บทที่ 4

แกสกัมมันตรังสีและระดับที่ถือว่าปลอดภัย

ในบทนี้จะแสดงปริมาณแกสกัมมันตรังสีที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้า รวมทั้งระดับรังสีที่ถือว่าปลอดภัยที่สุดตามมาตรฐานสากล

4.1 แกสกัมมันตรังสี

เมื่อเกิดปฏิกริยานิวเคลียร์ที่แกนปฏิกรณ์ (Reactor Core)ทำให้มีสารกัมมันตรังสีเกิดขึ้นหลายชนิด เช่น Sr-89, Sr-90, Ba-140, Cs137 ซึ่งสารเหล่านี้จะสลายตัวจากโนเบิลแกส (Noble Gas)อันเป็นแกสกัมมันตรังสี และมีบางชนิดที่เกิดจากนิวตรอนแอคติเวชั่น ที่เรียกว่า "แอคติเวชั่นแกส" (Activation Gas) ได้แก่ N-16, O-19, N-13 เป็นต้น แต่แอคติเวชั่นแกสเหล่านี้ เป็นพวกที่มีครึ่งชีวิต (Half life) สั้น จึงถูกกำจัดได้ง่าย เหลือพวกโนเบิลแกสที่จำเป็นต้องนำมาศึกษา

ในการพิจารณาแกสกัมมันตรังสีที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้าปรมาณู แบบ Light Water Reactor นั้น ควรจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างในด้านการออกแบบของชนิด Pressurized Water Reactor (PWR) และชนิด Boiling Water Reactor (BWR)

ระบบของ PWR ประกอบด้วยวงจร 2 วงจร วงจรแรก (Primary Loop) ซึ่งเป็นวงจรชนิดปิด (Closed Loop) จะเป็นวงจรการนำความร้อนออกมาจากตัวแกนปฏิกรณ์ ตัวที่นำความร้อนในวงจรแรกนี้เรียกว่า "Coolant" (ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแบบ Light Water Reactor นี้ จะใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นตัว Coolant) Coolant นี้เองจะเป็นตัวถ่ายเทความร้อนที่ได้รับจากปฏิกรณ์ไปให้กับน้ำ ในวงจรที่สอง (Secondary Loop) โดยผ่าน Steam Generator จนกระทั่งน้ำในวงจรนี้กลายเป็นไอ (Steam) ไปหมุนกังหัน (Turbine) แกสกัมมันตรังสีจากแกนปฏิกรณ์จะเข้าไปรวมกับ Coolant อยู่เฉพาะในวงจรแรกเท่านั้น มิได้เกี่ยวข้องกับในวงจรที่สอง ซึ่งเป็นตัวใช้งานจริง จะมีบางก็เนื่องมาจาก

การรั่วที่ Steam Generator สำหรับใน Coolant เอง ก็มีระบบแยกแกสกัมมันตรังสี แล้วนำมาเก็บในถังเก็บแกส (Storage tank) โดยมีระบบป้องกันรังสีเป็นตัวควบคุมมิให้กัมมันตภาพรังสีแผ่ไปสู่บริเวณอื่น ทิ้งไว้ระยะหนึ่งประมาณ 60 วัน เพื่อให้แกสกัมมันตรังสีส่วนใหญ่สลายต่อไปจนหมด แล้วปล่อยที่เหลือออกสู่บรรยากาศ จึงเป็นที่เชื่อแน่ได้ว่า ชนิด PWR จะมีปริมาณแกสกัมมันตรังสีที่ปล่อยสู่สภาพแวดล้อมน้อยมาก

