูกพันกับสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติแต่อย่างใด**

ผู้สนใจส่งข้อเขียน หรือ ข้อเสนอแนะ
สามารถติดต่อได้ที่ กลุ่มส่งเสริมฝึกอบรมและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
เลขที่ 16 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2579 5230, 0 2596 7600 ต่อ 1123 - 4 โทรสาร 0 2579 2888
E-mail : pratoms4peace@gmail.com
http://www.oap.go.th https://www.facebook.com/atoms4peaceThailand https://twitter.com/atomsnet

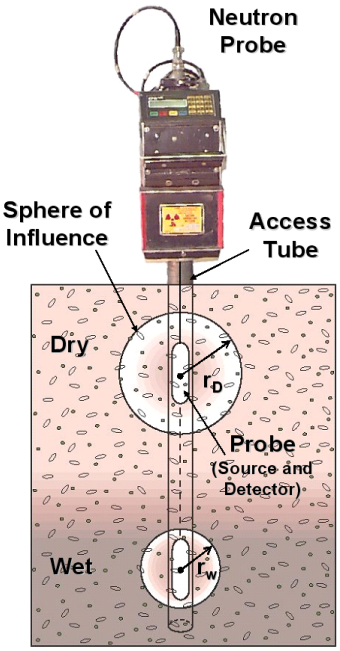
เรื่อง: พงศ์พันธ์ นาคแก้ว • วิศวกรนิวเคลียร์ชำนาญการ

เรื่องของน้ำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่จำเป็นต่อชีวิต แม้ว่าโลกใบนี้ มีพื้นน้ำปกคลุมเป็นส่วนใหญ่ แต่มีเพียง 2.5% ของน้ำทั้งหมดบนโลกนี้ ที่เป็นน้ำจืด มนุษย์ใช้ 70% ของน้ำจืดที่มี เหล่านี้ไปกับการทำเกษตรกรรม เพาะปลูกพืชพรรณธัญญาหารเลี้ยงผู้คน หลายๆ ฝ่าย จึงเห็นตรงกันว่าการบริหารจัดการน้ำมีความสำคัญ มีการรณรงค์กันอยู่เสมอให้ใช้น้ำอย่างประหยัด อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำโดยทั่วไป ยังมีประสิทธิภาพต่ำ โดยปกติประสิทธิภาพการใช้น้ำในด้านการเกษตรยังอยู่ในระดับไม่ถึง 40% หมายความว่า กว่า 60% ของน้ำที่ใช้ สูญเสียไปเนื่องจากการไหลล้น การระเหย หรือแทรกซึมหายไปในชั้นดิน น้ำที่พืชได้ใช้จริงกลับกลายเป็นส่วนน้อย

ในยุคที่สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงและแปรปรวน นับวันยิ่งยากจะพยากรณ์คาดการณ์ การศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในด้านการเกษตรมีความสำคัญมากขึ้น ในหลายประเทศมีความตระหนักที่จะต้องวางแผนใช้น้ำแต่ละหยดอย่างระมัดระวัง พอดีกับความต้องการของพืชชนิดต่างๆ โดยมีการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์มาสนับสนุน

เครื่องวัดความชื้นในดินด้วยนิวตรอน (Soil Moisture Neutron Probe) เรียกสั้นๆ ว่า SMNP เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นของดินที่ใช้เพาะปลูกพืชพรรณต่างๆ ในการวัดค่า เครื่องจะปล่อยนิวตรอนออกมา นิวตรอนนี้เมื่อปะทะกับอะตอมไฮโดรเจนที่เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลน้ำในดิน จะทำให้ความเร็วนิวตรอนลดลง ยิ่งมีโมเลกุลน้ำอยู่มาก นิวตรอนจะยิ่งช้าลง เครื่องจะวัดและเปรียบเทียบความเร็วของนิวตรอน ซึ่งจะทำให้ทราบค่าความชื้นในดิน ในปัจจุบันถือว่า SMNP เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสม มีความแม่นยำ และมักใช้อ้างอิงในการปรับเทียบอุปกรณ์วัดความชื้นชนิดอื่นๆ ที่อาจไม่แม่นยำเท่า



ภาพ เครื่องวัดความชื้นในดินด้วยนิวตรอน (Soil Moisture Neutron Probe)
ที่มา: http://lib.convdocs.org/docs/index-134257.html?page=3

การที่สามารถวัดความชื้นของดินที่แม่นยำ เมื่อนำมาประกอบกับองค์ความรู้เกี่ยวกับความต้องการน้ำของพืชชนิดต่าง ๆ ทำให้รู้ได้ว่าเมื่อไรควรหรือไม่ควรให้น้ำ ในปริมาณเท่าใด นอกจากนี้ในการบริหารจัดการน้ำนั้น มีการใช้เทคนิคนิวเคลียร์ในการสำรวจและทำแผนที่ระดับน้ำใต้ดิน แผนที่น้ำใต้ดินนี้ถือว่ามีประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำ

ในประเทศที่ขาดแคลนน้ำจืด เช่นประเทศแถบตะวันออกกลาง เทคโนโลยีหนึ่งที่มีความน่าสนใจคือการใช้พลังงานจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มาผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล ซึ่งในกระบวนการผลิตนั้น พอจะจำแนกคร่าว ๆ ได้สองกลุ่ม กลุ่มแรกใช้การกลั่น นั่นคือใช้ความร้อนต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอ ก่อนที่ไอน้ำจะรวมตัวเป็นหยดน้ำ อีกกลุ่มเป็นการใช้เยื่อกรองที่เรียกว่า Semi-permeable Membrane สำหรับเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ ที่แพร่หลายในปัจจุบันคือวิธี Reverse Osmosis (RO) ซึ่งใช้วิธีปั๊มน้ำให้ผ่านเยื่อกรอง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยกระแสไฟฟ้า ตามสถิติของปี 2012 วิธี RO นี้มีส่วนแบ่งการผลิต 63% ของทั้งหมด เพิ่มขึ้นจาก 10% ในปี 1999 วิธีนี้ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีต้นทุนที่ถูกกว่าโดยวิธี RO นี้ใช้พลังงานไฟฟ้า 4 - 6 kWh ต่อการผลิตน้ำหนึ่งลูกบาศก์เมตร ในขณะที่วิธีการกลั่นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าถึง 40 - 100 kWh ซึ่งมากกว่าประมาณ 10 เท่า เมื่อเทียบกับราคาค่าไฟฟ้าบ้านเรา kWh ละ 2 - 3 บาท ก็ถือว่าเป็นต้นทุนที่สูงทีเดียว แต่หลายประเทศก็ไม่มีทางเลือก ที่อิสราเอล ประมาณ 40% ของน้ำจืดที่ใช้มาจากเทคโนโลยี RO ในซาอุดิอาระเบียก็เช่นกัน 70% ของน้ำจืดที่ใช้มาจากโรงงานซึ่งผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล ในญี่ปุ่น มีโรงงานผลิตน้ำจืดนับสิบโรง เชื่อมกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ผลิตน้ำจืดรวมกันวันละ 14,000 ลูกบาศก์เมตร

แต่น้ำพึ่งเรือ เสือพึ่งป่าฉันใด ในขณะที่มนุษย์ใช้พลังงานจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มาผลิตน้ำจืดใช้ได้ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เองก็ต้องพึ่งน้ำฉันนั้น การใช้น้ำในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นไปในสามลักษณะหลัก ๆ ประการแรก น้ำมีคุณสมบัติหน่วงนิวตรอน ทำให้นิวตรอนเคลื่อนที่ช้าลง มีความเร็วเหมาะสมที่จะเกิดปฏิกิริยาได้ดี ประการที่สองเราใช้ความร้อนต้มให้น้ำเป็นไอไปปั่นกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และประการที่สาม น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการระบายความร้อนส่วนเกินของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ส่วนใหญ่ และในเหตุสุดวิสัย กรณีเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับ

ภาพ A neutron probe to take soil moisture measurements at Rooster Vineyard in Kelseyville.
ที่มา: http://www.lakecountywinegrape.org/grape-growers-leverage-technology-manage-vineyard-water-use/

ภาพ ภาพถ่ายดาวเทียมของอาคารคลุมเครื่องปฏิกรณ์ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟุกุชิมะไดอิชิที่ได้รับความเสียหายสี่หลัง
ที่มา: https://th.wikipedia.org/wiki/ภัยพิบัตินิวเคลียร์ฟุกุชิมะไดอิชิ

นิวเคลียร์และรังสีจนถึงขั้นเกิดอัคคีภัย อาจใช้น้ำช่วยดับไฟได้ แต่ก็ต้องคิดให้ดี ถ้ามีสารกัมมันตรังสีที่ละลายน้ำได้ ก็ควรเลี่ยงการใช้น้ำดับไฟ เพราะสารกัมมันตรังสีจะรั่วไหลไปกับน้ำได้

ในขณะที่น้ำมีประโยชน์ มีความจำเป็นสำหรับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ การจะสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ก็มีสิ่งที่พึงระวังเกี่ยวกับน้ำอยู่ หลายท่านคงจำได้ หลายปีก่อน มีอุบัติเหตุครั้งใหญ่เกิดขึ้นที่โรงไฟฟ้าฟุกุชิมะ สาเหตุหลักที่ทำให้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เสียหายหนักคือคลื่นสึนามิทำให้น้ำท่วมเครื่องปั่นไฟสำหรับปั๊มน้ำระบายความร้อนเครื่องปฏิกรณ์ จนเครื่องปั่นไฟดับไป เมื่อไม่มีการระบายความร้อน ก็เกิดความร้อนสะสมเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความเสียหายต่อแกนเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในที่สุด เมื่อคราวที่ประเทศไทยเกิดอุทกภัยใหญ่ในปี 2553 ก็มีหลายฝ่ายตั้งข้อสงสัย กังวลว่าเครื่องปฏิกรณ์วิจัยของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติอาจจะได้รับผลกระทบ

ภาพ MED units at Taweelah 1 power & desalination plant (Abu Dhabi, 2007)
ที่มา: http://www.crossover.tractebel-engineering-gdfsuez.com/crossover8/expert-input-vital-desalination/

ดังนั้น จะสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ก็ต้องคำนึงถึงน้ำ จะใช้น้ำจากแหล่งไหน มีน้ำพอเพียงหรือไม่ น้ำที่ใช้หรือน้ำที่ปล่อยทิ้ง จะส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ วิถีชีวิต และความรู้สึกของประชาชนชาวไร่ชาวนาที่ต้องการใช้น้ำในการทำเกษตรกรรมหรือเปล่า หากมีอุทกภัยเกิดขึ้น จะเกิดความเสียหายกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หรือไม่ มีมาตรการป้องกันเยียวยาอย่างไร เหล่านี้เป็นคำถามที่เกิดขึ้นได้

คำถาม ความกังวล ข้อข้องใจต่าง ๆ เหล่านี้ไม่อาจจะตอบด้วยองค์ความรู้ทางวิชาการที่เป็นที่ยอมรับจากทุกฝ่ายได้เสมอไป ในของกรณีของความปลอดภัย แม้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบันจะได้รับการออกแบบให้มีความปลอดภัยระดับสูง แต่ใช่ว่าจะปราศจากความเสี่ยงใด ๆ เลย การสื่อสารกับประชาชนจึงไม่ใช่แค่เพียงเสนอข้อเท็จจริงให้ประชาชนเห็นถึงประโยชน์ของนิวเคลียร์และรังสี ความจำเป็นและความปลอดภัยของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ แต่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องเรียนรู้ที่จะรับฟัง เข้าใจ และเข้าถึง แสดงให้ประชาชนเห็นได้ว่าฝ่ายผู้ดำเนินโครงการและภาครัฐที่กำกับดูแลมีน้ำใสใจจริงที่จะรับผิดชอบ ซึ่งความรับผิดชอบในที่นี้ ไม่ได้จำกัดอยู่ที่ความรับผิดชอบตามกฎหมายหรือหน้าที่ แต่มาจากความตระหนักร่วมกันในสังคมว่าการที่ประเทศจะพัฒนาผาสุกอย่างยั่งยืนได้นั้น ทุกฝ่ายต้องร่วมแรงร่วมใจ หยิบยื่นคนละไม้คนละมือ ถ้อยทีถ้อยอาศัย มีน้ำใจให้กันและเห็นความสำคัญของส่วนรวม

