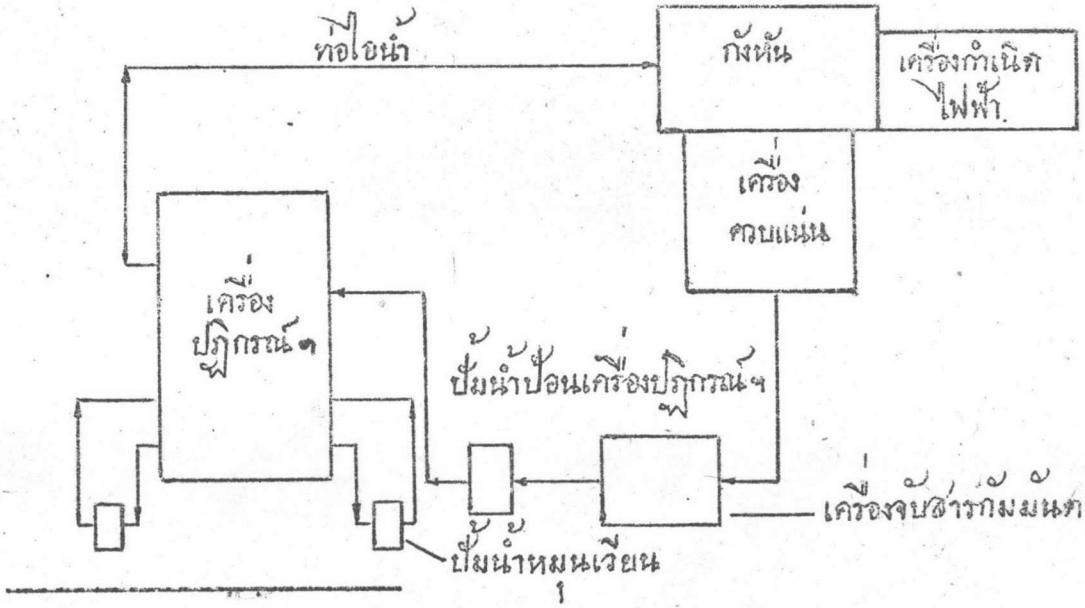
บทที่ 2

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแบบน้ำเดือด

2.1 ลักษณะทั่วไปของเครื่องปฏิกรณ์ฯ แบบน้ำเดือดวงจรตรง[2]

เครื่องปฏิกรณ์ฯแบบน้ำเดือดวงจรตรงใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นตัวระบายความร้อน และเป็นตัวหน่วงความเร็วของนิวตรอน ใช้ยูเรเนียม - 235 มีความเข้มข้นร้อยละ 2.75-3 เป็นเชื้อเพลิงในระบบนี้ เครื่องปฏิกรณ์ฯ เป็นเครื่องผลิตไอน้ำโดยตรง น้ำเปื่อเดือดกลายเป็นไปในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ก็เข้าเครื่องแยกไอน้ำ ผ่านมายังเครื่องทำไอน้ำให้แห้ง ไอน้ำที่แห้งแล้วจะไปหมุนกังหันโดยตรงเพื่อผลิตพลังงานกล เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไอน้ำที่ใช้แล้วจะถูกควบแน่นเป็นน้ำแล้วผ่านเครื่องจับสารกัมมันตรังสี จากนั้นก็ป้อนน้ำสู่เครื่องปฏิกรณ์ฯ เพื่อรับความร้อนวนเวียนเช่นนี้ตลอดไป

