รังสีและกากกัมมันตรังสี

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

รังสี

และ

กากกัมมันตรังสี

เอกสารเผยแพร่

จัดทำโดย

โครงการจัดการกากกัมมันตรังสี

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

คำนำ

แนวคิดที่จะนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ในประเทศไทยอย่างกว้างขวางได้เริ่มต้นมาตั้งแต่ครั้งที่มีการจัดตั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติขึ้น ภายหลังการประกาศใช้พระราชบัญญัติพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ. 2504 เมื่อวันที่ 25 เมษายน 2504

ปัจจุบัน นักวิชาการที่เกี่ยวข้องทั้งภาคราชการและเอกชนได้นำเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้น และเป็นเหตุให้มีกากกัมมันตรังสีต่างๆ เพิ่มมากขึ้นเป็นเงาตามตัว

โดยเหตุที่ความรู้เรื่องพลังงานนิวเคลียร์และกัมมันตภาพรังสีเป็นเรื่องที่ค่อนข้างเข้าใจยาก ดังนั้นประชาชนทั่วไปจึงมักมองเห็นว่ากากกัมมันตรังสีเป็นเรื่องอันตราย และการจัดการกากกัมมันตรังสีจะส่งกระทบในด้านลบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายแรง ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วมิได้เป็นเช่นนั้น

เอกสาร รังสีและกากกัมมันตรังสี นี้ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้เป็นสื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องของรังสี กัมมันตภาพรังสี และกากกัมมันตรังสี จากการใช้ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์และกรรมวิธีดำเนินการจัดการกากกัมมันตรังสีให้ปลอดภัย ซึ่งรวมถึงการแสดงข้อมูลด้านกากกัมมันต-รังสีที่เกิดขึ้นในประเทศไทย จนกระทั่งถึงปัจจุบันนี้

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ หวังว่าเอกสารชุดนี้จะเป็นประโยชน์ สร้างความเข้าใจต่อประชาชนผู้สนใจในเรื่องดังกล่าว.

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

กาก/ขยะคือสิ่งที่ใช้ไม่ได้
ยกให้ใคร ใครเขาก็ไม่สน
จำต้องถ่าย ระบายทิ้งไปห่างตน
เพื่อมิให้เกลื่อนกล่นรกหนทาง

กากรังสีคือของเสียมีรังสี
ต้องใช้วิธีบำบัดและสะสาง
สะสมเก็บงำไว้ไม่ระคาง
มิใช่อย่างขยะเทศบาล

สารบัญ

รังสี 1

รังสีคืออะไร 1

รังสีเกิดขึ้นได้อย่างไร 1

กัมมันตภาพรังสี.....คืออะไร 2

การใช้ประโยชน์จากรังสี 3

อันตรายจากรังสี 3

กากกัมมันตรังสีคืออะไร 4

กากกัมมันตรังสี.....ไม่คงอยู่ตลอดไป 5

กากกัมมันตรังสี...มาจากไหน 6

กากกัมมันตรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 6

กากกัมมันตรังสี....จากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์อื่นๆ 10

เป้าประสงค์ในการจัดการกากกัมมันตรังสี 11

มาตรการของประเทศในการจัดการกากกัมมันตรังสี 12

ขั้นตอนในการจัดการกากกัมมันตรังสี 13

การบำบัดกากกัมมันตรังสี 15

การแปรสภาพกากกัมมันตรังสี 15

การเก็บรักษาชั่วคราว 15

การทิ้งกากกัมมันตรังสีโดยถาวร 16

กากกัมมันตรังสีทิ้งที่ไหน 16

การสร้างความเข้าใจต่อประชาชน 18

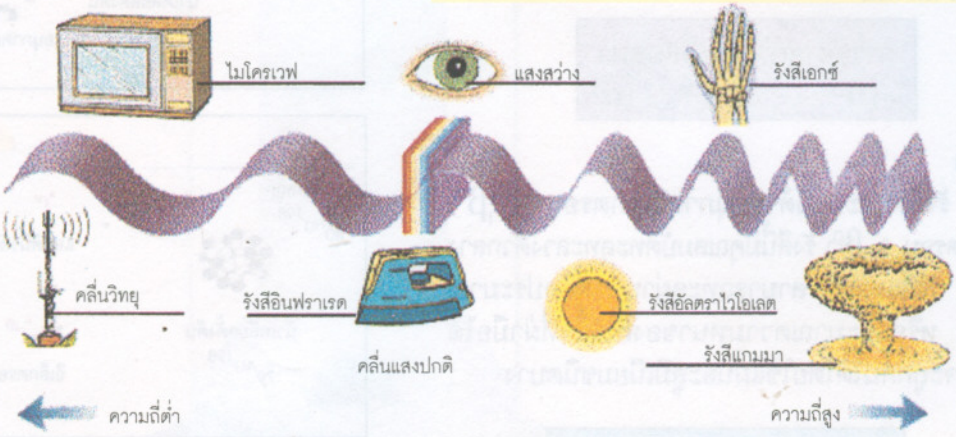
ข้อมูลกากกัมมันตรังสีในประเทศไทย 19

รังสี
RADIATION

รังสี..คืออะไร

รังสีไม่ใช่ของแปลกใหม่ ไม่ใช่สิ่งประหลาด รังสีเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติ โดยมาจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีที่ปะปนในสิ่งแวดล้อมทั่วไปหรือมาจากรังสีที่มีต้นกำเนิดจากภายนอกโลกของเรา

รังสีคือพลังงานที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิดในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ แสงสว่าง รังสีเอกซ์ และรังสีคอสมิก เป็นต้น **และ/หรือในลักษณะของอนุภาคที่มีความเร็วสูง** เช่น แอลฟา และบีตา เป็นต้น



รังสี.....เกิดขึ้นได้อย่างไร

รังสีเกิดขึ้นได้ทั้งจากธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์โดย**แหล่งที่ก่อให้เกิดรังสีมากที่สุด ได้แก่ รังสีจากธรรมชาติ** อาทิเช่น จากสารกัมมันตรังสีที่มีในพื้นดิน สินแร่ และสิ่งแวดล้อม จากอากาศที่เราหายใจ แม้กระทั่งในร่างกายและในอาหารที่เราบริโภคซึ่งมีการเจือปนด้วยสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ นอกจากนั้นในห้วงอวกาศก็มีรังสี ซึ่งนอกจากรังสีของแสงอาทิตย์แล้วก็ยังมีรังสีคอสมิกที่แผ่กระจายอยู่ทั่วจักรวาล

แหล่งกำเนิดรังสีที่มาจากการกระทำของมนุษย์มีหลายรูปแบบ อาทิเช่น จากการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู การระเบิดของระเบิดนิวเคลียร์ การใช้เครื่องเร่งอนุภาคและเครื่องเอกซเรย์ รวมทั้งการผลิตสารกัมมันตรังสีจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ต่างๆ

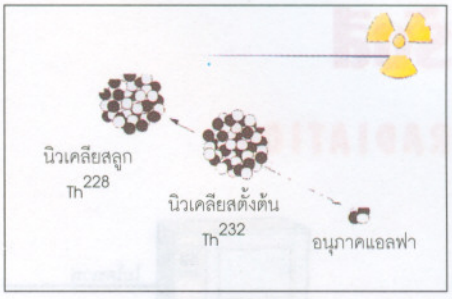
ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

กัมมันตภาพรังสี...คืออะไร ?

