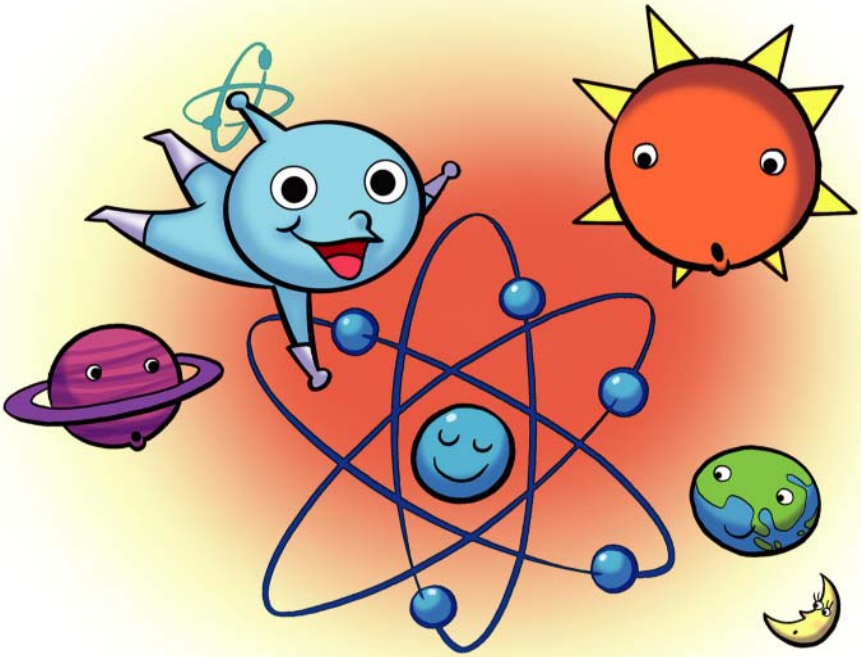
มหัศจรรย์พลังงานนิวเคลียร์

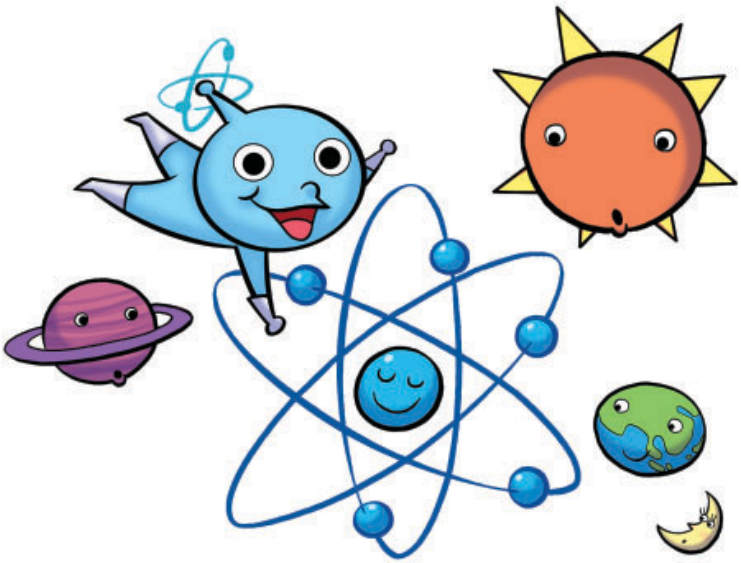


"อะตอม...เพื่ออนาคต"

สื่อความรู้เรื่องพลังงานนิวเคลียร์

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
OFFICE OF ATOMS FOR PEACE

มหัศจรรย์
พลังงานนิวเคลียร์



ตราสัญลักษณ์งานเฉลิมพระเกียรติ
เนื่องในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา
๘๐ พรรษา ๕ ธันวาคม ๒๕๕๐

คำนำ

เนื่องในโอกาสมหามงคลที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงเจริญพระชนมพรรษา 80 พรรษา สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้สนองแนวพระราชดำริด้านการพัฒนาการศึกษาแก่เยาวชน ด้วยการจัดทำหนังสือชุด อะตอม...เพื่ออนาคต เพื่อเผยแพร่ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์

ปัจจุบันนานาประเทศทั่วโลกได้พัฒนาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ให้ก้าวไกล เพื่อเป็นประโยชน์ต่อมนุษยโลกในหลายๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการเป็นพลังงานที่สำคัญ ทดแทนพลังงานจากน้ำมัน และเชื้อเพลิงธรรมชาติอื่นๆ ที่ใกล้จะหมดไป สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติเล็งเห็นความสำคัญดังกล่าวนี้ จึงมีความมุ่งมั่นจะสร้างฐานความรู้ ให้เกิดความเข้าใจและทัศนคติที่ดีแก่เยาวชนและบุคคลทั่วไป เพื่ออนาคตของพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย

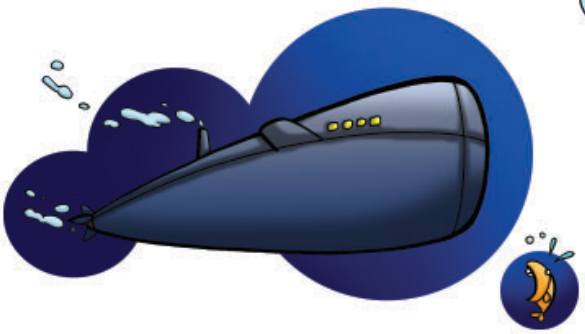
สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือชุด อะตอม...เพื่ออนาคต จะสามารถถ่ายทอดและสื่อสารให้ผู้อ่าน โดยเฉพาะเยาวชนได้เกิดความสนใจ และต่อยอดไปสู่การศึกษาเฉพาะทางในระดับสูง รวมทั้งประชาชนทั่วไปได้มีความเข้าใจอย่างถูกต้องในเทคโนโลยีแขนงนี้ เพื่อการพัฒนาอย่างมุ่งมั่นต่อไป

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

สารบัญ...

6 ยักษ์ใหญ่นิวเคลียร์

8 ประวัติศาสตร์ย่อของพลังงานนิวเคลียร์



19 ความร่วมมือระหว่างประเทศ
เพื่อควบคุมพลังงานนิวเคลียร์

22 สนธิสัญญาว่าด้วยการไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์

24 ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

27 พลังงานนิวเคลียร์ที่รวดเร็วและรุนแรง

28 ลูกระเบิดนิวเคลียร์เพื่องานมิใช่ทางการทหาร

30 ลูกระเบิดนิวเคลียร์เพื่องานด้านการทหาร

36 พลังงานนิวเคลียร์ภายใต้การควบคุม

38 เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

39 เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัยและกำลัง

40 พัฒนาการเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 4 ยุค

51 พลังงานนิวเคลียร์ในทะเล

53 พลังงานนิวเคลียร์ในอวกาศ

58 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟิชชัน

62 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟิวชัน

66 อนาคตพลังงานนิวเคลียร์กับประเทศไทย

ยักษ์ใหญ่นิวเคลียร์

พลังงานนิวเคลียร์เปรียบได้เหมือนยักษ์ใหญ่มีฤทธิ์เดชพลังอำนาจเหนือสรรพสิ่งที่มนุษย์รู้จัก แม้วงการวิทยาศาสตร์โลกวันนี้เชื่อว่า น่าจะมีพลังงานที่ทรงอำนาจยิ่งกว่าพลังงานนิวเคลียร์ เช่น พลังงานขณะเกิดบิกแบง (big bang) ต้นกำเนิดของจักรวาล แต่ในสภาพที่กำลังเป็นอยู่ พลังงานที่ทรงพลังอำนาจที่สุดที่มนุษย์รู้จัก คือ พลังงานนิวเคลียร์ การปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ก็เหมือนกับการปลดปล่อยยักษ์ใหญ่

มนุษย์วันนี้มีสิทธิที่จะเลือกว่า จะปลดปล่อยยักษ์ใหญ่นิวเคลียร์ออกมาอย่างเต็มที่หรือไม่ และควรจะทำอย่างไรเมื่อพบยักษ์ใหญ่นิวเคลียร์ที่กำลังรอให้มนุษย์ปลดปล่อยนั้น

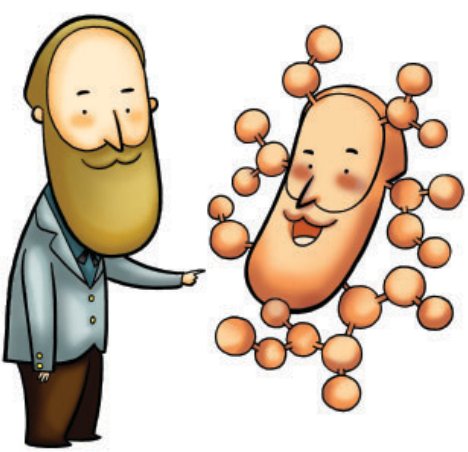
นักวิทยาศาสตร์ในวันนี้รู้จักพลังงานนิวเคลียร์มากพอสำหรับการตัดสินใจปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ และรู้ว่าจะต้องเตรียมการอะไรบ้างเพื่อที่ยักษ์ใหญ่นิวเคลียร์จะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

สำคัญที่สุด ที่นี่คือประเทศไทย ซึ่งมียักษ์ใหญ่นิวเคลียร์อยู่กับประเทศไทยมากว่า 40 ปี จากวันที่เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของประเทศไทยเริ่มต้นการทำงานครั้งแรก ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (ชื่อในขณะนั้น) เมื่อวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2505 ประเทศไทยควรเดินหน้าต่ออย่างไรจึงจะสามารถนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยเกิดปัญหาน้อยที่สุด เพื่อให้ยักษ์ใหญ่นิวเคลียร์ที่ถูกปลดปล่อยเป็นยักษ์ใหญ่มหัศจรรย์ใจดีที่ใครๆ ก็ต้อนรับ

จากเรื่องราวทั้งหมดของ **"อะตอม...เพื่ออนาคต"** ทำให้ได้ทราบกันแล้วว่า พลังงานนิวเคลียร์และทุกสิ่งที่เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ เช่น กัมมันตภาพรังสี มีบทบาทในด้านต่างๆ ที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ ทั้งด้านการเกษตร การแพทย์ อุตสาหกรรม รวมไปถึงการสำรวจทางธรณีวิทยาและโบราณคดี

ในความเป็นจริงเรายังสามารถนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย ทั้งที่อยู่ในระดับวิจัยและพัฒนา ไปจนถึงเตรียมการนำมาใช้อย่างจริงจังเพื่อประโยชน์ต่อมวลมนุษย์ในอนาคต

ประวัติศาสตร์ย่อ ของพลังงานนิวเคลียร์



วิลเฮล์ม คอนราด เรินต์เกน
(Wilhelm Konrad Rontgen)

อองตวน-อองรี แบ็กเกอแรล
(Antoin-Henry Becquerel)

เรื่องราวของพลังงานนิวเคลียร์คงจะต้องย้อนกลับไปไกลถึงสมัยก่อนขึ้นศตวรรษที่ 20 คือ ปี ค.ศ. 1895 ที่ **วิลเฮล์ม คอนราด เรินต์เกน (Wilhelm Konrad Rontgen)** ค้นพบรังสีเอกซ์ และตามมาด้วยการค้นพบกัมมันตภาพรังสีเมื่อปี ค.ศ. 1896 โดย **อองตวน-อองรี แบ็กเกอแรล (Antoin-Henry Becquerel)** แต่ถ้ากล่าวถึงยุคสมัยของพลังงานนิวเคลียร์โดยทั่วไป จะหมายถึงยุคของการปลดปล่อยพลังงานอะตอมจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันได้สำเร็จ

เป็นครั้งแรก ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1942 จากการเริ่มต้นทำงานของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของโลก คือ ชิคาโกไพล์-1 (Chicago Pile-1)

การเริ่มต้นของยุคพลังงานนิวเคลียร์หรือยุคปรมาณู เมื่อปี ค.ศ. 1942 เป็นการเริ่มต้นอย่างเงียบเชียบสำหรับคนทั่วไปทั้งโลก เพราะเกิดขึ้นภายใต้ภาวะสงครามโลกครั้งที่สอง (ค.ศ. 1939 - 1945) และการดำเนินงานอย่างลับ ๆ ของโครงการปลดปล่อยพลังงานอะตอม เพื่อนำไปสู่การสร้างลูกระเบิดนิวเคลียร์เป็นครั้งแรก

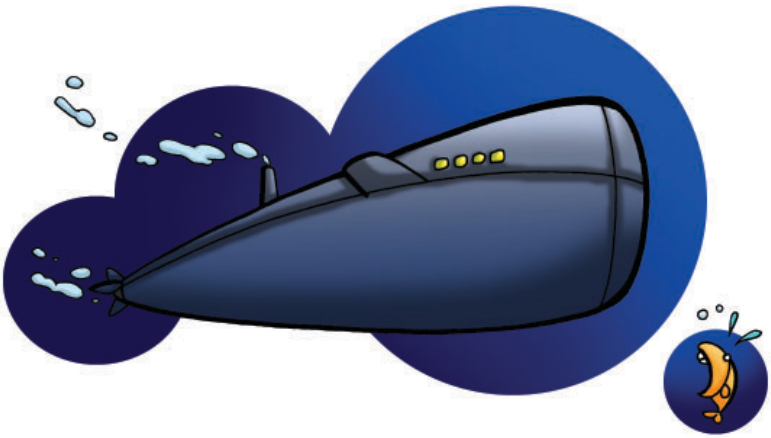
ยุคพลังงานนิวเคลียร์หรือยุคปรมาณูระเบิดขึ้นอย่างสนั่นไปทั่วโลก เมื่อสหรัฐอเมริกาทิ้งลูกระเบิดนิวเคลียร์ถล่มเมืองฮิโรชิมา (วันที่ 6 สิงหาคม ค.ศ. 1945) และเมืองนางาซากิ (วันที่ 9 สิงหาคม ค.ศ. 1945)