รูป 2 - 1 เครื่องปฏิกรณ์ฯ แบบน้ำเดือดวงจรตรง



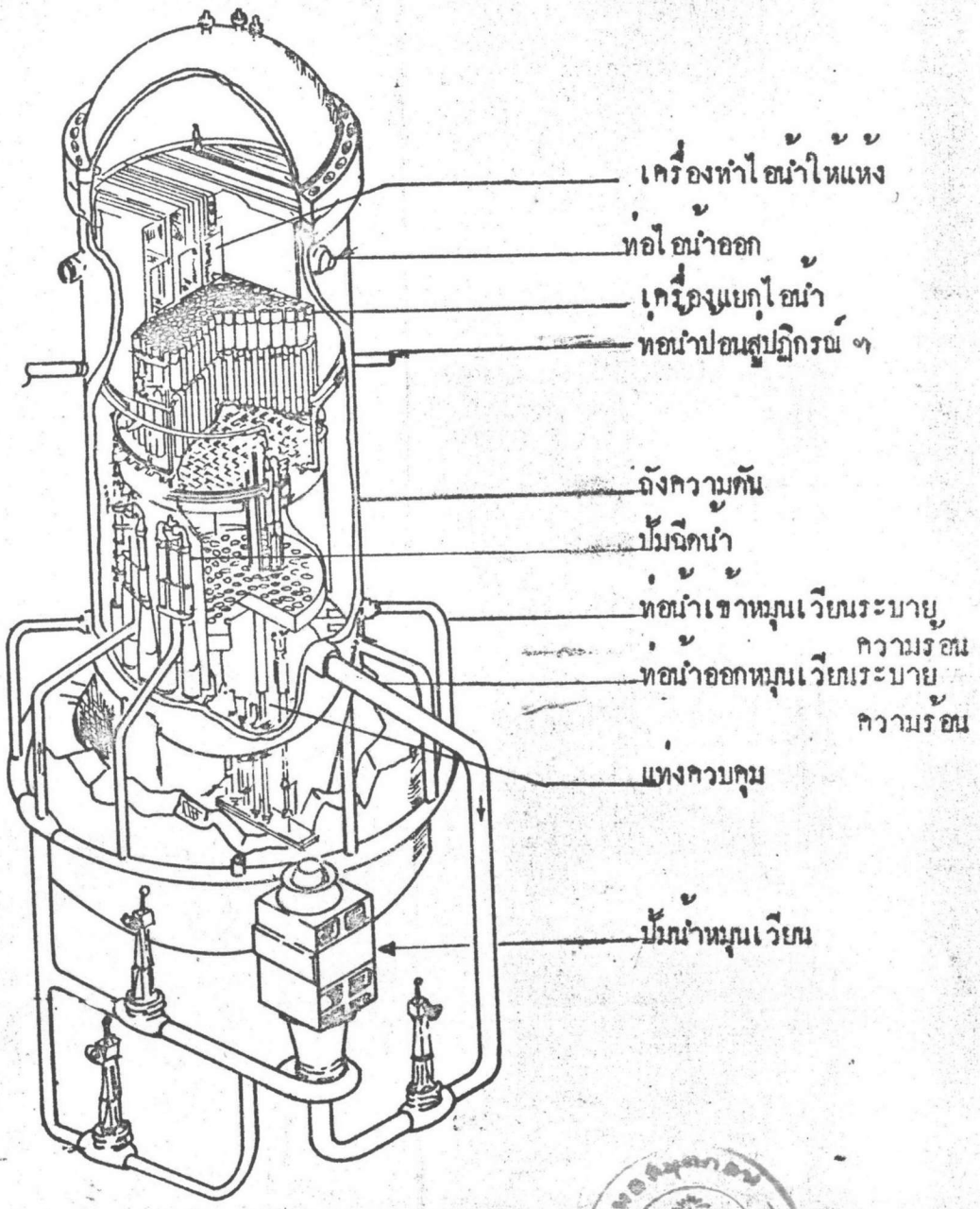
[2] G.E., BWR 6.1976. Summary System Description of a Boiling Water Reactor.

เครื่องปฏิกรณ์ฯ แบบน้ำเดือดประกอบด้วย หม้อน้ำปรมาณู (Nuclear Boiler) ซึ่งเป็นตัวผลิต รักษา ควบคุมไอน้ำไปยังกังหัน ส่วนประกอบของหม้อน้ำปรมาณูประกอบด้วยถังความดันและส่วนประกอบภายใน มีปั๊มฉีดสำหรับน้ำหมุนเวียนในเครื่องปฏิกรณ์ฯ เครื่องแยกไอน้ำ เครื่องทำไอน้ำให้แห้งระบบควบคุมเครื่องปฏิกรณ์ฯ และระบบระบายความร้อนเครื่องปฏิกรณ์ฯ