กัมมันตภาพรังสีเป็นคุณสมบัติของธาตุและไอโซโทปบางส่วนที่สามารถเปลี่ยนแปลงตัวเองเป็นธาตุหรือไอโซโทปอื่น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีการปลดปล่อย หรือส่งรังสีออกมาด้วย ปรากฏการณ์นี้ได้พบครั้งแรกโดย อองรี เบคเคอเรล เมื่อปี พ.ศ. 2439 ต่อมาได้มีการพิสูจน์ทราบว่า รังสีที่แผ่ออกมาในขบวนการสลายตัวของธาตุหรือไอโซโทปรังสีนั้น ประกอบด้วย

รังสีแอลฟา

รังสีที่ประกอบด้วยอนุภาคแอลฟา ($_2\alpha^4$) ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีมวล 4 amu. มีประจุ + 2 อนุภาคชนิดนี้จะถูกกั้นได้ด้วยแผ่นกระดาษ หรือเพียงแค่ผิวหนังชั้นนอกของคนเราเท่านั้น

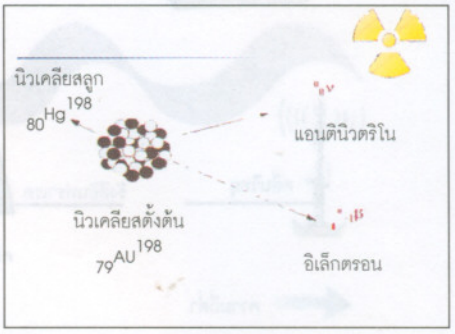


การสลายตัวให้รังสีแอลฟา

$$_{90}Th^{232} \rightarrow {}_{88}Ra^{228} + {}_2\alpha^4$$

รังสีบีตา

รังสีที่ประกอบด้วยอนุภาคอิเล็กตรอน ($_{-1}\beta^0$) หรือโพสิตรอน ($_{+1}\beta^0$) รังสีนี้มีคุณสมบัติทะลุทะลวงตัวกลางได้ดีกว่า รังสีแอลฟา สามารถทะลุผ่านน้ำที่ลึกประมาณ 1 นิ้ว หรือประมาณความหนาของผิวเนื้อที่ฝ่ามือได้ รังสีบีตาจะถูกกั้นได้โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียมชนิดบาง



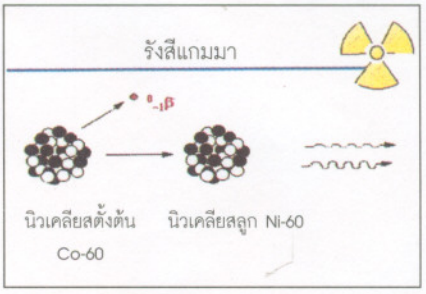
การสลายตัวให้รังสีบีตา

$$_{79}Au^{198} \Rightarrow {}_{80}Hg^{198} + {}_{-1}\beta^0$$

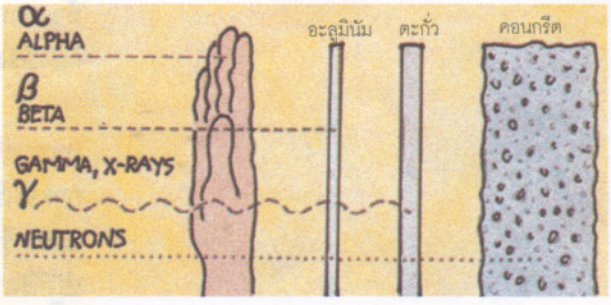
$$_{7}N^{13} \Rightarrow {}_{6}C^{13} + {}_{+1}\beta^0$$

รังสีแกมมา

รังสีที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง มีคุณสมบัติเช่นเดียวกันกับรังสีเอกซ์ที่สามารถทะลุผ่านร่างกายได้ การกำบังรังสีแกมมาต้องใช้วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ตะกั่ว หรือยูเรเนียม เป็นต้น



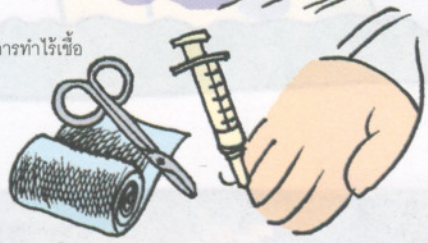
$$_{27}Co^{60} \Rightarrow {}_{-1}\beta^0 + {}_{28}Ni^{60} \Rightarrow {}_{28}Ni^{60} + \gamma$$



ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

การใช้ประโยชน์จากรังสี

การบำบัดรักษาด้วยรังสี


การทำไร้เชื้อ

ปัจจุบันได้มีการนำรังสีและสารกัมมันตรังสีมาใช้งานต่างๆ กัน เช่น ในทางการแพทย์ มีการใช้ในการตรวจวินิจฉัยและบำบัดรักษาอาการโรคของผู้เจ็บไข้ได้ป่วยจากโรคร้ายต่างๆ เช่น การฉายรังสีเอกซ์ การตรวจสมอง การตรวจกระดูกและการบำบัดโรคมะเร็ง เป็นต้น นอกจากนี้ก็มีการใช้งานทางรังสีในกิจการอุตสาหกรรม การเกษตร และการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์อาทิเช่น การใช้รังสีตรวจสอบรอยเชื่อม รอยร้าว ในชิ้นส่วนโลหะต่างๆ การใช้แผ่นป้ายเรืองแสงในที่มืด การตรวจอายุวัตถุโบราณ และการถนอมอาหารด้วยรังสี และการฆ่าเชื้อโรคในเครื่องมือแพทย์ เป็นต้น

อันตราย...จากรังสี

แม้รังสีจะมีอยู่ล้อมรอบตัวเราและมนุษย์ทุกคนก็สามารถใช้ประโยชน์จากรังสีได้ แต่รังสีก็นับได้ว่ามีความเป็นพิษภัยในตัวเองเช่นกัน รังสีมีความสามารถก่อให้เกิดความเสียหายของเซลล์สิ่งมีชีวิต และถ้าได้รับรังสีสูงมากอาจทำให้มีอาการป่วยทางรังสีได้ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับรังสีจะต้องกระทำด้วยความรอบคอบ เพื่อป้องกันตัวเองและสาธารณชนไม่ให้ได้รับอันตรายจากรังสีเลย

ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

กากกัมมันตรังสี.....คืออะไร

กากกัมมันตรังสี (radioactive waste) หมายความว่า วัสดุในรูปของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซที่เกิดจากการใช้หรือหมดเปลืองไปของต้นกำเนิดรังสีไม่ว่าจะเป็นชนิดปิดผนึกหรือไม่ปิดผนึก ซึ่งเป็นหรือประกอบหรือปนเปื้อนด้วยวัสดุกัมมันตรังสีที่มีค่ากัมมันตภาพต่อปริมาณและหรือกัมมันตภาพรวมสูงกว่าเกณฑ์ปลอดภัย ที่กำหนดโดยคณะกรรมการ และวัสดุนั้นๆ ผู้ครอบครองไม่ประสงค์จะใช้งานอีกต่อไป และให้หมายความรวมถึงวัสดุอื่นใดที่คณะกรรมการกำหนดให้เป็นกากกัมมันตรังสี

