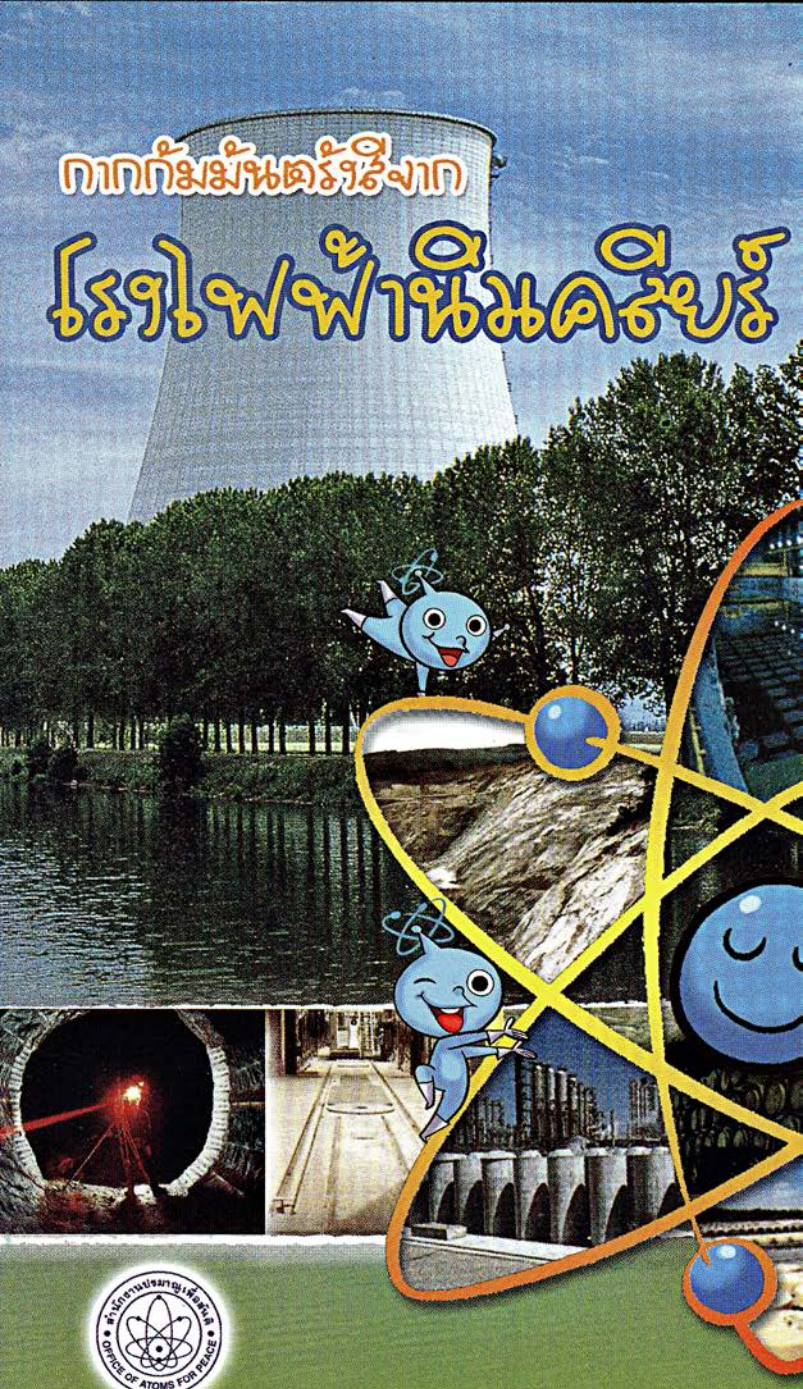
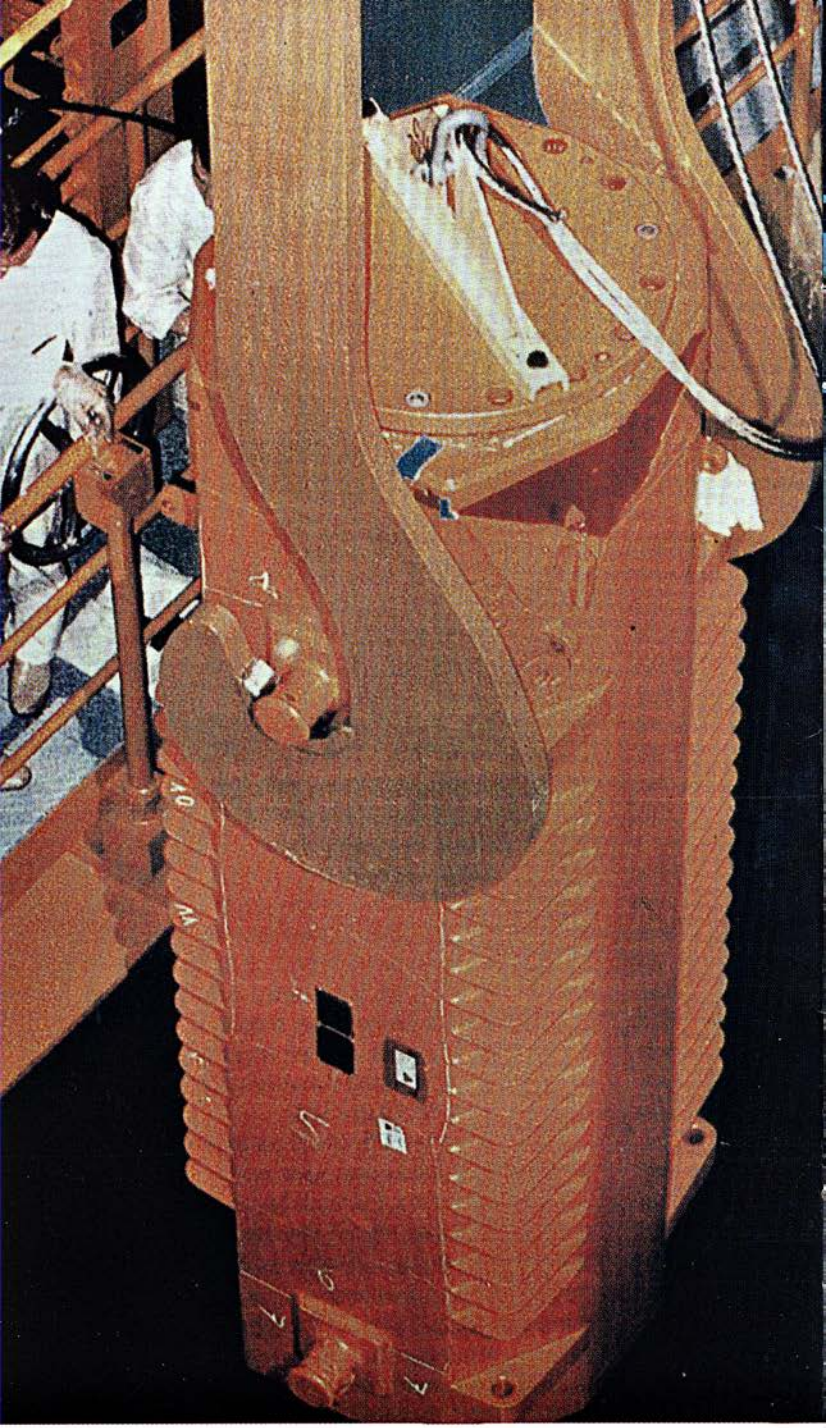
กากกัมมันตรังสีจาก
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์