2.1.1 <u>ถังความดัน</u> (Pressure Vessel) เป็นถังซึ่งสร้างเป็นพิเศษทำด้วยเหล็กหนาประมาณ 5 - 6 นิ้ว สามารถทนความดันได้สูงมาก ภายในถังความดันจะมีแกนปฏิกรณ์ฯ ซึ่งประกอบด้วยแท่งเชื้อเพลิงมากมาย มีน้ำระบายความร้อนตลอดเวลา ทั้งในเวลาเดินเครื่องและดับเครื่องปฏิกรณ์ฯ ปั๊มฉีดสำหรับให้น้ำหมุนเวียนในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ปั๊มนี้จะทำให้น้ำในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ประมาณ 2 ส่วนใน 3 ส่วนไหลหมุนเวียนในถังความดัน เพื่อไม่ให้น้ำในถังความดันรอบแกนปฏิกรณ์ฯ ร้อนเกินไป และมีน้ำหมุนเวียนระบายความร้อน น้ำเมื่อเดือดกลายเป็นไอในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ก็ผ่านเครื่องแยกไอน้ำซึ่งอยู่ทางส่วนบนภายในถังความดันแยกเอาน้ำออกมา ไอน้ำที่แยกแล้วจะผ่านเครื่องทำไอน้ำให้แห้งก่อนที่จะส่งไปหมุนกังหันต่อไป

2.1.2 <u>เชื้อเพลิงและอุปกรณ์สำคัญในการควบคุม</u> เครื่องปฏิกรณ์ฯ เป็นแหล่งผลิตความร้อนจากการแตกตัวของยูเรเนียมอะตอม ยูเรเนียมอะตอมมียูเรเนียม - 235 ความเข้มข้นประมาณร้อยละ 2.75 - 3 เชื้อเพลิงยูเรเนียมอยู่ในรูปของยูเรเนียมไดออกไซด์เป็นก้อนทรงกระบอก แท่งเชื้อเพลิงยูเรเนียมทำด้วยโลหะผสมของเซอร์โคเนียมซึ่งป้องกันการแตกและทนความร้อนสูงได้ดี แท่งเชื้อเพลิงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว 160 นิ้ว แท่งเชื้อเพลิงรวมกันเป็นมัด ๆ เรียกว่ามัดเชื้อเพลิง แต่ละมัดเชื้อเพลิงประกอบด้วยเชื้อเพลิง 63 แท่ง อีก 1 แท่งเป็นเบอเนเบิล พอยซัน (Burnable Poison)

รูปที่ 2 – 2 ลักษณะเครื่องปฏิกรณ์ฯแบบน้ำเดือด



เรียงแบบสี่เหลี่ยมจตุรัส 8 x 8 แกนปฏิกรณ์ฯ มีมัดเชื้อเพลิง 4 มัด เชื้อเพลิงดังกล่าวจะถูกบรรจุอยู่ในถังความดันซึ่งทำด้วยเหล็กหนา และทนความดันได้สูง มีน้ำระบายความร้อนเชื้อเพลิงตลอดเวลาทั้งในเวลาเดินเครื่องและดับเครื่องปฏิกรณ์ฯ อุปกรณ์สำคัญในการควบคุมกำลังของเครื่องปฏิกรณ์ฯ นั้นได้แก่แท่งบังคับ (Control Rod) ซึ่งเป็นตัวจับนิวตรอนได้ดีมาก ในการบังคับแท่งบังคับเข้าออก เป็นการควบคุมจำนวนนิวตรอนที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยานิวเคลียร์ให้น้อยหรือมาก อันเป็นการควบคุมกำลังของเครื่องปฏิกรณ์ฯ โดยตรง

2.2 <u>กำลังที่เกิดจากกากฟิชชั่นหลังดับเครื่องปฏิกรณ์ฯ</u>[3]