กากกัมมันตรังสีมีกี่ประเภท

กากกัมมันตรังสีแบ่งตามคุณลักษณะทางรังสีได้เป็น 3 กลุ่ม

1 กากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูง

ได้แก่ กากฯ ของแข็งและของเหลวที่ได้จากการฟอกกากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์และกากฯ อื่นๆ ที่มีระดับรังสีสูงเทียบเท่า

2 กากกัมมันตรังสีระดับรังสีปานกลาง

เป็นกากฯ และของเสียระดับรังสีปานกลางที่เกิดจากการปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี อาทิเช่น เศษโลหะ กากตะกอนที่ได้จากการบำบัดกากฯ ของเหลว สารแลกเปลี่ยนไอออนและต้นกำเนิดรังสีใช้แล้ว

3 กากกัมมันตรังสีระดับรังสีต่ำ

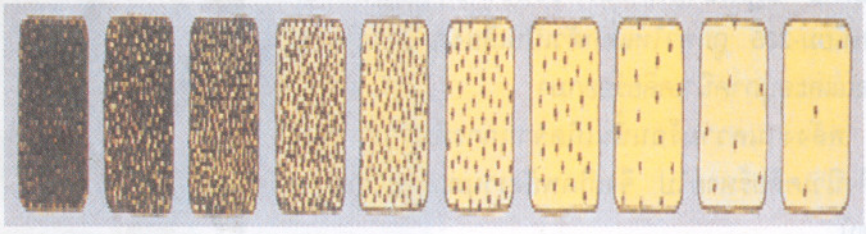
เป็นกากฯ และของเสียระดับรังสีต่ำที่เกิดจากการปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี อาทิเช่น ถุงมือ เสื้อผ้า อุปกรณ์ที่ทำจากกระดาษ

ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

กากกัมมันตรังสี ไม่คงอยู่ตลอดไป

สารกัมมันตรังสีทุกประเภท เป็นสารที่มีการสลายตัวโดยมีช่วงอายุการสลายตัวแตกต่างกันตั้งแต่เสี้ยววินาที กระทั่งนับล้านปี ดังนั้นกากกัมมันตรังสีไม่คงอยู่อย่างถาวร พิษของรังสีย่อมเจือจางไปตามกาลเวลา **โดยที่ช่วงเวลาที่สารรังสีสลายตัวไปครึ่งหนึ่งของปริมาณตั้งต้น เรียกว่า "ครึ่งชีวิต"** โดยทั่วไปแล้วเมื่อทิ้งไว้เพียงช่วงเวลา 10 ช่วงครึ่งชีวิต สารกัมมันตรังสีนั้นๆ ก็จะมีปริมาณความแรงรังสีคงเหลือเพียง 1 ในพันเท่าของปริมาณตั้งต้น และในช่วงเวลา 20 ช่วงครึ่งชีวิตสารกัมมันตรังสีนั้นจะมีความแรงรังสีเหลือเพียง 1 ในล้านเท่าของปริมาณตั้งต้น

อัตราการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี



ช่วงเวลาครึ่งชีวิต : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(เมื่อเวลาผ่านไป 10 ครึ่งชีวิต กัมมันตภาพรังสีจะมีค่าลดลงเหลือเพียงหนึ่งในพันของความแรงรังสีตั้งต้น)

ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

กากกัมมันตรังสีมาจากไหน

กากกัมมันตรังสีเกิดขึ้นจากการที่มนุษย์นำเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาใช้งานในกิจกรรมต่างๆ อาทิเช่น

- การเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์
- การใช้ประโยชน์ในกิจการแพทย์
- การใช้ประโยชน์ในกิจการอุตสาหกรรม
- การใช้ประโยชน์ในกิจการเกษตร
- การใช้ประโยชน์ในการศึกษาวิจัยทางวิชาการต่างๆ

อนึ่งกากกัมมันตรังสีอาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการนำทรัพยากรแร่ธาตุจากพื้นโลกมาแปรสภาพใช้งานในกิจการต่างๆ

กากกัมมันตรังสี จากการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

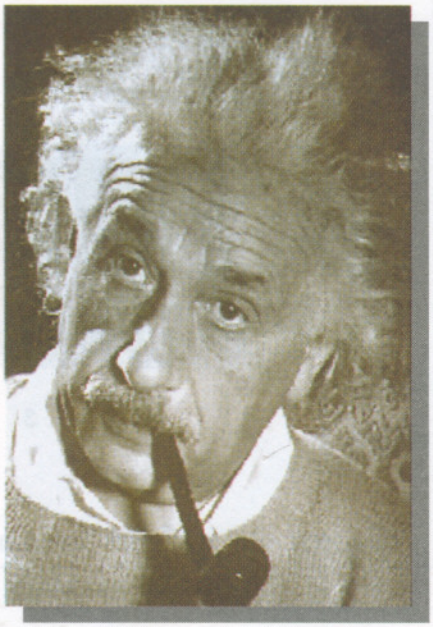
การเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์หมายถึงการทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ต่อเนื่องตลอดเวลาทำงานและควบคุมได้

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ในกรณีของการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์คือ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันซึ่งคือการที่นิวเคลียสของยูเรเนียม-235 ถูกทำให้แตกตัวเป็นเสี่ยงๆ ให้พลังงานความร้อนและอนุภาคนิวเคลียร์ออกมา

พลังงานความร้อนนั้นเกิดจากการที่มวลสารของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์หายไป จึงเกิดพลังงานตามสมการของไอน์สไตน์

$$E = mc^2$$

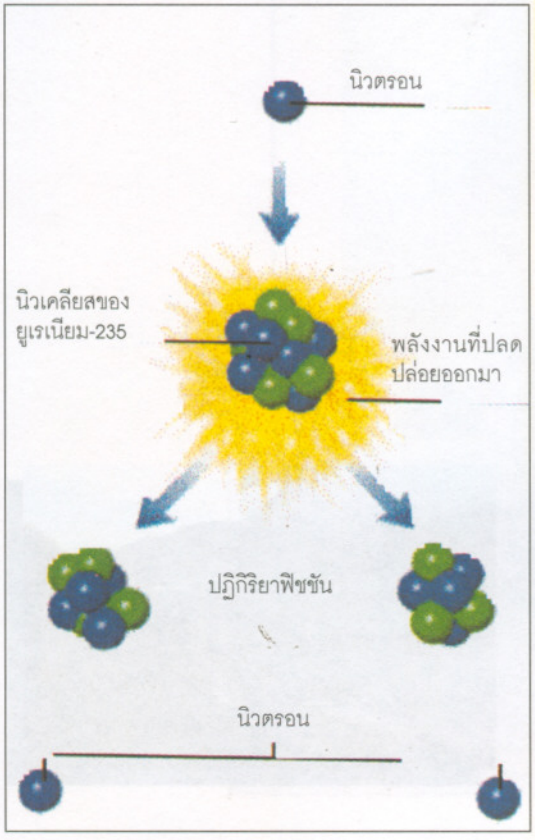
E คือพลังงาน
m คือมวลสาร
c คือความเร็วแสง