อ้างอิง

- http://www.world-nuclear.org/info/Non-Power-Nuclear-Applications/Industry/Nuclear-Desalination
- http://www-naweb.iaea.org/nafa/swmn/

เรื่อง: นางสาวเกศรินทร์ สายตา • นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ
นางสาวชุติมา เติมสุข • นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ

ชุดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี
สำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในทางการแพทย์

ในปัจจุบันมีการนำเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มาใช้ในทางการแพทย์เพื่อวินิจฉัยโรคเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีสำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์เหล่านี้มีพัฒนาการอย่างก้าวกระโดด เพื่อให้การบริการทางรังสีช่วยในการวินิจฉัยโรคเป็นไปอย่างรวดเร็วและแม่นยำสูง อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงความปลอดภัยจากการได้รับรังสีเมื่อใช้งานเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในทางการแพทย์ ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานรังสีของสถานปฏิบัติการ ต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบ ขั้นตอนการทำงานและมาตรการความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีจำเป็นต้องบริหารจัดการด้านความปลอดภัยให้เหมาะสม เช่น มีการจัดการฝึกอบรมแก่ผู้ปฏิบัติงานตามความเหมาะสม และจัดหาอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยอย่างเพียงพอ

การป้องกันอันตรายจากรังสีตามหลัก ALARA (As Low As Reasonably Achievable) คือ การดำเนินการใด ๆ ในทางปฏิบัติที่ทำให้งานสำเร็จตามวัตถุประสงค์ โดยได้รับรังสีชนิดก่อไอออนน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 อย่างคือ เวลา (Time) ระยะทาง (Distance) และเครื่องกำบังรังสี (Shielding)

เพื่อให้เกิดความปลอดภัยทางรังสี ทั้งแก่ผู้ปฏิบัติงานรังสี ผู้ป่วย ญาติผู้ป่วย และผู้ที่เกี่ยวข้อง ในขณะใช้งานเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในทางการแพทย์ นอกจากห้องเอกซเรย์ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม สามารถกำบังรังสีจากเครื่องกำเนิดรังสีได้เพียงพอแล้ว ผู้ปฏิบัติงานรังสีควรสวมใส่อุปกรณ์กำบังรังสีอย่างเหมาะสม เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่สามารถลดความเข้มของรังสีเมื่อผ่านอุปกรณ์กำบังรังสี แต่จะลดได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพลังงานของลำรังสี และประสิทธิภาพของอุปกรณ์กำบังรังสีที่ใช้ เช่น เสื้อตะกั่วควรมีสมมูลตะกั่ว (Lead Equivalent) อย่างน้อย 0.25 mm Pb ที่พลังงานเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์น้อยกว่า 100 กิโลโวลต์ และควรมีสมมูลตะกั่วอย่างน้อย 0.35 mm Pb ที่พลังงานเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มากกว่า 100 กิโลโวลต์ ชุดอุปกรณ์กำบังรังสีสำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในทางการแพทย์ มีดังนี้

1. เสื้อตะกั่ว (Lead Apron)

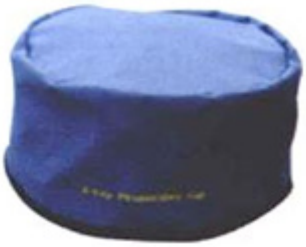
2. แผ่นยางผสมตะกั่วสำหรับป้องกันไทรอยด์ (Thyroid Shield)

3. แผ่นยางผสมตะกั่วสำหรับป้องกันอวัยวะสืบพันธุ์ (Gonad & Ovarian Shield)

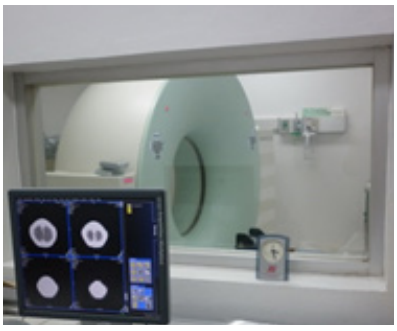
4. ถุงมือยางผสมตะกั่ว (Lead Gloves)

5. แว่นตาตะกั่ว (Lead Goggles)

6. หมวกยางผสมตะกั่ว



7. ฉากตะกั่วป้องกันรังสี



การดูแลรักษา

1. หลังการใช้งานควรเช็ดทำความสะอาด ด้วยน้ำเปล่าอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง
2. แขวนไว้ให้กางเต็มตัว ไม่พับ หรือวางกองไว้ เพราะจะทำให้เกิดการหักงอของชุดป้องกันอันตรายจากรังสี ส่งผลให้ประสิทธิภาพการป้องกันรังสีลดลง
3. ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ โดยการใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ชนิด Fluoroscopy ทุก 6 เดือน เพื่อตรวจสอบรอยชำรุดและหักงอ หากพบควรส่งซ่อมโดยด่วนหรือหยุดการใช้งาน
4. สำหรับแว่นตาตะกั่วห่อหุ้มด้วยผ้านุ่มกันการเกิดรอย และเก็บไว้ในกล่องที่แข็งแรงสามารถป้องกันการแตกหักได้

อ้างอิง

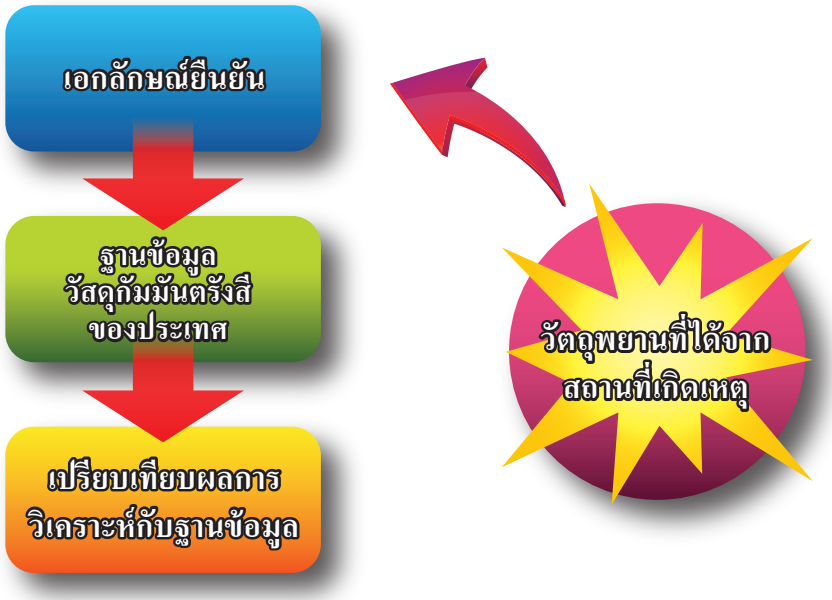
- http://www.kiranxray.com/rpa_double_side_aprons.asp
- http://www.zzmedical.com/radiation-protection/lead-aprons/bar-ray-lead-aprons.html
- http://www.colortrieve.com/category-s/436.htm
- http://www.pnwx.com/Accessories/LeadProducts/Aprons/PNWXelite/
- http://medfirstindia.com/lead-apron-kiran-coat-type.html
- http://www.alimed.com/alimed-washable-ultralight-thyroid-shield.html
- http://www.amazon.com/Techno-Aide-TYR-61-Quickship-Standard-Thyroid/dp/B009055U42
- http://www.alibaba.com/product-detail/radiation-protection-lead-glasses_1205931400.html
- http://guide.alibaba.com/shopping-guides/goggles-ray-ban.html
- http://www.b2bthai.com/Search/Product/Detail
- https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/TrainingRadiology/Lectures/RPDIR-L13.2_Occup_radioprot_WEB.ppt

เรื่อง: ลฎาภา ศรีจิตตะวา • นักนิวเคลียร์เคมีชำนาญการ

การวิเคราะห์สเปกตรัมของวัสดุนิวเคลียร์ด้วยเครื่องแกมมาสเปกโทรเมตรี

เพื่อสนับสนุนการพัฒนาฐานข้อมูลการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ทางนิวเคลียร์และรังสี

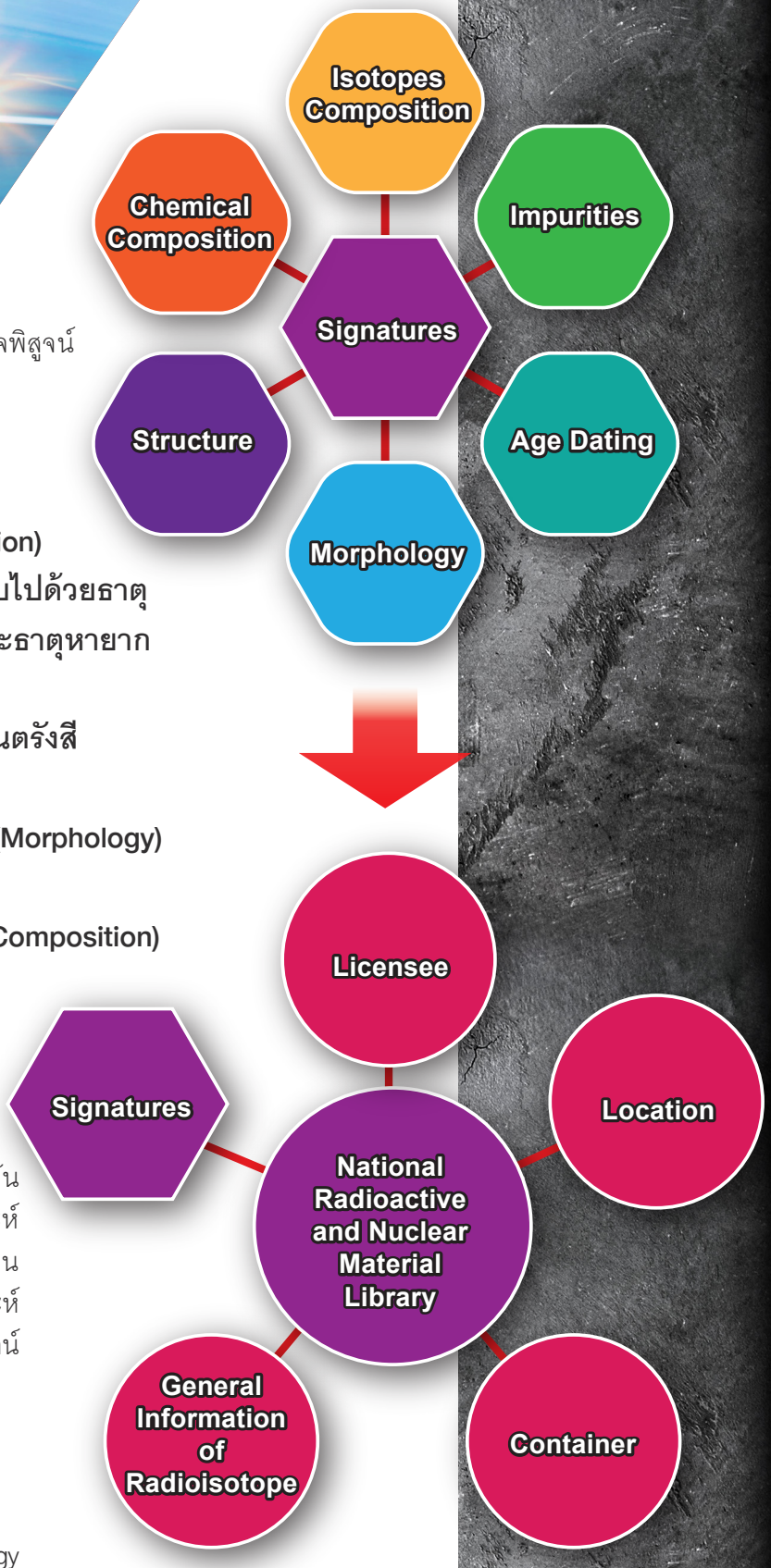
ปัจจุบันภัยคุกคามมีแนวโน้มที่ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งภัยคุกคามที่มีสารกัมมันตรังสีเข้ามาเกี่ยวข้องนั้น มีผลกระทบในวงกว้างไม่เพียงแต่เฉพาะภายในประเทศเท่านั้น แต่ยังส่งผลถึงประเทศเพื่อนบ้าน และนานาประเทศ ซึ่งการพัฒนาฐานข้อมูลการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ทางนิวเคลียร์และรังสี จัดเป็นส่วนหนึ่งในการเตรียมความพร้อมเพื่อจัดตั้งห้องปฏิบัติการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ทางนิวเคลียร์และรังสีของประเทศ โดยประโยชน์ของการพัฒนาฐานข้อมูลที่มีอยู่เดิมให้มีความเหมาะสม เมื่อเกิดอาชญากรรมที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี จะทำให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่กับวัตถุพยานที่เกี่ยวข้องในสถานที่เกิดเหตุ เพื่อสืบหาที่มา แหล่งกำเนิด และผู้ผลิตสารกัมมันตรังสี รวมถึงวัตถุพยานที่มีการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี สำหรับใช้ในกระบวนการยุติธรรม เพื่อการดำเนินคดีทางกฎหมาย โดยประสานงานร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป ทั้งนี้ การพัฒนาฐานข้อมูลสารกัมมันตรังสีเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ทางนิวเคลียร์และรังสี ต้องดำเนินการหาเอกลักษณ์ยืนยัน (signatures) ของสารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ทั้งหมดมาประกอบการพิจารณาสำหรับใช้ในการประเมินผลตามความสัมพันธ์ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของเอกลักษณ์ยืนยัน (signatures) ของวัตถุพยานที่มีต่อฐานข้อมูล

