บทที่ 5

ผลของการทดลอง

004782

5.1 ผลการทดลองหาความชำรุดของแท่งเชื้อเพลิงที่ทิ้งไว้นานและมีน้ำหมุนเวียน

ค่าความแรง (activity) ของแท่งเชื้อเพลิง F-7, F-8, F-4, F-9 และ F-13 ที่วัดไว้ในเวลาต่าง ๆกัน โดยใช้ multichannel analyzer มีแสดงไว้ในตารางที่ 1 ส่วนวิธีการใช้ scaler ratemeter วัดความแรงของแท่งเชื้อเพลิงมีแสดงดังตารางที่ 5

ความแรงของตารางที่ 1 นั้น วัดหาได้จาก Cs-137 โดยการนับ count ต่อนาทีใต้ photopeak ของซีเซียม ต่อจากนั้นเปลี่ยน count ต่อนาทีเป็นไมโครคูรี (μCi) หรือคูรี (Ci) ซึ่งจะเทียบกับ Cs-137 มาตรฐานที่รู้ค่าความแรงในสภาพเดียวกัน นำตัวอย่างที่นำไปวัดใน multichannel (Cs-137 มาตรฐานมีความแรง 6818 cpm เท่ากับ $4 \times 10^{-2} \mu$Ci ต่อ 400 ลบ.ซม.) และเปลี่ยนความแรงที่ได้ไปที่ 200 ลิตร.

ส่วนวิธีการหาความแรงของตารางที่ 5 จะหาได้โดยการนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก multichannel ทั้งนี้ก็เพราะว่าการทดลองที่วัดด้วย multichannel และ scaler ratemeter นั้น กระทำไปพร้อม ๆกันใช้ตัวอย่างน้ำเดียวกัน ฉนั้นความแรงของสารรังสีที่ออกมาจึงควรจะเท่ากัน ณ เวลาเดียวกัน ในการหาความแรงครั้งนี้จะเลือกความแรง ของตัวอย่างน้ำที่ h-1 จากตารางที่ 1 เป็นฐานในการคำนวณช่วงตัวอย่างอื่น ๆ ที่วัดได้จาก G.M.ตัวอย่างเช่น แท่งเชื้อเพลิง F-8 ที่วัดด้วย multichannel เวลา 1 ชั่วโมงในตารางที่ 1 มีความแรง 6.15 μCi ต่อ 200 ลิตร ก็นำมาเทียบกับค่าที่วัดด้วย G.M.ที่เวลา 1 ชั่วโมงเช่นกันในตารางที่ 5 ดังนั้นค่าที่วัดด้วย G.M.เวลา 1 ชั่วโมงจะมีความแรง 6.15μCi ต่อ 200 ลิตรเช่นกัน ไม่ว่าความแรงที่วัดด้วย G.M. จะ count ได้เท่าไร ต่อจากนั้นก็นำกลับมาเปรียบเทียบไปที่ 15, 30, 45, .. 180 นาที ตามลำดับ การเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบว่า count ที่ 60 นาที มีความแรงเท่านี้ ถ้า count ที่ 15, 30, 45, ... 180 นาที จะมีความแรงเท่าไร

หรือจะเทียบกับตัวอย่างของน้ำที่วัดด้วย multichannel ที่ชั่วโมง 2 หรือ 3 ก็ได้ แต่จะทำให้ค่าที่ได้ต่างกันเล็กน้อย.

จากการที่ใช้หัววัด G.M. วัดความแรงของสารกัมมันตรังสีที่ออกจากแท่งเชื้อเพลิงในถังน้ำ 200 ลิตรนั้น อาจจะได้ผลที่ออกมาไม่ค่อยดีนัก ทั้งนี้ก็เพราะว่าระหว่างที่ทำการทดลองนั้น G.M. อาจวัดไม่คงที่ เนื่องจากอุปกรณ์ไม่ค่อยดีนัก.