ถึงแม้การทิ้งลูกระเบิดนิวเคลียร์ที่ญี่ปุ่นจะมีผลทำให้สงครามโลกครั้งที่สองยุติลงโดยสิ้นเชิง แต่ภาพความน่ากลัวสยดสยอง ทั้งที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด และผลที่ตามมาอีกยาวนานของผู้เจ็บป่วยจากกัมมันตภาพรังสี ทำให้คนทั้งโลกจดจำความน่ากลัวของพลังงานนิวเคลียร์จนกระทั่งทุกวันนี้

หลังสงครามโลกครั้งที่สอง วงการวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์หันมาทุ่มเทความพยายามในการพัฒนาพลังงานนิวเคลียร์ให้เกิดประโยชน์เพื่อมวลมนุษยชาติ ซึ่งมักจะเรียกรวมๆ กันว่าเป็นการใช้ **พลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ** หรือ **อะตอมเพื่อสันติ** มนุษย์ได้เห็นประโยชน์อันหลากหลายของพลังงานนิวเคลียร์ต่อวงการต่างๆ

มากมาย โดยเป็นการใช้ประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสีจากไอโซโทปรังสี ตามมาด้วยความสำเร็จของนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างและควบคุมพลังงานนิวเคลียร์จากปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชัน ดังเช่นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ผลิตความร้อนและกัมมันตภาพรังสีเพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ นำไปสู่โรงไฟฟ้าแบบใหม่ คือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และทำให้เกิดยานพาหนะแบบใหม่ที่ปฏิบัติภารกิจได้เป็นเวลายาวนานโดยไม่ต้องนำเชื้อเพลิงไปด้วยเป็นปริมาณมาก คือ เรือที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานนิวเคลียร์ ทั้งเรือดำน้ำ เรือทางด้านการทหาร และเรือปฏิบัติภารกิจในสภาวะที่ขาดแคลนเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน เช่น เรือตัดน้ำแข็งในแถบขั้วโลก

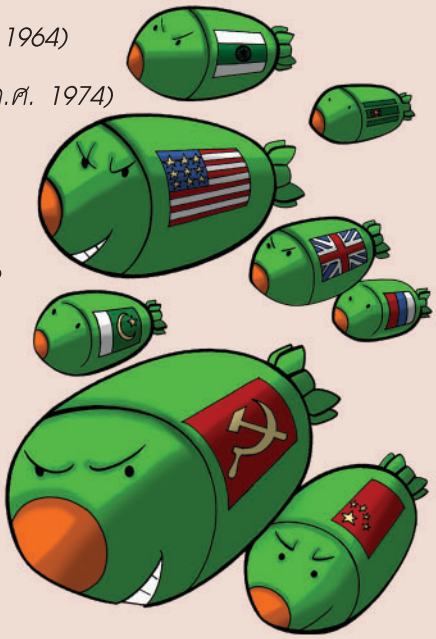


โรงไฟฟ้านิวเคลียร์และเรือที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานนิวเคลียร์ทำให้ยุคของพลังงานนิวเคลียร์หรือยุคปรมาณูเปลี่ยนโฉมหน้าประชาคมโลกคลายความหวาดกลัวพลังงานนิวเคลียร์ลงมาก โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งแรกของโลก อยู่ที่เมืองอ็อบนินสค์ (Obninsk) ประเทศรัสเซีย เปิดตัวเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน ค.ศ. 1954 ส่วนเรือดำน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานนิวเคลียร์ลำแรกของโลก ชื่อ ยูเอสเอสนอติลุส (USS Nautilus) เป็นของสหรัฐอเมริกา เริ่มใช้งานเมื่อปี ค.ศ. 1954 หลังจากนั้นหลายประเทศทั่วโลกก็เปิดตัวโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตามมา

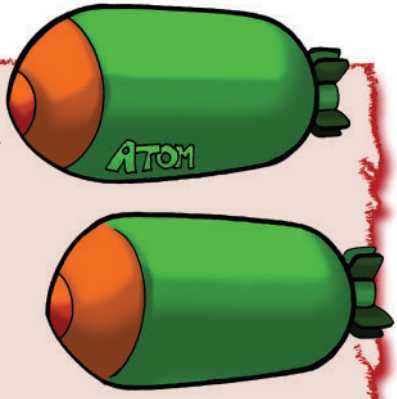
ช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1954 ถึงปี ค.ศ. 1979 พลังงานนิวเคลียร์อยู่ในกระแสทั้งด้านสันติและการทหาร

ทางด้านการทหาร หลายประเทศเริ่มเข้าร่วมกลุ่มประเทศที่มีอาวุธนิวเคลียร์ตามสหรัฐอเมริกา

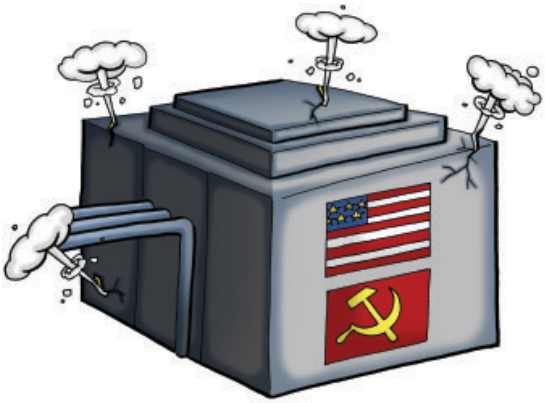
สหรัฐอเมริกาเริ่มมีอาวุธนิวเคลียร์ในปี ค.ศ. 1945 ตามมาด้วย สหภาพโซเวียต (เดิม) หรือรัสเซียในปัจจุบัน ซึ่งทดลองลูกระเบิดนิวเคลียร์ครั้งแรกปี ค.ศ. 1949 อังกฤษเป็นประเทศที่สาม (ค.ศ. 1952) ฝรั่งเศสเป็นประเทศที่สี่ (ค.ศ. 1960) จีนเป็นประเทศที่ห้า (ค.ศ. 1964) อินเดียเป็นประเทศที่หก (ค.ศ. 1974) ตามมาด้วยปากีสถานเป็นประเทศที่เจ็ด (ค.ศ. 1998) และล่าสุดเมื่อปี ค.ศ. 2006 เกาหลีเหนือก็ทดลองลูกระเบิดนิวเคลียร์สำเร็จ เข้าร่วมในกลุ่มประเทศมีอาวุธนิวเคลียร์เป็นประเทศที่แปดอย่างเป็นทางการ ส่วนอิสราเอลเป็นประเทศที่ไม่เคยรับอย่างเป็นทางการว่ามีลูกระเบิดนิวเคลียร์ แต่เชื่อกันว่า อิสราเอลก็เป็นประเทศหนึ่งที่มีอาวุธนิวเคลียร์ โดยอาจมีตั้งแต่เมื่อปี ค.ศ. 1979



อาวุธนิวเคลียร์ดังกล่าวนี้เป็น **ลูกระเบิดอะตอม** (atomic bomb) ซึ่งหมายถึงลูกระเบิดนิวเคลียร์ที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชัน การสะสมอาวุธนิวเคลียร์ของประเทศต่าง ๆ ทำให้สถานการณ์ของโลกร้อนแรงขึ้นด้วยความหวาดกลัวสงครามนิวเคลียร์ และยิ่งทวีขึ้นเมื่อประเทศต่าง ๆ เริ่มสะสมอาวุธนิวเคลียร์แบบฟิวชัน ซึ่งเป็นลูกระเบิดนิวเคลียร์ที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิวชัน แต่จุดระเบิดด้วยปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า **ลูกระเบิดไฮโดรเจน** (hydrogen bomb)



สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศแรกที่ทดลองลูกระเบิดไฮโดรเจนสำเร็จในปี ค.ศ. 1952 ตามมาด้วยสหภาพโซเวียต (เดิม) ในปี ค.ศ. 1953 อังกฤษในปี ค.ศ. 1957 จีนในปี ค.ศ. 1967 และฝรั่งเศสในปี ค.ศ. 1968 ซึ่งหลังจากนั้นแล้วยังไม่มีประเทศใดทดลองลูกระเบิดไฮโดรเจนอีกจนปัจจุบัน

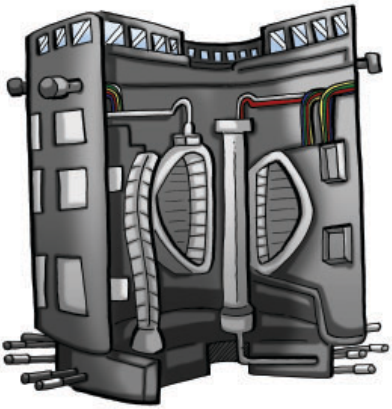


ในวันที่ 28 มีนาคม ค.ศ. 1979 เกิดอุบัติเหตุกับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ทรีไมล์ไอส์แลนด์ (Three Mile Island Reactor) เป็นอุบัติเหตุนิวเคลียร์ร้ายแรงที่สุดในประวัติศาสตร์นิวเคลียร์ของสหรัฐอเมริกา ตามมาด้วยอุบัติเหตุร้ายแรงที่สุดในประวัติศาสตร์พลังงานนิวเคลียร์ของโลก เมื่อวันที่ 26 เมษายน ค.ศ. 1986 คือ เหตุไฟไหม้และการระเบิดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิล (Chernobyl) ในสหภาพโซเวียต (เดิม) ปัจจุบันคือประเทศยูเครน ทำให้มีผู้เสียชีวิตทันทีอย่างน้อย 31 คน และต้องอพยพผู้คนจำนวน 135,000 คน ออกจากบริเวณรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้น

อุบัติเหตุที่เกิดกับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ทรีไมล์ไอส์แลนด์ และการระเบิดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิล มีผลกระทบความรู้สึกของประชาคมโลกที่มีต่อพลังงานนิวเคลียร์ ทำให้เริ่มต้นยุคตกต่ำของพลังงานนิวเคลียร์ ประเทศต่างๆ ทั่วโลกที่มีเครื่อง

ปฏิกรณ์นิวเคลียร์และโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ยุติโครงการสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์และโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ใหม่ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่มีอยู่แล้วถูกตรวจสอบการทำงานหรือถูกสั่งปิด ประเทศที่มีโครงการสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์และโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หลายประเทศเลิกล้มโครงการ

อย่างไรก็ตาม ในช่วงระหว่างเวลาที่กระแสพลังงานนิวเคลียร์ตกต่ำทั่วโลก เรื่องราวเกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ส่วนหนึ่งก็ยังเดินหน้าต่ออย่างต่อเนื่อง นั่นคือการใช้ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตไอโซโทปรังสี การใช้กัมมันตภาพรังสีสำหรับงานในด้านต่างๆ และการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กับระบบการผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์ให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยขึ้น

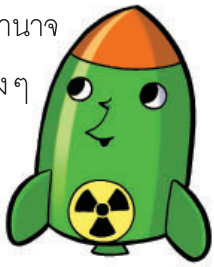


เริ่มศตวรรษที่ 21 ประมาณปี ค.ศ. 2003-2004 เรื่องของพลังงานนิวเคลียร์ก็หวนกลับมาเป็นกระแสของโลกอีก เป็นการใช้พลังงานนิวเคลียร์ด้านสันติ โดยมีโครงการสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์และโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขึ้นมาใหม่ในหลายประเทศ ล้วนแต่เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์และโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบฟิชชัน และเมื่อปลายปี ค.ศ. 2006 โครงการสร้างเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบฟิวชันชื่อ "อิเทอร์" (ITER - International Thermonuclear Experimental Reactor) ก็เป็นรูปเป็นร่างขึ้น เป็นโครงการนานาชาติใหญ่ที่สุดของโลกโครงการที่สามถัดจากโครงการแมนแฮตตันซึ่งสร้างลูกระเบิดนิวเคลียร์ครั้งแรกของโลก และโครงการสถานีอวกาศนานาชาติ (International Space Station) ศูนย์ดำเนินงานของโครงการนี้และที่ตั้งของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์อยู่ที่ประเทศฝรั่งเศส

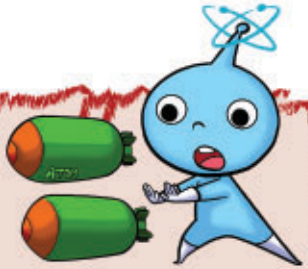
สิ่งที่เป็นปัจจัยกระตุ้นกระแสหวนกลับของพลังงานนิวเคลียร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์และโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบฟิชชัน คือ ปัญหาเรื่องราคาน้ำมันที่สูงขึ้น ในขณะที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์ลดต่ำลงมาก นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเรื่องปัญหาสภาวะโลกร้อน (global warming) ที่เกิดจากการใช้ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง และแก๊สธรรมชาติ ในขณะที่เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์นั้นปลอดภัยขึ้น ทั้งต่อชีวิตมนุษย์และสภาพแวดล้อม

ความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อควบคุมพลังงานนิวเคลียร์