ในระบบของ BWR มีอยู่วงจรเดียวในวงจรนี้เป็นทั้งตัว Coolant ที่ผ่านแกนปฏิกรณ์ และเป็นไอน้ำที่ไปดันกังหัน หลังจากนั้นไอน้ำก็จะถูกควบแน่นที่ตัวเครื่องควบแน่น (Condensor) ส่งกลับไปสู่ตัวปฏิกรณ์เพื่อรับความร้อนอีกวนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป ในขณะที่น้ำผ่านแกนกลางปฏิกรณ์ พวกแกสกัมมันตรังสีซึ่งเกิดจากปฏิกริยานิวเคลียร์ก็จะเข้าไปร่วมอยู่ในน้ำ รวมทั้งแอคติเวชั่นแกสด้วย เมื่อน้ำได้รับความร้อนจนกระทั่งกลายเป็นไอน้ำและถูกส่งไปเพื่อขับดันกังหัน จึงมีแกสกัมมันตรังสีเหล่านี้ปะปนไปที่กังหัน หลังจากนั้นก็จะถูกส่งไปที่เครื่องควบแน่น ณ ที่นี้เอง ที่พวกแกสกัมมันตรังสีซึ่งไม่ละลายในน้ำ (โนเบิลแกส และแอคติเวชั่นแกส) จะถูกแยกออก แล้วนำออกไปทางระบบ Air Ejector กับระบบ Off-Gas โดยผ่านเครื่องกรอง (Filter) ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ก่อนปล่อยออกทางปล่องโรงไฟฟ้าปรมาณูสู่บรรยากาศ แกสที่ปล่อยออกไปนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นโนเบิลแกส ซึ่งมีปริมาณมากกว่าที่ปล่อยจากระบบของ PWR

โนเบิลแกสที่กล่าวคือ Xenon และ Krypton ซึ่งเป็นแกสกัมมันตรังสีที่ไม่ทำปฏิกริยากับสารใด ๆ (Inert Gas) วิธีกำจัดนั้นใช้หลักของการสลายตัว แต่เนื่องจากโนเบิลแกสมีหลายไอโซโทป (Isotope) บางไอโซโทปมีครึ่งชีวิตยาว การกำจัดให้หมดสิ้นไปจำต้องอาศัยเวลานาน ดังนั้น จึงมีบางส่วนที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศ ดังตารางที่ 4.1[5]

---

5. General Electric, Standard Safety Analysis Report, BWR/6 Section 11.3, P 15.

ตารางที่ 4.1
ปริมาณแกสกัมมันตรังสีที่ปล่อยจากปล่องโรงไฟฟ้า

ไอโซโทป*	ครึ่งชีวิต	ปริมาณที่เกิดขึ้น (ไมโครคูรี่/วินาที)	ปริมาณที่ปล่อยออก (ไมโครคูรี่/วินาที)
Krypton			
Kr –83 m	1.86ชั่วโมง	3.4×10^{3}	2.9×10^{3}
Kr –85 m	4.4ชั่วโมง	6.1×10^{3}	5.6×10^{3}
Kr –85	10.74ปี	10	10
Kr –87	76นาที	2.0×10^{4}	1.5×10^{4}
Kr –88	2.79ชั่วโมง	2.0×10^{4}	1.8×10^{4}
Kr –89	3.18นาที	1.3×10^{5}	1.8×10^{2}
Xenon			
Xe –131 m	11.96วัน	1.5×10^{1}	1.5×10^{1}
Xe –133 m	2.26วัน	2.9×10^{2}	2.8×10^{2}
Xe –133	5.27วัน	8.2×10^{3}	8.2×10^{3}
Xe –135 m	15.7นาที	2.6×10^{4}	6.9×10^{3}
Xe –135	9.16ชั่วโมง	2.2×10^{4}	2.2×10^{4}
Xe –137	3.82นาที	1.5×10^{5}	6.7×10^{2}
Xe –138	14.2นาที	8.9×10^{4}	2.1×10^{4}
รวมปริมาณ		4.75×10^{5}	1.0×10^{5}

* Kr และ Xe บางไอโซโทป ที่รั่วจากแกนเชื้อเพลิงและมีปริมาณสูงมาก คือประมาณ 2.0×10^{6} ไมโครคูรี่/วินาที แต่โซดีที่แกสเหล่านี้มีครึ่งชีวิตสั้นมาก ในช่วงเวลาที่ถูกจับอยู่ในระบบ off-gas 30นาทีก็ทำให้สลายตัวไปจนหมด ฉะนั้นปริมาณที่รั่วจริงจึงมีค่าประมาณ 2.5×10^{6} ไมโครคูรี่/วินาที แต่ปล่อยสู่บรรยากาศเพียง 1.0×10^{5} ไมโครคูรี่/วินาที.