ส่วนผลการทดลองที่เทียบกับความแรงมาตรฐานของ Cs-137 เพียงอย่างเดียวนั้น จะทำให้ค่าความแรงของพวกอายุสั้นอาจคลาดเคลื่อนได้ (อาจจะผิดไปด้วย factor 2) ทั้งนี้ก็เพราะว่า Cs -137 นั้นมีครึ่งชีวิตที่ยาว (30 ปี) เมื่อนำมาเทียบกับพวกที่มีชีวิตสั้นและคนละชาติก็อาจจะผิดไปบ้าง.

5.2 <u>การทดลองหาความชำรุดของแท่งเชื้อเพลิงโดยไม่มีการไหลหมุนเวียนของน้ำ</u>

ผลของการทดลองนั้นจะมีแต่ Cs -137 ที่แสดงอยู่ในตารางที่ 2 ความแรงนั้นจะเทียบกับความแรงมาตรฐานของ Cs -137 เช่นเดียวกับการทดลองแรกที่วัดด้วย multichannel (เป็นความแรงใน 200 ลิตร)

5.3 <u>ทดลองโดยให้แท่งเชื้อเพลิงที่จะทำการตรวจสอบเข้าไปใกล้แกนปฏิกรณ์ฯ เพื่อให้คล้ายเมื่อใช้งานจริง.</u>

ผลของการวัดจะแสดงอยู่ในตารางที่ 3 เมื่อวัดด้วย multichannel analyzer และตารางที่ 6 เมื่อวัดด้วย scaler ratemeter ความแรงที่ได้จาก multi-channel ของน้ำตัวอย่างนี้จะเทียบกับ ซีเซียม-137 มาตรฐาน (ความแรงที่กล่าวถึงจะเป็นความแรงในน้ำ 200 ลิตรที่เปลี่ยนจากน้ำ 400 ลบ.ซม.)

ส่วนที่วัดด้วย scaler ratemeter นั้นก็จะใช้หัว G.M จุ่มลงไปในถังน้ำ 200 ลิตร เช่นเดียวกับการทดลองแรก แต่ต่างกันที่ว่า การทดลองครั้งนี้มีฟิชชั่นโปรดักเกิดขึ้น ความแรง

จะเทียบจากอัตราส่วนเฉลี่ยของความแรง(μCi)หารด้วย count ต่อนาที จากการวัดผลในตารางที่ 5 มาคูณกับ countต่อนาทีที่วัดได้จากการฟิชชั่น เช่น สมมุติว่าที่เวลา 1 ชั่วโมง แท่งเชื้อเพลิง F-4 ในตารางที่5 วัดได้ความแรง AμCiต่อ 200 ลิตร ซึ่งนับได้ B cpm เพราะฉนั้นอัตราส่วนจะเป็น A/Bในทำเดียวกันเอาอัตราส่วนที่หาได้จาก F-7, F-8, F-9, F-13 ที่เวลาเดียวกันกับ F-4 มาหาอัตราส่วนเฉลี่ยสมมุติได้ C เอาค่า C นี้ไปคูณกับ count ต่อนาทีดังได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วก็จะได้ความแรงของแต่ละแท่งออกมา ดังแสดงในตารางที่ 6.

หมายเหตุ

จะใช้เวลาที่ใดมาคิดอัตราส่วนก็ให้ใช้เวลาที่เดียวกันหมดทุกแท่ง

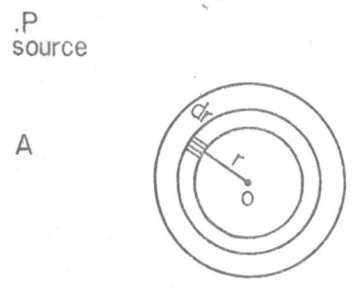
5.4 คิดตำแหน่งฟลักส์ที่ทำการทดลองเทียบกับฟลักส์เฉลี่ยของเครื่องปฏิกรณ์ ฯ

ค่าความแรงในตารางที่ 7 นั้น เป็นผลที่ได้จากตารางที่ 6 ในน้ำ 200 ลิตร โดยการเอาอัตราส่วนของฟลักส์เฉลี่ยหารด้วยฟลักส์ที่ทำการทดลอง ($\frac{6 \times 10^{12}}{1.6 \times 10^{7}} = 3.75 \times 10^{5}$) คูณความแรงในตารางที่ 6 ในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการวัดด้วย G.M.