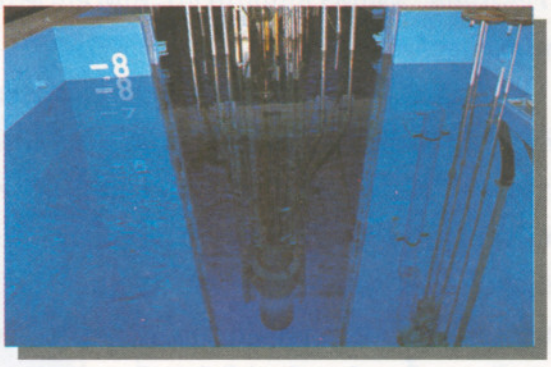
อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์

ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

ส่วนอนุภาคนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นมีได้หลายอย่าง ที่สำคัญคือ นิวตรอน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาฟิชชันโดยตรง แต่จะเกิดมีอนุภาคแอลฟา บีตาและแกมมาในเครื่องปฏิกรณ์ด้วยจากปฏิกิริยาข้างเคียง ตัวอย่างเช่น เกิดจากการที่นิวตรอนที่เกิดขึ้นวิ่งไปชนวัตถุอื่นๆ ต่อไป หรือเกิดจากการที่ไอโซโทปรังสีที่มาจากการแตกตัวของยูเรเนียมสลายตัวให้รังสีออกมา การเกิดปฏิกิริยาฟิชชันชนิดต่อเนื่อง (Chain Reaction) จะเกิดขึ้นเฉพาะ ณ แกนเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ซึ่งแท่งเชื้อเพลิงถูกจัดเรียงรวมมัดอยู่อย่างเป็นระเบียบที่ดีเท่านั้น เพราะปฏิกิริยาฟิชชันจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีเชื้อเพลิงถึงเกณฑ์วงจรวิกฤต "Critical Mass"



ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน



แกนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1

ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

กากกัมมันตรังสีที่เกิดจากการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ สามารถแยกได้เป็น 2 ส่วน

1

เกิดจากเนื้อเชื้อเพลิงโดยตรง เนื่องจากเมื่อเกิดปฏิกิริยาฟิชชันขึ้นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ส่วนหนึ่งจะถูกทำปฏิกิริยาหมดไป หรืออีกนัยหนึ่งคือถูก **"เผาไหม้"** นั่นเอง แต่เชื้อเพลิงใช้แล้วหรือ **"ขี้เถ้า"** นั้นจะยังคงอยู่ในแท่งเชื้อเพลิงซึ่งทำด้วยโลหะคงทนโดยมิได้หลุดรอดออกมาสู่ตัวเครื่องปฏิกรณ์ แท่งเชื้อเพลิงนั้นเราเรียกว่า เชื้อเพลิงใช้แล้ว (Spent Fuel) ขี้เถ้าหรือกากเชื้อเพลิง ในแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วประกอบด้วยสารกัมมันตรังสีหลายชนิด ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาฟิชชันที่ทำให้ยูเรเนียมแตกตัวเป็นเสี่ยงๆ แต่ละเสี่ยงหมายถึงธาตุขนาดเล็กลง และมีได้หลายชนิด

นอกเหนือจากนั้นในแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วยังมีเนื้อยูเรเนียมที่ใช้ไม่หมดอีกจำนวนหนึ่งและมีธาตุที่หนักกว่ายูเรเนียม ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยากระตุ้นด้วยนิวตรอน (neutron activation) อีกด้วย

ในการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ผลิตกระแสไฟฟ้าจะมีการเกิดกากกัมมันตรังสีชนิด "เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้ว" ประมาณหนึ่งในสามของแท่งเชื้อเพลิงทั้งหมดในเครื่องปฏิกรณ์ฯ เช่น หากเป็นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาด 1000 เมกกะวัตต์ จะมีประมาณ 30 ตันต่อปีหรือคิดเป็นปริมาตรได้เท่ากับ 6 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะต้องนำเชื้อเพลิงชุดใหม่เข้าไปเปลี่ยน ส่วนแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วที่นำออกมาจะต้องถูกนำเก็บไว้ในสระน้ำเพื่อลดอุณหภูมิของแท่งเชื้อเพลิงลงชั่วระยะหนึ่ง หลังจากนั้นจึงนำไปเก็บเพื่อบำบัดหรือนำไปทิ้งโดยถาวรต่อไป กากกัมมันตรังสีชนิดนี้เป็นกลุ่มที่เรียกว่า **กากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูง (High-Level Waste)**

ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

2

กากกัมมันตรังสีที่เกิดจากส่วนประกอบในการเดินเครื่องปฏิกรณ์ เช่น การใช้เครื่องปฏิกรณ์ต้มน้ำให้ร้อนเป็นไอน้ำและไอน้ำนั้นไปหมุนปั่นเทอร์ไบน์ผลิตกระแสไฟฟ้า น้ำ ที่ใช้นั้นอาจมีสิ่งเจือปนอยู่บ้าง สิ่งเจือปนในน้ำที่เข้าไปสู่แกนปฏิกรณ์อาจเกิดปฏิกิริยาจากอนุภาคนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นทำให้กลายเป็นสารรังสี ซึ่งต้องทำการบำบัด

นอกจากนั้นแล้วยังมีกากกัมมันตรังสีอื่นๆ เช่น ชิ้นส่วนเครื่องปฏิกรณ์ที่ชำรุดต้องเปลี่ยนออกหรือแม้แต่เสื้อผ้าของผู้ปฏิบัติงานควบคุมและเดินเครื่องปฏิกรณ์ฯ เป็นต้น ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาด 1000 เมกกะวัตต์ จะมีกากกัมมันตรังสีในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเรียกว่าเป็นกลุ่ม **กากกัมมันตรังสีระดับรังสีต่ำ (Low-Level Waste)** ประมาณ 100 - 600 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งจะมาจาก

◆ เรซินใช้แล้ว ที่ใช้ในการบำบัดน้ำมีรังสี	225 ลูกบาศก์เมตร
◆ กากตะกอนจากการต้มระเหยกาก ฯ ของเหลว	300 ลูกบาศก์เมตร
◆ ขยะต่าง ๆ รวมทั้งเครื่องกรองอากาศ	100 ลูกบาศก์เมตร
◆ อื่น ๆ (เช่นชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ชำรุด)	30 ลูกบาศก์เมตร

นอกเหนือจากสองส่วนข้างต้นแล้วอาจจะนับเนื่องกากกัมมันตรังสีจากการทำเหมืองแร่ยูเรเนียม กากฯ จากการสกัดธาตุยูเรเนียมออกจากสินแร่ และกากฯ จากการผลิตแท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์เพื่อใช้งานในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รวมกันเรียกเป็นกากกัมมันตรังสีจากวัฏจักรเชื้อเพลิง ซึ่งในกลุ่มนี้มีปริมาณของกากฯ ที่บำบัดแล้วไม่มากนัก

