หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ข้อสรุปและวิจารณ์ผลการคำนวณและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการคำนวณ

4.1.1 ไม่ว่าฟลักซ์จะเปลี่ยนเป็นค่าเท่าใดก็ตาม ยูเรเนียม -233 ที่เหลืออยู่จะมีค่าน้อยกว่ายูเรเนียม -235 ที่หมดไปภายในแกนประมาณ 1 ใน 5

ส่วนพลูโตเนียมที่เหลืออยู่ จะน้อยกว่ายูเรเนียม -235 ที่หมดไปภายในแกน ประมาณ 1 ใน 13

ทำให้เห็นว่าธอเรียม -232 เหมาะที่จะใช้เป็นสารเฟอร์ไทล์ในเชื้อเพลิงมากกว่ายูเรเนียม -238 เพราะธอเรียม -232 เปลี่ยนเป็นสารฟิสไซล์ได้มากกว่ายูเรเนียม -238

4.1.2 ยูเรเนียม -233 ที่เกิดฟิชชั่นไปในแกน จะมีค่าลดลงเมื่อฟลักซ์เฉลี่ยภายในแกนมีค่าเพิ่มขึ้น

ส่วนพลูโตเนียม -239 ที่เกิดฟิชชั่นไปในแกน จะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามฟลักซ์เฉลี่ยภายในแกน

4.1.3 ยูเรเนียม -233 ที่เหลืออยู่ในรีเฟลคเตอร์ น้อยกว่าที่เหลืออยู่ในแกน ทั้ง ๆ ที่ใช้ธอเรียมไดออกไซด์เท่ากัน และยูเรเนียม -233 ที่เหลืออยู่มีค่าลดลงเมื่อฟลักซ์มีค่าเพิ่มขึ้น

และเมื่อรวมยูเรเนียม -233 ที่เกิดขึ้นในแกน และในรีเฟลคเตอร์ก็ยังน้อยกว่ายูเรเนียม -235 ที่หมดไป

4.2 ข้อวิจารณ์และอภิปรายผลการคำนวณ

4.2.1 หนังสือ Nuclear Reactor Engineering ของ Samuel Glasstone และ Alexander Sesonske ได้ให้สูตรของอัตราการเปลี่ยนของยูเรเนียม -238 และพลูโตเนียม -239 ในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ที่ใช้ยูเรเนียมธรรมชาติ ได้ค่าของอัตราการเปลี่ยนเมื่อเริ่มต้น ประมาณ 0.7 ซึ่งค่อนข้างสูง

แต่ในการคำนวณนี้ใช้เอนริชเม้นท์ 5% อัตราการเปลี่ยนเมื่อเริ่มต้น ประมาณ 0.08 ซึ่งต่ำมาก ที่เป็นดังนี้ก็เพราะ

4.2.1.1 อัตราส่วนระหว่างจำนวนอะตอมของยูเรเนียม -235 และยูเรเนียม -238 หรือค่า x มีค่ามาก ที่เป็นดังนี้ก็เพราะว่า ยูเรเนียมที่ใช้เป็น เอนริชยูเรเนียม ทำให้อัตราการเปลี่ยนต่ำ

4.2.1.2 ในการคำนวณครั้งนี้ไม่ได้คำนึงถึงการจับนิวตรอนในย่านกำธรของยูเรเนียม -238 แต่ค่านี้ไม่มากนัก ถ้าเอารวมเข้าไปก็มีผลที่ทำให้เพิ่มขึ้นไม่มากนัก

4.2.2 ธรรมดาของเครื่องปฏิกรณ์ฯที่มียูเรเนียมเป็นเชื้อเพลิง ยูเรเนียม -235 จะค่อย ๆ หมดไป ถ้าจะให้กำลังของเครื่องคงที่ ฟลักซ์จะต้องเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ในการคำนวณนี้ได้ให้ฟลักซ์คงที่เพื่อความสะดวกในการคำนวณ ด้วยเหตุผลนี้ ยูเรเนียม -233 และพลูโตเนียม -239 ที่เหลืออยู่จะแตกต่างกับเมื่อให้กำลังคงที่ ถ้าฟลักซ์ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจะทำให้ยูเรเนียม -233 และพลูโตเนียม -239 ที่เหลืออยู่น้อยลงด้วย

เนื่องจากเราได้กำหนดให้การเดินเครื่องได้ 10,000 เมกาวัตต์-วันต่อตัน ซึ่งปริมาณของยูเรเนียม -235 ตอนสุดท้ายเหลืออยู่ ประมาณ 75% ของเมื่อเริ่มต้น หรือหมดไป 25% ดังนั้นถ้าจะให้กำลังของเครื่องคงที่ ในตอนสุดท้ายของการเดินเครื่อง ฟลักซ์เฉลี่ยของนิวตรอนควรจะเพิ่มขึ้น 25%