หลังสงครามโลกครั้งที่สองประมาณ 10 ปี เมื่อมนุษย์สามารถควบคุมปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันได้ (โดยเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์) และสามารถใช้พลังงานนิวเคลียร์ไปผลิตไฟฟ้าได้ (โดยโรงไฟฟ้านิวเคลียร์) ก็เกิดปัญหาการแอบอ้างใช้พลังงานนิวเคลียร์เพื่อการผลิตไฟฟ้าทั้งที่จริงๆ แล้วนำไปพัฒนาอาวุธนิวเคลียร์ ทำให้เกิดความพยายามในระดับนานาชาติที่จะควบคุมการแพร่ขยายของอาวุธนิวเคลียร์และมุ่งพัฒนาพลังงานนิวเคลียร์ให้เป็นประโยชน์ในทางสันติเท่านั้น ผลจากความพยายามทำให้เกิดสนธิสัญญาระหว่างประเทศหลายฉบับ ทั้งระหว่างประเทศมหาอำนาจนิวเคลียร์ซึ่งมีไม่กี่ประเทศ และระหว่างประเทศต่างๆ ทั่วโลก อีกทั้งจากองค์กรที่จัดตั้งขึ้นมาภายใต้องค์การสหประชาชาติ



ในบรรดาสนธิสัญญาเกี่ยวกับการควบคุมอาวุธนิวเคลียร์ฉบับที่มีบทบาทอย่างเป็นรูปธรรมในการลดภัยคุกคามจากอาวุธนิวเคลียร์ คือ **สนธิสัญญาว่าด้วยการไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์** (Nuclear Non-Proliferation Treaty เรียกสั้นๆ ว่า NPT)

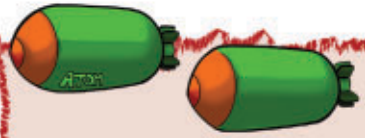


ตัวอย่างสนธิสัญญาระหว่างประเทศ

- **สนธิสัญญาว่าด้วยการห้ามทดลองอาวุธนิวเคลียร์** Partial Test Ban Treaty (PTBT) เป็นสนธิสัญญาแรก ลงนามโดย สหรัฐอเมริกา สหภาพโซเวียต (เดิม) และสหราชอาณาจักร เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม ค.ศ. 1963 โดยห้ามทดลองลูกระเบิดนิวเคลียร์ ในบรรยากาศ นอกอวกาศ ใต้น้ำ แต่ไม่รวมถึงการทดลอง ลูกระเบิดนิวเคลียร์ใต้พิภพ

- **สนธิสัญญาว่าด้วยการไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์** Nuclear Non-Proliferation Treaty (NPT) เปิดให้มีการลงนามใน ปี ค.ศ. 1968 ณ กรุงลอนดอน กรุงมอสโก และกรุงวอชิงตัน โดยกำหนดให้รัฐภาคีที่ไม่มีอาวุธนิวเคลียร์ห้ามครอบครอง ผลิต หรือหามาซึ่งอาวุธนิวเคลียร์ ถ่ายโอนอาวุธนิวเคลียร์ หรือเครื่องมือ ประกอบลูกระเบิดนิวเคลียร์ และรัฐภาคีต้องให้คำมั่นสัญญาเพื่อ จุดมุ่งหมายในการลดอาวุธนิวเคลียร์

- **สนธิสัญญาว่าด้วยการจำกัดการทดลองนิวเคลียร์ใต้พิภพ** Limited of Underground Weapon Test Treaty (Threshold Test-Ban Treaty) เป็นสนธิสัญญาทวิภาคีระหว่างสหรัฐอมริกา และ สหภาพโซเวียต (เดิม) เพื่อจำกัดการทดลองลูกระเบิดนิวเคลียร์ ใต้ดินที่ขนาดไม่เกิน 150 กิโลตัน ในปี ค.ศ. 1974



■ *สนธิสัญญาว่าด้วยการระเบิดนิวเคลียร์ใต้พิภพเพื่อความมุ่งประสงค์ในทางสันติ Underground Nuclear Explosions for Peaceful Purpose (Peaceful Nuclear Explosions Treaty) เป็นสนธิสัญญาทวิภาคีระหว่างสหรัฐอเมริกา และสหภาพโซเวียต (เดิม) เพื่อจำกัดการทดลองลูกระเบิดนิวเคลียร์นอกพื้นที่ทดลองได้ที่ขนาดไม่เกิน 150 กิโลตัน ในปี ค.ศ. 1976*

■ *สนธิสัญญาว่าด้วยการห้ามทดลองนิวเคลียร์โดยสมบูรณ์ Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT) เปิดให้ลงนามเมื่อวันที่ 24 กันยายน ค.ศ. 1996 ณ นิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา เป็นสนธิสัญญาที่มุ่งหวังในการห้ามทดลองอาวุธนิวเคลียร์ และลูกระเบิดนิวเคลียร์อื่นๆ ไม่ว่าในสิ่งแวดล้อมใดได้แก่ ในอวกาศส่วนนอก ในอากาศ ใต้น้ำ และใต้พิภพ เพื่อป้องกันมิให้มีการพัฒนาอาวุธนิวเคลียร์ให้ก้าวหน้าขึ้นไปอีก*

■ *สนธิสัญญาเขตปลอดอาวุธนิวเคลียร์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ Southeast Asia Nuclear-Weapon-Free-Zone Treaty: SEANWFZ (Bangkok Treaty) จัดตั้งขึ้นในกรุงเทพฯ เมื่อปี ค.ศ. 1995 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นเขตปลอดอาวุธนิวเคลียร์ตามเจตนารมณ์ของสนธิสัญญาว่าด้วยการไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์ (NPT) สมาชิกประกอบด้วยประเทศในภูมิภาคดังกล่าว*

สนธิสัญญาว่าด้วยการไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์

สนธิสัญญาว่าด้วยการไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์ (Nuclear Non-Proliferation Treaty: NPT) เป็นสนธิสัญญาใหญ่ที่สุดระดับโลก เกี่ยวกับการควบคุมและป้องกันการแพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์ มีเป้าหมายหลักคือจำกัดและลดปริมาณอาวุธนิวเคลียร์ของประเทศที่มีอาวุธนิวเคลียร์อยู่แล้ว และป้องกันมิให้ประเทศที่ไม่มีอาวุธนิวเคลียร์ สร้างหรือสะสมอาวุธนิวเคลียร์

สนธิสัญญานี้ ประเทศไอร์แลนด์เป็นประเทศผู้นำเสนอและเปิดรับสมาชิก (ลงนาม) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1968 ฟินแลนด์เป็นประเทศแรกที่ลงนามเข้าเป็นสมาชิก และเมื่อปี ค.ศ. 1992 ประเทศมหาอำนาจนิวเคลียร์ 5 ประเทศ คือ สหรัฐอเมริกา รัสเซีย อังกฤษ ฝรั่งเศส และจีน ได้ร่วมลงนาม

เดือนกันยายน ค.ศ. 2006 มีประเทศร่วมลงนามในสนธิสัญญานี้จำนวน 188 ประเทศ ประเทศไทยร่วมเป็นสมาชิกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม ค.ศ. 1972 ประเทศเกาหลีเหนือได้ร่วมลงนามด้วยแต่ถอนตัวในปี ค.ศ. 2003 ส่วนประเทศที่มีอาวุธนิวเคลียร์ทั้งอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการที่ยังไม่ร่วมลงนาม คือ อินเดีย ปากีสถาน และอิสราเอล

สนธิสัญญาว่าด้วยการไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์นับเป็นสนธิสัญญาที่มีบทบาทอย่างได้ผล ช่วยลดการแพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์ได้จริง เพราะหลายประเทศที่ร่วมลงนามเลิกล้มโครงการพัฒนาอาวุธนิวเคลียร์โดยตรง หรือโครงการพัฒนาพลังงานนิวเคลียร์ที่มีศักยภาพจะขยายผลต่อถึงอาวุธนิวเคลียร์ ที่สำคัญบางประเทศที่เคยมีอาวุธนิวเคลียร์มาก่อน เช่น ยูเครน (Ukrain) เบลารุส (Belarus) และคาซัคสถาน (Kazakhstan) ซึ่งเป็นประเทศเกิดใหม่จากการล่มสลายของสหภาพโซเวียตและมีอาวุธนิวเคลียร์อยู่ในครอบครองเป็นจำนวนมากได้ทำลาย และ/หรือ ส่งกลับอาวุธเหล่านั้นให้รัสเซียจนหมด

ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency - IAEA) มีเป้าหมายและภารกิจหลัก 3 ประการ คือ การพิทักษ์การไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์ การสนับสนุนการใช้พลังงานนิวเคลียร์ให้มีความมั่นคงปลอดภัย และการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ด้านสันติอย่างปลอดภัย

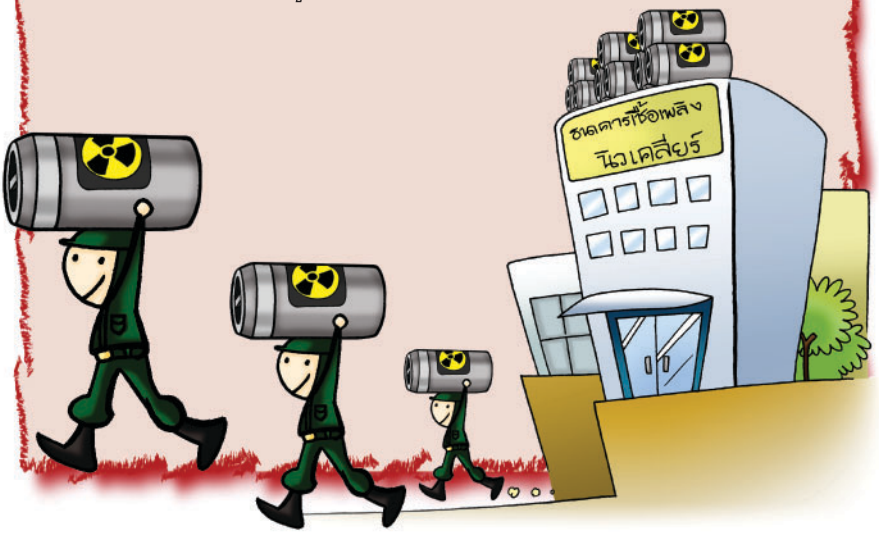
เป็นองค์กรภายใต้เครือข่ายขององค์การสหประชาชาติ ตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1957 ตามคำกล่าวในหัวข้อ "ปรมาณูเพื่อสันติ" (Atoms for Peace) ของ ประธานาธิบดี ดไวต์ ดี. ไอเซนฮาวร์ ประธานาธิบดีแห่งสหรัฐอเมริกาในขณะนั้น ในการประชุมสมัชชาสหประชาชาติ เมื่อวันที่ 8 ธันวาคม ค.ศ. 1953 สำนักงานกลางของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศอยู่ที่กรุงเวียนนา ประเทศออสเตรีย

การทำงานของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศประสบปัญหามากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับประเทศที่มีโครงการลับๆ หรือการเคลื่อนไหวอย่างน่าสงสัยเกี่ยวข้องกับพลังงานนิวเคลียร์

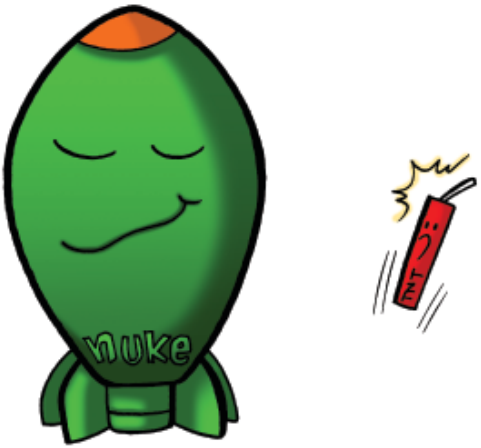
ซึ่งส่วนใหญ่อ้างว่าเพื่อการพัฒนาพลังงานนิวเคลียร์สำหรับประโยชน์ด้านสันติ เช่น การผลิตไอโซโทปรังสี หรือผลิตพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น แต่ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศมีข้อมูลทางลับว่าความจริงมิได้เป็นเช่นนั้น แต่ถึงกระนั้นทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศก็สามารถเดินหน้าทำงานได้อย่างสมควร โดยได้ช่วยประเทศที่ด้อยทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ให้ตระหนักและเกิดความพร้อมในการพัฒนาพลังงานนิวเคลียร์เพื่อประโยชน์ด้านสันติ เช่น การพัฒนาหรือทำให้ได้มีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่มีความเหมาะสมกับความจำเป็น เช่น เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์สำหรับการวิจัยและการผลิตไอโซโทปรังสีที่แตกต่างไปจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์สำหรับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หรือเสริมสมรรถนะของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่สามารถนำไปสร้างอาวุธนิวเคลียร์ได้

ปี ค.ศ. 2005 ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศได้รับรางวัลโนเบลสาขาสันติภาพ ร่วมกับ **ดร. โมฮาเมด เอลบาราเด (Mohamed ElBaradei)** ผู้อำนวยการใหญ่ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ จากผลงานการป้องกันมิให้นำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้เพื่อจุดมุ่งหมายทางการทหาร และส่งเสริมให้นำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ทางสันติอย่างปลอดภัยที่สุด