สำนักกำกับดูแลความปลอดภัยทางนิวเคลียร์
สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
มีนาคม 2552



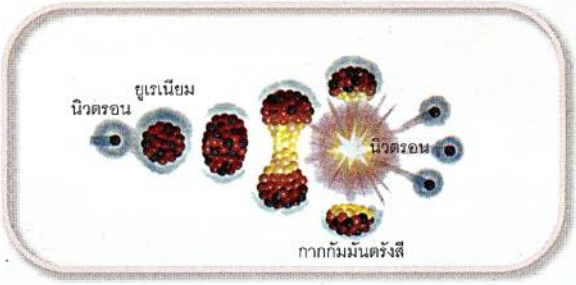
การขนย้ายแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วจากบ่อเก็บภายในอาคารโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

บทนำ

INTRODUCTION

เชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนทั่วไป จะใช้ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน และถ่านหิน ซึ่งทำให้เกิดของเสีย เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้ง เถ้าโลหะหนักจากการเผาไหม้ถ่านหินเป็นปริมาณมหาศาล โดยไม่มีการสลายตัวตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่สำหรับในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นำความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาฟิชชัน หรือปฏิกิริยาการแตกตัวของเชื้อเพลิงยูเรเนียม กล่าวคือ

เมื่ออนุภาคนิวตรอนไปกระตุ้นนิวเคลียสของยูเรเนียมในสภาวะที่เหมาะสมทำให้นิวเคลียสของยูเรเนียมแตกออกเป็นธาตุใหม่สองชนิดที่เป็นธาตุกัมมันตรังสีพร้อมทั้งให้พลังงานและนิวตรอนที่เกิดขึ้นใหม่ด้วย ธาตุใหม่สองชนิดที่เกิดจากการแตกตัวของยูเรเนียมนี้เองที่เรียกว่ากากกัมมันตรังสี ซึ่งจะติดอยู่ในเม็ดเชื้อเพลิง

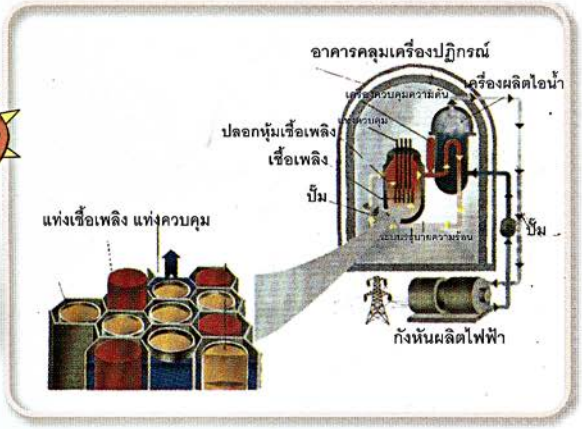


ปฏิกิริยาการแตกตัว

กากกัมมันตรังสี

NUCLEAR

ยูเรเนียมที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะถูกอัดเป็นเม็ดเซรามิก บรรจุเรียงตัวกันอยู่ภายในแท่งเชื้อเพลิง แล้วประกอบรวมกันเป็นมัดแท่งเชื้อเพลิง จากนั้นจึงนำไปใช้งานในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ กากกัมมันตรังสีจากปฏิกิริยาการแตกตัวของยูเรเนียมที่เกิดอย่างต่อเนื่อง เป็นลูกโซ่ภายในเครื่องปฏิกรณ์จะถูกกักเก็บอย่างมิดชิดภายในเม็ดเชื้อเพลิงที่มีปลอกแท่งเชื้อเพลิงห่อหุ้มอีกชั้นหนึ่ง



ภายหลังการใช้งานแท่งเชื้อเพลิงระยะหนึ่ง จะมีกากกัมมันตรังสีเกิดสะสมในเม็ดเชื้อเพลิงทำให้ประสิทธิภาพของปฏิกิริยาลูกโซ่ลดลงจึงจำเป็นต้องมีการสับเปลี่ยนนำแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วออกมาและเติมแท่งเชื้อเพลิงใหม่เข้าไปเพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปได้

นอกจากนี้ระหว่างการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ยังมีกากกัมมันตรังสีบางประเภท ปะปนในน้ำระบายความร้อนและอุปกรณ์ภายในเครื่องปฏิกรณ์ จากการดูดจับอนุภาคนิวตรอน ด้วยเหตุนี้ทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้ามีภาระรับผิดชอบในการจัดการกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้น เพื่อป้องกันมิให้สารกัมมันตรังสีรั่วไหลออกสู่ภายนอกโรงไฟฟ้า ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม

ชนิดและปริมาณของกากกัมมันตรังสี

NUCLEAR

กากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นในการดำเนินการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นี้ สามารถแบ่งประเภทเพื่อการจัดการได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. กากกัมมันตรังสีทั่วไป