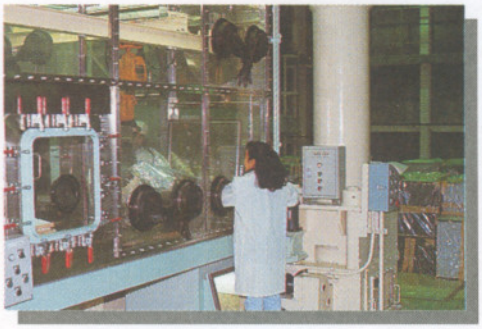
ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

กากกัมมันตรังสี

จากการนำเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ

ประกอบด้วย การใช้สารกัมมันตรังสีปริมาณน้อยที่ใช้เป็นสารเคมีตัวติดตามในขบวนการทางเคมีหรือชีวเคมีต่างๆ สารกัมมันตรังสีชนิดต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกที่มีระดับรังสีตั้งแต่ปริมาณน้อยๆ ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องมือและการทำงานและการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ พวกที่มีรังสีระดับปานกลางที่ใช้ในกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยไม่ทำลาย กระทั่งถึงพวกที่มีระดับรังสีสูงมาก ที่ใช้ในการฉายรังสีเพื่อการบำบัดรักษาทางการแพทย์และการฆ่าเชื้อโรคในอุปกรณ์ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และการฉายรังสีเพื่อการถนอมอาหารและผลิตผลการเกษตร เป็นต้น

กากกัมมันตรังสีอาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการนำทรัพยากรแร่ธาตุจากพื้นโลกมาแปรสภาพใช้งานวัตถุดิบสำหรับกระบวนการอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมหลายอย่างมาจากแร่ธาตุจากพื้นพิภพ ซึ่งในแร่ธาตุจากพื้นพิภพเหล่านั้นจะมีสารกัมมันตรังสีเจือปนอยู่แล้วทั้งสิ้นเป็นปกติตามธรรมชาติ ดังนั้นเมื่อนำวัตถุดิบต่างๆ ดังกล่าวมาผ่านกระบวนการผลิต ก็จะทำให้เกิดกากกัมมันตรังสีขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น การผลิตปุ๋ยฟอสเฟต การสกัดแร่ธาตุหายาก (rare earth mineral) การกลั่นแยกน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ และโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินและลิกไนต์ เป็นต้น กากกัมมันตรังสีเหล่านี้จัดเป็นพวกที่มีระดับรังสีต่ำมาก และได้รับการยกเว้นมิได้ดำเนินการตรวจสอบควบคุม



ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

เป้าประสงค์

ในการจัดการกากกัมมันตรังสี

- พิทักษ์สุขภาพมนุษย์
- พิทักษ์สิ่งแวดล้อม
- ป้องกันผลกระทบทางรังสีต่อประเทศเพื่อนบ้าน
- พิทักษ์มนุษยชาติในอนาคต
- ไม่ผลักภาระให้อนุชนรุ่นหลัง
- จัดองค์กรและกฎหมายให้ชัดเจน
- ควบคุมให้มีกาก ฯ เกิดขึ้นน้อยที่สุด
- จัดให้มีสหสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้ก่อกาก ฯ และผู้เก็บกาก ฯ
- เตรียมสถานที่จัดการกาก ฯ ให้ปลอดภัย

มาตรการของประเทศ
สำหรับการจัดการกากกัมมันตรังสี

ประเทศต่างๆ ที่มีกากกัมมันตรังสีเกิดขึ้นจะต้องกำหนดแผนนโยบายระดับชาติและกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการจัดการกากกัมมันตรังสีของตน มาตรการต่างๆ ประกอบด้วย

- ผู้ใช้สารรังสีและเทคโนโลยีนิวเคลียร์จะต้องขออนุญาตมีไว้ในครอบครองและใช้สารกัมมันตรังสี พลังงานปรมาณูและวัสดุพลอยได้จากหน่วยงานเจ้าพนักงานตามกฎหมาย และจะต้องรับผิดชอบสำหรับการจัดการกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้น แต่หากเป็นผู้ใช้สารกัมมันตรังสีรายย่อยอาจจะขอให้หน่วยงานกลางจัดการกากกัมมันตรังสีแห่งชาติเป็นผู้ดำเนินการแทนก็ได้
- ประเทศต่างๆ จะต้องจัดให้มีหน่วยงานรับผิดชอบดำเนินการจัดสถานที่ทิ้งกากกัมมันตรังสีอย่างถาวรของตนเอง
- ต้องจัดให้มีหน่วยงานทางกฎหมายรับผิดชอบด้านการกำหนดกฎ ระเบียบ และการควบคุมการดำเนินการและจดทะเบียนสถานที่ รวมถึงสถานที่ทิ้งกากฯ และสถานที่บำบัดกากกัมมันตรังสีด้วย

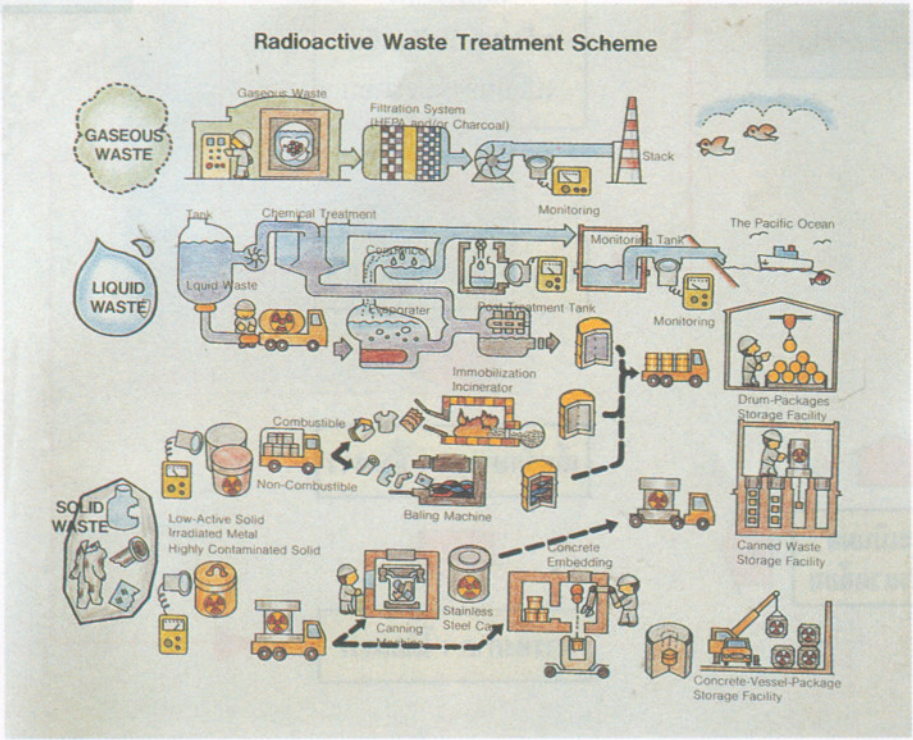
ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

