ยูเรเนียม

ยูเรเนียมเป็นวัสดุต้นกำลังที่สำคัญยิ่งในทางพลังงานปรมาณู มีสัญญลักษณ์ทางเคมีคือ U น้ำหนักอะตอม (atomic weight) +238.07, atomic number 92 ความถ่วงจำเพาะ ๑๙.๐๕ มีจุดหลอมเหลว ๑๑๓๓ ^{o}C และจุดเดือดประมาณ ๓๙๒๗^{o}C วาเลนซี (valency) ตามปกติของยูเรเนียม $\neq$ ๓, $\neq$ ๔, และ $\neq$ ๖ และมี oxides อยู่ ๔ ตัว คือ UO, UO_2, UO_8 และ UO_3 โดยเฉพาะ UO แท้ ๆ นั้นจะพบเกิดเป็นชั้นบาง ๆ บนผิวของโลหะยูเรเนียมเท่านั้น

ในธรรมชาติ ธาตุยูเรเนียมประกอบด้วยไอโซโทป ๓ ชนิด คือ ยูเรเนียม-๒๓๘ (๙๙.๒๘๕%) ยูเรเนียม-๒๓๕ (๐.๗๑%) และยูเรเนียม-๒๓๔ (๐.๐๐๕๑%) การที่ยูเรเนียมเป็นวัสดุต้นกำลังที่สำคัญก็เนื่องจากการแตกตัวของยูเรเนียม-๒๓๕ ซึ่งจะให้พลังงานอย่างมหาศาล สำหรับยูเรเนียม-๒๓๘ ซึ่งเป็นไอโซโทปชนิดหนึ่งของธาตุยูเรเนียมที่มีอยู่เป็นจำนวนมากตามธรรมชาติและได้จัดอยู่ในพวก Source material ก็เปลี่ยนให้เป็นพลูโตเนียม-๒๓๙ ซึ่งเป็นวัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ได้โดย Neutron Bombardment ส่วนยูเรเนียม-๒๓๔ ซึ่งเป็นไอโซโทปอีกชนิดหนึ่งของยูเรเนียมอันเป็นผลมาจากการสลายตัวตามธรรมชาติของยูเรเนียม-๒๓๘ ก็สามารถเปลี่ยนให้กลายเป็นยูเรเนียม-๒๓๕ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ได้

ไอโซโทปทุกชนิดของยูเรเนียมนั้นจะแผ่รังสีออกมาตามธรรมชาติ ยูเรเนียม-๒๓๔, ยูเรเนียม-๒๓๕ และยูเรเนียม-๒๓๘ มีชีวิตครึ่ง (half-lives) 2.48 X 10^5, 7.13 X 10^8 และ ๔.๕๑ X ๑๐^{๙}ปี ตามลำดับ อย่างไรก็ตามนอกจากไอโซโทปของยูเรเนียมที่มีอยู่ตามธรรมชาติแล้วนักวิทยาศาสตร์ยังสามารถผลิตไอโซโทปของยูเรเนียมได้หลายชนิด เช่นผลิตยูเรเนียม-๒๓๓ จากธอเรียม-๒๓๒ เป็นต้น ไอโซโทปที่ผลิตขึ้นนี้มีชีวิตครึ่งไม่ยาวเหมือนไอโซโทปที่เกิดตามธรรมชาติ ฉนั้นจึงสดวกต่อการนำไปใช้และการกำจัดพิษของกัมมันตรังสี ยูเรเนียม-๒๓๔ เป็นไอโซโทปที่ให้รังสีแอลฟ่า (alpha-ray) และแกมม่า (gamma-ray) ส่วนยูเรเนียม-๒๓๕ และยูเรเนียม-๒๓๘ เป็นไอโซโทปที่ให้เฉพาะรังสีแอลฟ่าเท่านั้น

สำหรับยูเรเนียม-๒๓๘ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดเท่าที่พบเกิดในธรรมชาติจะสลายตัวออกเป็นธาตุชนิดต่าง ๆ (daughter products) รวมทั้งหมด ๑๔ ธาตุ ซึ่งเรียกว่าเกิดเป็น decay chain และผลสุดท้ายจะได้ end product คือ Pb (Lead)-206 ซึ่งจะไม่สลายตัว (stable) อีกต่อไป (ตารางที่ ๑) ส่วน daughter products ที่ให้พลังงานรังสีแกมมาสูงที่สุดคือ Pb-214 และ Bi-214 (ตารางที่ ๒)

ตารางที่ ๑

Principal Characteristics of the U-238 decay chain (After Lovborg,1974)