กากกัมมันตรังสีทั่วไปจากการดำเนินการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ส่วนใหญ่มาจากกระดาษและวัสดุที่ใช้กรองอากาศ การทำความสะอาดระบบระบายความร้อน บ่อเก็บแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้ว การขจัดความเปรอะเปื้อนทางรังสีของอุปกรณ์ และเสื้อผ้าขณะปฏิบัติงานซ่อมบำรุง เป็นต้น กากกัมมันตรังสีเหล่านี้มีปริมาณมาก ประมาณปีละ 200 - 600 ลูกบาศก์เมตร แต่เป็นกากกัมมันตรังสีระดับรังสีปานกลางและระดับรังสีต่ำ ซึ่งสามารถสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว

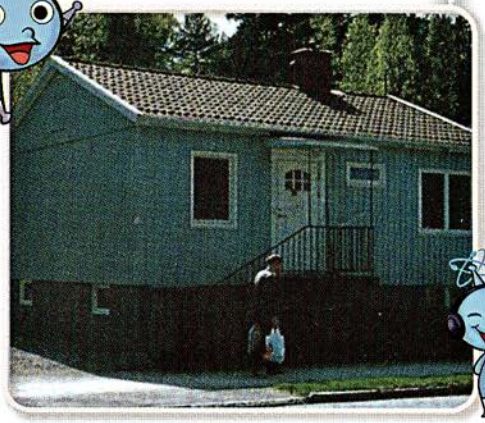
2. กากเชื้อเพลิงใช้แล้ว

ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบความดันสูง (Pressurized Water Reactor PWR) ขนาด 1000 เมกะวัตต์ จะใช้ยูเรเนียมเข้มข้นร้อยละ 3 (3% enriched U-235) ประมาณ 89 ตัน ประกอบเป็นแกนปฏิกรณ์ ซึ่งในแต่ละปีจะมีการสับเปลี่ยนแท่งเชื้อเพลิงระหว่างการซ่อมบำรุงประจำปี โดยนำเชื้อเพลิงใช้แล้วออกมา แล้วเติมเชื้อเพลิงใหม่เข้าไปประมาณหนึ่งในสามของเชื้อเพลิงในเครื่องปฏิกรณ์ทั้งหมด หรือประมาณ 27 - 30 ตัน

นั่นคือ จะมีกากกัมมันตรังสีจากแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วประมาณ 27 - 30 ตันต่อปี เป็นปริมาตรประมาณ 50 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจัดเป็นกากกัมมันตรังสีสูงซึ่งมีธาตุยูเรเนียม -235 ที่ยังใช้ไม่หมด และธาตุพลูโทเนียม -239 ซึ่งเป็นธาตุมีค่าและสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ได้อีก

จากประมาณการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ต่อคน ในเวลาหนึ่งปีนั้นจะทำให้เกิดกากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูง ซึ่งเมื่อผ่านขบวนการสกัดเอายูเรเนียมและพลูโทเนียมมาใช้ใหม่ จะเหลือเป็นกากที่ต้องจัดการเพียง 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรเท่านั้น หากคิดปริมาณกากกัมมันตรังสีสูงที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์เพื่อใช้ตลอดชั่วอายุของคนหนึ่งคน จะมีขนาดเท่าก้อนลูกแก้วในมือเท่านั้นเอง

ดังนั้นเชื้อเพลิงใช้แล้วในแต่ละปีประมาณ 27 - 30 ตัน เมื่อผ่านขบวนการแยก และลดปริมาตร แล้วจะเหลือกากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูงเพียงถังขนาด 200 ลิตร ประมาณ 10 - 20 ถัง