ดร. โมฮาเมด เอลบาราเด มีนโยบายที่จะให้มี **"ธนาคารเชื้อเพลิงนิวเคลียร์"** (nuclear fuel bank) เพื่อเป็นหลักประกันให้ทุกประเทศที่มีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์หรือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ได้มีเชื้อเพลิงนิวเคลียร์สำหรับใช้งานตลอดไปโดยไม่ต้องแสวงหาหรือผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ขึ้นมาเอง เป้าหมายลึกๆ ก็คือ ป้องกันการแพร่ขยายการผลิตเชื้อเพลิงสมรรถนะสูงที่จะถูกนำไปใช้ในการผลิตอาวุธนิวเคลียร์ นโยบายและแนวคิดนี้ได้รับทั้งเสียงสนับสนุนและไม่เห็นด้วยจากหลายประเทศ ประเทศที่มีขีดความสามารถต่ำในการจัดหาหรือผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ซึ่งเป็นเสียงส่วนใหญ่ให้การสนับสนุน ในขณะที่ประเทศซึ่งมีขีดความสามารถสูงในการผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์อยู่แล้วไม่เห็นด้วย



พลังงานนิวเคลียร์ที่รวดเร็วและรุนแรง

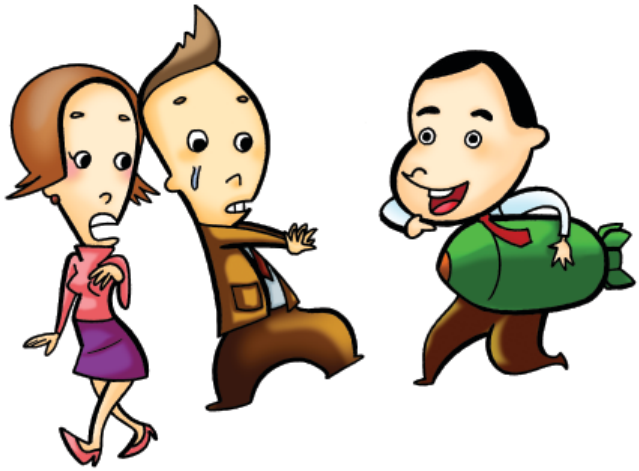


พลังงานนิวเคลียร์ที่รวดเร็วและรุนแรง หมายถึงพลังงานนิวเคลียร์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาอย่างทันทีทันใดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ทั้งแบบฟิชชันและแบบฟิวชัน ซึ่งก็คือลูกระเบิดนิวเคลียร์นั่นเอง

โดยทั่วไปเมื่อพูดถึงการใช้งานของลูกระเบิดนิวเคลียร์หรือการระเบิดแบบนิวเคลียร์ มักจะนึกถึงการใช้งานทางด้านการทหาร แต่จริงๆ แล้ว การระเบิดแบบนิวเคลียร์หรือลูกระเบิดนิวเคลียร์โดยตรง สามารถนำไปใช้ในกิจการที่มิใช่ทางการทหารได้เช่นกัน

ลูกระเบิดนิวเคลียร์เพื่องานมิใช่ทางการทหาร

จากอานุภาพความรุนแรงของลูกระเบิดนิวเคลียร์ ทั้งแบบฟิชชันและฟิวชันที่มีอานุภาพสูงกว่าลูกระเบิดแบบเคมีมาก ในการระบุระดับความรุนแรงของลูกระเบิดนิวเคลียร์แต่ละลูก จะระบุเป็นความรุนแรงของลูกระเบิดนิวเคลียร์นั้นว่าเทียบเท่ากับการระเบิดทางเคมีของทีเอ็นทีในระดับเป็นกิโลตัน (พันตัน) หรือเมกะตัน (ล้านตัน)



ตั้งแต่เริ่มรับรู้อานุภาพรุนแรงของลูกระเบิดนิวเคลียร์ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักลงทุนอุตสาหกรรม ในยุคแรกๆ ของลูกระเบิดนิวเคลียร์ มองเห็นศักยภาพการใช้ประโยชน์ของ

ลูกระเบิดนิวเคลียร์สำหรับงานการผลิตและการก่อสร้างระดับใหญ่ จึงได้ศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน และความปลอดภัย

ในช่วงแรกของยุคพลังงานนิวเคลียร์ มีการเสนอและศึกษาพิจารณาโครงการใหญ่ ๆ แปลก ๆ ที่จะใช้ลูกระเบิดนิวเคลียร์ในหลายโครงการ เช่น โครงการขุดคลองเชื่อมฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติกกับมหาสมุทรแปซิฟิกบริเวณทวีปอเมริกาตอนกลาง ซึ่งการขุดโดยใช้ลูกระเบิดนิวเคลียร์จะทุ่นเวลาได้ครึ่งหนึ่ง และลดค่าใช้จ่ายเหลือเพียง 1 ใน 3 ของวิธีขุดคลองแบบทั่วไป นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการขุดหาแหล่งแร่ใต้ดิน และการขุดหาแหล่งน้ำมันที่อยู่ลึกมาก ๆ

อย่างไรก็ตามในที่สุดการใช้ลูกระเบิดนิวเคลียร์ที่มิใช่เพื่อการทหาร ส่วนใหญ่ต้องล้มเลิกหรือชะลอไว้ก่อน เพราะความกังวลเรื่องผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมจากกัมมันตภาพรังสีที่จะอยู่ยาวนานหลายสิบปีหรือหลายร้อยปี โครงการที่ยังศึกษาอยู่ถึงปัจจุบันเป็นงานการศึกษาวิจัยที่มุ่งเน้นเรื่องการจัดการปัญหาเรื่องความปลอดภัยและผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม คาดกันว่าการใช้ประโยชน์ของลูกระเบิดนิวเคลียร์ที่มิใช่เพื่องานทางด้านการทหารนี้ คงจะเกิดขึ้นจริงได้ยาก ถ้าไม่มีการคิดค้นนวัตกรรมทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์

ลูกระเบิดนิวเคลียร์เพื่องานด้านการทหาร

ลูกระเบิดนิวเคลียร์เพื่องานด้านการทหารหรืออาวุธนิวเคลียร์แบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ลูกระเบิดอะตอม และลูกระเบิดไฮโดรเจน

ลูกระเบิดอะตอม เป็นลูกระเบิดนิวเคลียร์จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ใช้อะตอมของธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนัก เช่น ยูเรเนียม พลูโทเนียม เป็นเชื้อเพลิง ความรุนแรงของลูกระเบิดอะตอมแต่ละลูก ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้อง

โดยหลักการ ลูกระเบิดอะตอมมีส่วนประกอบเป็นแบบง่าย ๆ คือ เชื้อเพลิง เช่น ยูเรเนียม 2 ส่วนเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ แต่ที่สำคัญ เชื้อเพลิงแต่ละส่วน เมื่อแยกกันอยู่มีปริมาณต่ำกว่า **"มวลวิกฤต"** (critical mass) ซึ่งหมายถึงขนาดของมวลเชื้อเพลิงต่ำสุดที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันอย่างรุนแรงพร้อม ๆ กัน ในการทำงานของลูกระเบิดอะตอม ถูกออกแบบให้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ส่วน ได้เข้ารวมกันทำให้มวลรวมของเชื้อเพลิงทั้งหมดสูงกว่า **"มวลวิกฤต"** จึงเกิดการระเบิดแบบนิวเคลียร์ฟิชชันขึ้น

ลูกระเบิดไฮโดรเจน มีชื่อเรียกที่ถูกต้องกว่าคือ **"ลูกระเบิดนิวเคลียร์ความร้อน"** หรือ **"ลูกระเบิดเทอร์โมนิวเคลียร์"** (thermonuclear bomb) เพราะโดยหลักการลูกระเบิดชนิดนี้ต้องอาศัยความร้อนที่สูงมากพอที่จะทำให้มวลของธาตุเชื้อเพลิง เริ่มจากมวลของธาตุเบา เช่น ไฮโดรเจน หลอมรวมกันเข้าเป็นอะตอมของธาตุใหม่ที่หนักกว่าเดิม เช่น ฮีเลียม ดังนั้นจริง ๆ แล้วลูกระเบิดเทอร์โมนิวเคลียร์หรือลูกระเบิดนิวเคลียร์ฟิวชัน จึงอาจจะใช้ธาตุอะไรก็ได้เป็นเชื้อเพลิง แต่เนื่องจากธาตุที่เป็นเชื้อเพลิง ถ้าเป็นธาตุที่หนักขึ้นต้องอาศัยความร้อนที่สูงยิ่งขึ้นจึงจะทำให้อะตอมของธาตุเชื้อเพลิง เช่น อะตอมของธาตุฮีเลียม หลอมรวมกันเป็นอะตอมของธาตุหนักขึ้น เช่น ลิเทียม และดังนั้นเท่าที่เกิดขึ้นจริง ๆ และที่ทราบกัน ลูกระเบิด

เทอร์โมนิวเคลียร์ทั้งหมดที่ถูกสร้างขึ้นมาจึงล้วนเป็นชนิดที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง เป็นที่มาของชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า **"ลูกระเบิดไฮโดรเจน"**

ปลายปี ค.ศ. 2006 ทั่วโลกมี 8 ประเทศ ที่ยอมรับหรือมีหลักฐานการทดลองลูกระเบิดนิวเคลียร์อย่างปฏิเสธไม่ได้ คือ สหรัฐอเมริกา รัสเซีย อังกฤษ ฝรั่งเศส จีน อินเดีย ปากีสถาน และเกาหลีเหนือ ทั้ง 8 ประเทศมีลูกระเบิดอะตอมหรือลูกระเบิดนิวเคลียร์ฟิชชัน มีเพียง 5 ประเทศที่มีลูกระเบิดไฮโดรเจน คือ สหรัฐอเมริกา รัสเซีย อังกฤษ จีน และฝรั่งเศส

นอกเหนือจากประเทศที่กล่าวไปแล้ว มีประเทศอื่นๆ อีกบางประเทศซึ่งเชื่อกันว่ามีอาวุธนิวเคลียร์อยู่ในครอบครอง เช่น อิสราเอล เป็นอาวุธนิวเคลียร์ประเภทลูกระเบิดอะตอม

บทบาทและผลกระทบของอาวุธนิวเคลียร์ต่อสันติภาพโลกขึ้นอยู่กับประเด็นสำคัญ คือ ปริมาณของอาวุธนิวเคลียร์ที่มีอยู่ทั่วโลก การกระจายของอาวุธนิวเคลียร์ จำนวนประเทศที่มีอาวุธนิวเคลียร์ เทคโนโลยีหรือวิธีการสร้างอาวุธนิวเคลียร์ (ที่ง่ายขึ้น) และเทคโนโลยีการนำอาวุธนิวเคลียร์สู่เป้าหมาย

สำหรับตัวเลขปริมาณของอาวุธนิวเคลียร์ที่มีสะสมกันอยู่ทั่วโลกในปัจจุบัน ถ้าจะแยกแยะระหว่างลูกระเบิดนิวเคลียร์แบบ

ฟิชชันและแบบฟิวชัน เป็นตัวเลขที่หาและตรวจสอบได้ยาก แต่ก็มีข้อมูลเป็นสถิติเผยแพร่ทั่วไปอย่างน่าเชื่อถือได้ เป็นประมาณการอาวุธนิวเคลียร์ของประเทศหลักๆ 7 ประเทศ (ไม่รวมเกาหลีเหนือและอิสราเอล) ถึงปลายปี ค.ศ. 2006 มีสถิติรวบรวมไว้ ดังนี้

รัสเซีย	16,000	ลูก
สหรัฐอเมริกา	10,104	ลูก
ฝรั่งเศส	350	ลูก
อังกฤษ	200	ลูก
จีน	200	ลูก
อินเดีย	50 - 60	ลูก
ปากีสถาน	40 - 50	ลูก

อาวุธนิวเคลียร์มีอายุการใช้งาน ดังนั้นสำหรับประเทศที่สะสมอาวุธนิวเคลียร์มานาน เช่น สหรัฐอเมริกาและรัสเซีย จำนวนลูกระเบิดนิวเคลียร์ตามระบุจะมีเหลือที่ทำงานได้จริงประมาณเกินครึ่งเล็กน้อย (สำหรับสหรัฐอเมริกา) หรือไม่ถึงครึ่ง (สำหรับรัสเซีย)

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจำนวนอาวุธนิวเคลียร์เฉพาะเท่าที่ประเทศต่าง ๆ มีอยู่และที่ยังปฏิบัติงานได้ (ยังไม่หมดอายุ) นับเป็นปริมาณที่กล่าวได้ว่า "มากเกินพอ" ที่จะทำให้โลกทั้งโลกเปลี่ยนสภาพกลับคืนสู่ยุคมนุษย์หินได้ถ้าเกิดสงครามนิวเคลียร์ขึ้น

ดังนั้นการมีข้อมูลความรู้ที่ถูกต้องและการตระหนักถึงภัยจากสงครามนิวเคลียร์ จึงน่าจะเป็นสิ่งเตือนสติของมนุษย์ทั้งโลกที่จะต้องช่วยกันป้องกันมิให้ประเทศใดประเทศหนึ่งนำอาวุธนิวเคลียร์ออกไปใช้กับอีกประเทศหนึ่ง เพราะถ้าเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นจะเป็นเรื่องยากยิ่งที่จะป้องกันมิให้สงครามนิวเคลียร์ระดับโลกระเบิดขึ้น

พลังงานนิวเคลียร์ภายใต้การควบคุม

พลังงานนิวเคลียร์จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางและอย่างเป็นรูปธรรมมากที่สุดคือพลังงานนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุม โดยมีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เป็นเครื่องมือหลัก

การใช้ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ได้ออกมาจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ และสามารถจัดกลุ่มการใช้ประโยชน์หรือศักยภาพของการใช้ประโยชน์ของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ที่น่าสนใจเป็นพิเศษคือการใช้สำหรับขับเคลื่อนยานพาหนะขนาดใหญ่ การใช้พลังงานนิวเคลียร์ในอวกาศ และการผลิตไฟฟ้า (โรงไฟฟ้านิวเคลียร์)