การหาเอกลักษณ์ยืนยันทางด้านการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ทางนิวเคลียร์และรังสี ประกอบไปด้วย

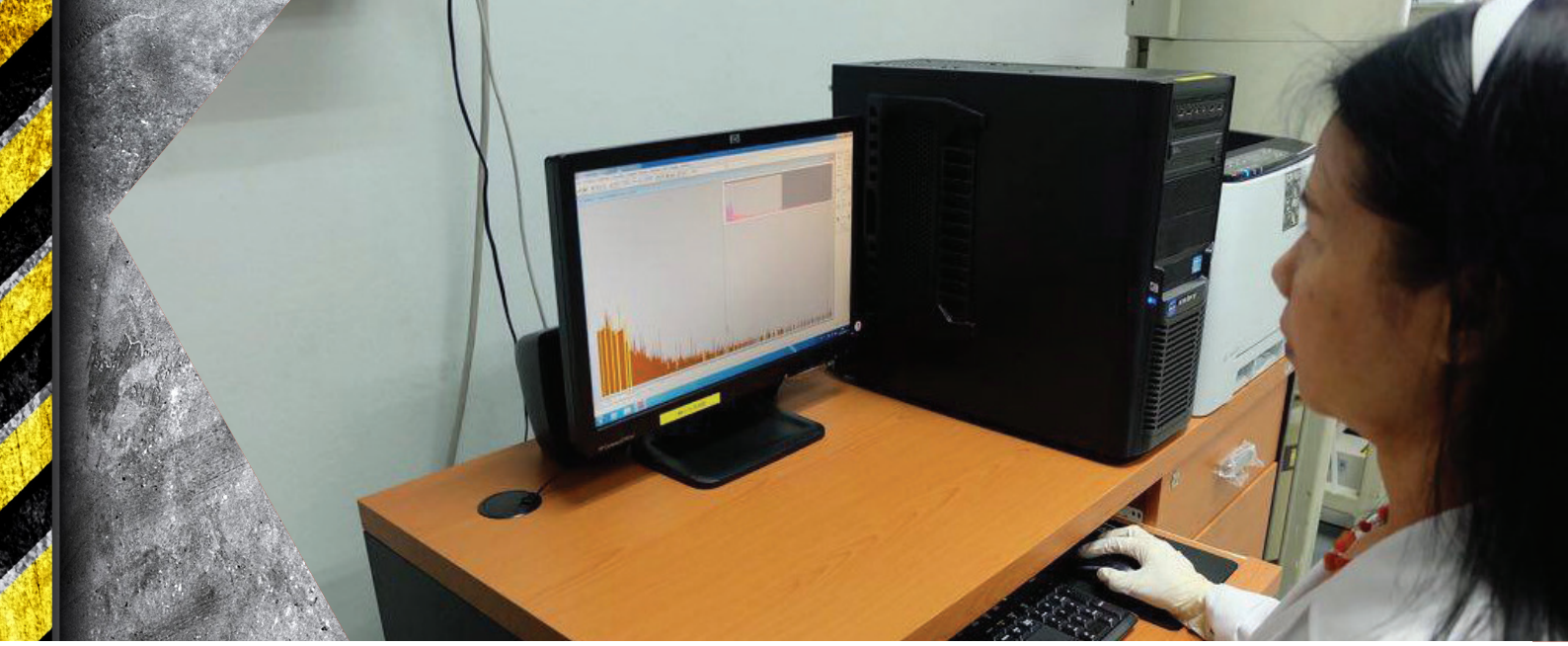
- **ไอโซโทปรังสี (Isotopes Composition)**
- **สารเจือปน (Impurities) ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุปริมาณน้อย (Trace Elements) และธาตุหายาก (Rare Earth Elements)**
- **อายุกระบวนการผลิตของสารกัมมันตรังสี (Age Dating)**
- **ขนาด รูปร่าง ลักษณะการเรียงตัว (Morphology)**
- **โครงสร้างทางเคมี (Structure)**
- **ธาตุองค์ประกอบหลัก (Chemical Composition)**

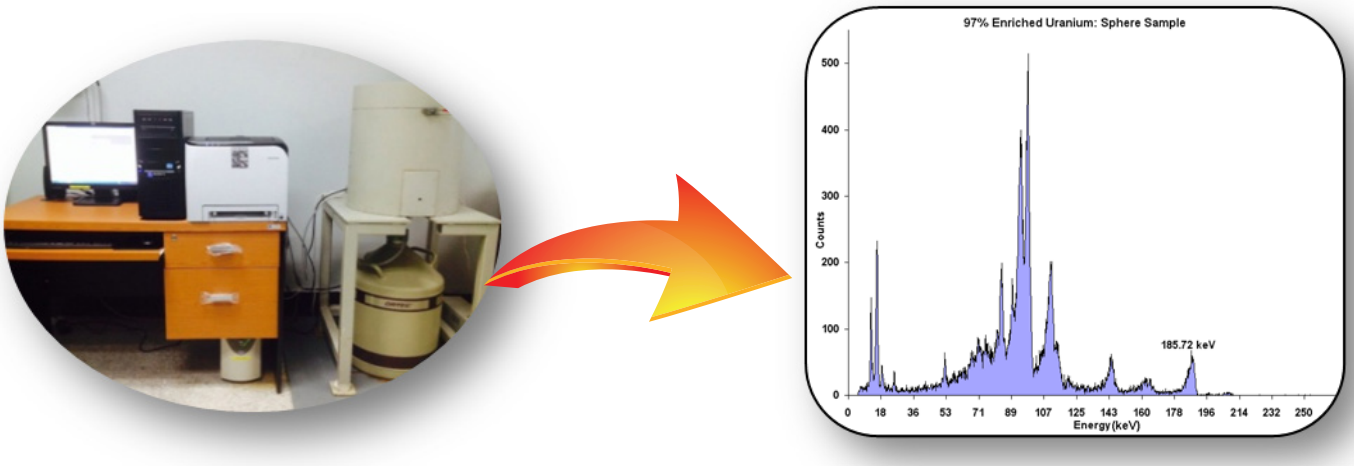


ในการวิเคราะห์เพื่อหาเอกลักษณ์ยืนยันสามารถทำได้โดยอาศัยความรู้ทางด้านเคมีวิเคราะห์ (Analytical Chemistry) ประกอบกับความรู้ทางด้านรังสี (Radiological Knowledge) ซึ่งเครื่องมือวิเคราะห์ที่นิยมใช้ในการหาเอกลักษณ์ยืนยันในการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ทางนิวเคลียร์และรังสี ได้แก่

- Gamma Spectrometry
- Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)
- Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX)

รูปที่ 2 แผนผังแสดงส่วนประกอบของเอกลักษณ์ยืนยัน (signatures) ที่นำไปสู่การประเมินผล





รูปที่ 3 สเปกตรัมของวัสดุนิวเคลียร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gamma Spectrometry

โดยในส่วนของการวิเคราะห์สเปกตรัมของวัสดุนิวเคลียร์ด้วย Gamma Spectrometry เป็นวิธีการวัดรังสีแกมมาที่ปล่อยออกมาของสารมาตรฐาน ซึ่งสารมาตรฐานแต่ละชนิดจะมีรูปแบบของสเปกตรัมเฉพาะที่แตกต่างกัน และแสดงผลในรูปของสเปกตรัม มีข้อดีคือสามารถวิเคราะห์ได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเตรียมทางเคมี และสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้โดยตรง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบไม่ทำลายตัวอย่าง

ทั้งนี้ ห้องปฏิบัติการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ทางนิวเคลียร์และรังสี ได้ดำเนินการวิเคราะห์สเปกตรัม ของสารมาตรฐานวัสดุนิวเคลียร์ที่มีอยู่ รวมทั้งเก็บรวบรวมสเปกตรัมที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลอื่น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์เอกลักษณ์ยืนยัน เพื่อสนับสนุนการพัฒนาฐานข้อมูลสารกัมมันตรังสี ให้มีศักยภาพที่จะสามารถเชื่อมโยงเพื่อหาแหล่งที่มาต้นกำเนิด กระบวนการผลิต ของวัตถุพยานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ เพื่อใช้ในการประกอบการพิจารณาตามกระบวนการทางกฎหมายต่อไป

เรื่อง: สุจิตรา แสนสาคร • นักชีววิทยารังสีชำนาญการ

ทริเทียม
สารรังสีที่คนทั่วไปไม่รู้จัก

ทริเทียมคือ อะไร

ทริเทียม (Tritium: $^{3}_{1}H$) เป็นไอโซโทปหนึ่งของไฮโดรเจน สามารถพบได้ตามธรรมชาติและเกิดจากการที่มนุษย์ผลิตขึ้น ประกอบด้วย เลขมวล 3 และเลขอะตอม 1 ในสภาวะปกติจะไม่เสถียร เมื่อสลายตัวจะมีการปลดปล่อยอนุภาคบีตา ที่ระดับพลังงานตั้งแต่ 0-18.6 keV เฉลี่ยที่ 5.69 keV มีค่าครึ่งชีวิต 12.3 ปี ทริเทียม ที่อยู่ในรูปแก๊ส จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสชาติ แต่มีคุณสมบัติของสารกัมมันตรังสี สามารถแพร่กระจายในวัตถุที่มีรูพรุนได้ง่าย (Porous substance) มีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกับไอโซโทปของไฮโดรเจนอื่นๆ (HPS, 2001)

การนำไปใช้ประโยชน์

ทริเทียมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นต้นกำเนิดแสง โดยการนำทริเทียมไปรวมกับสารเคมีมีมีการปล่อยแสง สามารถนำไปใช้ในบริเวณที่ต้องการแสงริบหรี่ สถานที่ที่ไม่สามารถใช้แบตเตอรี่หรือกระแสไฟฟ้าได้ เช่น ใช้ในการให้สัญลักษณ์บอกทางออก (Exit sign) ใช้เล็งเป้าปืน และทำให้เกิดการเรืองแสงที่เข็มนาฬิกา