Isotope	Radiation	Half-life
Uranium-238 (U-238)	α	4.51×10^{9} years
Thorium-234 (Th-234)	β	24.1 days
Protactinium-234 (Pa-234)	β	1.18 months
Uranium-234 (U-234)	α,γ	2.48×10^{5} years
Thorium-230 (Th-230)	α	8×10^{4} years
Radium-226 (Ra-226)	α,γ	1600 years
Radon-222 (Rn-222)	α	3.82 days
Polonium-218 (Po-218)	α	3.05 months
Lead-214 (Pb-214)	β,γ	26.8 months
Bismuth-214 (Bi-214)	β,γ	19.8 months
Polonium-214 (Po-214)	α	1.6×10^{-4} Seconds
Lead-210 (Pb-210)	β,γ	21.3 years
Bismuth-210 (Bi-210)	β	5.01 days
Polonium-210 (Po-210)	α	138.4 days
Lead-206 (Pb-206)	stable	-

ตารางที่ ๒

Prominent gamma-ray emitted by U-238 doughters (After Lovborg,1974)

Isotope	Gamma-ray energy (MeV)	Intensity (%)
Lead-214 (Pb-214)	0.2419	7
	0.2952	18
	0.3520	35
Bismuth-214 (Bi-214)	0.6094	43
	1.1204	15
	1.7647	15
	2.2045	5
	2.4480	1.5

ยูเรเนียมเป็นธาตุที่ให้คุณประโยชน์อย่างกว้างขวางจากการนำเอาผลผลิตที่ได้จากปฏิกริยานิวเคลียร์ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ผลผลิตเหล่านี้ได้แก่

๑. พลังงานที่ได้จากการแตกตัวของนิวเคลียร์ของเชื้อเพลิงซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลังงานในรูปของความร้อน (Thermal Energy)

๒. อนุภาคนิวตรอน

๓. รังสีแกมม่า

นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างเครื่องปฏิกรณ์แบบต่าง ๆ ขึ้นเพื่อนำผลผลิตดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ให้ตรงเป้าหมายที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูประเภทผลิตกำลัง ประเภทผลิตนิวตรอน และประเภทผลิตกำลังและวัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ซึ่งจะได้กล่าวถึงพอเป็นสังเขปดังต่อไปนี้

๑. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแบบกำลัง (Power Reactor) เครื่องปฏิกรณ์ประเภทนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะนำพลังงานความร้อนไปใช้โดยตรง หรือเป็นต้นพลังงานความร้อนเพื่อนำไปทำให้เกิดเป็นไอน้ำเพื่อใช้เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือหมุนใบพัดเรือ เป็นต้น

๒. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเพื่อการวิจัย (Research Reactor) เครื่องปฏิกรณ์ประเภทนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้เกี่ยวกับงานวิจัยทั่ว ๆ ไป เช่นนำนิวตรอนไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ด้วยวิธีอาบรังสี (Neutron Activation Analysis) หรือใช้ในการผลิตสารไอโซโทปรังสี เป็นต้น

๓. Breeder Reactor เครื่องปฏิกรณ์ประเภทนี้ออกแบบขึ้นเพื่อใช้สำหรับนำนิวตรอนไปใช้ในการเปลี่ยนยูเรเนียม-๒๓๘ หรือธอเรียม-๒๓๒ ซึ่งก็ต่างเป็นวัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติเป็นจำนวนมาก และจัดอยู่ในพวกวัสดุต้นกำลังหรือ Source Material ให้กลายเป็นพลูโตเนียม-๒๓๙ และยูเรเนียม-๒๓๓ ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตที่ได้นี้ต่างก็เป็นวัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ไม่มีในธรรมชาติและจัดอยู่ในพวกวัสดุนิวเคลียร์พิเศษ (Special Nuclear Material) และ Fissile Material

๔. Power-Breeder or Convertor เครื่องปฏิกรณ์ประเภทนี้เป็นประเภทที่ใช้ผลิตกำลังและวัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์

นอกจากนี้ยังมีเครื่องปฏิกรณ์ประเภทอื่น ๆ อีก ซึ่งจะขอเว้นไม่กล่าวในที่นี้

อย่างไรก็ตาม อาจสรุปได้ว่าหลังจากนักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบวิธีควบคุมปฏิกริยานิวเคลียร์ในปี ค.ศ.๑๙๔๒ แล้วนั้น ยูเรเนียมก็มีบทบาทสำคัญมากยิ่งขึ้นและได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ที่สำคัญยิ่ง ๒ ทาง คือ

๑. ในทางอาวุธนิวเคลียร์ที่เกี่ยวกับทางทหารโดยเฉพาะ

๒. เป็นต้นพลังงานความร้อนเพื่อผลิตไอน้ำไปใช้เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า