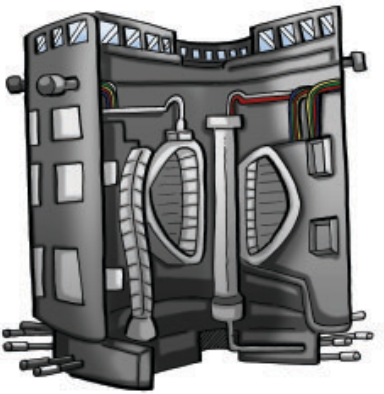
การใช้พลังงานนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขับเคลื่อนยานพาหนะขนาดใหญ่ในยุคแรกๆ ของพลังงานนิวเคลียร์มีความคาดหวังไปทั้งกว้างและไกลว่า พลังงานนิวเคลียร์จะเป็นความหวังใหม่และใหญ่สำหรับขับเคลื่อนยานพาหนะทุกภาคส่วนของโลก คือ ทั้งในอากาศ ได้แก่ เครื่องบิน บนบก ได้แก่ รถยนต์

รถไฟ ฯลฯ และในทะเล แต่ในที่สุดจนถึงปัจจุบันปรากฏว่า มีเฉพาะการขับเคลื่อนยานพาหนะในทะเลเท่านั้นที่เกิดผลจริงๆ ส่วนเรื่องของรถยนต์นิวเคลียร์ รถไฟนิวเคลียร์ เครื่องบินนิวเคลียร์ จะต้องรอนวัตกรรมในอนาคต (ซึ่งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรหัวก้าวหน้าจำนวนไม่น้อยกำลังคิดค้นกันอยู่ตลอด) เพื่อจะนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้กับยานบนบกและในอากาศได้อย่างคุ้มค่าและปลอดภัย

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์มีหน้าที่หลักคือ ทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ แล้วควบคุมปฏิกิริยานิวเคลียร์ให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในอัตราและระดับที่ต้องการ

เนื่องจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่มีการศึกษาเพื่อนำมาผลิตพลังงานนิวเคลียร์ มีอยู่ 2 ชนิด คือ ฟิชชันและฟิวชัน เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จึงมีทั้งแบบฟิชชันและฟิวชัน (เครื่องปฏิกรณ์ที่กล่าวถึงทั่วไปนั้นเป็นแบบฟิชชัน จึงเรียกกันเพียงสั้นๆ ว่า เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ แต่หากมีการกล่าวถึงแบบฟิวชัน จะระบุชัดเจนว่า เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชัน)



เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย และกำลัง

ถึงแม้ว่าในการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์โดยทั่วไป จะมีสิ่งต่าง ๆ ถูกปล่อยออกมา คือ กัมมันตภาพรังสี ทั้งที่เป็นอนุภาค เช่น นิวตรอน และที่เป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งมีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น และถึงแม้ว่าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์มีหลากหลายประเภท หลายแบบและรุ่น ขึ้นอยู่กับลักษณะและวัตถุประสงค์ของการใช้งานและพัฒนาการของเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ แต่สำหรับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์โดยทั่วไปที่มิใช่เพื่องานด้านการทหาร จะมีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ คือ ผลิตอนุภาคนิวตรอน และปลดปล่อยพลังงานความร้อน โดยแต่ละแบบจะเน้นหน้าที่หลักอย่างใดอย่างหนึ่ง ทำให้เกิดเป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

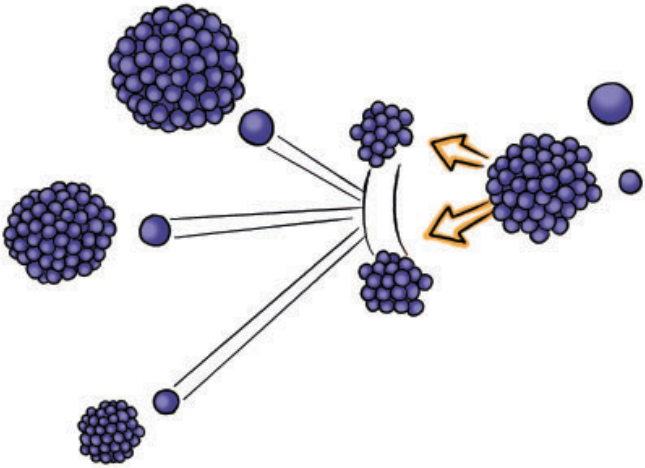
1. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย (nuclear research reactor)
2. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลัง (nuclear power reactor)

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ส่วนใหญ่ทั่วโลกที่มีอยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งในประเทศไทย เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย เน้นการผลิตอนุภาคนิวตรอนมากๆ เป็นหลัก เรียกเป็น **นิวตรอนฟลักซ์** (neutron flux) เพื่อใช้ในการผลิตไอโซโทปกัมมันตรังสี เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

ส่วนเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลัง หน้าที่หลักคือผลิตพลังงานความร้อนออกมาอย่างมากเพื่อใช้ประโยชน์ในการขับเคลื่อนยานพาหนะและในการผลิตกำลังไฟฟ้า เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลังจึงเป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์หลักของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

พัฒนาการเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 4 ยุค

ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบฟิชชันที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน สิ่งที่เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะต้องทำ คือ ทำให้ปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น **"ปฏิกิริยาลูกโซ่"** (nuclear chain reaction) ในอัตราและระดับที่ต้องการ ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งาน



ปัจจัยหลักที่นำไปสู่ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ มีดังนี้

- เชื้อเพลิงนิวเคลียร์
- การทำให้ปฏิกิริยานิวเคลียร์เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- การควบคุม (ยุติ) ปฏิกิริยานิวเคลียร์เมื่อต้องการ
- การนำเอาสิ่งที่ต้องการจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ไปใช้งาน
- การป้องกันอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

ความแตกต่างหลักๆ ของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบต่างๆ คือการเลือกใช้วัสดุ กระบวนการการควบคุมปฏิกิริยาลูกโซ่ และกระบวนการการนำสิ่งที่ต้องการจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ไปใช้ (นิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย หรือพลังงานความร้อนจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลัง)

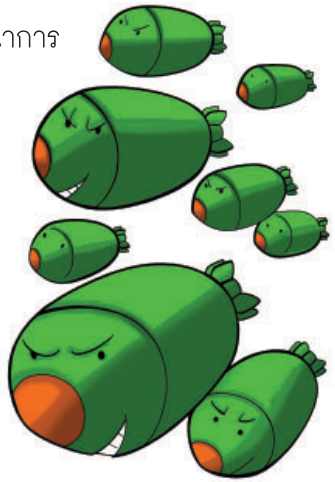
จากหน้าที่หลักของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ดังกล่าว เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์โดยทั่วไป จึงมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

1. แกนเครื่องปฏิกรณ์ (reactor core)
2. เชื้อเพลิงหรือแท่งเชื้อเพลิง (fuel)
3. ตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน (neutron moderator) เพื่อให้นิวตรอนเคลื่อนที่ช้าลง เพิ่มโอกาสการเกิดปฏิกิริยาการแบ่งแยกนิวเคลียส

4. ตัวสะท้อนนิวตรอน (neutron reflector) เพื่อสะท้อนนิวตรอนกลับเข้าไปในแกนเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ทำให้เกิดการแบ่งแยกนิวเคลียสมากขึ้น และใช้นิวตรอนอย่างคุ้มค่า
5. สิ่งกำบังรังสี (shield) เพื่อป้องกันอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี
6. ตัวทำให้เย็น (coolant) เพื่อนำความร้อนออกไปทิ้งสำหรับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย หรือไปใช้ประโยชน์ต่อสำหรับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลัง
7. ระบบควบคุม (control system)

ประวัติพัฒนาการของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เริ่มต้นจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของโลก ที่ได้กล่าวถึงไปแล้ว คือ ชิคาโกไพล์-1 เดินเครื่องทำงานเป็นครั้งแรกเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม ค.ศ. 1942 หลังจากนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบต่างๆ เรื่อยมา จนกระทั่งถึงปัจจุบัน

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์มีพัฒนาการมากว่าครึ่งศตวรรษ และจะยังมีพัฒนาต่อไปอีก ทั้งนี้ได้แบ่งพัฒนาการของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ออกเป็นชั่วรุ่นหรือยุค (generation) โดยกระทรวงพลังงานของสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Energy) และอุตสาหกรรมพลังงานนิวเคลียร์ภายในประเทศสหรัฐอเมริกานั้นแบ่งเป็น 4 ยุค



เริ่มต้นจากยุคแรกที่เริ่มใช้งานเชิงพาณิชย์ได้ จนถึงยุคที่ 4 เป็นแนวโน้มในอนาคต แต่ละยุคได้รวมเอาวิวัฒนาการของการปรับปรุงที่มีแนวความคิดใหม่ เป็นนวัตกรรมที่ทำให้เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ก้าวหน้าต่อไปได้ โดยมีสิ่งเด่นและความเคลื่อนไหวน่าสนใจเป็นพิเศษของแต่ละยุค ดังต่อไปนี้

ยุคที่ 1 (Generation I)

พัฒนาการเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์รุ่นแรก ๆ เชิงพาณิชย์เป็นต้นแบบของพัฒนาการรุ่นต่อ ๆ มา ช่วงเวลาของยุคที่ 1 นาน 2 ทศวรรษ คือทศวรรษ ค.ศ. 1950 ถึง 1960 เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 1 นี้มาจากประเทศรัสเซีย สหรัฐอเมริกา อังกฤษ แคนาดา และฝรั่งเศส

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 1 ทั้งหมด ล้วนมีหลักการและส่วนประกอบคล้ายกัน ที่แตกต่างกันบ้างคือ การเลือกวัสดุที่ใช้เป็นตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน ซึ่งใช้แกรไฟต์หรือน้ำที่เป็นน้ำธรรมดาและน้ำมวลหนัก (heavy water มีไอโซโทปดิวเทอเรียมแทนไฮโดรเจนในโมเลกุลรวมกับออกซิเจน) เป็นหลัก และใช้น้ำหรือแก๊สเป็นตัวระบายความร้อน

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 1 ได้เปิดยุคของการใช้พลังงานนิวเคลียร์ที่รู้จักกันถึงทุกวันนี้อย่างหลากหลาย คือ ใช้ในการผลิตไอโซโทปกัมมันตรังสี ผลิตไฟฟ้า และขับเคลื่อนเรือชนิดต่างๆ ทำให้โลกได้รู้จักและใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัยอย่างแพร่หลาย ได้เห็นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์โรงแรกในรัสเซีย และได้เห็นเรือดำน้ำนิวเคลียร์ลำแรกของโลกด้วย

ยุคที่ 2 (Generation II)

พัฒนาการของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 2 ในช่วงทศวรรษ ค.ศ. 1970 ถึง 1980 เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เชิงพาณิชย์ที่พัฒนามากขึ้นจากระบบเริ่มต้นและแพร่ขยายในประเทศต่างๆ มากขึ้น มิได้จำกัดอยู่เฉพาะในประเทศผู้บุกเบิกเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ประเทศใหม่ที่เริ่มมีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในยุโรป คือเยอรมนี อิตาลี ประเทศยุโรปตะวันออกบางประเทศ ในเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน เกาหลีใต้ และอินเดีย

ในยุคที่ 1 มีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เกิดขึ้นมากมายหลายแบบ บางแบบก็แพร่หลายต่อ ๆ มา บางแบบก็หายไปจากความสนใจ ต่อมาในยุคที่ 2 เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์บางแบบก็ยืนหยัดเด่นชัดและรู้จักกันมากขึ้น เช่น

- แบบ RBMK (จากชื่อเต็มภาษารัสเซีย มีความหมายเป็นภาษาอังกฤษว่า reactor (of) large power (of the) channel type) ของรัสเซีย
- แบบ LWR (light-water reactor) ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งแยกย่อยเป็นอีก 2 แบบ คือ
  - แบบ PWR (pressurized water reactor)
  - แบบ BWR (boiling water reactor)
- แบบ HWR (heavy-water reactor) หรือ CANDU (Canada deuterium uranium) ของประเทศแคนาดา

ยุคที่ 3 (Generation III)

พัฒนาการของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในช่วงตั้งแต่ทศวรรษ ค.ศ. 1990 ถึง 2000 ปรับปรุงจากยุคที่ 2 โดยเน้นหลักการสำคัญ 2 ด้าน คือ ความปลอดภัย

ของระบบ และการออกแบบระบบเชิงก้าวหน้าหรือขั้นสูง (advanced design) เพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบ

การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 3 ที่เน้นเรื่องความปลอดภัยและสมรรถนะที่สูงขึ้นนี้เป็นผลพวงส่วนหนึ่งจากปัญหาอุบัติเหตุนิวเคลียร์ใหญ่ที่เกิดขึ้นในยุคที่ 2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุบัติเหตุที่เกิดกับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ทรีไมล์ไอส์แลนด์ ในปี ค.ศ. 1979 และการระเบิดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิลในปี ค.ศ. 1986

ผลจากความพยายามในการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่เน้นเรื่องความปลอดภัยและสมรรถนะที่สูงขึ้นหรือก้าวหน้าขึ้น ทำให้เกิดเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบ **แพสซิฟ** (passive design) หรือผสมผสานทั้งส่วนของ passive และ advanced design เป็นแบบ advanced passive (AP)