ภาพ แสดงการใช้ประโยชน์ของทริเทียม

ภาพ บ่อน้ำใกล้โรงฟ้านิวเคลียร์ที่ Braidwood

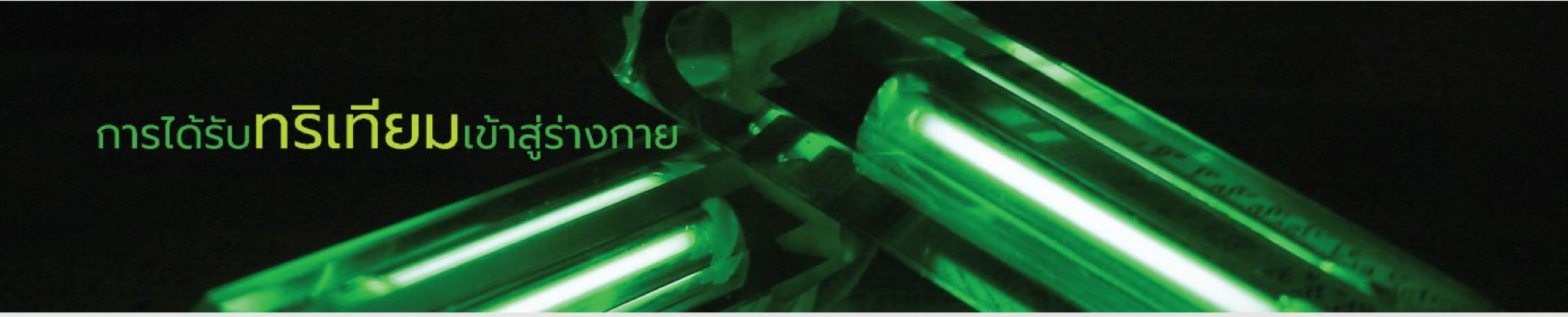
การปลดปล่อยทริเทียมจากกระบวนการผลิตอุปกรณ์เหล่านี้ ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของทริเทียมในสิ่งแวดล้อมได้ ทริเทียมที่ถูกทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มักจะอยู่ในรูป Tritiated Water, Liquid or Vapour (HTO), Tritiated Hydrogen Gas (HT) หรือ การสร้างพันธะกับสารอินทรีย์ต่าง ๆ นอกจากนั้นแล้ว ทริเทียมที่พบในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติยังอาจเกิดขึ้นจากการปลดปล่อยของเสียจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ทั้งจากทางน้ำและอากาศ ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ และอากาศ แม้จะมีการควบคุมการปล่อยของเสียที่ปนเปื้อนรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อยู่อย่างใกล้ชิด แต่เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีเทคโนโลยีราคาถูกใด ๆ ที่สามารถแยกทริเทียมออกจากน้ำ ก๊าซ และไอน้ำ ที่ถูกปล่อยออกจากเครื่องปฏิกรณ์ได้ ดังนั้นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จึงมีการปลดปล่อยทริเทียมจากการเดินเครื่องปกติ ที่ไม่ใช่การเกิดอุบัติเหตุ หรือการกระเด็น (Spill) เนื่องจากปัจจุบันนี้ยังไม่มีการเฝ้าติดตามใด ที่สามารถตรวจวัดหรือบันทึกปริมาณทริเทียมในกระบวนการหล่อเย็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ หรือทริเทียมที่ถูกปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศได้ เราจึงไม่สามารถรู้ได้เลยว่ามีทริเทียมถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศปริมาณเท่าไหร่ในปีหนึ่ง ๆ

Shen และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาเพื่อตรวจวัดหาปริมาณทริเทียมในปัสสาวะของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ Qinshan ประเทศจีน โดยทำการตรวจวัดปัสสาวะจากประชาชน 34 คน ที่อาศัยอยู่รอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในระยะ 2, 10 และ 22 กิโลเมตร ด้วยเครื่องวัดรังสีจากแสงวับ (Liquid Scintillation Counting) พบว่า มีระดับทริเทียมในปัสสาวะอยู่ในช่วง 1.26-6.73 Bq/L, 1.31-3.09 Bq/L และ 2.21-3.81 Bq/L ตามลำดับ มีค่ากัมมันตภาพเฉลี่ยของทั้งสามกลุ่มเท่ากับ 3.53±1.62 Bq/L, 2.09±0.62 Bq/L และ 2.97±0.78 Bq/L และมีค่า Committed Effective Dose ในผู้หญิงเท่ากับ 2.9±1.3 nSv ในผู้ชายเท่ากับ 2.75±1.7 nSv จากผลการตรวจวัดนี้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณทริเทียมในปัสสาวะของผู้ที่อาศัยห่างจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 2 กม. มีปริมาณสูงกว่าผู้ที่อาศัยห่างออกไป 10 กม. และอาจเกิดจากกระแสลมจึงทำให้ปริมาณรทริเทียมที่พบในผู้ที่อาศัยห่างออกไป 22 กม. มีระดับทริเทียมที่สูงกว่าที่ระยะ 10 กม. ปริมาณทริเทียมที่ตรวจพบส่วนใหญ่อยู่ในระดับรังสีพื้นหลัง

อย่างไรก็ตาม US NCRP (2009) ได้รายงานว่าปริมาณรังสีที่ประชาชนทั่วไปได้รับจากการปล่อยของเสียจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้นมีปริมาณน้อยกว่าการได้รับรังสีตามธรรมชาติและการรักษาทางการแพทย์อยู่มาก โดยปริมาณรังสีที่ได้รับทั้งหมดต่อปี เป็นการได้รับรังสีตามธรรมชาติประมาณ 50% จากกระบวนการทางการแพทย์ (X-ray) 48% และ จากการบริโภคต่าง ๆ 2% เมื่อเปรียบเทียบแล้ว ปริมาณรังสีที่ได้รับจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ถือว่ามีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ประมาณ 0.1 % ของปริมาณรังสีตามธรรมชาติ

ตัวอย่าง: การดื่มน้ำจากบ่อน้ำที่มีการปนเปื้อนของทริเทียม 59.2 Bq/L ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณทริเทียมที่ปนเปื้อนในน้ำจากบ่อน้ำใกล้โรงฟ้านิวเคลียร์ที่ Braidwood จะทำให้ได้รับปริมาณรังสีต่อปีเท่ากับ 3.0 μSv ซึ่งถือว่า

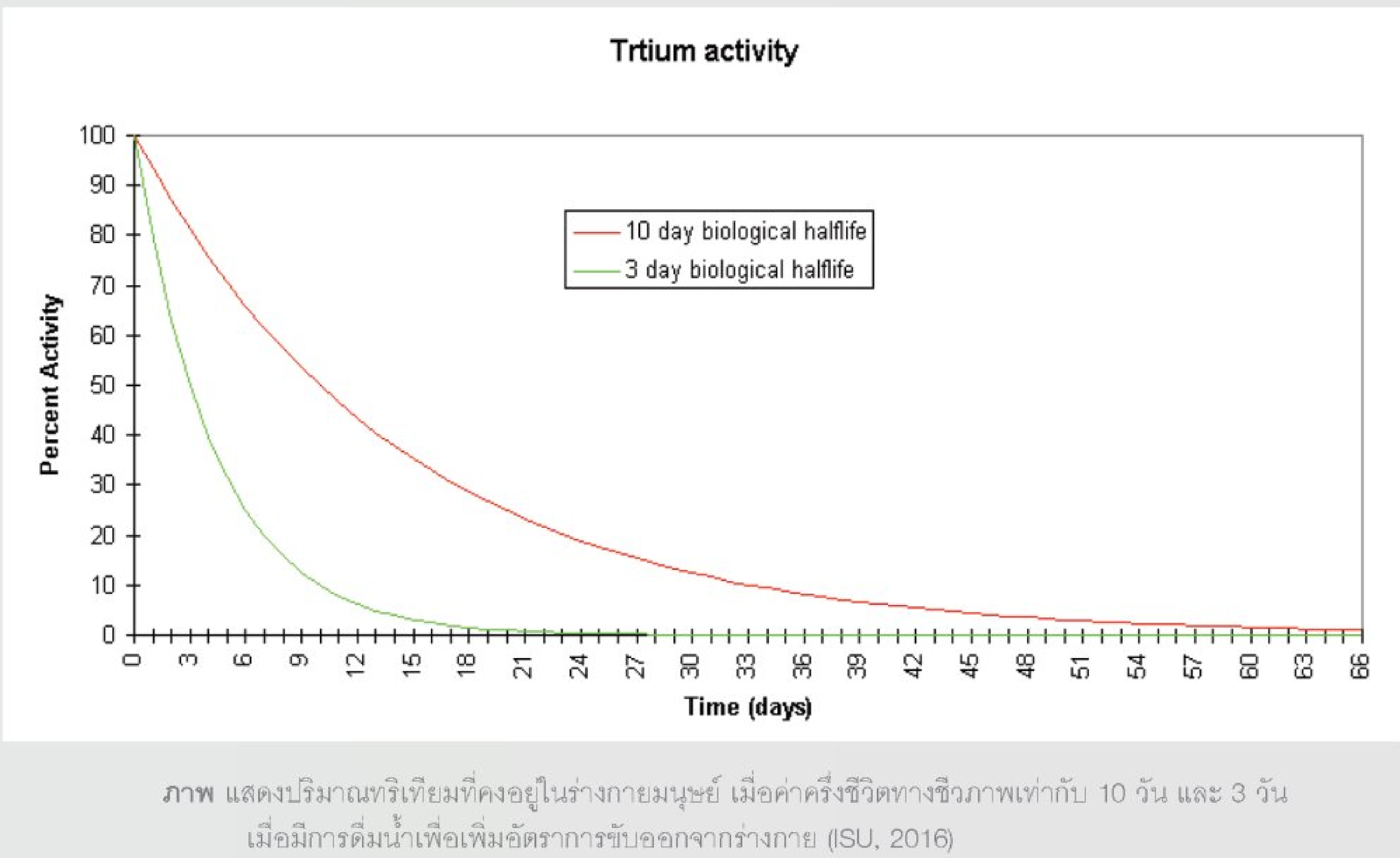
- ต่ำกว่าการได้รับรังสีจากการทำ CT scan (full-body computed tomography: 5,000-1,5000 μSv) ประมาณ 2,000-5,000 เท่า
- ต่ำกว่าการได้รับรังสีตามธรรมชาติ 1,000 เท่า
- ต่ำกว่าปริมาณรังสีที่มีอยู่ภายในร่างกายจากโพแทสเซี่ยม (150 μSv) 50 เท่า
- ต่ำกว่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากการเดินทางไปกลับโดยเครื่องบิน (40 μSv จากวอชิงตัน ดีซี ไปกลับลอสแองเจอลิส) 12 เท่า



การได้รับทริเทียมเข้าสู่ร่างกาย

ทริเทียมสามารถปลดปล่อยอนุภาคบีตาที่มีพลังงานต่ำ เมื่อต้นกำเนิดรังสีอยู่ภายนอกร่างกายอนุภาคบีตาจะไม่สามารถเดินทางผ่านชั้นหนังเข้าไปทำร้ายอวัยวะภายในร่างกายได้ อันตรายของทริเทียมหลัก ๆ จึงเกิดจากการได้รับรังสีบีตาที่ถูกปล่อยออกมาจากทริเทียม

เมื่อต้นกำเนิดรังสีอยู่ภายในร่างกาย ถือว่ามีอันตรายต่อผู้ที่ได้รับเป็นอย่างมาก การเข้าสู่ร่างกายสามารถเกิดขึ้นได้หลายทาง ได้แก่ การหายใจ การซึมผ่านผิวหนัง การกินอาหารหรือการดื่มน้ำที่ปนเปื้อน อันตรายที่เกิดขึ้นจากการได้รับทริเทียมเข้าสู่ร่างกายนั้น เกิดจากผลของการได้รับรังสีที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากทริเทียม เมื่อเข้าสู่ร่างกาย จะไม่มีการสะสมที่อวัยวะใดอวัยวะหนึ่งมากเป็นพิเศษ และจะไม่อยู่ในร่างกายเป็นเวลานาน แต่จะมีพฤติกรรมเหมือนกับน้ำในร่างกายปกติ สามารถถูกเจือจางผ่านกระบวนการต่าง ๆ ภายในร่างกาย และขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ แต่จะมีทริเทียมที่เข้าสู่ร่างกายบางส่วนเท่านั้นที่สามารถสร้างพันธะกับสารประกอบอินทรีย์ และมีพฤติกรรมแตกต่างไปจากน้ำปกติ สามารถก่อให้การแตกของพันธะทางเคมีของเซลล์มนุษย์ โปรตีน และสารประกอบทางชีวภาพพื้นฐานของร่างกาย สามารถคงอยู่ในร่างกายได้นานขึ้น และมีการสะสมอยู่ในอวัยวะบางส่วนในร่างกาย เนื่องจากทริเทียมมีค่าครึ่งชีวิตที่ยาวนาน แต่มีค่าครึ่งชีวิตทางชีวภาพที่สั้น (Biological half life) การได้รับทริเทียมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อย ๆ จึงไม่ส่งผลกระทบต่อร่างกายมากนัก ร่างกายสามารถขับออกจากร่างกายได้ภายใน 10 วัน (Beyond Nuclear, 2010) แต่การได้รับทริเทียมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก ๆ จะเป็นอันตรายต่อผู้ที่ได้รับได้นาน 10-20 เท่าของค่าครึ่งชีวิต หรือประมาณ 120 ปี อย่างไรก็ตามการได้รับทริเทียมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก ๆ ถือว่าเกิดขึ้นได้ไม่ง่ายนัก