ส่วนของยูเรเนียม - 235 อะตอมภายหลังการแตกตัวให้พลังงานออกมาเป็นพวกสารกัมมันตรังสี สารกัมมันตรังสีพวกนี้เรียกว่ากากฟิชชั่น กากฟิชชั่นจะปล่อยรังสี เบตา แกมมา ออกมามีพลังงานต่าง ๆ กันแล้วแต่ชนิดของสารกัมมันตรังสี ปริมาณรังสีอาจลดลงอย่างรวดเร็วเป็นวินาที นาที ชั่วโมง หรืออาจลดลงอย่างช้า ๆ ใช้เวลานานเป็นเดือน ปี หรือหลาย ๆ ปี อันนี้ขึ้นอยู่กับครึ่งชีวิตของสารรังสีนั้น ๆ กากฟิชชั่นที่สะสมอยู่ในแท่งเชื้อเพลิงมีราว 200 ไอโซโทป จากธาตุ 35 ชนิด ซึ่งมีทั้งของแข็ง เช่น ซีเซียม (Cs) และแกส เช่น คริบตอน (Kr) และซีนอน (Xe) เครื่องปฏิกรณ์ฯ เป็นแหล่งสะสมกากฟิชชั่นยิ่งเครื่องปฏิกรณ์ฯ มีกำลังสูงและเดินเครื่องนาน ๆ กากฟิชชั่นยิ่งสะสมเป็นจำนวนมาก เมื่อดับเครื่องปฏิกรณ์ฯ เชื้อเพลิงยังคงร้อนอยู่เนื่องจากกากฟิชชั่นคายพลังงานออกมา ดังนั้นเมื่อดับเครื่องปฏิกรณ์ฯ จึงต้องมีการระบายความร้อนตลอดเวลา

---

[3]Glasstone, S., and Sesonke, A. 1967. "Radioactivity and Decay of Fission Products," <u>Nuclear Reactor Engineering</u>.

กำลังหลังดับเครื่องปฏิกรณ์ฯ P วัตต์ หาได้จากสมการ[4]

$$\frac{P}{Po} = 6.1 \times 10^{-3} \left[(\mathcal{T} - To)^{-0.2} - \mathcal{T}^{-0.2} \right]$$

ในเมื่อ Po = กำลังของเครื่องปฏิกรณ์ฯ ขณะเดินเครื่อง วัตต์

$\mathcal{T}$ = เวลาตั้งแต่เริ่มเดินถึงภายหลังดับเครื่อง วัน

To = เวลาตั้งแต่เริ่มเดินจนกระทั่งดับเครื่อง วัน

ตัวอย่างเช่น เดินเครื่องปฏิกรณ์ฯ 1 ปี แล้วดับเครื่องปฏิกรณ์ฯจะได้ค่า ที่เวลาต่าง ๆ หลังดับเครื่องดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 - 1 อัตราส่วน P/Po หลังดับเครื่องปฏิกรณ์ฯ

เวลาหลังดับเครื่อง	อัตราส่วน P/P_o
1 วินาที	0.058
10 วินาที	0.051
1 นาที	0.039
1 ชั่วโมง	0.016
1 วัน	0.0066

[4]Glasstone S., and Sesonke, A. 1967, "Radioactivity and Decay of Fisson Products," Nuclear Reactor Engineering.

ถ้าขนาดของเครื่องปฏิกรณ์ฯ ผลิตความร้อน $1,860 \times 10^6$ วัตต์ สำหรับ 1 ชั่วโมง หลังดับเครื่องกำลังเนื่องจากกากฟิชชั่น จะได้จาก

$$P = 1.86 \times 10^3 \times 10^6 \times 0.016 \quad \text{วัตต์}$$
$$= 2.98 \times 10^7 \quad \text{วัตต์}$$
$$= 29.8 \quad \text{ล้านวัตต์}$$

2.2.1 <u>ความแรงของรังสีเบตาและแกมมาในเครื่องปฏิกรณ์ฯ</u>

ความแรงของรังสีเบตาและแกมมารวมกัน[5]

$$= 2.1 \, P_o \left[(\mathcal{T} - T_o)^{-0.2} - \mathcal{T}^{-0.2} \right] \quad \text{คูรี่}$$

ถ้า P_o เป็นกำลังขณะเดินเครื่อง วัตต์

T_o เป็นเวลาตั้งแต่เริ่มเดินจนกระทั่งดับเครื่อง วัน

$\mathcal{T}$ เป็นเวลาตั้งแต่เริ่มเดินถึงภายหลังดับเครื่อง วัน

ความแรงของรังสีเบตาและแกมมารวมกัน เมื่อ

$P_o = 1,860 \times 10^6$ วัตต์

$T_o = 365$ วัน

$\mathcal{T} = 366$ วัน

$$= 2.1 \times 1,860 \times 10^6 \left[(1)^{-0.2} - (366)^{-0.2} \right]$$
$$= 2.66 \times 10^9 \quad \text{คูรี่}$$
$$= 2,660 \quad \text{ล้านคูรี่}$$

---

[5] Glasstone, S., and Sesonke, A. 1967. "Radioactivity and Decay of Fission Products," <u>Nuclear Reactor Engineering</u>.