"passive" หรือ "**แพสซิฟ**" มีความหมายตรงๆ คือ "**เฉื่อย**" หรือ "**เนือย**" เพื่อสื่อความหมายว่าถ้าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบ

แพสซิฟเกิดความผิดปกติใดๆ ขึ้น เครื่องจะหยุดทำงานไปเอง โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือไปสั่งหรือควบคุมเพื่อแก้ไขสถานการณ์

ประเทศที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 3 คือ สหรัฐอเมริกา รัสเซีย ญี่ปุ่น กลุ่มประเทศยุโรป กลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย รวมทั้งแคนาดา เกาหลีใต้ และอินเดีย

ยุคที่ 3+ (Generation III+)

พัฒนาการเครื่องปฏิกรณ์ในอนาคต ตั้งแต่ทศวรรษปี ค.ศ. 2010 ถึง 2020 มีเป้าหมายที่ชัดเจน คือ พัฒนาโดยเน้นความปลอดภัย ลดต้นทุนในการใช้งานเพื่อการผลิตไฟฟ้าให้ต่ำลง

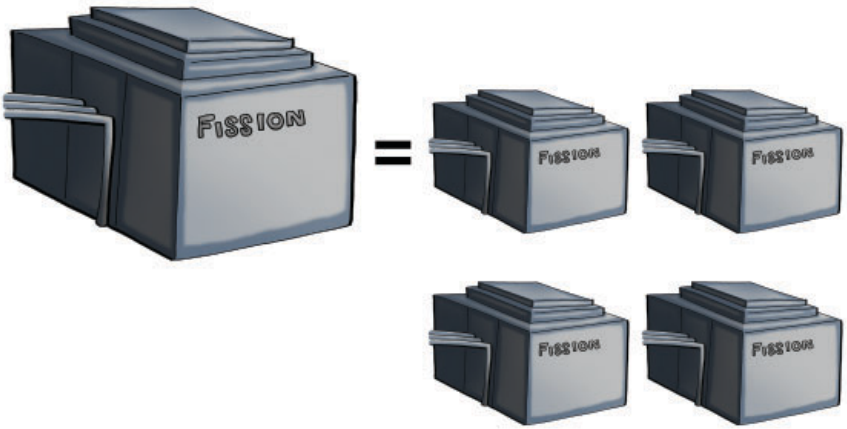
ยุคที่ 4 (Generation IV)

พัฒนาการเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในอนาคต ในยุคที่ 4 ตั้งแต่ประมาณปี ค.ศ. 2030 เป็นต้นไป มีจุดเด่นด้านการพัฒนาที่สำคัญเป็นพิเศษอยู่ 4 อย่าง คือ

1. ราคาไม่แพง คือ ประหยัดค่าลงทุนและค่าใช้จ่ายในการทำงาน
2. ด้านความปลอดภัย เช่น การให้ความสำคัญของระบบแพสซิฟ
3. มีกากเชื้อเพลิงน้อยที่สุด
4. ปลอดจากการนำไปใช้ในการแพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์

ความเคลื่อนไหวสู่เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 4 ได้เริ่มต้นขึ้นแล้วตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 21 นั่นคือ หลายประเทศร่วมมือกันเพื่อการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่งจะทำให้ลดการแข่งขันระหว่างประเทศลง โดยมีประเทศหลักที่ได้ร่วมลงมือทำงานพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 4 แล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา รัสเซีย และญี่ปุ่น

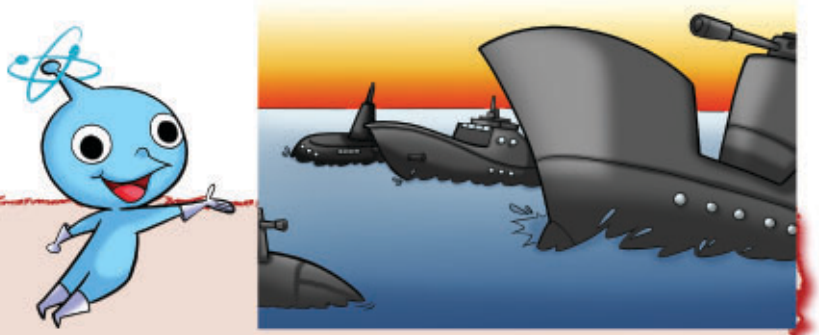
ในด้านการทำให้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 4 มีราคาไม่แพงสำหรับการลงทุน แนวทางหนึ่งที่เด่นชัดคือ การพัฒนาระบบหรือหน่วยของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เป็นแบบมอดูล (module) ที่มีลักษณะหรือสภาพเป็นส่วนๆ หรือเป็นชิ้น หรือเป็นระบบเล็กๆ เพื่อที่จะได้ผลิตจากต้นแบบเดียวกัน ราคาต่อหน่วยจะถูกลง การติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์หรือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะใช้เวลาน้อยลง การบำรุงรักษาก็จะง่ายขึ้น



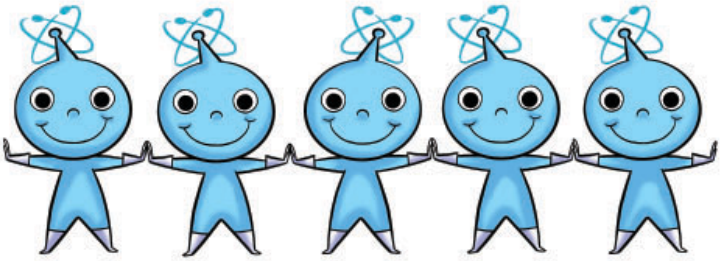
พลังงานนิวเคลียร์ในทะเล

การใช้งานพลังงานนิวเคลียร์ในทะเลทั้งหมดขึ้นอยู่กับการใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบกำลัง คือ เน้นการผลิตพลังงานความร้อนเพื่อนำไปใช้ขับเคลื่อนเรือชนิดต่างๆ

จากจุดเด่นของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ให้พลังงานได้เป็นปริมาณมากและยาวนานโดยใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ไม่มาก ทำให้การพัฒนาพลังงานนิวเคลียร์เพื่อขับเคลื่อนเรือชนิดต่างๆ ในระยะแรกตั้งความหวังไว้สูงมาก พลังงานนิวเคลียร์ใช้ขับเคลื่อนเรือได้มากมายหลายชนิด ทั้งเพื่องานด้านการทหาร เช่น เรือดำน้ำ เรือบรรทุกเครื่องบิน เรือรบชนิดต่างๆ และทางด้านพลเรือน เช่น เรือเฉพาะกิจปฏิบัติงานในสภาวะที่เรือทั่วไปทำได้ไม่ดีนัก เช่น เรือตัดน้ำแข็ง รวมทั้งเรือทั่วไป เช่น เรือขนส่งสินค้า เรือโดยสาร



ในช่วงสงครามเย็นเมื่อประมาณ 30 ปีที่ผ่านมา หลายประเทศแข่งกันสร้างเรือดำน้ำนิวเคลียร์ เรือบรรทุกเครื่องบิน และเรือลาดตระเวนนิวเคลียร์ จนเมื่อสงครามเย็นยุติลง พบว่าทั่วโลกมีเรือดำน้ำนิวเคลียร์มากกว่า 400 ลำ ในปัจจุบันเหลืออยู่ในความครอบครองของประเทศต่างๆ รวมกันแล้วประมาณ 160 ลำ



อย่างไรก็ตาม แนวโน้มต่อไปในอนาคต คาดกันว่า ประเทศต่างๆ จะให้ความสนใจเรือพลังนิวเคลียร์สำหรับงานด้านพลเรือนมากขึ้น เพราะเทคโนโลยีนิวเคลียร์ขับเคลื่อนเรือจะมีราคาถูกลง ค่าใช้จ่ายในการออกปฏิบัติการของเรือก็จะถูกลงด้วย ความปลอดภัยจากกัมมันตภาพรังสีที่จะมีมากขึ้น และที่จะเป็นแรงผลักดันสำคัญให้ใช้เรือพลังนิวเคลียร์ คือ ปัญหาเรื่องราคาน้ำมัน และปัญหาสภาวะโลกร้อนจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

พลังงานนิวเคลียร์ในอวกาศ

รูปแบบของการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในอวกาศแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

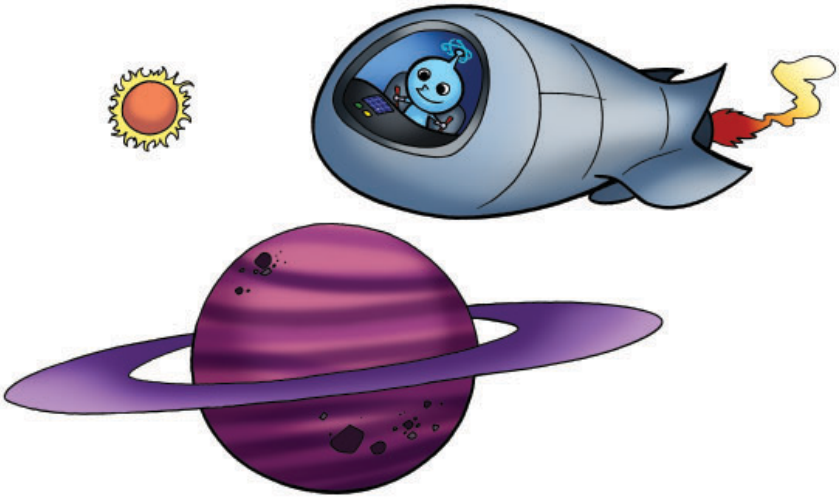
1. อาศัยไอโซโทปกัมมันตรังสีในการผลิตไฟฟ้าและพลังงานในรูปของความร้อนเพื่อใช้กับดาวเทียมหรือยานอวกาศ

2. อาศัยเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบกำลัง ผลิตพลังงานความร้อนสำหรับในการขับเคลื่อนยานอวกาศ และผลิตไฟฟ้าสำหรับระบบต่างๆ ในยานอวกาศ

ตั้งแต่เริ่มต้นของยุคอวกาศ เมื่อมนุษย์สามารถส่งดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศ ตามมาด้วยการส่งยานอวกาศไปสำรวจระบบสุริยะ และการส่งมนุษย์ไปดวงจันทร์ พลังงานนิวเคลียร์ก็ถูกจับตามองว่ามีศักยภาพที่จะทำให้การสำรวจอวกาศและระบบสุริยะดำเนินได้อย่างเต็มที่ และได้มีการศึกษา ทดลอง และพัฒนา ทั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากไอโซโทปกัมมันตรังสีและระบบขับเคลื่อนยานอวกาศพลังนิวเคลียร์อย่างมากมาย แต่จนถึงปัจจุบันภาพสรุปที่ปรากฏชัดเจน คือ เฉพาะเครื่องผลิตไฟฟ้าจากไอโซโทปกัมมันตรังสีเท่านั้นที่ได้ถูกนำออกใช้ปฏิบัติงานจริงกับดาวเทียมและยานสำรวจอวกาศ

สำหรับระบบการขับเคลื่อนยานอวกาศนิวเคลียร์ต้องเผชิญอุปสรรคจากเสียงคัดค้านค่อนข้างมาก จึงไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร

พัฒนาการของการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในอวกาศเริ่มต้นตั้งแต่กลางทศวรรษ ค.ศ. 1950 ด้วยการพัฒนาเครื่องผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก เรียกว่า RTG (radioisotope thermoelectric generator) เปลี่ยนพลังงานความร้อนจากไอโซโทปกัมมันตรังสีไปเป็นไฟฟ้าสำหรับการทำงานของอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ในดาวเทียมและยานอวกาศ



เครื่อง RTG เครื่องแรกชื่อ SNAP-3 (space nuclear auxiliary power-3) ถูกส่งขึ้นสู่อวกาศกับดาวเทียมของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา ชื่อ Transit 4A เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน ค.ศ. 1961 สามารถทำงานอยู่ได้ตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี และยังทำงานต่อเนื่องอยู่อีกระยะหนึ่ง

หลังจาก SNAP-3 เริ่มใช้งานเป็นเครื่องแรกแล้ว ก็เกิดเครื่องผลิตไฟฟ้าไอโซโทปกัมมันตรังสีแบบ RTG และแบบอื่นๆ มาใช้งานอีกมากมาย ทั้งกับดาวเทียมและยานอวกาศ เช่น โครงการอะพอลโล นำมนุษย์สู่ดวงจันทร์ ยานไพโอเนียร์-10 และไพโอเนียร์-11 ยานไวกิง-1 และยานไวกิง-2 (ลงสำรวจดาวอังคาร) ยานวอยเอเจอร์-1 ยานวอยเอเจอร์-2 ยานกาลิเลโอ (สำรวจดาวพฤหัสบดี) ยานแคสซินี (สำรวจดาวเสาร์)

สำหรับการพัฒนาระบบขับเคลื่อนยานอวกาศด้วยเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จริงๆ นั้น สหรัฐอเมริกาได้มีโครงการศึกษาและทดลองอย่างจริงจังตั้งแต่ปี ค.ศ. 1959 โดยสร้างและทดลองระบบขับเคลื่อนจรวดนิวเคลียร์ทั้งหมด 20 เครื่อง กับโครงการ NERVA (nuclear engine for rocket vehicle application) แต่เมื่อถึงปี ค.ศ. 1972 โครงการ NERVA ก็ไม่ได้รับงบประมาณสนับสนุนต่อ