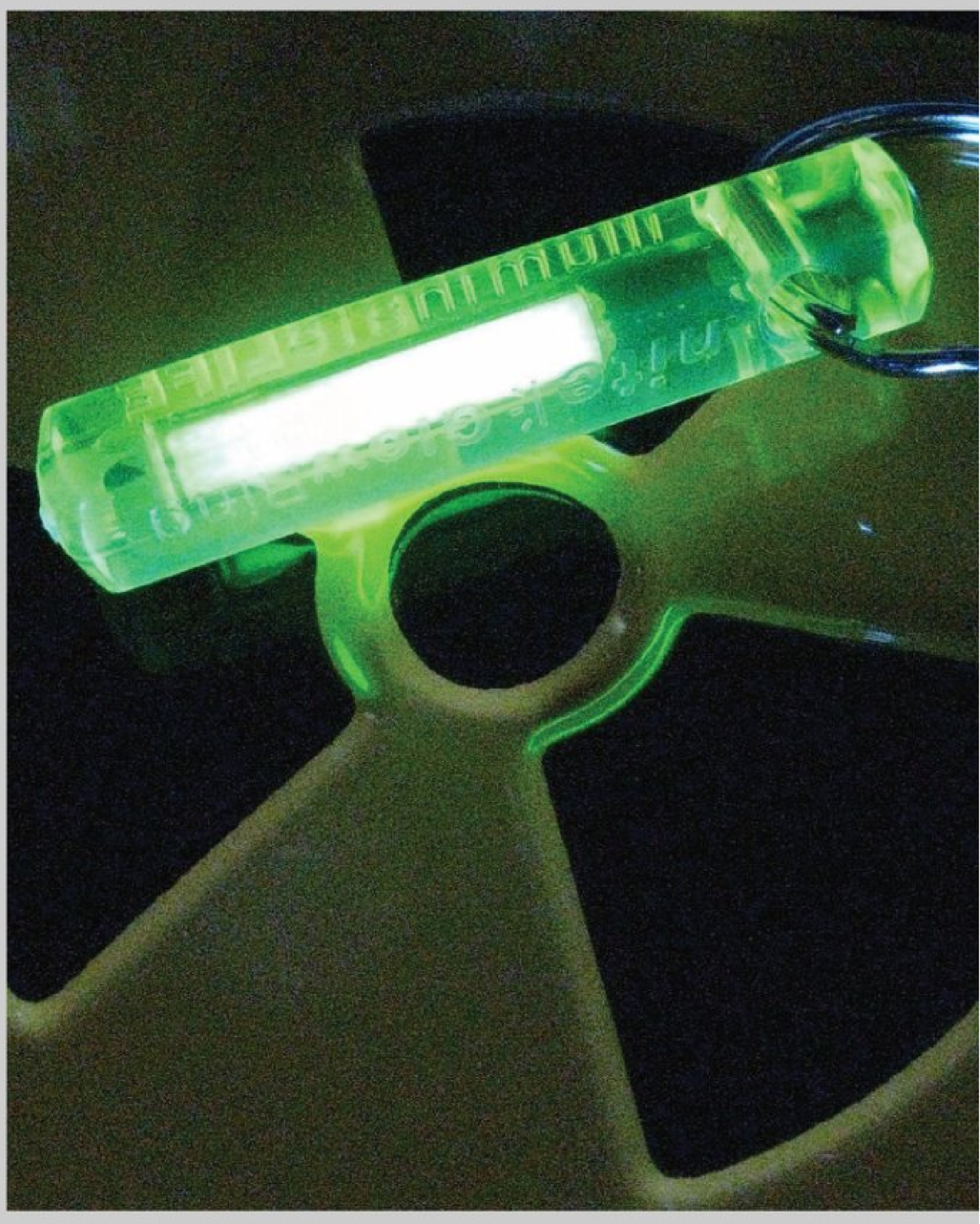


ภาพ แสดงปริมาณทริเทียมที่คงอยู่ในร่างกายมนุษย์ เมื่อค่าครึ่งชีวิตทางชีวภาพเท่ากับ 10 วัน และ 3 วัน เมื่อมีการดื่มน้ำเพื่อเพิ่มอัตราการขับออกจากร่างกาย (ISU, 2016)

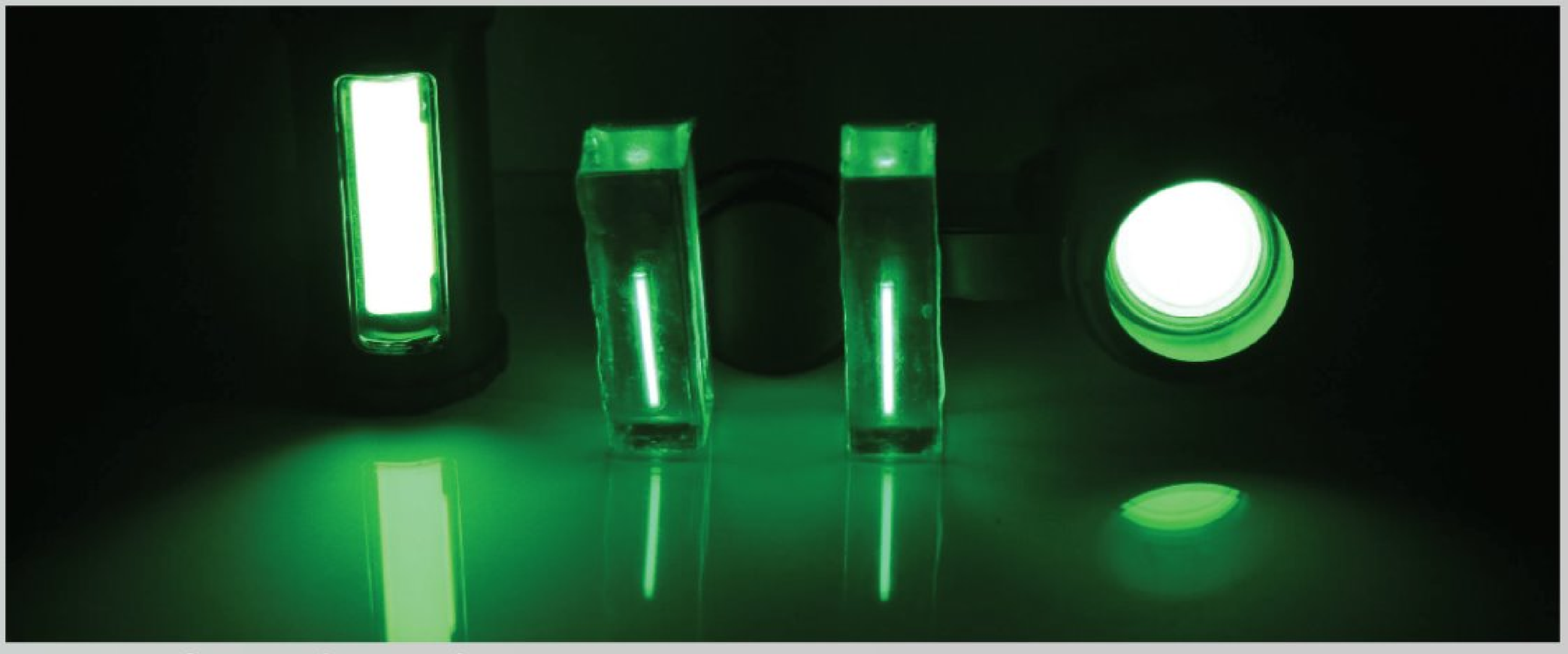
ผลของการได้รับทริเทียมขึ้นอยู่กับรูปแบบของทริเทียมที่ได้รับว่าอยู่ในรูปแบบ Tritium gas หรือ Tritium oxide โดยเมื่อร่างกายหายใจเอา Tritium gas เข้าไป ประมาณ 0.004% จะสามารถคงอยู่ในร่างกายนานกว่าหนึ่งนาที ส่งผลให้ร่างกายได้รับรังสีและก่อให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะภายในร่างกายได้ ทริเทียมออกไซด์ สามารถผ่านเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง เช่น ทางการหายใจ การซึมผ่านผิวหนัง และการกินอาหารที่ปนเปื้อน หากไม่พิจารณาถึงเส้นทางการเข้าสู่ร่างกายของทริเทียมแล้ว ทริเทียมออกไซด์จะสามารถรวมตัวกับของเหลวภายในร่างกายทันที

และถูกขับออกจากร่างกายเหมือนน้ำปกติ และมีอัตราการกำจัดออกจากร่างกายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล โดยทั่วไปแล้วประมาณครึ่งหนึ่งของ Tritiated water จะถูกขับออกจากร่างกายภายใน 10 วัน แต่อาจเร่งให้เร็วขึ้นโดยการดื่มน้ำมาก ๆ ทริเทียมในห่วงโซ่อาหารก็มีรูปแบบเดียวกัน คือ เมื่อ Tritiated water เข้าไปในร่างกายสัตว์จะถูกกำจัดออกจากร่างกายพร้อมกับของเหลวอื่น ๆ และมีอัตราการกำจัดทริเทียมออกจากร่างกายแตกต่างกันซึ่งอาจใช้เวลาเป็นนาที เป็นชั่วโมง หรือเป็นวัน ขึ้นอยู่กับขนาดของสัตว์นั้น ๆ ผลของการได้รับรังสีบีตา เนื่องจากรังสีบีตาเป็นรังสีชนิดก่อไอออนชนิดหนึ่ง เมื่อเดินทางผ่านตัวกลางจะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา (strip away) มีโอกาสทำให้เกิดผลทางรังสีเช่นเดียวกับสารก้มมันตรังสีทั่วไป คือสามารถทำให้เกิดโรคมะเร็ง เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ร่างกาย และผลกระทบทางพันธุกรรมได้ หากได้รับรังสีปริมาณสูง ๆ เกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยทางรังสี อย่างไรก็ตามการได้รับทริเทียมเข้าสู่ร่างกายปริมาณสูง ๆ นั้นยังถือว่าเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยาก (SRS, 2005)

เนื่องจากทริเทียมเป็นไอโซโทปของธาตุไฮโดรเจนที่ไม่ได้เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับร่างกาย ร่างกายจะได้รับไฮโดรเจนหรือไอโซโทปของไฮโดรเจนเข้าสู่ร่างกายเพียงเล็กน้อยผ่านทางการหายใจและการซึมผ่านผิวหนัง เมื่อเข้าสู่ร่างกายทริเทียมสามารถสร้างพันธะกับออกซิเจนเพื่อสร้างน้ำ เกิดเป็นน้ำที่มีคุณสมบัติทางรังสี หรือที่รู้จักกันในชื่อ tritiated water เหมือนน้ำปกติ และไม่สามารถกรองออกจากน้ำได้ และจะถูกดูดซับไว้ในกระแสเลือดและถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะและการหายใจออก ทริเทียมที่อยู่ในรูปแบบน้ำ ได้แก่ HTO, DTO และ T_2O จะถูกดูดซึมผ่านทางผิวหนังและปอด และคงอยู่ในร่างกาย และมีค่าครึ่งชีวิตทางชีวภาพประมาณ 10 วัน เนื่องจากร่างกายสามารถดูดซับทริเทียมในรูปแบบ Tritiated water ได้อย่างรวดเร็ว การได้รับ tritiated water จึงมีอันตรายมากกว่าการได้รับทริเทียมในรูปแบบก๊าซ (HT, DT และ T_2) ถึง 25,000 เท่า



จากการศึกษาส่วนใหญ่แล้วชี้ให้เห็นว่าทริเทียมมีผลกระทบต่อผู้ที่ได้รับ โดยทริเทียมที่อยู่ในรูป Tritiated water สามารถรวมตัวกับ DNA ส่งผลให้ DNA สายเดี่ยวเกิดการแตกหักเสียหาย และสามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ความผิดปกติของเซลล์ และโรคมะเร็งได้หากได้รับในปริมาณสูงมาก ๆ แม้ว่าการเกิดมะเร็งในแต่ละบุคคลจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง เช่น พันธุกรรม รูปแบบการใช้ชีวิต และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอีกหลายอย่าง และรังสีก็เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งเท่านั้นที่สามารถก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ เนื่องจากรังสีสามารถพบได้ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ มนุษย์จึงมีโอกาสได้รับรังสีจากการใช้ชีวิตประจำวันอย่างสม่ำเสมอ แต่ร่างกายจะมีกลไกในการซ่อมแซมเซลล์ที่ได้รับบาดเจ็บจากการได้รับรังสี (SRS, 2005)



บทบาทของ ปส.