4.2.3 การใช้ทั้งยูเรเนียม -238 และธอเรียม -232 เป็นสารเฟอร์ไทล์ในเชื้อเพลิง จะผลิตเชื้อเพลิงที่เป็นสารฟิสไซล์ได้ไม่มากเท่ากับเมื่อใช้ธอเรียม -232 เป็นสารเฟอร์ไทล์เพียงอย่างเดียว ในกรณีที่คำนวณนี้ ถ้าใช้ธอเรียมไดออกไซด์แทนยูเรเนียมไดออกไซด์ แต่จำนวนของยูเรเนียม -235 ให้เท่าเดิม เราจะได้สารฟิสไซล์มากถึงประมาณ 460 กิโลกรัม ในขณะที่ยูเรเนียม -235 หมดไปประมาณ 900 กิโลกรัม หรือคิดเป็นอัตราการเปลี่ยนก็ประมาณ 0.5

4.2.4 ในการคำนวณนี้ ได้ใส่ซอเรียมไดออกไซด์ ในรีเฟลคเตอร์เฉพาะข้าง ๆ แกน ไม่ได้ใส่ข้างบนและข้างล่างแกน ถ้าใส่ซอเรียมไดออกไซด์ลงไปทั้งข้างบนและข้างล่าง จะได้ยูเรเนียม -233 เพิ่มมาอีก ดังนี้

$$\text{น้ำหนักที่จะได้เพิ่มขึ้นมา} = \frac{2\pi (2 + 0.5)^2 \times 0.5}{\text{ปริมาตรด้านข้าง}} \times$$

น้ำหนักของยูเรเนียม -233 ด้านข้าง

<u>ตัวอย่าง</u> เช่นที่ฟลักซ์เฉลี่ย 5×10^{12} นิวตรอน/ซม^{2}วินาที น้ำหนักของยูเรเนียม -233 ด้านข้างจากตาราง 3.10คือ 43.4 กิโลกรัม ปริมาตรด้านข้างคือ $\pi (2.5^2 - 2^2) \times 3$ ซึ่งคือ 21.206 เมตร^3

ดังนั้นน้ำหนักที่จะได้เพิ่มมาอีกคือ $\frac{39.2699 \times 43.4 \times 0.5}{21.206}$ หรือ 40.18 กิโลกรัม

4.2.5 จากการคำนวณ ถ้าฟลักซ์สูง จะได้น้ำหนักของยูเรเนียม -233 น้อย ถ้าฟลักซ์ต่ำจะได้น้ำหนักของยูเรเนียม -233 มาก แต่โรงไฟฟ้าปรมาณูจะเดินเครื่องได้กำลังของเครื่องปฏิกรณ์ฯต้องสูงพอ ซึ่งหมายถึงฟลักซ์ต้องสูงตามด้วย ดังนั้นถ้าจะให้ดีต้องคำนึงถึงทั้งฟลักซ์ และกำลังของเครื่องปฏิกรณ์ฯ

4.2.6 ในการคำนวณเกี่ยวกับเครื่องปฏิกรณ์ฯนี้ คิดแบบโฮโมจีเนียส แต่เครื่องจริง ๆ เป็นแบบเฮทเทอโรจีเนียส ซึ่งค่า k_∞ ของแบบเฮทเทอโรจีเนียสจะสูงกว่าแบบโฮโมจีเนียส และมีส่วนช่วยให้รีแอคติวิตี้สูงขึ้นด้วย

4.3 <u>ข้อเสนอแนะ</u>

ในการคำนวณเราใช้น้ำธรรมดาเป็นโมเดอเรเตอร์ ซึ่งจับนิวตรอนค่อนข้างมาก ถ้าใช้น้ำหนัก (heavy water) ซึ่งจับนิวตรอนน้อยกว่าน้ำธรรมดา จะช่วยให้การเปลี่ยนจากธอเรียม -232 เป็นยูเรเนียม -233 และการเปลี่ยนจากยูเรเนียม -238 เป็นพลูโตเนียม -239 ได้ดีขึ้น

4.3.2 ใช้กราไฟท์ (graphite) เป็นโมเดอเรเตอร์ เช่น ในเครื่องปฏิกรณ์ฯ แบบไฮเทมเปอเรเจอร์แกสคูล (High Temperature Gas Cool) หรือ HTGR ที่สร้างในสหพันธรัฐเยอรมันตะวันตกและสหรัฐอเมริกา

4.3.3 ใช้ฟลูออรีน (fluoreen) และลิเธียม (lithium) เป็นโมเดอเรเตอร์ เช่นในเครื่องปฏิกรณ์ฯแบบที่เรียกว่า โมลเทนซอลท์ (Molten solt) หรือ MSBR

4.3.4 ใช้น้ำธรรมดาเป็นโมเดอเรเตอร์ แต่เปลี่ยนเชื้อเพลิง เช่นในเครื่องปฏิกรณ์ฯแบบไลท์วอเตอร์บรีดดิ่ง (Light Water Breeding Reactor) หรือ LWBR