ตารางที่ 4.2

ระดับความเข้มแกสกัมมันตรังสีที่ปลอดภัย

ไอโซโทป	ความเข้มแกสกัมมันตรังสี (กูรี/ลบ.เมตร)
Krypton	
Kr -85m	6.0×10^{-6}
Kr -85	1.0×10^{-5}
Kr -87	1.0×10^{-6}
Kr -88	1.0×10^{-6}
Xenon	
Xe -131	2.0×10^{-5}
Xe -133	1.0×10^{-5}
Xe -133m	1.0×10^{-5}
Xe -135	4.0×10^{-6}

ตารางที่ 4.1 แสดงไอโซโทปต่าง ๆ ของโนเบิลแกส รวมทั้งปริมาณที่ปล่อยออกมา ภายหลังให้สลายตัวในระบบ Off-Gas ประมาณ 30 นาที ปริมาณที่เกิดขึ้นนี้คำนวณได้จากการสมมติให้แกสรั่วมาจากแกนเชื้อเพลิง 0.2 เปอร์เซนต์ ของขนาดโรงไฟฟ้าปรมาณู 1,000 เมกกะวัตต์ ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่า ในกรณีที่โรงไฟฟ้าปรมาณูขนาดเล็กกว่า ย่อมจะมีปริมาณแกสกัมมันตรังสีที่ปล่อยออกมาน้อยกว่าด้วย ถ้าพิจารณาปริมาณที่ปล่อยออกตามข้อสมมุติดังกล่าว จึงถือปริมาณรวม ซึ่งได้แก่ 1.0×10^5 ไมโครคูรี่/วินาที

4.2 ระดับความเข้มแกสกัมมันตรังสีที่ปลอดภัย

เนื่องจากสารกัมมันตรังสีที่กล่าวข้างต้นเป็นแกส ซึ่งปะปนอยู่ในอากาศ ผลที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะในคนและสัตว์ จะมีทั้งภายนอกและภายในร่างกาย อันตรายจากภายนอกสามารถที่จะป้องกันได้ไม่ยากนัก แต่ภายในร่างกายซึ่งเกิดจากการสูดเอาแกสกัมมันตรังสีเข้าไปมาก จะแก้ไขได้ยาก เพราะแกสบางชนิดเข้าไปสะสมในร่างกาย การสะสมแกสกัมมันตรังสีไม่เพียงมาจากการสูดเข้าทางลมหายใจเท่านั้น ยังอาจมาจากการกินสัตว์หรือพืชที่รับเอาแกสเหล่านี้ไว้ก่อนแล้วด้วย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีข้อกำหนดปริมาณความเข้มแกสกัมมันตรังสีในอากาศให้ต่ำไว้ เพื่อที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในช่วงที่รับแกสนั้น ดังตารางที่ 4-2[6]

ในตารางนี้ระบุเฉพาะไอโซโทปของโนเบิลแกสที่สำคัญ ๆ ซึ่งมีปริมาณที่ปล่อยออกสูง และมีครึ่งชีวิตยาว อย่างไรก็ตาม ปริมาณที่ปล่อยออกไม่สามารถที่จะเลือกเฉพาะไอโซโทปใดไอโซโทปหนึ่ง แล้วพิจารณาระดับที่ปลอดภัยของไอโซโทปนั้น ต้องพิจารณาในทุกตัว ฉะนั้น เพื่อให้ปลอดภัยที่สุดต้องคำนึงถึงค่าที่ใช้ได้กับทุก ๆ ไอโซโทป ซึ่งถ้าดูจากตารางที่ 4-2 คือ 1.0×10^{-6} ไมโครคูรี่/ลบ.ซม.

---

6. Atomic EnergyCommission, Code of Federal Regulations 10, Revised as of January 1, 1974, P. 173, 177.