สำหรับประเทศอื่นๆ ที่ร่วมเวทีการส่งดาวเทียมและการส่งยานอวกาศสำรวจระบบสุริยะ ส่วนใหญ่ได้อาศัยพลังงานจากไอโซโทปกัมมันตรังสีเป็นหลัก ส่วนการพัฒนาระบบขับเคลื่อนจรวดหรือยานอวกาศนิวเคลียร์ไม่ปรากฏให้ทราบกันนัก

ในอนาคตการใช้พลังงานทุกรูปแบบจากไอโซโทปกัมมันตรังสี จะยิ่งเพิ่มบทบาทและสมรรถนะมากขึ้นโดยเฉพาะสำหรับการสำรวจและบุกเบิกอวกาศ ส่วนการพัฒนาและใช้ยานอวกาศนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะจำเป็นสำหรับการส่งยานอวกาศพร้อมมนุษย์เดินทางไปสำรวจระบบสุริยะลึกๆ ที่ไกลกว่าดาวอังคาร เช่น ลึกเข้าไปใกล้ดาวเสาร์ อนาคตของยานอวกาศนิวเคลียร์จึงขึ้นอยู่กับพัฒนาการของเทคโนโลยีและความเห็นชอบของประชาคมโลกเป็นอย่างมาก

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟิชชัน

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กำลังทำงานผลิตไฟฟ้าอยู่ทั่วโลกในปัจจุบันและที่กำลังอยู่ในระหว่างการก่อสร้างล้วนเป็นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบฟิชชัน อาศัยพลังงานจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิชชัน

หัวใจสำคัญของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟิชชัน คือ เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ โดยทั่วไปเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ทั้งหมดทั่วโลกมีหลักการใหญ่เหมือนกัน คือ ผลิตพลังงานภายใต้การควบคุมจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน พลังงานที่ได้ออกมาเบื้องต้น คือ ความร้อนที่จะนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า

ความแตกต่างของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ส่วนใหญ่ มีอยู่ 2 เรื่องที่ชัดเจน คือ เชื้อเพลิง และวิธีการนำความร้อนจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ไปผลิตไฟฟ้า

ในเรื่องเชื้อเพลิงนั้น เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์มีหลายอย่าง เช่น ยูเรเนียม พลูโทเนียม ฯลฯ ความแตกต่างของการเลือกใช้เชื้อเพลิงมีหลายประการ เช่น ยูเรเนียมที่ใช้นั้นเป็นยูเรเนียมระดับไหน มีการเพิ่มสมรรถนะหรือไม่

สำหรับเรื่องการนำความร้อนจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันไปผลิตไฟฟ้า โดยทั่วไปจะใช้น้ำหรือแก๊ส และใช้ของแข็ง เช่น โลหะบางชนิด เพื่อรับความร้อนสูงจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิชชันก่อน แล้วจึงถ่ายโอนความร้อนต่อให้น้ำหรือแก๊ส เพื่อไปปั่นไฟฟ้าโดยการหมุนเทอร์ไบน์เครื่องผลิตไฟฟ้าอีกต่อหนึ่ง

หลังจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งแรกของโลกเริ่มเดินเครื่องที่รัสเซียเมื่อปี ค.ศ. 1954 แล้ว ก็มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เกิดขึ้นทั่วโลกอีกมากมาย แต่กระแสการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต้องสะดุดลงจากอุบัติเหตุนิวเคลียร์เมื่อปี ค.ศ. 1979 และ 1986 จนเมื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ประมาณปี ค.ศ. 2003 - 2004 ทั่วโลกให้ความสนใจต่อการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขึ้นอีกอย่างชัดเจน โดยที่หลายประเทศกำลังเตรียมการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพิ่มขึ้นหรือมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นแห่งแรกของประเทศ ด้วยสาเหตุใหญ่ ๆ ที่ได้กล่าวไปแล้ว

สรุปสภาพการณ์โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั่วโลกถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2005 ที่น่าสนใจเป็นพิเศษ มีดังต่อไปนี้

- จำนวนประเทศมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กำลังดำเนินการอยู่รวม 32 ประเทศ
- จำนวนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กำลังดำเนินการผลิตไฟฟ้าอยู่ทั่วโลกรวม 443 โรง
- ประเทศที่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มากที่สุดในโลก คือ สหรัฐอเมริกา จำนวน 104 โรง
- ประเทศที่มีสัดส่วนใช้ไฟฟ้าจากนิวเคลียร์ภายในประเทศสูงสุด คือ ฝรั่งเศส ประมาณ 80%

- จำนวนประเทศที่กำลังสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งใหม่รวม 12 ประเทศ
- จำนวนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กำลังอยู่ในระหว่างก่อสร้างรวม 27 โรง

ประเทศในเอเชียที่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์คือ

ประเทศ	สถานะ	จำนวน
ญี่ปุ่น	ที่มีอยู่	56 โรง
	กำลังสร้างใหม่	1 โรง
เกาหลีใต้	ที่มีอยู่	20 โรง
อินเดีย	ที่มีอยู่	15 โรง
	กำลังสร้างใหม่	8 โรง
จีน	ที่มีอยู่	9 โรง
	กำลังสร้างใหม่	3 โรง
ปากีสถาน	ที่มีอยู่	2 โรง
	กำลังสร้างใหม่	1 โรง

ปลายปี ค.ศ. 2006 ประเทศในเอเชียที่ไม่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มาก่อนแต่มีแผนจะมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งแรกของประเทศอย่างชัดเจน คือ เวียดนาม ซึ่งได้เสนอโครงการไปให้ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) พิจารณาแล้ว ส่วนประเทศอินโดนีเซียประกาศแผนจะมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งแรกภายในปี ค.ศ. 2016

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟิวชัน

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั้งหมดทั่วโลกในปัจจุบันทั้งที่กำลังทำการและที่กำลังอยู่ในระหว่างก่อสร้างยังไม่มีแบบฟิวชัน

ในการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชัน มีกระบวนการสำคัญ อยู่ 3 ประการ ที่จะต้องเกิดขึ้น

1. การสร้างอุณหภูมิสูงในระดับเป็นร้อยล้านองศาเซลเซียสขึ้นไปเพื่อให้อะตอมของธาตุเชื้อเพลิงที่เบา เช่น ไฮโดรเจน เปลี่ยนสภาพไปเป็นพลาสมา (plasma) ซึ่งมีสภาพเป็นแก๊สร้อนมีประจุไฟฟ้า แล้วอะตอมของธาตุที่เบา เช่น ไฮโดรเจน จึงจะหลอมรวมกันเข้าเป็นอะตอมของธาตุหนักกว่า เช่น ฮีเลียม

2. การหาวิธีเก็บและควบคุมให้ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันเกิดขึ้นอยู่กับที่ มิให้เกิดการระเบิดตูมตามกระจายไปโดยรอบ

3. การหาวิธีที่จะนำความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ไปทำงานผลิตไฟฟ้าต่อไป

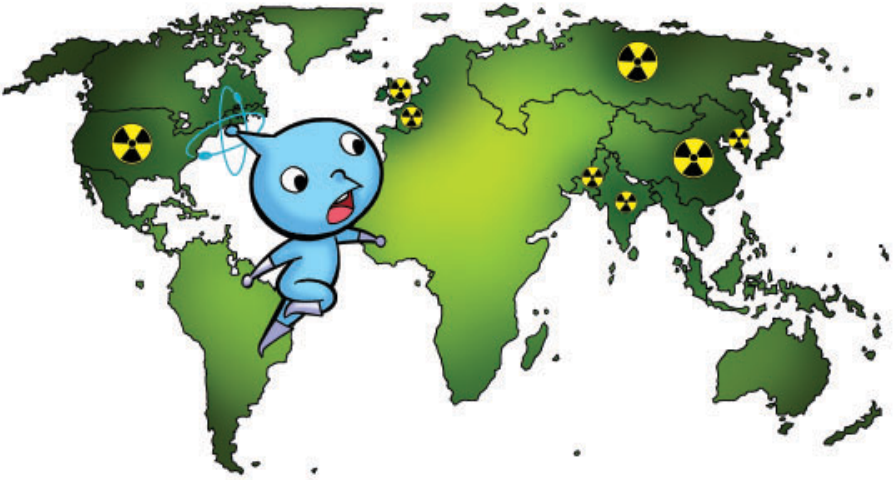
ปัจจุบัน วงการวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์ฟิวชันได้พบวิธีที่จะสร้างและควบคุมปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันหลักๆ แล้ว 2 วิธี คือ **วิธีขวดแม่เหล็ก** และ**วิธีเลเซอร์ฟิวชัน**

วิธีขวดแม่เหล็ก ใช้วิธีทำให้เชื้อเพลิง เช่น ดิวเทอเรียม และทริเทียม (ไอโซโทปของอะตอมไฮโดรเจน) ร้อนขึ้นในระดับเป็นร้อยล้านองศาเซลเซียส เปลี่ยนเชื้อเพลิงให้อยู่ในสภาพพลาสมาคล้ายสภาพในดวงอาทิตย์ แล้วก็ใช้วิธีสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้มสูง เป็นภาชนะเพื่อเก็บกักปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่เกิดขึ้น มิให้ระเบิดเป็นระเบิดไฮโดรเจน สนามแม่เหล็กที่ถูกสร้างขึ้นมีลักษณะคล้ายขวด วิธีนี้จึงนิยมเรียกกันเป็น **"วิธีขวดแม่เหล็ก"** หรือชื่ออย่างเป็นทางการว่า **"โทคาแมก"** (Tokamak)

วิธีเลเซอร์ฟิวชัน เป็นวิธีใช้เลเซอร์พลังสูงหลายๆ ลำยิงเม็ดเชื้อเพลิง เช่น เม็ดดิวเทอเรียม ด้วยพลังงานสูงในระดับกว่าร้อยล้านองศาเซลเซียส เม็ดเชื้อเพลิงก็จะหลอมรวมกันเกิดเป็นอะตอมของธาตุที่หนักกว่า เช่น ฮีเลียม วิธีเลเซอร์ฟิวชัน ใช้เลเซอร์เป็นทั้งตัวสร้างอุณหภูมิให้สูงและเป็นตัวควบคุมปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันด้วย

เมื่อเปรียบเทียบสองวิธีนี้ วิธีขวดแม่เหล็กเกิดขึ้นก่อน แล้ววิธีเลเซอร์ฟิวชันจึงเกิดขึ้นมาเป็นคู่แข่ง ล่าสุดนี้ เมื่อปลายปี ค.ศ. 2006 วิธีขวดแม่เหล็กกระโดดล้ำหน้าวิธีเลเซอร์ฟิวชัน เพราะเป็นวิธีที่โครงการสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชันใหญ่ที่สุดที่เคยมีกันมา คือ อิเทอร์ (ITER) เลือกใช้

อย่างไรก็ตาม การเกิดขึ้นจริงของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟิวชันแบบขวดแม่เหล็ก ก็ยังจะต้องรออีกประมาณ 30 ปี (จากปี ค.ศ. 2006) ส่วนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟิวชันแบบเลเซอร์ฟิวชันอาจจะต้องรอนานกว่านั้น เพราะการสนับสนุนใหญ่ล่าสุดไปรวมอยู่ที่โครงการอิเทอร์ ยกเว้นถ้ามีความก้าวหน้าของเลเซอร์ฟิวชัน "แบบก้าวกระโดด" หรือ "break-through"



อนาคตพลังงานนิวเคลียร์กับประเทศไทย

ประเทศไทยได้เข้าร่วมในโลกของพลังงานนิวเคลียร์อย่างค่อนข้างรวดเร็ว ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1962 (ด้วยการเริ่มต้นทำงานของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของไทย ชื่อ "ปปว.-1" วันที่ 27 ตุลาคม ค.ศ. 1962 หรือ พ.ศ. 2505) และตั้งแต่นั้นมา ก็ได้มีการใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์สำหรับงานด้านการศึกษาวิจัย การผลิตไอโซโทปกัมมันตรังสี เพื่อใช้งานทางด้านต่างๆ ตลอดมา และมีแนวโน้มจะเพิ่มทวีอย่างมากมาย

การพัฒนาพลังงานนิวเคลียร์ให้ใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคตที่ชัดเจน ซึ่งยังไม่เกิดขึ้นในประเทศไทย คือ การใช้พลังงานนิวเคลียร์สำหรับการผลิตไฟฟ้า ซึ่งกลับมาเป็นกระแสความสนใจของประเทศต่างๆ ทั่วโลก ด้วยปัจจัยเรื่องราคาน้ำมันแพงและเหลืออยู่เป็นปริมาณจำกัด เรื่องสภาวะโลกร้อน และเทคโนโลยีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ดีขึ้น ราคาถูกลงและปลอดภัยขึ้น ดังได้กล่าวไปก่อนแล้ว

ถึงแม้ว่า เทคโนโลยีการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบันจะก้าวหน้าขึ้นมาก สร้างได้เร็วขึ้น ราคาถูกลง แต่สำหรับประเทศที่ยังไม่เคยมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มาก่อน ก็จะต้องศึกษาเตรียมการแต่เนิ่นๆ เพราะการเริ่มต้นสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งใหม่ในประเทศใหม่เช่นประเทศไทย ต้องเตรียมการล่วงหน้านับ 10 ปี ต้องศึกษาให้พร้อม ทั้งการลงทุน การเลือกแบบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เหมาะสม การเลือกตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ การจัดหาเชื้อเพลิง การจัดการกากนิวเคลียร์ และมาตรการรักษาความปลอดภัยที่จะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและมนุษย์ และการเตรียมบุคลากรที่จะทำงานกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ที่สำคัญเป็นพิเศษคือการสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ประชาชนคนไทยถึงเหตุปัจจัยว่าทำไมประเทศไทยจึงควรจะมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์โดยจะต้องสร้างความรู้ความเข้าใจที่ตั้งอยู่บนฐานของความจริง ให้ประชาชนรับรู้ประโยชน์และปัญหาของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อย่างรอบคอบและรอบด้าน