2.2.2 ปริมาณไอโอดีน - 131 ที่สะสมอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ฯ

กำลัง 1 วัตต์ เกิดจากยูเรเนียม - 235 แตกตัว 3.1×10^{10} การแตกตัว/วินาที ไอโอดีน - 131 มีฟิชชั่น ยีลด์ (Fission Yield) จากยูเรเนียม - 235 ร้อยละ 1.05

จำนวนอะตอมของไอโอดีน - 131 จากเครื่องปฏิกรณ์ฯ ขนาดผลิตความร้อน $1,860 \times 10^6$ วัตต์

$$= 1,860 \times 10^6 \times 3.1 \times 10^{10} \times \frac{1.05}{10^2}$$

$$= 1,86 \times 3.1 \times 1.05 \times 10^{17} \text{ อะตอม/วินาที}$$

เมื่อสมดุลย์

อัตราการเกิด = อัตราการสลายตัว

เมื่อสมดุลย์มีไอโอดีน - 131 สลายตัว = $1,86 \times 3.1 \times 1.05 \times 10^{17}$ การสลายตัว/วินาที

$$= \frac{1,86 \times 3.1 \times 1.05 \times 10^{17}}{3.7 \times 10^{10}} \text{ คูรี่}$$

$$= 1,64 \times 10^7 \text{ คูรี่}$$

ปริมาณไอโอดีน - 131 ที่มีอยู่ในขณะเดินเครื่องปฏิกรณ์ฯ $1,860 \times 10^6$ วัตต์

$$= 1.64 \times 10^7 \text{ คูรี่}$$

2.3 อุบัติเหตุร้ายแรงที่อาจเกิดขึ้นและทำความเสียหายต่อโรงไฟฟ้าปรมาณู

อุบัติเหตุจากโรงไฟฟ้าปรมาณูแตกต่างจากอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้าธรรมดาตรงที่ว่าเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเป็นแหล่งสะสมกากฟิชชั่นจำนวนมาก ในกรณีเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง

อาจมีสารกัมมันตรังสีออกสู่บรรยากาศภายนอกได้ อุบัติเหตุร้ายแรงที่อาจเกิดขึ้นและมีอันตรายต่อโรงไฟฟ้าปรมาณู เช่น เกิดแผ่นดินไหวอย่างรุนแรง พายุมีความเร็วสูงพัดเอาวัตถุหนักชนกับตัวอาคารเกิดน้ำท่วมขนาดหนัก เครื่องบินขนาดใหญ่ที่มีความเร็วสูงตกชนอาคารปฏิกรณ์ฯ และอุบัติเหตุจากการสูญเสียการระบายความร้อน (Loss of Coolant Accident) อุบัติเหตุเหล่านี้ทางโรงไฟฟ้าปรมาณูได้วางมาตรการป้องกันไว้อย่างดีแล้ว โดยก่อนที่จะทำการก่อสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณูได้มีการสำรวจทางด้านธรณีวิทยา และศึกษาประวัติของแผ่นดินไหว ณ บริเวณจุดที่ตั้งและบริเวณใกล้เคียงว่าจะไม่มีแผ่นดินไหว หรือการเคลื่อนตัวของหินหรือทรายที่อาจทำความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณู และในกรณีบริเวณใกล้เคียงเกิดแผ่นดินไหว ถ้าแผ่นดินไหวเกินขีดกำหนดในการออกแบบ เครื่องปฏิกรณ์ฯจะดับลงโดยอัตโนมัติ เป็นการป้องกันอันตรายจากแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยาได้ตรวจสภาพทางอุตุนิยมวิทยาและลักษณะอากาศปรากฏว่าในบริเวณนี้ไม่เคยมีพายุที่มีความเร็วสูงเกิดขึ้นเลย กรมอุทกศาสตร์ได้ตรวจวัดระดับน้ำ ปรากฏว่าในบริเวณจุดที่ตั้งไม่เคยมีน้ำท่วมเกิดขึ้นเลย ในการออกแบบตัวอาคารชั้นแรกอันเป็นอาคารปฏิกรณ์ฯ ได้ออกแบบให้สามารถทนต่อแรงกระแทกจากภายในและภายนอกได้เป็นอย่างดีจากวัตถุหนัก หรือเครื่องบินขนาดใหญ่ตกชนอาคารปฏิกรณ์ฯ นอกจากนี้ยังมีระบบเตือนภัยทั้งภายในและภายนอกอาคารและระบบเตือนภัยเมื่อมีรังสีเกินขีดจำกัดเพื่อป้องกันและระงับภัยทันท่วงที อุบัติเหตุจากการสูญเสียการระบายความร้อนได้ออกแบบป้องกันโดยมีระบบระบายความร้อนแกนปฏิกรณ์ฉุกเฉินซึ่งประกอบด้วยระบบฉีดน้ำความดันต่ำสู่แกนปฏิกรณ์ฯ ระบบฉีดน้ำความดันสูงสู่แกนปฏิกรณ์ฯ เครื่องฉีดน้ำความดันต่ำและระบบลดความดันโดยอัตโนมัติ เพื่อป้องกันเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นและมีน้ำระบายความร้อนอย่างพอเพียง