ขั้นตอน

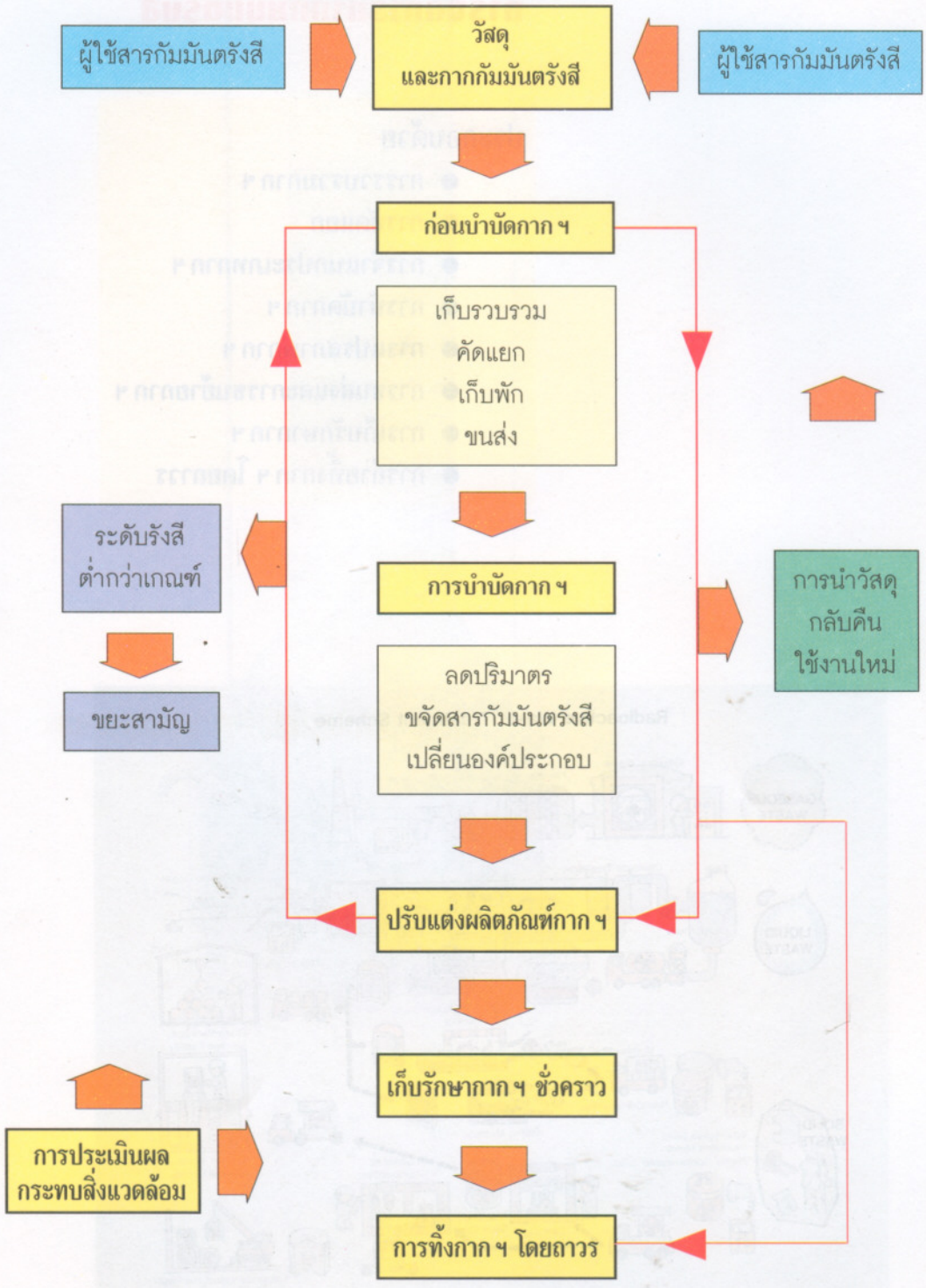
การจัดการกากกัมมันตรังสี

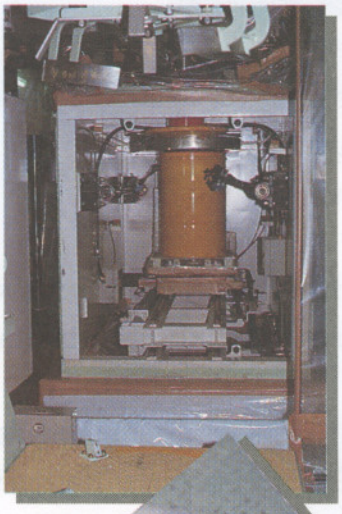
ประกอบด้วย

- การรวบรวมกาก ฯ
- การคัดแยก
- การจำแนกประเภทกาก ฯ
- การบำบัดกาก ฯ
- การแปรสภาพกาก ฯ
- การขนส่งและการขนย้ายกาก ฯ
- การเก็บรักษากาก ฯ
- การถ่ายทิ้งกาก ฯ โดยถาวร



ขั้นตอนการดำเนินการจัดการกากกัมมันตรังสี

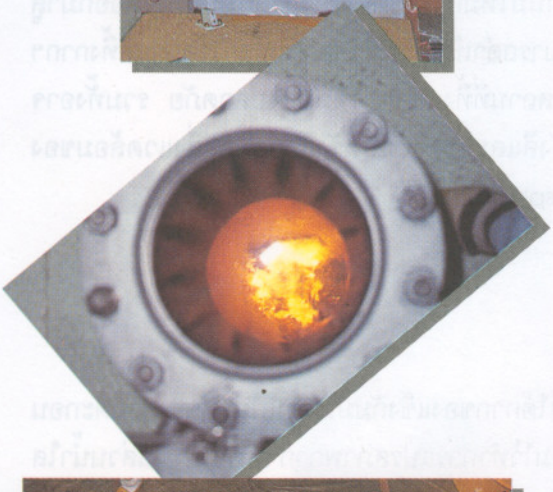




การบำบัดกากกัมมันตรังสี

การบำบัดกากฯ มีกรรมวิธีต่างๆ กัน ในกรณีของของแข็ง อาจใช้วิธีการบีบอัดกากกัมมันตรังสีให้มีปริมาตรเล็กลง และการเผากากฯเพื่อทำลายขยะส่วนที่ลุกไหม้ได้ทิ้งไป

ในกรณีของของเหลว อาจใช้วิธีการต้มกลั่นหรือการตกตะกอนทางเคมี เป็นต้น



การแปรสภาพกากกัมมันตรังสี

การแปรสภาพกากฯ นั้นเป็นการนำกากฯ ที่ผ่านการบำบัดแล้วมาผสมและตรึงให้ติดแน่นกับเนื้อสารที่มีความคงทนต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ แล้วทำให้เป็นแท่งทรงกระบอกหรือลูกบาศก์และอื่นๆ ขึ้นอยู่กับภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อให้ผลิตภัณฑ์กากฯ ที่ได้มีความต้านทานต่อแรงกด/อัด (Compressive strength) ไม่ติดไฟ ไม่ละลายในน้ำ และไม่เสื่อมคุณสมบัติรวดเร็ว วัสดุเนื้อสารที่คงทนนั้นได้แก่ ปูนซีเมนต์ ยางมะตอย พลาสติก เนื้อแก้ว หรือเซรามิก

การเก็บรักษา (ชั่วคราว)