ขวดบรรจุตัวอย่างปัสสาวะ

ภาพ แสดงการบรรจุขวดตัวอย่างในเครื่องวัดรังสีจากแสงวับ

การได้รับรังสีชนิดก่อไอออนในระดับที่สูงสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายได้ กลุ่มประเมินผลกระทบจากการได้รับรังสี (กปร.) สำนักสนับสนุนการกำกับดูแลความปลอดภัยจากพลังงานปรมาณู สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส.) ในฐานะของหน่วยงานสนับสนุนด้านเทคนิคในการกำกับดูแล จึงมีหน้าที่ในการตรวจวัดปริมาณกัมมันตรังสีในร่างกายของผู้ปฏิบัติงานรังสีและประชาชนที่ได้มีโอกาสได้รับ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากรังสี และลดความเสี่ยงจากผลกระทบทางรังสีที่อาจจะเกิดขึ้นดังกล่าวเบื้องต้น แม้ปัจจุบันจะยังไม่มีการศึกษาว่าการได้รับรังสี รวมทั้งการได้รับรังสีจากทริเทียมในระดับต่ำ ๆ เช่น ในสิ่งแวดล้อมสามารถส่งผลกระทบเช่นเดียวกันหรือไม่ ปส. ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษาผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในประชาชนทั่วไป เนื่องจากการได้รับทริเทียม โดยได้เริ่มดำเนินโครงการตรวจวัดการได้รับปริมาณทริเทียมของประชาชน โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะของประชาชนทั่วไป เพื่อนำมาทำการตรวจวัดหาปริมาณทริเทียมพื้นฐาน เนื่องจากทริเทียมมีการปลดปล่อยอนุภาคบีตาปริมาณต่ำ การตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ทั่ว ๆ ไปสามารถทำได้ยาก จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีความไวและเทคนิคการตรวจวัดพิเศษ เทคนิคที่เป็นที่นิยมและมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ เทคนิคการตรวจวัดรังสีจากแสงวับ หรือ Liquid Scintillation Counting Technique เป็นเทคนิคการตรวจวัดที่มีความน่าเชื่อถือสูงและนิยมใช้ในการตรวจวัดทริเทียมในตัวอย่างทางชีวภาพมนุษย์ เช่น ปัสสาวะ โดยผลของการตรวจวัดปริมาณทริเทียมในปัสสาวะของประชาชนทั่วไปนี้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลอ้างอิงในกรณีการเกิดอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์และรังสี จากกิจกรรมทางนิวเคลียร์และรังสีต่าง ๆ ภายในประเทศ รวมทั้งกรณีที่มีการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีจากต่างประเทศ (HPS, 2001)

อ้างอิง

1. HPS: Health Physics Society (2001), Tritium, Fact Sheet, Adopted on March 2011, Available on http://hps.org/documents/tritium_fact_sheet.pdf, Accessed on 12 February, 2016.
2. Beyond Nuclear (2010), Beyond Nuclear Fact Sheet, Tritium: a universal health threat released by every nuclear reactor, Available on http://static1.1.sqspcdn.com/static/f/356082/6736687/1272554001127/Tritiumbasicinfofinal.pdf?token=96mlnlJWwy7aOQE34mb0v%2FOj%2FMs%3D, Accessed on 12 February, 2016.
3. United State Nuclear Regulatory Commission: U.S. NCRP (2009), Background on Tritium, Radiation Protection Limits, and Drinking Water Standards, Available on http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/tritium-radiation-fs.html, Accessed on 15 February, 2016.
4. SRS (2005), FACTS About the Savannah River Site, Health Effects of Tritium, Available on http://www.srs.gov/general/news/factsheets/het.pdf, Accessed on 7 March, 2016.
5. Shen, Bao-Ming; Ji, Yan-Qin; Shao, Qing Tian; Shao, Xiang-Zhang; Yin, Liang-Liang and Su, Xu (2015) Determination of Total Tritium in Urine from Residents Living in the Vicinity of Nuclear Power Plants in Qinshan, China, Int. J. Environ. Res. Public Health, 12, 888-894, Available in (https://miningawareness.wordpress.com/2016/02/04/radioactive-material-tritium-in-urine-of-people-living-near-nuclear-reactors-in-china-importance-of-wind-direction-mountains/image-3020/), Accessed on 7 April 2016.

เรื่อง: วิทิต เกษคุปต์

ระเบิดไฮโดรเจน

เมื่อเดือนมกราคม 2559 มีข่าวการทดลองระเบิดไฮโดรเจนของเกาหลีเหนือเป็นผลสำเร็จ เมื่อวันที่ 7 มกราคม 2559 ซึ่งเป็นที่ฮือฮากันมาก โดยเฉพาะประเทศมหาอำนาจรวมถึงประเทศญี่ปุ่น และประเทศเกาหลีใต้ด้วย เพื่อให้ผู้อ่านได้รู้จักระเบิดไฮโดรเจนกันบ้าง ผู้เขียนขอเล่าให้ฟังพอประดับความรู้เล็กๆ น้อยๆ เพราะรู้เรื่องนี้บ้างพอสมควร

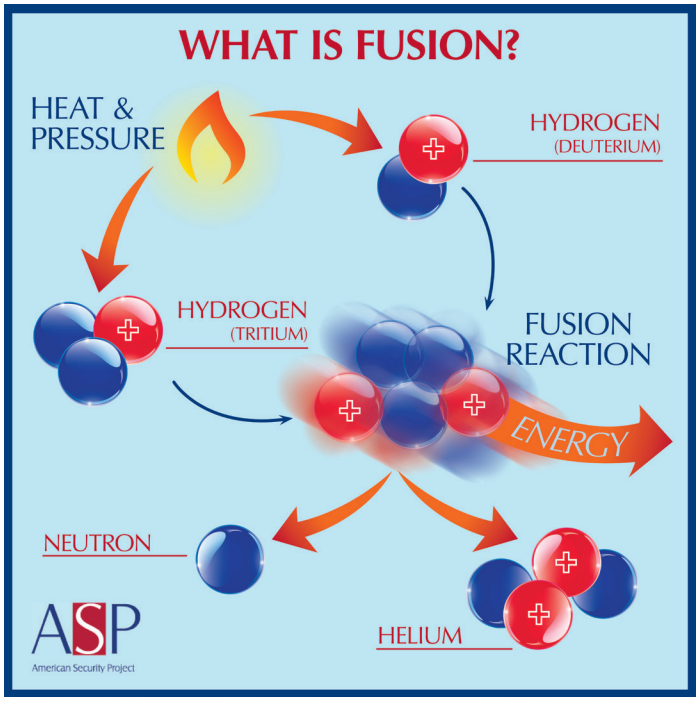
1. ทำไมเรียกระเบิดแบบนี้ว่า ระเบิดไฮโดรเจน?

ที่เราเรียกระเบิดนี้ว่า ระเบิดไฮโดรเจน เพราะว่าเชื้อเพลิงที่ใช้เพื่อให้เกิดแรงระเบิดนั้นคือ ไอโซโทปของธาตุไฮโดรเจนที่มีชื่อเรียกว่า ดิวเทอเรียม (deuterium) และทริเทียม (tritium) สำหรับปฏิกิริยาที่จะให้ได้มาซึ่งพลังงานจากไอโซโทปของไฮโดรเจนทั้งสองชนิดนั้น เป็นปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ที่เรียกว่า ปฏิกิริยาการหลอมนิวเคลียส หรือ ปฏิกิริยาฟิวชัน (fusion) ซึ่งมีสมการน่าสนใจอยู่ ๔ แบบ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และพอเพียงในอุณหภูมิที่ทำได้

$$H\text{-}2 + H\text{-}2 \rightarrow He\text{-}3 + N\text{-}1 + E\ (3.2\ Mev)$$
$$H\text{-}2 + H\text{-}2 \rightarrow H\text{-}3 + H\text{-}1 + E\ (4.0\ Mev)$$
$$H\text{-}3 + H\text{-}2 \rightarrow He\text{-}4 + N\text{-}1 + E\ (17.6\ Mev)$$
$$H\text{-}3 + H\text{-}3 \rightarrow He\text{-}4 + 2N\text{-}1 + E\ (11.3\ Mev)$$

เมื่อ

H-1	=	ไฮโดรเจน
H-2	=	ดิวเทอเรียม
H-3	=	ทริเทียม
He-3	=	ฮีเลียม – 3
He-4	=	ฮีเลียม – 4
N-1	=	นิวตรอน
E	=	พลังงาน
Mev	=	หน่วยพลังงานล้านอิเล็กตรอนโวลต์



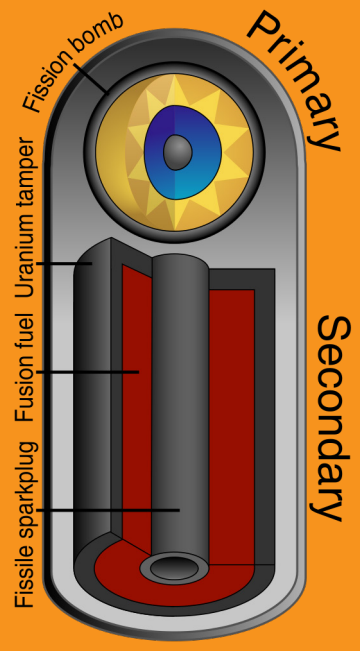
ที่มา: https://www.americansecurityproject.org/wp-content/uploads/2013/03/what-is-fusion.jpg

สมการดังกล่าวนี้ การที่จะทำให้เกิดขึ้นได้ต้องใช้ความร้อนอุณหภูมิสูงมาก ๆ เป็นหลายสิบล้านร้อยล้านองศา

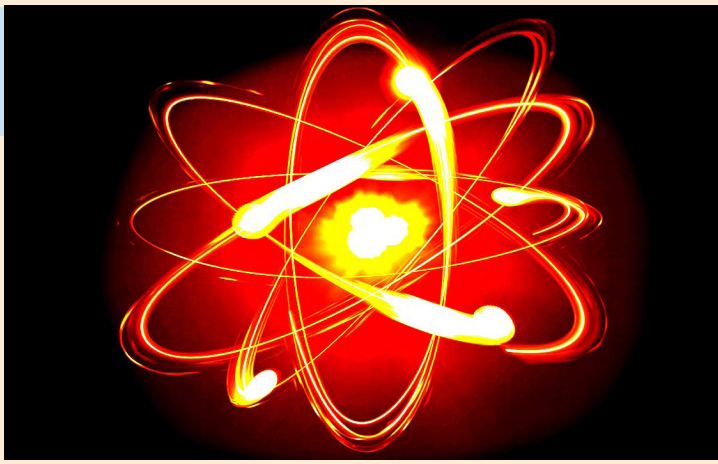
2. แล้วจะเอาความร้อนอุณหภูมิสูงๆ อย่างนี้มาจากไหน?