ได้มีการสมมุติอุบัติเหตุจากการสูญเสียการระบายความร้อนอันเป็นอุบัติเหตุพื้นฐานในการออกแบบ (Design Basis Accident) โดยสมมุติว่าท่อน้ำหมุนเวียนต่อกับถังความดันแตกหลุดออกมาโดยทันทีทันใด น้ำในท่อระบายความร้อนซึ่งมีความดันสูงขนาด 1,100 ปอนด์ต่อตารางนิ้วจะไหลออกมาอย่างรวดเร็ว เมื่อน้ำในระบบระบายความร้อน

สูญหายไปเครื่องปฏิกรณ์ฯก็จะหยุดลงโดยทันที ความร้อนจากการแตกตัวจะลดลง เหลือแต่ความร้อนที่สะสมอยู่เนื่องจากกากฟิชชั่น ซึ่งก็มีปริมาณความร้อนพอเพียงที่จะทำให้เชื้อเพลิงละลายได้ถ้าไม่มีการระบายความร้อน เมื่อเครื่องปฏิกรณ์ฯ ดับลงระบบฉีดน้ำความดันต่ำสู่แกนปฏิกรณ์ฯ ระบบฉีดน้ำความดันสูงสู่แกนปฏิกรณ์ฯ และเครื่องฉีดน้ำความดันต่ำ ทำงานทันทีเพื่อฉีดน้ำระบายความร้อนแกนปฏิกรณ์ฯ ไม่ให้ละลายได้มีการสมมุติต่อไปว่า ในกรณีระบบฉีดน้ำไม่ทำงานจากการเกิดเหตุขัดข้อง ทำให้เชื้อเพลิงละลายหมด[6] เชื้อเพลิงที่ละลายสามารถละลายแท่งควบคุมและสามารถทะลุผ่านส่วนล่างของถังความดัน ทะลุผ่านคอนกรีตหนาซึ่งเป็นตัวอาคารแรก หลังจากการเกิดอุบัติเหตุจะมีส่วนของสารรังสีกระจายลงสู่พื้นดิน ตัวอาคารแรกอาจถูกทำลายลงได้เนื่องจากมีความดันสูงมากจากแกสที่ไม่ควบแน่น แกสพวกนี้เกิดจากหลายแหล่งเช่นที่อุณหภูมิสูง โลหะผสมของเซอร์โคเนียมซึ่งเป็นส่วนห่อหุ้มเชื้อเพลิง และเหล็กที่เป็นตัวยึดจะหลอมละลาย เมื่อทำปฏิกริยากับน้ำทำให้เกิดแกสไฮโดรเจนจำนวนมากและในการที่เชื้อเพลิงละลายเนื่องจากมีความร้อนสูงทะลุผ่านส่วนล่างของตัวอาคารแรก ไปละลายคอนกรีตข้างล่าง ทำให้เกิดแกสคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก ความดันจากแกสที่เกิดขึ้นอาจทำลายตัวอาคารให้พังทะลายลงได้ ความดันสูงจะดันให้สารรังสีออกสู่อาคารใหญ่ ซึมออกสู่บรรยากาศภายนอกได้