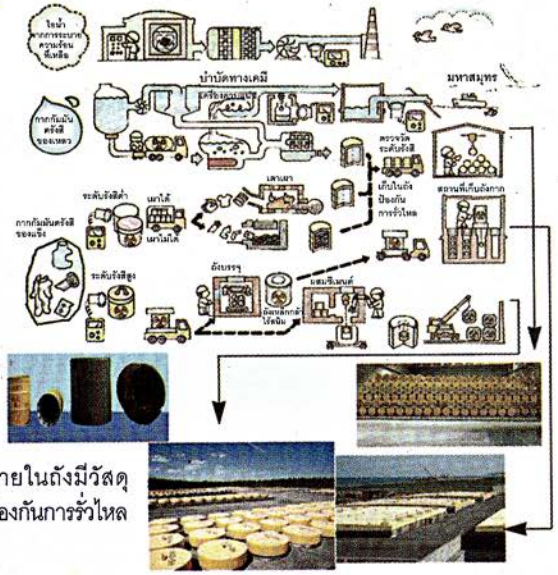


โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาด 1000 เมกะวัตต์ เมื่อใช้งาน 40 ปีแล้ว จะมีกากกัมมันตรังสีสูงที่ต้องจัดเก็บเป็นปริมาตร 150 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีปริมาตรเท่ากับบ้านอยู่อาศัยในภาพ

การจัดการกากกัมมันตรังสี

1. กากกัมมันตรังสีทั่วไป

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า กากกัมมันตรังสีประเภทนี้ เป็นกากกัมมันตรังสีระดับรังสีปานกลางและระดับรังสีต่ำ ซึ่งสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถเก็บไว้ภายในบริเวณโรงไฟฟ้าโดยปล่อยให้สลายตัวไปเองตามธรรมชาติ หรืออาจผสมกับปูนซิเมนต์หรือยางมะตอยให้อยู่ในรูปของแข็งไม่ละลายน้ำแล้วนำไปบรรจุในภาชนะปิดผนึกแน่นที่ทนการกัดกร่อนก่อนนำไปฝังใต้ผิวดินเพื่อป้องกันการรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อมอีกชั้นหนึ่งก่อนที่จะปล่อยให้สลายตัวไป โดยจะสลายตัวหมดในระยะเวลาประมาณ 100 ปี



ภายในถังมีวัสดุป้องกันการรั่วไหล

2. การจัดการเชื้อเพลิงใช้แล้ว

2.1 การจัดเก็บชั่วคราว

เนื่องจากภายในแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วมีกากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูง และยังแผ่ความร้อนอยู่เมื่อนำออกจากเครื่องปฏิกรณ์แล้วจะถูกนำไปเก็บไว้ชั่วคราวในบ่อน้ำภายในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ก่อนนำไปเก็บไว้ภายนอกอาคารที่จัดสร้างไว้โดยเฉพาะ ทั้งนี้เพื่อให้ระดับรังสีของแท่งเชื้อเพลิงลดลงโดยใช้น้ำเป็นตัวกำบังรังสีและระบายความร้อนด้วย อย่างไรก็ตามบ่อเก็บแท่งเชื้อเพลิงภายในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ได้ออกแบบให้มีขนาดใหญ่พอที่จะเก็บแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วได้ตลอดอายุการใช้งานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์คือมากกว่า 30 ปี โดยไม่จำเป็นต้องเคลื่อนย้ายแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วออกนอกโรงไฟฟ้าเลย

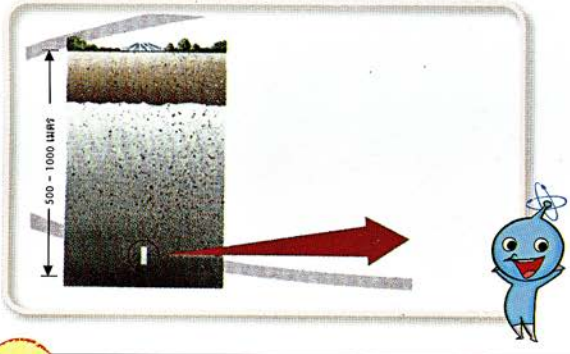
สถานที่เก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วภายนอกอาคารโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (ประเทศแคนาดา)

บ่อเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วในบ่อภายในอาคารโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (ประเทศฝรั่งเศส)