การวัดความแรงของน้ำในบ่อปฏิกรณ์ฯ เมื่อวันที่ 3 มกราคม 2517 วัดขณะที่เครื่องเดินได้เต็มที่กำลังที่ 1 MW ความแรงของน้ำในบ่อปฏิกรณ์ฯวัดได้เกือบคงที่ คือ นับได้ 109818 count ต่อนาที หรือเทียบเท่า 3.58×10^{5} μCi ต่อน้ำทั้งบ่อปฏิกรณ์ฯ (count ที่ได้เป็น count เฉลี่ยที่ได้แก้ค่า resolving time) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแท่งเชื้อเพลิงที่ชำรุดมากที่สุด (แท่งเชื้อเพลิง F-7 เวลาที่ 3 ชั่วโมง จะเท่ากับ 13.7 Ci ในตารางที่ 7 จะเป็นแท่งที่ชำรุดมากที่สุด) พบว่าการรั่วของแท่งเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ใช้งานอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ในวันนั้น รวมแล้วยังน้อยกว่าการรั่วของแท่งเชื้อเพลิง F-7 แท่งเดียว.

การที่เอาหัววัด G.M. จุ่มลงไปในถังน้ำ 200 ลิตรแล้วทำการวัดนั้น ถือได้ว่าเหมือนกับการเอาหัว G.M. จุ่มลงไปวัดน้ำในบ่อ.

ถือว่าหัววัด G.M.เป็นจุดอยู่กลางน้ำ.



สมมุติให้มี strength A particle/cm^3-sec

หาจำนวน particle/cm^2-sec ที่ปรากฏที่ - 0 (หาฟลักส์)

1 ลบ.ซม. source จะส่ง particle (γ) มาที่ 0 $= \frac{A.\ e^{-\mu.OP}}{4\pi(OP)^2}$

Volume ของ spherical shell $4\pi r^2.dr$

Volume มี strength $4\pi r^2.dr.A$

Volume จะส่งฟลักส์มาที่ 0 $d\phi$

$$\frac{d\phi}{\int_{\phi}^{} d\phi} = \frac{4\pi r^2.dr.A.e^{-\mu r}}{4\pi r^2 r} = \int_{0}^{30} A.e^{-\mu r}.dr$$

คิดในถัง r $= 30$ cm

$$\phi = \int_{0}^{30} A.e^{-\mu r}.dr$$

$$= -\frac{A}{\mu}\left(e^{-\mu r}\right)_{0}^{30}$$

μ ของน้ำ = 0.1 cm^{-1} เมื่อพลังงาน . $= 1$ Mev

$$\therefore \phi = \frac{A}{\mu}\left(1 - e^{-3}\right)$$

$$= \frac{A}{\mu}(1 - 0.05)$$

จำนวน particle ที่จะมาปรากฏที่หัววัด G.M. $= 0.95\frac{A}{\mu}$

คิดในบ่อปฏิกรณ์ปรมาณูโดยเปลี่ยนอินทิเกรตเป็นจาก $0 \rightarrow \infty$

$$\phi = \frac{A}{\mu}$$

จะเห็นว่ามีความแตกต่างกัน 5% ซึ่งจะถือว่าในถังกับในบ่อมีค่าเหมือนกัน

5.5 การคำนวณเกี่ยวกับปริมาณ Xe-138 ในบ่อน้ำปฏิกรณ์ฯ และอากาศในห้องปฏิกรณ์ฯ

จากการวัดความแรงของ Cs-138 และความแรงของน้ำในบ่อเมื่อวันที่ 3 มกราคม 2517 ได้ Cs-138 = 12.042×10^5 $\mu\mu Ci/m^3$