อุณหภูมิเนื่องจากกากฟิชชั่นของเครื่องปฏิกรณ์ฯ เมื่อไม่มีน้ำระบายความร้อน

จาก $Q = mst$

Q ปริมาณความร้อนเนื่องจากกากฟิชชั่นหลังดับเครื่อง 1 ชั่วโมง 2.98×10^7 วัตต์

m น้ำหนักของเชื้อเพลิง* 158,100 ปอนด์ หรือ $1.58 \times 10^5 \times 453.6$ กรัม

s ความร้อนจำเพาะของยูเรเนียมไดออกไซด์ที่ 27° ซ 0.06 คาลอรี่/กรัม ซ

---

[6] USAEC. Aug. 1974. "Molten fuel Interaction," Main Report Reactor Safety Study. Wash - 1400. (Draft)

*ของปฏิกรณ์ฯ น้ำเดือดขนาดผลิตไฟฟ้า 600 ล้านวัตต์ ของบริษัท General Electric.

$$\frac{2.98\times10^{7}\times60\times60}{4.187}\ \text{คาลอรี่/ช.ม.} = 1.58\times453.6\times10^{5}\times0.06\times t$$

$$t = \frac{2.98\times3.6\times10^{10}}{4.187\times1.58\times4.536\times6\times10^{5}}\ ^{\circ}\text{ซ/ช.ม.}$$

$$= 5.98\times10^{3}\ ^{\circ}\text{ซ/ช.ม.}$$

$$= 5980\ ^{\circ}\text{ซ/ช.ม.}$$

เห็นว่าในเวลาเพียง 1 ชั่วโมงภายหลังดับเครื่อง อัตราการเพิ่มอุณหภูมิสูงมาก ประมาณ 5980° ซ ต่อชั่วโมง สามารถทำให้เชื้อเพลิงละลายได้ (อุณหภูมิในการละลาย ประมาณ 2760°ซ หรือ 5000°ฟ

2.4 หลักการป้องกันความปลอดภัยของโรงไฟฟ้าปรมาณู

แบ่งออกเป็นหลักใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้ การเลือกที่ตั้ง ระบบระบายความร้อนแกนปฏิกรณ์ ฯ ฉุกเฉิน อาคารป้องกันมิให้รังสีรั่วออกสู่บรรยากาศ และหลักในการเดินเครื่องและการบำรุงรักษา