2.2 การจัดเก็บขั้นสุดท้าย

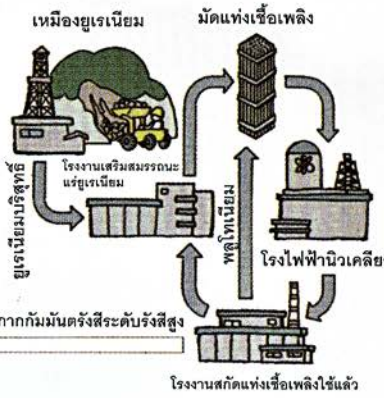
เมื่อมีปริมาณแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วมากพอหรือเลิกใช้งานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แล้ว อาจจัดส่งแท่งเชื้อเพลิงไปยังโรงงานในต่างประเทศ เช่น ฝรั่งเศส อังกฤษและสหรัฐอเมริกา เพื่อสกัดแยกกากกัมมันตรังสีที่แท้จริงออกจากธาตุยูเรเนียม -235 และธาตุพลูโทเนียม -239 ซึ่งจะนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใหม่

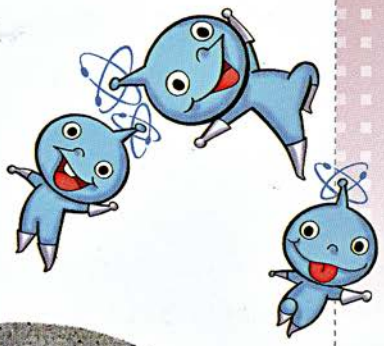
สำหรับกากกัมมันตรังสีที่แท้จริงดังกล่าวสารเคมีและของเสียจากขบวนการสกัดเป็นกากกัมมันตรังสีของเหลวระดับรังสีสูง ซึ่งจะถูกลดปริมาตรลง แล้วนำไปหลอมรวมกับแก้วให้อยู่ในรูปของผลึกแก้วบรรจุในภาชนะเหล็กไร้สนิมหรือทองแดง ซึ่งมีความคงทนสามารถกักเก็บสารกัมมันตรังสีไม่ให้รั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อมได้นานนับพันปี ซึ่งเป็นเวลาที่กากกัมมันตรังสีจากการแตกตัวของยูเรเนียมสลายตัวเกือบหมด ส่วนธาตุที่ครึ่งชีวิตยาวเช่นยูเรเนียม พลูโทเนียม และอะเมริเซียมจะมีอันตรายทางรังสีเท่ากับแร่ยูเรเนียมในธรรมชาติ

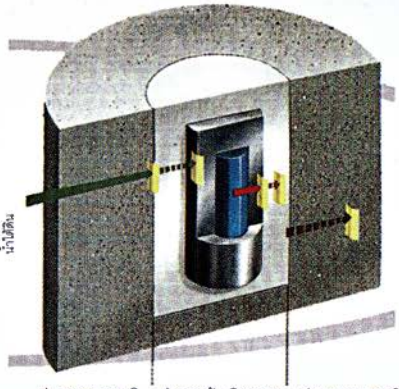


ขบวนการหลอมกากกัมมันตรังสีรวมกับแก้ว

กากกัมมันตรังสีที่ผ่านกระบวนการหลอมรวมกับแก้วจะถูกเก็บในถังเหล็กไร้สนิม





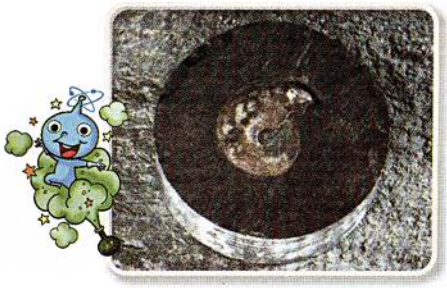


ในการจัดเก็บกากกัมมันตรังสีอย่างถาวรนั้น ในหลายประเทศได้มีการศึกษาที่จะจัดเก็บไว้ใต้ดินลึกประมาณ 0.5 - 1 กิโลเมตร ซึ่งเทคโนโลยีนี้ได้รับการพิสูจน์จากเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวของยูเรเนียมตามธรรมชาติ เมื่อ 1.700 ล้านปี ที่เหมือง OKLO ประเทศ GABON กากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นยังคงอยู่ภายในเหมือง โดยไม่แพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากสภาพการจัดการตามธรรมชาติ