และเมื่อนั้นจึงจะนับได้ว่าเราได้นำความมหัศจรรย์แห่งพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่งอย่างมหาศาลอย่างแท้จริง

อภิธานศัพท์

กัมมันตภาพรังสี (radioactivity)

การสลายของนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยรังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมาออกมาอย่างทันทีทันใด รังสีที่ถูกปลดปล่อยออกมา อาจมีครบทั้ง 3 ชนิด หรือเพียงบางชนิด

เครื่องผลิตไฟฟ้าไอโซโทปกัมมันตรังสี (radioisotope electric generator)

เครื่องผลิตไฟฟ้าจากกัมมันตภาพรังสี และ/หรือ ลดความร้อนจากสารกัมมันตรังสีเพื่อให้ได้ไฟฟ้าสำหรับการทำงานของอุปกรณ์และระบบต่างๆ ในดาวเทียม และยานสำรวจอวกาศ เช่น เครื่อง RTG (radioisotope thermoelectric generator) แบบต่างๆ มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในโครงการสำรวจอวกาศของสหรัฐอเมริกา

จรวดนิวเคลียร์หรือยานอวกาศนิวเคลียร์

(nuclear rocket; nuclear spacecraft)

จรวดหรือยานอวกาศขับเคลื่อนด้วยพลังงานนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ มีการศึกษาและทดลองมาบ้างแล้ว แต่ยังไม่มีการปฏิบัติงานจริง

ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

(International Atomic Energy Agency หรือ IAEA)

เป็นองค์การชำนัญพิเศษองค์กรหนึ่งในองค์การสหประชาชาติ ก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม ค.ศ. 1957 สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่กรุงเวียนนา ประเทศออสเตรีย มีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมสันติภาพและความผาสุกของโลกภายใต้หลักการปรมาณูเพื่อสันติ ปัจจุบันมีประเทศสมาชิกจำนวน 141 ประเทศ โดยประเทศไทยเป็นสมาชิกลำดับที่ 58

นิวตรอนฟลักซ์ (neutron flux)

จำนวนนิวตรอนต่อหน่วยพื้นที่ของลำนิวตรอนที่ถูกปล่อยออกมาจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

บิกแบง (big bang)

ทฤษฎีกำเนิดจักรวาล การระเบิดครั้งยิ่งใหญ่ เมื่อประมาณหนึ่งหมื่นสี่พันล้านปีในอดีต

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน (fission nuclear reaction)

ปฏิกิริยานิวเคลียร์จากการแบ่งแยกนิวเคลียสของอะตอมธาตุหนัก เช่น ยูเรเนียม เป็นอะตอมของธาตุที่เบากว่า

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (fusion nuclear reaction)

ปฏิกิริยานิวเคลียร์จากการรวมตัวของอะตอมธาตุที่เบา เช่น ไฮโดรเจน เป็นอะตอมของธาตุที่หนักกว่า เช่น ฮีเลียม

พลาสมา (plasma)

(ทางด้านฟิสิกส์) กลุ่มแก๊สร้อนมีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปมาอย่างรวดเร็วที่สภาวะอุณหภูมิสูง (ในระดับเป็นร้อยล้านองศาเซลเซียส) มีประจุไฟฟ้ารวม (เฉลี่ย) เป็นกลางมักถูกจัดเป็นสถานะที่สี่ของสาร ถัดจากของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันจะเกิดขึ้นได้ เฉพาะเมื่อเชื้อเพลิงอยู่ในสภาพเป็นพลาสมา เช่น ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่กำลังเกิดขึ้นบริเวณใกล้ใจกลางดวงอาทิตย์

ยูเอสเอสนอติลุส (USS Nautilus)

เรือดำน้ำพลังนิวเคลียร์ลำแรกของโลก เป็นของสหรัฐอเมริกา ออกปฏิบัติการทางทะเลครั้งแรกปี ค.ศ. 1955

รังสีแกมมา (gamma rays)

รังสีที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดคลื่นสั้น เกิดจากการสลายของนิวเคลียสที่ไม่เสถียร หรือจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ มักเกิดร่วมกับอนุภาคแอลฟาและอนุภาคบีตา รังสีแกมมามีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง ดังนั้นในการป้องกันอันตรายจากรังสีจึงต้องใช้วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ตะกั่ว ยูเรเนียมด้อยสมรรถนะ หรือคอนกรีตหนา เป็นเครื่องกำบัง

รังสีบีตา; อนุภาคบีตา (beta rays; beta particle)

อนุภาคอิเล็กตรอนหรือโพซิตรอนที่ถูกปล่อยออกจากนิวเคลียสขณะเกิดการสลายกัมมันตรังสี

รังสีแอลฟา; อนุภาคแอลฟา (alpha rays; alpha particle)

อนุภาคที่มีประจุบวก ประกอบด้วยโปรตอน 2 อนุภาค และนิวตรอน 2 อนุภาค ซึ่งเป็นนิวเคลียสของฮีเลียม-4 มีความสามารถในการทะลุทะลวงต่ำ ผ่านอากาศได้เพียง 2-3 เซนติเมตร และไม่สามารถทะลุผ่านกระดาษหรือผิวหนังได้ อนุภาคแอลฟาเกิดจากการสลายของสารกัมมันตรังสีบางชนิด เช่น ยูเรเนียม และทอเรียม

รังสีเอกซ์ (X-rays)

รังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีอำนาจทะลุทะลวงสูง เกิดขึ้นเมื่ออะตอมถูกกระตุ้นทำให้อิเล็กตรอนวงในหลุดออกไป และอิเล็กตรอนวงถัดไปเข้ามาแทนที่ แล้วให้พลังงานส่วนเกินออกมาในรูปแบบของรังสีเอกซ์ หรือเกิดจากการระดมยิงเป้าโลหะหนักบางชนิด เช่น ทังสเตน ด้วยอิเล็กตรอนความเร็วสูง ซึ่งอิเล็กตรอนจะถูกหน่วงให้ช้าลงอย่างทันทีทันใดและปล่อยรังสีเอกซ์ออกมา

เรือตัดน้ำแข็งเลนิน (NS Lenin)

เป็นเรือแล่นบนผิวน้ำลำแรกของโลกขับเคลื่อนด้วยพลังงานนิวเคลียร์ของประเทศสหภาพโซเวียต (เดิม) ออกปฏิบัติการสู่ทะเลครั้งแรกปี ค.ศ. 1959

ลูกระเบิดนิวเคลียร์ (nuclear bomb)

ลูกระเบิดที่แรงระเบิดเกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์อย่างรวดเร็ว (ทันทีทันใด) และอย่างรุนแรง ลูกระเบิดนิวเคลียร์ฟิชชัน (nuclear fission bomb) เป็นลูกระเบิดนิวเคลียร์จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ลูกระเบิดนิวเคลียร์ฟิวชัน (nuclear fusion bomb) เป็นลูกระเบิดนิวเคลียร์จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน

สภาวะโลกร้อน (global warming)

การร้อนขึ้นของอุณหภูมิบรรยากาศโลก ส่งผลให้เกิดความแปรปรวนอย่างรุนแรงต่อสภาพลมฟ้าอากาศของโลก และระดับน้ำในมหาสมุทรที่สูงขึ้น

ไอโซโทปกัมมันตรังสี (radioisotope)

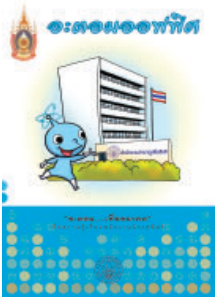
ไอโซโทปของธาตุที่ไม่เสถียร มีการสลายเพื่อลดระดับพลังงานโดยการปลดปล่อยรังสีออกมา

"อะตอม...เพื่ออนาคต"

สื่อให้ความรู้เรื่องพลังงานนิวเคลียร์

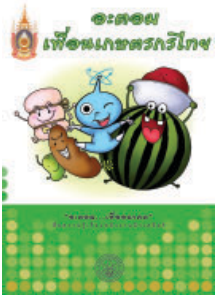
อะตอม เพื่ออนาคต

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ ได้รู้จักว่าอะตอมคืออะไร พลังงานนิวเคลียร์เกิดขึ้นได้อย่างไร คนเราทุกวันนี้เกี่ยวข้องกับพลังงานนิวเคลียร์ขนาดไหน และความสำคัญของพลังงานนิวเคลียร์



อะตอมออฟฟิศ

รู้จักกับสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ เป้าหมายและความรับผิดชอบในฐานะองค์กรที่เกี่ยวข้องกับพลังงานนิวเคลียร์โดยตรง เที่ยวชมหน่วยงานภายใน รู้จักอุปกรณ์เครื่องมือที่น่าสนใจ รวมทั้งหน้าที่ของบุคลากรในส่วนต่างๆ

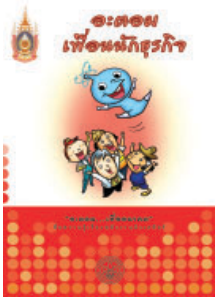


อะตอมเพื่อนเกษตรกรไทย

ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ในการพัฒนาด้านการเกษตรของไทย ทั้งด้านการวิจัยและการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง โดยเฉพาะในด้านการพัฒนาพันธุ์พืช การกำจัดศัตรูพืช และการถนอมอาหาร

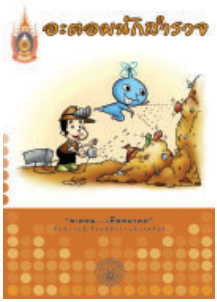
คุณหมออะตอม

ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ในด้านการแพทย์ ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับชีวิตของทุกคน ทั้งด้านการวินิจฉัยโรค การรักษาโรค และการฆ่าเชื้อ ซึ่งการวิจัยเพื่อการแพทย์นี้มีพัฒนาการมาโดยตลอด



อะตอมเพื่อนนักธุรกิจ

ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ที่มีต่อวงการอุตสาหกรรม ในด้านการตรวจสอบมาตรฐานการผลิต การตรวจสอบเพื่อบำรุงรักษา และการเพิ่มมูลค่าการผลิต ในประเทศไทยได้พัฒนาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดมาอย่างต่อเนื่อง



อะตอมนักสำรวจ

ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ที่มีต่อการสำรวจ โดยเฉพาะการสำรวจด้านโบราณคดี และการสำรวจแหล่งแร่ ทั้งนี้โดยอาศัยหลักการในเรื่องของธาตุกัมมันตรังสี และเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์อื่นๆ อีกมากมาย

อยู่ปลอดภัยกับอะตอม

รับรู้ว่าคนเราสามารถใช้ชีวิตได้อย่างปลอดภัยพร้อมๆ ไปกับการพัฒนาเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับคนเราเกือบทุกเรื่อง ได้รู้การปฏิบัติตัวอย่างถูกต้องเมื่อต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับพลังงานนิวเคลียร์ ทั้งผู้ใช้ และผู้รับบริการ

สถานีปลายทาง

ความรู้ในเรื่องการจัดการกับกากกัมมันตรังสีที่เหลือจากการใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ในกิจการต่างๆ ได้รู้จักกากกัมมันตรังสีหลากหลายประเภท และความสำคัญที่ต้องจัดการอย่างถูกต้องและไม่เป็นอันตราย

มหัศจรรย์พลังงานนิวเคลียร์

บทบาทของพลังงานนิวเคลียร์ในระดับชาติและระดับสากล แสดงให้เห็นถึงเทคโนโลยีนิวเคลียร์ที่นานาประเทศทั่วโลกให้การยอมรับและไว้วางใจ ให้ความรู้เพื่อสร้างพื้นฐานความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานปรมาณูแก่คนทั่วไป ซึ่งจะเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในอนาคตแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่กำลังจะหมดไป

ISBN: 978-974-229-061-0

คณะผู้จัดทำ:

- นายสุรศักดิ์ พงศ์พันธุ์สุข
- นางสุชาดา พงษ์พัฒน์
- นางสาวกรรณิกา มณีวรรณ์

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เลขที่ 16 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2579-5230-4, 0-2562-0123, 0-2596-7600

โทรสาร 0-2561-3013

www.oaep.go.th

ศูนย์บริการประชาชน (Call Center)

โทรศัพท์ 0-2579-1824, 0-2579-1834, 0-2579-1849, 0-2579-2888

ขอขอบคุณข้อมูลจาก

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ศึกษา สร้างสรรค์และผลิตโดย:

บริษัท ดาวฤกษ์ คอมมูนิเคชั่นส์ จำกัด (หนึ่งในกลุ่มบริษัททีม) 151 ชั้น 12 อาคารทีม ถนนนวลจันทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10230 โทรศัพท์และโทรสาร 0-2509-9091-2 www.daoreuk.com

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เลขที่ 16 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2579-5230-4, 0-2562-0123, 0-2596-7600
โทรสาร 0-2561-3013
www.oaep.go.th

ศูนย์บริการประชาชน (Call Center)
โทรศัพท์ 0-2579-1824, 0-2579-1834, 0-2579-1849, 0-2579-2888