ความแรงของน้ำทั้งบ่อ = 3.58×10^5 μCi

คิดว่า Xe-138 ในน้ำปฏิกรณ์ฯ มีอยู่ 10%

Xe -138 ในน้ำปฏิกรณ์ฯ = $\frac{3.58 \times 10^5}{10}$ μCi

= 3.58×10^4 μCi

ความแรงของ Cs-138 ที่ออกมาปนอยู่ในอากาศนั้น จะเท่ากับความแรงของ Xe-138 ด้วย

Xe -138 จะอยู่ปนในอากาศ 12.042×10^5 $\mu\mu Ci/m^3$

ห้องปฏิกรณ์ฯ จะมีปริมาตร = 200 m^3

ห้องปฏิกรณ์ฯ จะมีความแรง = $12.042 \times 10^5 \times 200$ $\mu\mu Ci$

= 24.084×10^7 $\mu\mu Ci$

= 240.84 μCi

ตารางที่ 1 (ในน้ำ 200 ลิตร วัด Cs-137)

แสดง activity ของแท่งเชื้อเพลิงที่ชำรุดและทิ้งไว้นาน โดยการให้น้ำไหลหมุนเวียนผ่านตลอดเวลา 0, 1, 2, 3, ชั่วโมง (วัดด้วย multichannel)

หมายเลข	F-7 μCi	F-8 μCi	F-4 μCi	F-9 μCi	F-13 μCi
h-0	6.18	1.73	1.66	2.04×10^{-1}	2.46×10^{-1}
h-1	12.0	6.15	3.50	6.92×10^{-1}	7.82×10^{-1}
h-2	30.8	16.5	4.20	9.44×10^{-1}	9.32×10^{-1}
h-3	88.4	24.5	5.14	10.3×10^{-1}	10.6×10^{-1}

ตารางที่ 2 (ในน้ำ 200 ลิตร วัด Cs-137)

แสดง activity ของแท่งเชื้อเพลิงที่แช่ไว้ในกระบอกโดยไม่ต้องให้น้ำไหลหมุนเวียนผ่าน แล้วนำไปวัดด้วย multichannel เมื่อเวลา 0, 1, 2, 3 ชั่วโมง

หมายเลข	F-7 μCi	F-8 μCi	F-4 μCi	F-9 μCi	F-13 μCi
h-1	12.6	3.46	1.74	8.44×10^{-1}	1.55×10^{-1}
h-2	21.0	6.84	2.90	14.4×10^{-1}	2.86×10^{-1}
h-3	29.6	9.48	3.60	18.3×10^{-1}	4.06×10^{-1}

ตารางที่ 3. (ความแรงในน้ำ 200 ลิตร)

แสดง activity ของแท่งเชื้อเพลิงแต่ละแท่งในเมื่อมีการฟิชชั่นที่ตำแหน่งฟลักส์ 1.6×10^{7} นิวตรอน/ซม^{2} – วินาที

หมายเลข	F-7 μCi	F-8 μCi	F-4 μCi	F-9 μCi	F-13 μCi
h-0	15.2	4.92	6.45	4.11	2.85
h-1	29.9	19.8	15.8	11.8	10.8
h-2	43.8	22.5	16.9	14.0	13.1
h-3	104	26.8	20.1	14.9	15.2

ตารางที่ 4 (ความแรงในน้ำ 200 ลิตร)

แสดง activity ของแท่งเชื้อเพลิงแต่ละแท่งในเวลาต่าง ๆ กันภายหลังจากการฟิชชั่น

หมายเลข	F-7 μCi ภายหลัง 13 วัน	F-8 μCi ภายหลัง 15 วัน	F-4 μCi ภายหลัง 15 วัน	F-9 μCi ภายหลัง 15 วัน	F-13 μCi ภายหลัง 12 วัน
h-0	7.64	1.60	3.08×10^{-1}	1.14×10^{-1}	3.50×10^{-1}
h-1	13.4	3.26	6.16×10^{-1}	2.88×10^{-1}	6.84×10^{-1}
h-2	19.9	6.24	8.62×10^{-1}	4.66×10^{-1}	7.12×10^{-1}
h-3	27.0	9.98	10.8×10^{-1}	6.56×10^{-1}	9.48×10^{-1}

ตารางที่ 5 แสดง activity ของแท่งเชื้อเพลิงแต่ละแท่งในเวลาต่าง ๆ ที่มีการไหลหมุนเวียนของน้ำในถัง 200 ลิตรที่ผ่านแท่งเชื้อเพลิงซึ่งวัดด้วย scaler ratemeter 125.