ขั้นตอนหลังจากการแปรสภาพกากฯ ให้อยู่ในรูปแบบผลิตภัณฑ์กากฯ แล้ว ก็คือการเก็บรักษา (ชั่วคราว) ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะทอดเวลาให้ผลิตภัณฑ์กากฯ นั้นคลายความร้อนในตัวลง และหรือรอเวลาสำหรับการจัดสถานที่ทิ้งกากฯ โดยถาวร

ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

การทิ้งกากฯ โดยถาวร

คือการดำเนินการที่จะแยกผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีให้ออกจากสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ และเพื่อพิทักษ์มนุษยชาติทั้งในปัจจุบันและอนาคตโดยไม่ผลักภาระให้แก่อนุชนรุ่นหลัง

การดำเนินการดังกล่าวจะมีหลักการพื้นฐาน 2 ประการคือ

การผนึกสารกัมมันตรังสีไว้ในเนื้อสารที่คงทน บรรจุในภาชนะที่แข็งแรง มีโครงสร้างวิศวกรรมที่หนาแน่นปกคลุมและล้อมรอบบริเวณสถานที่ทิ้งกากฯ

ต้องทำการควบคุมและป้องกันมิให้มีการรั่วไหลของกากกัมมันตรังสีออกมาสู่สิ่งแวดล้อมของมนุษย์ ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยการเลือกใช้สถานที่ทิ้งกากฯ ในชั้นธรณีลึก และออกแบบสถานที่ทิ้งกากฯ ให้มั่นคงปลอดภัย รวมทั้งอาจจัดเครื่องป้องกัน เพื่อมิให้รังสีและสารกัมมันตรังสีออกมาสู่สิ่งแวดล้อมของมนุษย์หรือระบบชีวภาค (Biosphere)

กากกัมมันตรังสี ทิ้งที่ไหน

น้ำทิ้งภายหลังการบำบัดกากกัมมันตรังสี

ในการบำบัดก๊ากของเหลวกัมมันตรังสี จะทำให้ได้กากของแข็งกัมมันตรังสีในรูปของกากตะกอนและ/หรือในรูปของสารแลกเปลี่ยนไอออนซึ่งจะเก็บรวบรวมไว้ทำการแปรสภาพกากฯ ต่อไป ในส่วนน้ำใสหลังการบำบัดซึ่งอาจจะมีสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนอยู่ในปริมาณน้อยมาก และต่ำกว่าเกณฑ์ระดับ "ปลอดพิษ" ก็จะถูกระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

กากกัมมันตรังสีระดับรังสีต่ำและปานกลาง

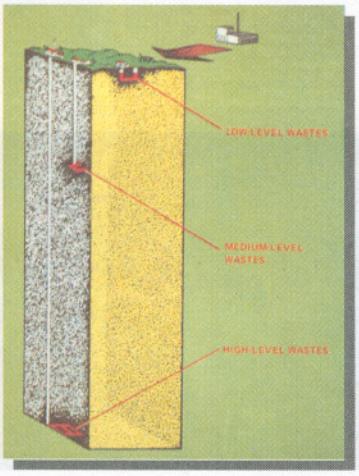
ภายหลังจากการปรับสภาพโดยผนึกในเนื้อคอนกรีตหรือในยางมะตอยแล้ว กากฯ จะถูกจัดเก็บไว้ในโรงเก็บกากฯ ชั่วคราวและหลังจากนั้นใช้วิธีทิ้งกากฯ แบบฝังดินตื้น (near surface disposal) ทั้งนี้เนื่องจากกากกัมมันตรังสีเหล่านี้มีครึ่งชีวิตสั้นและมีระดับรังสีต่ำและปานกลาง ดังนั้นช่วงเวลาที่จะต้องแยกห่างจากสิ่งแวดล้อมของมนุษย์จึงไม่ยาวนานนัก สารกัมมันตรังสีเหล่านั้นก็จะสลายตัวหมดสภาพไป (เป็นระยะเวลาประมาณ 200-300 ปี)

การป้องกันกากกัมมันตรังสีมิให้กลับสู่สิ่งแวดล้อมของมนุษย์

การเลือกพื้นที่สำหรับเป็นสถานที่ทิ้งกากฯแบบฝังดินตื้น ต้องอยู่ในเกณฑ์ต่อไปนี้คือ สถานที่มีสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมและไม่เป็นที่ลุ่ม ไม่มีปัญหาน้ำท่วม ดินถล่ม ไม่มีประวัติการเกิดแผ่นดินไหว มีสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตกน้อย ไม่เคยเกิดกรณีลมพายุ และมีระดับน้ำใต้ดินลึก (มากกว่า 10 เมตร) เป็นต้น

ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

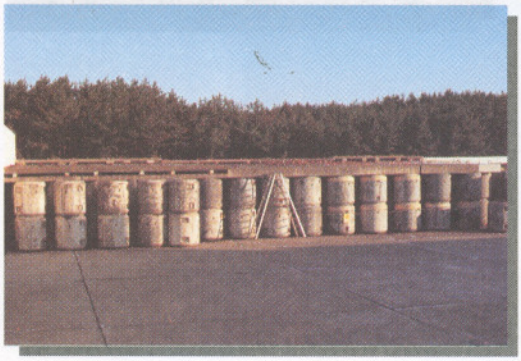
กากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูงและเชื้อเพลิงใช้แล้ว



กากกัมมันตรังสีเหล่านี้มีระดับรังสีสูงและบางส่วนมีครึ่งชีวิตยาวมาก ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีทิ้งให้อยู่ห่างจากสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ให้มากที่สุดและเป็นเวลาที่ยาวนาน

การผนึกกากฯ กระทำโดยใช้ผนึกเป็นแก้วหรือเซรามิกซึ่งคงทนต่อความร้อนและรังสีดีกว่าปูนซีเมนต์หรือยางมะตอย การจัดสถานที่ทิ้งกากฯ จะใช้วิธีขุดอุโมงค์ฝังในชั้นธรณีวิทยาที่ลึกและยั่งยืน (stable geologic formation) กล่าวคือไม่มีปัญหาจากแผ่นดินไหวหรือภูเขาไฟระเบิดหรือแม้แต่วินาศภัยจากการจารกรรมใดๆ ทั้งสิ้น มีชั้นธรณีลึกที่เหมาะรวมถึงชั้นของหินอัคนี ชั้นของหินตะกอนหรือหินแปร เป็นต้น

ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ของสถานที่ทิ้งกากฯ ในชั้นธรณีลึกหลายแห่ง อาทิการศึกษาในชั้นหินตะกอนที่ Mol ประเทศเบลเยียม การศึกษาในชั้นเกลือหิน (salt rock formation) ที่ Asse ประเทศเยอรมนี และการศึกษาในชั้นหินอัคนีที่ประเทศสวีเดนและประเทศสหรัฐอเมริกา ในความคิดเห็นของนักวิชาการเชื่อว่าชั้นธรณีลึกเหล่านั้นมีสภาพเหมาะสมที่จะใช้เป็นที่ทิ้งกากกัมมันตรังสีอย่างถาวรได้ดีทั้งสิ้น