คำตอบ คือ เอามาจากการระเบิดของระเบิดปรมาณูที่ใช้ปฏิกิริยานิวเคลียร์ แบบฟิชชัน ด้วยเหตุนี้ในระเบิดไฮโดรเจนจึงมีระเบิดปรมาณูอยู่ด้วย นั่นคือ เมื่อจุดระเบิดให้ระเบิดปรมาณูระเบิดแล้ว ความร้อนที่เกิดขึ้นก็จะไปทำให้ปฏิกิริยาฟิวชันเกิดขึ้นได้เป็นระเบิดไฮโดรเจน นอกจากนี้ผู้สร้างระเบิดอาจห่อหุ้มหรือสอดแทรกยูเรเนียม-238 เข้าไปด้วย เพื่อว่าเมื่ออนุภาคนิวตรอนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาฟิชชัน และปฏิกิริยาฟิวชัน ซึ่งวิ่งเร็ว (fast neutron) จะไปวิ่งชนยูเรเนียม-238 เกิดปฏิกิริยาฟิชชันขึ้นมาอีก สรุปการระเบิดของระเบิดไฮโดรเจนจะมีขั้นตอนดังนี้ ระเบิดปรมาณูระเบิดก่อนแล้วไปจุดชนวนให้ระเบิดไฮโดรเจนระเบิด แล้วก็จะมีระเบิดปรมาณูระเบิดตามมาอีก ว่ากันตามจริงอาจจะพูดว่ามันเกิดขึ้นพร้อมกันได้ เพราะเวลาการเกิดต่างกันเป็นเสี้ยววินาทีเท่านั้น ด้วยเหตุนี้อานุภาพการทำลายของระเบิดไฮโดรเจนจึงมากกว่าระเบิดปรมาณู

ปฏิกิริยาการหลอมนิวเคลียสหรือฟิวชันนี้บางครั้งเรียกว่า ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ (thermonuclear reaction) และการระเบิดเรียกว่า thermonuclear explosion

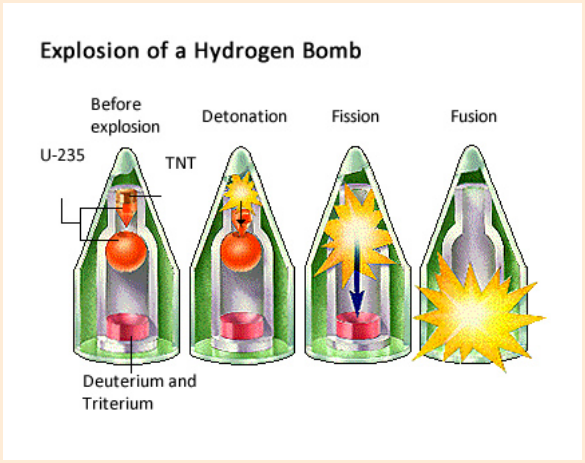


ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermonuclear_weapon

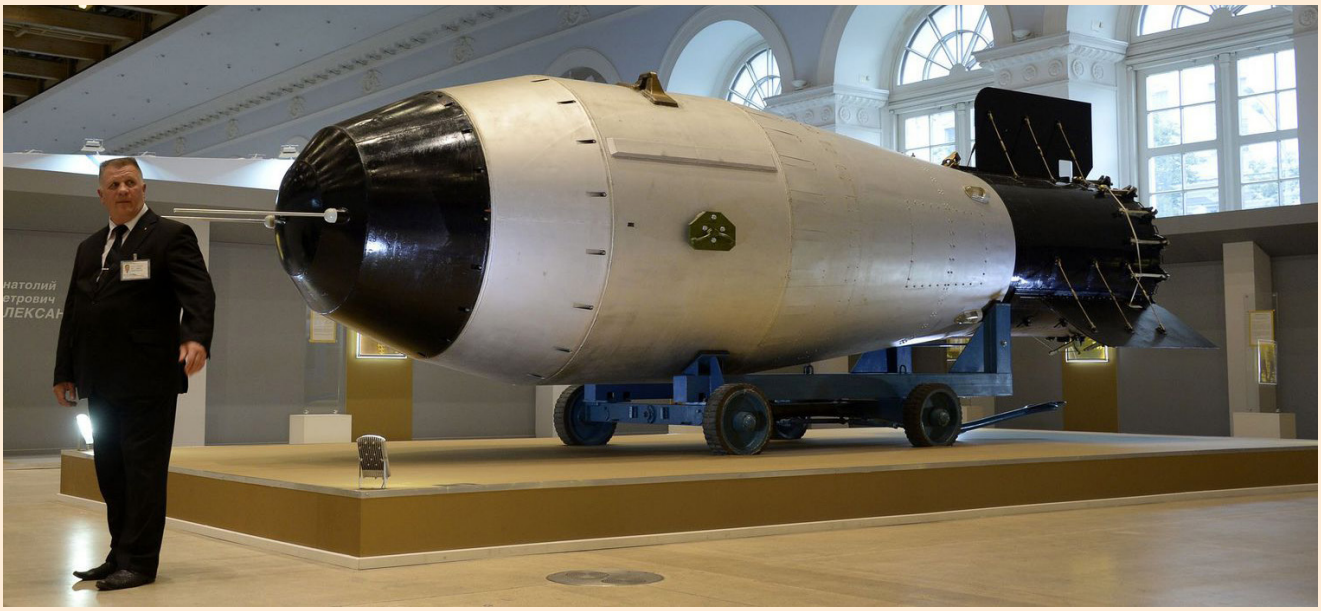


3. มีรูปให้ดูบ้างไหม?

รูปแรกเป็นรูปแสดงการจัดเชื้อเพลิงในระเบิดไฮโดรเจน และรูปที่สองเป็นรูปลักษณะภายนอกของระเบิดไฮโดรเจน



ภาพแสดงการจัดเชื้อเพลิงในระเบิดไฮโดรเจน
ที่มา: http://guernseydonkey.com/?p=1964



ที่มา: http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/pourquoi-la-bombe-h-fait-elle-si-peur_1751104.html

4. ปัจจุบัน ระเบิดปรมาณู ระเบิดไฮโดรเจน

จะเรียกรวมว่า ระเบิดนิวเคลียร์ และถ้ารวมถึงจรวดนำวิถี หัวรบระเบิดปรมาณู หัวรบระเบิดไฮโดรเจน หรืออาวุธอะไรก็ตามที่มีระเบิดปรมาณู ระเบิดไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ จะเรียกว่า “อาวุธนิวเคลียร์” การพัฒนาระเบิดนิวเคลียร์ในปัจจุบันได้ก้าวหน้าไปมาก ทั้งในด้านขนาดของระเบิด และวิธีนำเข้าสู่เป้าหมาย ระเบิดนิวเคลียร์ที่ทิ้งลงที่เมืองฮิโรชิม่า และนางาซากิ มีขนาดเพียง 2 หมื่นตัน ซึ่งถ้าเทียบกับปัจจุบันนับว่าเล็กมา เพราะขณะนี้ได้มีการผลิตอาวุธนิวเคลียร์ขนาดหลายสิบล้านตันแล้ว เรื่องการนำเข้าสู่เป้าหมาย สมัยก่อนใช้เครื่องบินบรรทุกไปทิ้ง แต่ปัจจุบันใช้จรวดนำวิถียิงไปแทน ยิ่งไปกว่านั้น ขณะนี้ได้มีการพัฒนาจรวด ซึ่งสามารถบรรทุกระเบิดนิวเคลียร์ได้หลายลูก เมื่อยิงขึ้นไปแล้วสามารถบังคับให้ระเบิดนิวเคลียร์แต่ละลูกวิ่งเข้าหาเป้าหมายที่อยู่ห่างไกลกันหลายแห่งในเวลาเดียวกันหรือใกล้เคียงกันได้

5. ระเบิดนิวเคลียร์แตกต่างจากระเบิดแบบธรรมดาอย่างไร ทำไมคนกลัวกันนัก

ระเบิดนิวเคลียร์มีข้อเหมือนกับระเบิดแบบธรรมดาทั่วไป ในด้านการทำลายที่เกิดจากคลื่นแรงกระแทกแรงดัน ภาษาอังกฤษเรียกว่า blast and shock wave แต่ส่วนที่ต่างกัน มีดังนี้

- ระเบิดนิวเคลียร์มีอำนาจการทำลายมากกว่า
- พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาในการระเบิดนิวเคลียร์ที่เป็นแสงสว่างและความร้อน ภาษาอังกฤษเรียกว่า thermal radiation ค่อนข้างมาก ซึ่งสามารถทำให้ผิวหนังไหม้เกรียม และวัตถุบริเวณนั้นไหม้ไฟบริเวณกว้างได้
- มีรังสีนิวเคลียร์เกิดขึ้นพร้อมกับการระเบิด ภาษาอังกฤษเรียกว่า initial nuclear radiation
- วัตถุในบริเวณศูนย์กลางระเบิดจะกลายเป็นกัมมันตรังสีที่แผ่รังสีออกมาหลังการระเบิดเสร็จสิ้นแล้ว ภาษาอังกฤษเรียกว่า residual nuclear radiation ซึ่งรวมถึงฝุ่นกัมมันตรังสีที่ตกลงในบริเวณที่ระเบิดและที่ลอยตามลมไปตกในประเทศต่าง ๆ ได้ ขึ้นอยู่กับว่ากระแสลมพัดพาไปทางไหน ด้วยเหตุนี้คนจึงกลัวกัน

6. การระเบิดของระเบิดนิวเคลียร์

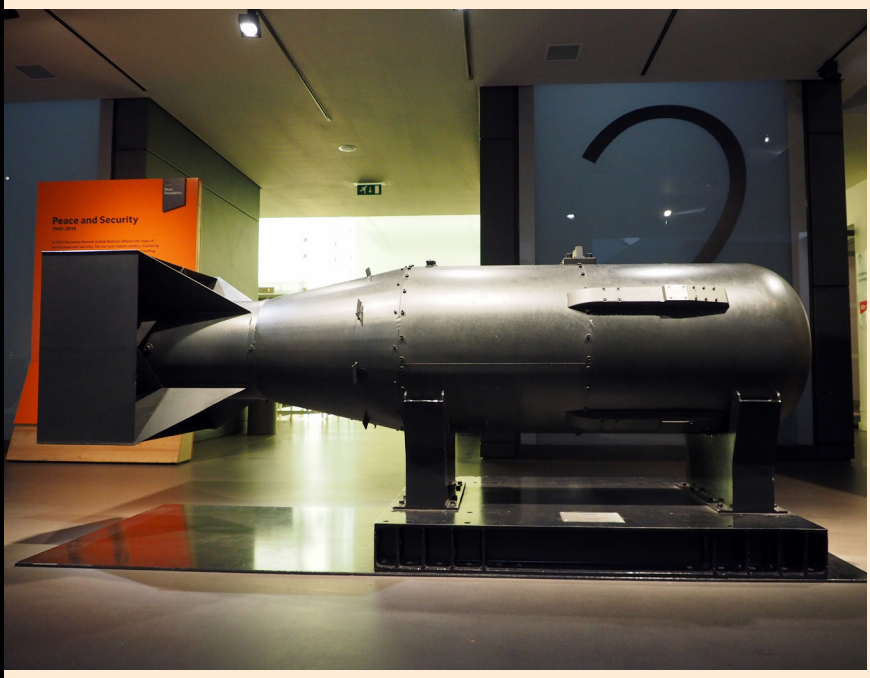
ผู้ที่ทำให้เกิดการระเบิดจะมีแผนในใจว่าวัตถุประสงค์ที่ทำนั้นจะให้ผลเสียหายอย่างไร ประการแรกจะผลิตระเบิดขนาดเล็กใหญ่แค่ไหน และจะให้ลักษณะของการระเบิดเป็นแบบไหน ซึ่งจะมีระเบิดในอากาศที่แบ่งออกเป็นระเบิดที่ระดับสูง ระเบิดที่ระดับต่ำ ระเบิดที่ผิวพื้น ระเบิดใต้น้ำ ระเบิดใต้ดิน ปัจจุบันมีกฎบัตรสหประชาชาติห้ามมีการทดลองระเบิดนิวเคลียร์ในอากาศ ส่วนใต้ดินยังไม่จำกัด ดังนั้นพวกประเทศที่ผลิตระเบิดพวกนี้จะทำการศึกษาการระเบิดใต้ดินเท่านั้น สำหรับระเบิดใต้น้ำไม่ค่อยมีการทดลองกัน