เวลา (นาที)	F-7 μCi	F-8 μCi	F-4 μCi	F-9 μCi	F-13 μCi
15	8.24	1.36	1.20	3.96×10^{-1}	1.96×10^{-1}
30	9.98	1.98	2.68	3.96×10^{-1}	4.18×10^{-1}
45	11.4	4.55	2.50	6.02×10^{-1}	7.64×10^{-1}
60	12.0	6.15	3.50	6.92×10^{-1}	7.82×10^{-1}
75	14.2	7.56	4.24	7.92×10^{-1}	8.50×10^{-1}
90	16.6	11.6	4.22	8.54×10^{-1}	7.98×10^{-1}
105	22.2	13.6	4.50	9.20×10^{-1}	9.18×10^{-1}
120	26.6	14.5	4.40	10.3×10^{-1}	9.32×10^{-1}
135	27.6	16.0	4.86	11.0×10^{-1}	9.76×10^{-1}
150	29.6	17.9	5.18	11.1×10^{-1}	9.18×10^{-1}
165	32.4	21.4	5.04	12.3×10^{-1}	9.42×10^{-1}
180	35.2	21.9	5.64	12.7×10^{-1}	10.6×10^{-1}

ตารางที่ 6 แสดง activity ของแท่งเชื้อเพลิงในเวลาต่าง ๆ กันในถังน้ำ 200 ลิตร ที่มีการเกิดฟิชชั่นและมีการไหลหมุนเวียนของน้ำที่ผ่านแท่งเชื้อเพลิงตลอดเวลา

วัดด้วย scaler ratemeter 125.

เวลา (นาที)	F-7 μCi	F-8 μCi	F-4 μCi	F-9 μCi	F-13 μCi
15	16.2	12.9	14.7	11.1	9.82
30	16.6	13.5	15.0	11.4	10.1
45	17.1	13.6	15.7	11.4	10.3
60	18.8	19.7	15.6	11.5	10.6
75	24.0	20.8	15.9	12.1	12.0
90	25.3	21.2	16.2	12.7	12.2
105	25.7	22.8	16.2	13.0	12.5
120	27.0	24.7	16.6	13.2	12.8
135	27.1	24.8	16.6	13.5	12.9
150	30.3	25.1	16.8	13.8	13.1
165	34.1	25.3	16.6	13.9	13.9
180	36.4	25.4	17.0	13.8	14.3

ตารางที่ 7 แสดง α activity จากตารางที่ 6 เมื่อให้นิวตรอนฟลักส์เท่ากับฟลักส์เฉลี่ยของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (ฟลักส์เฉลี่ย 6×10^{12} n/cm^2-sec)

เวลา (นาที)	F-7 Ci	F-8 Ci	F-4 Ci	F-9 Ci	F-13 Ci
15	6.10	4.97	5.55	4.20	3.70
30	6.23	5.06	5.63	4.28	3.79
45	6.41	5.13	5.92	4.30	3.90
60	7.05	7.39	5.85	4.31	3.98
75	9.01	7.85	6.00	4.57	4.52
90	9.49	7.95	6.08	4.76	4.58
105	9.65	8.65	6.10	4.91	4.70
120	10.1	9.26	6.23	4.95	4.80
135	10.2	9.35	6.25	5.09	4.85
150	11.4	9.41	6.30	5.18	4.91
165	12.8	9.50	6.26	5.25	5.23
180	13.7	9.53	6.38	5.18	5.36