เหมืองยูเรเนียมในประเทศกาบอง

การพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคต

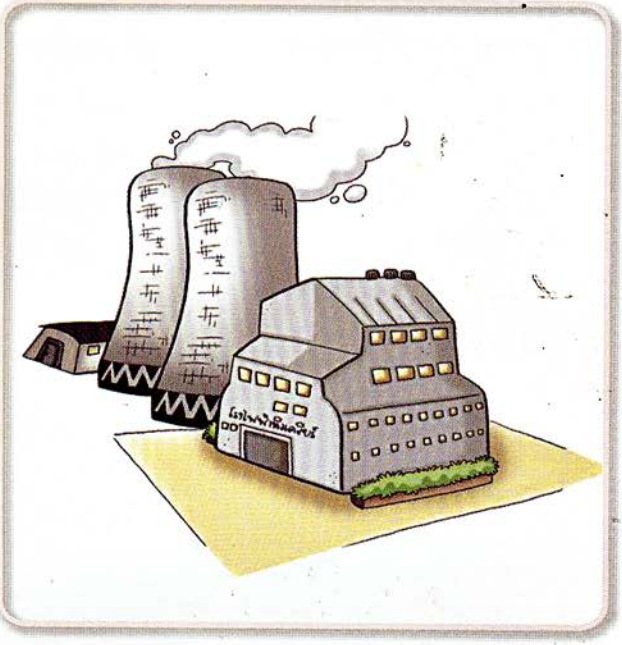
นอกจากการทำกากกัมมันตรังสีให้เป็นผลึกแก้วแล้ว ในประเทศออสเตรเลียได้มีการพัฒนาการทำกากกัมมันตรังสีให้อยู่ในรูปของเซรามิก หรือที่เรียกว่าหินเทียมซึ่งเป็นอีกรูปหนึ่งที่จะต้องติดตามข้อดีและข้อเสียต่อไป ในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ได้มีการศึกษาการเก็บกากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูงโดยเลียนแบบตามธรรมชาติของซากดึกดำบรรพ์ที่ถูกทับถมในตะกอนดิน ซึ่งมีความเสถียรภาพทนทานต่อแรงแผ่นดินไหว ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในระยะยาว ส่วนในยุโรปและสหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนาขบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีด้วยการกระตุ้นให้กากกัมมันตรังสีมีอายุสั้นลงโดยการนำกลับเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ หรือเครื่องเร่งอนุภาคอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเร่งให้มีคุณสมบัติสลายตัวได้รวดเร็วขึ้น แต่ในปัจจุบันสามารถทำได้เพียงการก่อสร้างโรงงานต้นแบบ จำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้ต่อไปอีกระยะหนึ่งจึงจะสามารถนำมาใช้งานได้จริง



ลักษณะของซากดึกดำบรรพ์ที่ถูกทับถมในตะกอนดินมีอายุ 180 ล้านปี ซึ่งมีเสถียรภาพสูง

บทสรุป

จะเห็นได้ว่า การจัดการกากกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีวิธีดำเนินงานที่เป็นไปตามขั้นตอนอย่างมีระบบ โดยไม่ปล่อยปละละเลยให้เกิดปัญหากับกากกัมมันตรังสีได้ในอนาคต ทั้งยังมีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ สำหรับจัดการกากกัมมันตรังสีให้ปลอดภัยมากขึ้นและเป็นที่ยอมรับของประชาชน



บรรณานุกรม

1. Hore - Lacy, I. and Hubery , R., Nuclear Electricity - An Australian Perspective 3rd Ed., Australian Mining Industry Council, Victorian Printing Pty Ltd., 1989.
2. Handbook for Citizens, The Nuclear Waste Primer, The League of Women Voters Education Fund, Nick Lyons Books, 1985.
3. An IAEA Source Book, Radioactive Waste Management, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1992.
4. Opalinus Clay : a solution for Switzerland's Waste, Nuclear Engineering International Vol 48 No. 583, February 2003.