7. เชื่อหรือไม่ว่าประเทศเกาหลีเหนือผลิตระเบิดไฮโดรเจนได้

ผู้เขียนเชื่อว่าคงทำได้ เพราะจากการที่ได้เคยไปตรวจศูนย์นิวเคลียร์ของประเทศเกาหลีเหนือ ตอนทำงานที่ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศเป็นเวลาหลายปี ได้เห็นศักยภาพของเกาหลีเหนือแล้วน่าทึ่งมาก การที่จะผลิตระเบิดไฮโดรเจนได้ ประเทศนั้นจะต้องผลิตระเบิดปรมาณูได้ก่อน ประเทศเกาหลีเหนือผลิตระเบิดปรมาณูได้แล้ว หลังจากนั้นก็คงจะผลิตระเบิดไฮโดรเจนได้ ประเทศอเมริกาหลังจากผลิตระเบิดปรมาณูได้ ใช้เวลา 7 ปี ส่วนประเทศรัสเซียใช้เวลา 4 ปี ประเทศอังกฤษใช้เวลา 5 ปี ในการผลิตระเบิดไฮโดรเจนได้

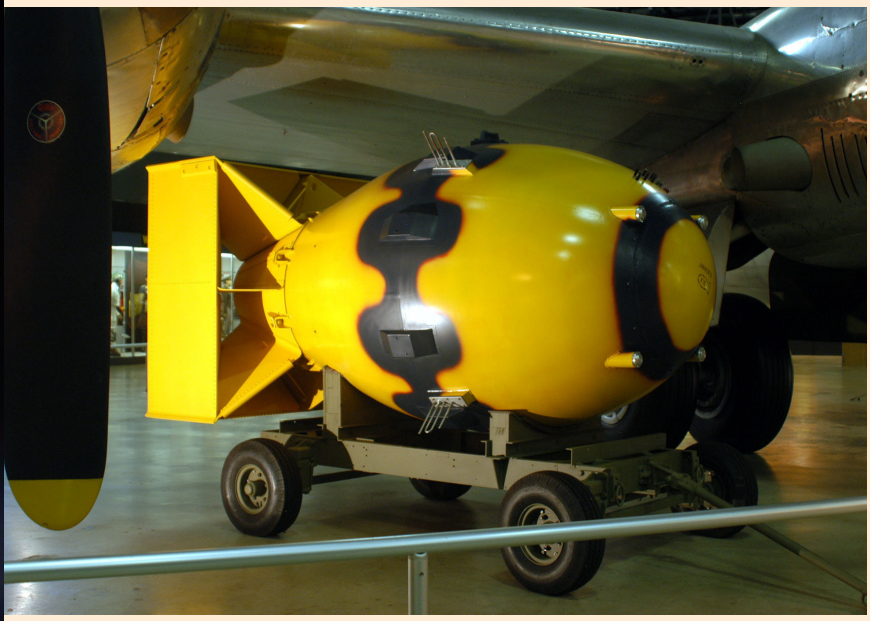
8. ให้ผู้อ่านได้ดูรูประเบิดปรมาณูที่อเมริกานำไปทิ้งลงที่เมืองฮิโรชิมาและนางาซากิ

ดูรูปร่างและขนาดแล้ว ไม่นึกว่ามันจะทำลายเมืองทั้งสองราบเป็นหน้ากลองได้ ที่เมืองฮิโรชิมามีคนตาย 68,000 คน บาดเจ็บ 76,000 คน ส่วนที่เมืองนางาซากิ มีคนตาย 38,000 คน บาดเจ็บ 21,000 คน



รูประเบิดปรมาณูที่ทิ้งลงเมืองฮิโรชิมา ประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2488 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 นิ้ว และยาว 120 นิ้ว หนักประมาณ 7,000 ปอนด์ ใช้ยูเรเนียม-235 เป็นเชื้อเพลิง ขนาดแรงระเบิด 20 กิโลตัน ระเบิดลูกนี้มีชื่อว่า Little Boy

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Little_Boy



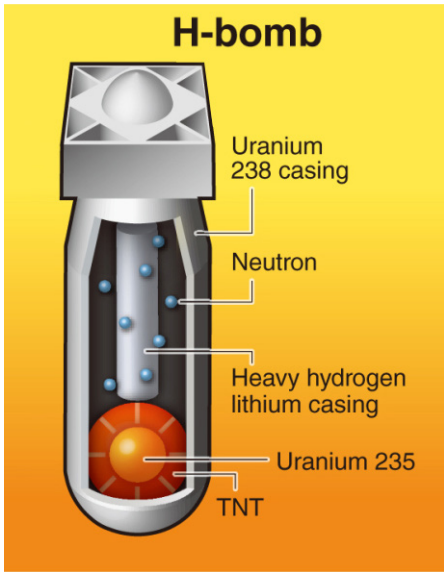
รูประเบิดปรมาณูที่ทิ้งลงเมืองนางาซากิ ประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 9 สิงหาคม 2488 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 นิ้ว และยาว 128 นิ้ว หนักประมาณ 10,000 ปอนด์ ใช้พลูโทเนียม-239 เป็นเชื้อเพลิง ขนาดแรงระเบิด 20 กิโลตัน ระเบิดลูกนี้มีชื่อว่า Fat Man

ที่มา: http://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/MuseumExhibits/FactSheets/Display/tabid/509/Article/196220/fat-man-atomic-bomb.aspx

9. ขนาดของอาวุธนิวเคลียร์

จะวัดในเทอมของพลังงานที่ปลดปล่อยออกมา หรือ Yield เมื่อมีการระเบิด โดยเปรียบเทียบกับพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากระเบิดของทีเอ็นที ดังนั้นระเบิดนิวเคลียร์ที่ทิ้งลงเมืองฮิโรชิมาและเมืองนางาซากิ ที่ว่ามีขนาด 20 กิโลตัน หมายถึงเมื่อมันระเบิดจะให้พลังงานออกมาเท่ากับการระเบิดของทีเอ็นทีหนัก 20 กิโลตัน หรือ 20,000 ตัน นั่นเอง

มีคำถามเกิดขึ้นตามมาว่า ระเบิดปรมาณูที่ทิ้งลงที่ญี่ปุ่นนั้น ใช้เชื้อเพลิงหนักเท่าไร ซึ่งตามทฤษฎีระเบิดขนาด 20 กิโลตัน จะใช้เชื้อเพลิงหนัก 2.5 ปอนด์ โดยต้องเกิดปฏิกิริยาทั้งหมด แต่โดยความจริงแล้ว ผู้ผลิตจะใช้เชื้อเพลิงหนักกว่านี้ คิดง่าย ๆ ถ้ายูเรเนียม-235 หรือ พลูโตเนียม-239 จำนวน 1 ปอนด์ เกิดฟิชชันหมด จะให้พลังงานเท่ากับระเบิดของทีเอ็นทีหนัก 8,000 ตัน



ที่มา: http://www.koogle.tv/media/news/what-is-a-hydrogen-bomb-and-why-is-more-destructive/

10. ประเทศไทยจะสร้างระเบิดพวกนี้ได้ไหม

ประเทศไทยถ้าตั้งใจจริง ๆ จะสร้างระเบิดพวกนี้ก็น่าทำได้แน่ ๆ แต่ต้องใช้เงินมหาศาล รวมถึงการผลิตคนเพื่อการนี้ด้วย เพียงแต่มีข้อคิดว่า สร้างแล้วได้อะไรขึ้นมา เอาเงินไปทำประโยชน์ด้านอื่นดีกว่า อีกอย่างถ้าจะสร้างอย่างเปิดเผยจะต้องถอนตัวออกจากการเป็นสมาชิกของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ และองค์การอื่น ๆ อีก สรุปอย่าคิดดีกว่า ☢

3 - 5 กุมภาพันธ์ 2559

ปส. เป็นเจ้าภาพในการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “Regional on Nuclear Forensics and Biological Dosimetry” ระหว่างวันที่ 3 - 5 กุมภาพันธ์ 2559 ณ ห้องประชุมใหญ่ ปส. ให้แก่เจ้าหน้าที่ระดับนโยบายและเจ้าหน้าที่ทางด้านการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ทางนิวเคลียร์และรังสี และด้านการพัฒนามาตรวัดรังสีทางชีววิทยาของประเทศในภูมิภาคอาเซียน จำนวน 8 ประเทศ ได้แก่ กัมพูชา อินโดนิเซีย ลาว มาเลเซีย เมียนมาร์ ฟิลิปปินส์ เวียดนาม และไทย รวมกว่า 50 คน โดยได้รับเกียรติจาก ผู้เชี่ยวชาญของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) มาเป็นวิทยากร และนำข้อเสนอแนะภายหลังจากการประชุมเชิงปฏิบัติการฯ ชี้แจงต่อที่ประชุม Nuclear Security Summit ต่อไป

14 - 18 มีนาคม 2559

ปส. เป็นหน่วยงานกลางของไทย รับมอบเครื่องมือตรวจวัดรังสีจากสหภาพยุโรป (EU) พร้อมทั้งจัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การใช้เครื่องมือตรวจวัดรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานส่วนหน้า และติดตามผลการใช้งานของหน่วยงานผู้ปฏิบัติการส่วนหน้า เช่น สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ ด่านตรวจคนเข้าเมือง บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด ด่านศุลกากร กรมการบินพลเรือน การท่าเรือแห่งประเทศไทย เพื่อสนับสนุนการรักษาความปลอดภัยทางนิวเคลียร์และรังสีของประเทศ ระหว่างวันที่ 14 - 18 มีนาคม 2559 ณ โรงแรมรามาการ์เด้นส์

21 มีนาคม 2559

ปส. และสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สทน. ลงนามความร่วมมือกับบริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) หรือ ทอท. ร่วมกันใช้ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างหน่วยงานของรัฐโดยผ่านระบบ National Single Window (NSW) เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ส่งออกวัสดุทางนิวเคลียร์ผ่านอากาศยานไทย เมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2559 ห้องประชุมใหญ่ ปส.

21 – 22 มีนาคม 2559

ปส. ร่วมกับ Korea Trade and Investment Promotion Agency (KOTRA) จากสาธารณรัฐเกาหลี จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร Regional Workshop on the Environment Radiation Monitoring and Measurement เพื่อส่งเสริมและพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือระหว่างประเทศ ด้านการกำกับดูแลความปลอดภัยจากพลังงานปรมาณูในอาเซียน ระหว่างวันที่ 21 – 22 มีนาคม 2559 ณ ห้องประชุมใหญ่ ปส. โดยมีผู้แทนประเทศสมาชิก ASEANTOM (อินโดนิเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม และสิงค์โปร) ผู้แทนจากสถานีเฝ้าระวังภัยทางรังสี 4 สถานี ในประเทศไทย เจ้าหน้าที่ ปส. เข้าร่วมฝึกอบรม

ศูนย์ข้อมูลข่าวสาร

ประชาชนทุกคน
มีสิทธิ์ได้รับข้อมูลข่าวสาร
ของทางราชการ
ตามพระราชบัญญัติ
ข้อมูลข่าวสารของราชการ
พ.ศ.2540

เพิ่มความโปร่งใส ราชการไทย

สร้างความมั่นใจ พร้อมให้ข้อมูล

"เปิดเผยเป็นหลัก ปกปิดเป็นข้อยกเว้น"

ศูนย์ข้อมูลข่าวสารของราชการ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

อาคาร 10 ชั้น 1

เลขที่ 16 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0 2596 7600 ต่อ 1711-2

ติดตาม วารสารปรมาณูเพื่อสันติ
ฉบับล่าสุดและย้อนหลัง
ในรูปแบบดิจิทัล ดาวน์โหลดได้แล้ววันนี้
และออนไลน์ที่ http://atoms4peace.net/

ดาวน์โหลดฟรี

Atoms4Peace
Mobile Application

Available on the App Store

ANDROID APP ON Google play

ebooks ebook.in.th

issuu