ห้องสมุดพลังงานปรมาณู

การสร้างความเข้าใจต่อประชาชน

จากการวิจัยสังคมวิทยาในประเทศต่างๆ พบว่า สาเหตุที่ประชาชนทั่วไปมีความหวาดกลัวกากกัมมันตรังสีเพราะกลัวอันตรายจากรังสีและขาดความรู้ความเข้าใจว่า *"กากกัมมันตรังสีคืออะไร" "มนุษย์สามารถจัดการกากฯได้อย่างไร"* และ *"สารกัมมันตรังสีมีคุณสมบัติอย่างไรในธรรมชาติ"* จึงเป็นเหตุให้มี**ความเชื่อว่ากากกัมมันตรังสีก่อให้เกิดความเสี่ยงอันตรายสูงมาก** ความเชื่อดังกล่าวต่างจากข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประเมินค่าความเสี่ยงอันตรายโดยการคำนวณค่าอันตรายจากรังสี กรรมวิธีการบำบัดกากฯ การแปรสภาพกากฯ การขนย้ายและการขนส่งภายใต้กฎเกณฑ์ที่เข้มงวด และการจัดเก็บกากฯ ให้แยกห่างจากสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ และพบว่า**ความเสี่ยงอันตรายจากกากกัมมันตรังสีนั้นแท้จริงมีค่าต่ำมาก**

โดยเหตุที่โลกเป็นสมบัติของมนุษย์และประเทศชาติเป็นสมบัติของประชาชน ดังนั้นแม้ว่าในวงการนักวิชาการกากกัมมันตรังสี มีความเชื่อมั่นว่าจะสามารถใช้เทคโนโลยีดังที่ได้กล่าวแล้ว ดำเนินการจัดการกากกัมมันตรังสีให้มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต แต่ก็ยอมรับว่าประชาชนของประเทศนั้นๆ และชาวโลกโดยรวมเท่านั้นที่จะเป็นผู้ที่จะตัดสินใจว่าจะเชื่อถือหรือยินยอมพร้อมใจให้ดำเนินการต่อไปหรือไม่ อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจของประชาชนจะต้องอยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจที่ถูกต้อง มิใช่ถูกครอบงำด้วยความหวาดกลัวหรือความไม่รู้จริง

ข้อมูลกากกัมมันตรังสีในประเทศไทย

ผู้ใช้สารรังสีในประเทศไทย

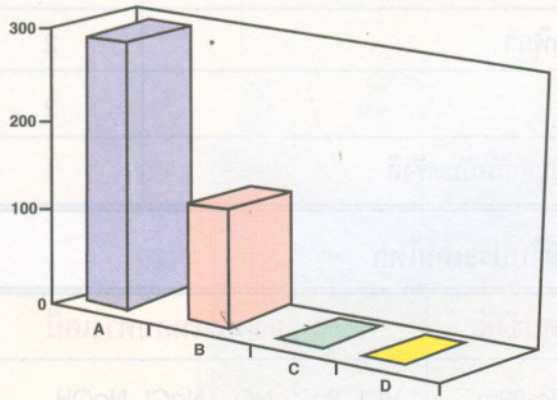
ประเภท	จำนวน
เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย	1
ห้องปฏิบัติการผลิตไอโซโทป	1
เครื่องเร่งอนุภาคนิวตรอน	2
เครื่องฉายรังสีแกมมาเพื่อการวิจัย	3
เครื่องฉายรังสีแกมมาเพื่อการอุตสาหกรรม	2
อุปกรณ์ฉายรังสีทางการแพทย์	20
การถ่ายภาพทางรังสีในอุตสาหกรรม	12
โรงงานที่ใช้สารรังสีในระบบควบคุมการผลิต	40
ห้องปฏิบัติการวิจัย	30
โรงงานผลิตนาฬิกา	2
โรงงานแยกแร่	2
โรงงานจัดการกากกัมมันตรังสี	1

การกระจายและองค์ประกอบของกากกัมมันตรังสีในประเทศไทย

กากกัมมันตรังสี	ร้อยละ	ไอโซโทปรังสี	องค์ประกอบทางเคมี
ทางการแพทย์	60	Ga-67, Cr-51, Tc-99m, I-131, Tl-201, H-3, C-14	HCl, Po_4^{-3}, NO_3^-, NaCl, NaOH, Serumblood, Scintillants, Urine
การศึกษาวิจัย	35	P-32, S-35, Cr-51, Ca-45, Tc-99m, I-131, Co-60, Cs-137, Am-241, Be-7	Po_4^{-3}, Ca^{+2}, Cl, No_3^{-2}, HNO_3, H_2SO_4, $HClO_4$
อุตสาหกรรม	5	Fe-55, Kr-85, Sr-90, Cd-109, Cs-137, Co-60, Ir-192, Am-241, H-3	ต้นกำเนิดรังสีชนิดปิดผนึก

ประมาณการปริมาณกากกัมมันตรังสีในประเทศไทย

ประเภทของกากกัมมันตรังสี	ปริมาณ (ลบ.ม. ต่อปี)	ปริมาณรังสี
กากฯ ของเหลว (ก่อนบำบัดฯ)	200-300	40 - 4,000,000 กิโลเบคเคลเรลต่อ ลบ.ม.
กากฯ ของแข็ง (ก่อนบำบัดฯ)	100	น้อยกว่า 10 มิลลิซีเวิร์ตต่อชั่วโมง
ต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก	> 1	มากกว่า 10 มิลลิซีเวิร์ตต่อชั่วโมง
สารแลกเปลี่ยนไอออนที่ใช้แล้ว	2	4,000,000 กิโลเบคเคลเรลต่อ ลบ.ม.



A กากกัมมันตรังสีของเหลว (ก่อนบำบัดฯ)
B กากกัมมันตรังสีของแข็ง (ก่อนบำบัดฯ)
C ต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก
D สารแลกเปลี่ยนไอออนที่ใช้แล้ว

เหตุเพราะว่า.....รังสีมองไม่เห็น
จึงเกิดเป็นเรื่องถกเถียงกันมากหลาย
บ้างก็ว่ารังสี.....อันตราย
ก่อเกิดเหตุเลวร้าย.....ต่อผู้คน
แท้ที่จริง.....รังสีมีประโยชน์
มิใช่โทษดังว่า.....อย่าฉงน
หากรู้จักหลักการใช้...ไร้กังวล
บังเกิดผลดีตลอดและปลอดภัย

เรียบเรียงโดย *โครงการจัดการกากกัมมันตรังสี*
สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พิมพ์ครั้งที่ 1	*กันยายน 2540*	*10,000 เล่ม*
พิมพ์ครั้งที่ 2	*มิถุนายน 2542*	*10,000 เล่ม*
พิมพ์ครั้งที่ 3	*มีนาคม 2544*	*10,000 เล่ม*
พิมพ์ครั้งที่ 4	*พฤษภาคม 2547*	*10,000 เล่ม*

พิมพ์ที่โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว นายชาติชัย พาราสุข ผู้พิมพ์และผู้โฆษณา พ.ศ. ๒๕๔๗

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม ติดต่อ

โครงการจัดการกากกัมมันตรังสี

โทร. 0-2579-5230 ต่อ 511, 512

ISBN : 974-7400-21-9