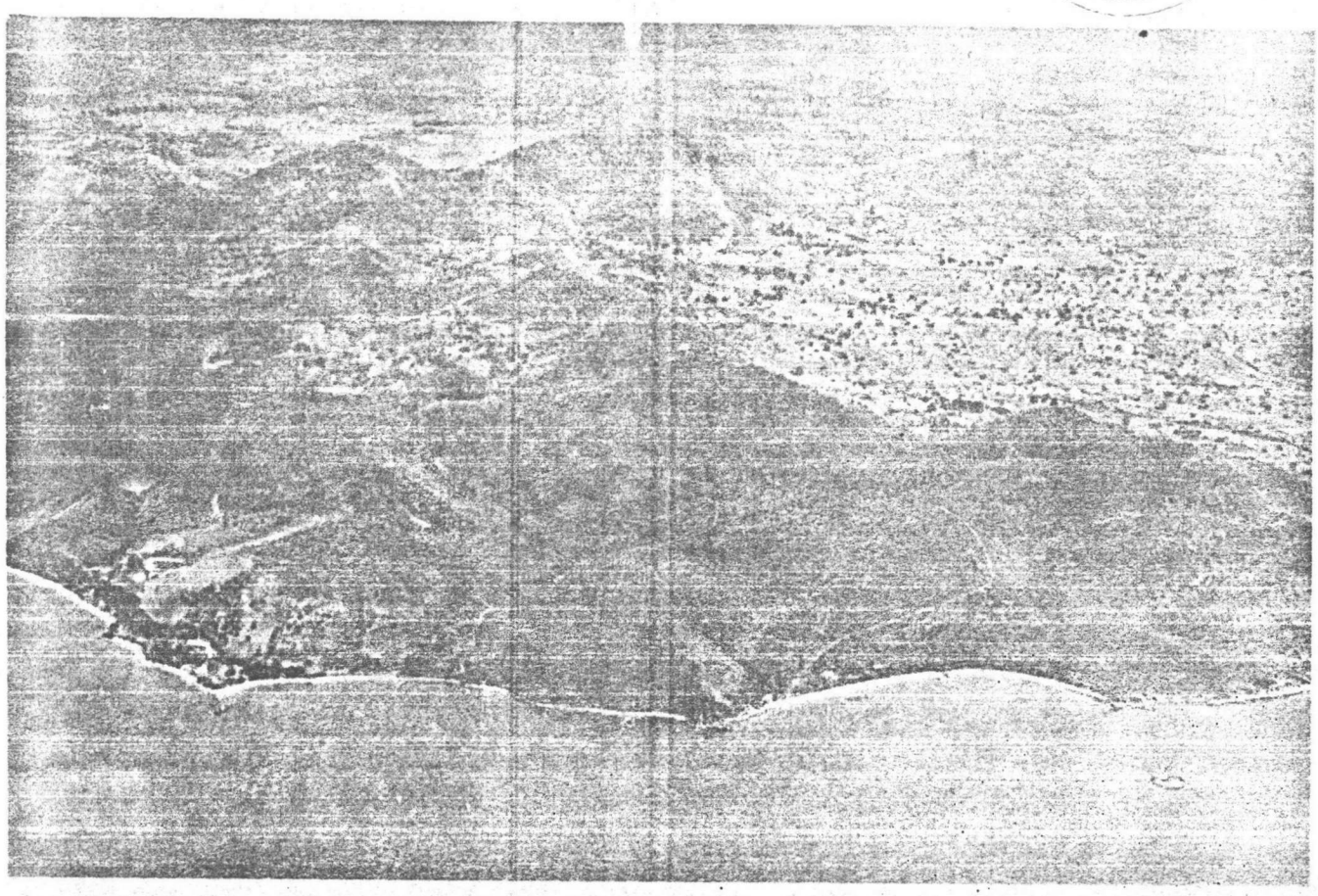
2.4.1 การเลือกที่ตั้ง[7] การเลือกที่ตั้งได้กระทำไปตามกฎเกณฑ์ซึ่งกำหนดขึ้นโดยคณะกรรมาธิการพลังงานปรมาณูแห่งสหรัฐอเมริกา (USAEC) และหบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) โดยมีหลักในการเลือกสถานที่สมควรนำมาเป็นที่ตั้งโรงไฟฟ้าปรมาณูพอสรุปได้ดังนี้

---

[7] พ.ป. - 011 ก.พ.ผ. 2518. รายงานสิ่งแวดล้อมขั้นต้น โครงการโรงไฟฟ้าปรมาณู

รูปที่ 2 – 3

สถานที่จะสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณูที่อ่าวไผ่ ศรีราชา จ. ชลบุรี



000678

ก. เป็นสถานที่ซึ่งมีฐานรากเป็นหินและแข็งแรงเป็นพิเศษ

ข. ไม่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นในบริเวณนั้น

ค. เป็นสถานที่ซึ่งไม่มีน้ำท่วม และมีการระบายน้ำฝนได้ดีพอสมควร

ง. ไม่เคยปรากฏว่ามีภัยธรรมชาติ เช่น คลื่นขนาดใหญ่ หรือลมใต้ฝุ่นในบริเวณนั้น

จ. จำนวนประชากรอาศัยอยู่โดยรอบที่ตั้งไม่หนาแน่นนัก

อาศัยหลักดังกล่าว การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้เลือกสถานที่ไว้ 6 แห่ง ตามบริเวณชายฝั่งตอนบนของอ่าวไทยเพื่อคัดเลือกสถานที่เหมาะสม ในที่สุดหลังจากศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เห็นว่าบริเวณบ้านอ่าวไผ่ ศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นสถานที่ซึ่งเหมาะสมที่สุด โดยได้รับความเห็นชอบจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA)

2.4.1.1 <u>ลักษณะทางด้านธรณีวิทยา</u>[8]

เพื่อต้องการทราบรายละเอียดเกี่ยวกับฐานรากของจุดที่ตั้งและการสำรวจทางด้านธรณีวิทยาบริเวณใกล้เคียง เพื่อเป็นการยืนยันว่า สภาพทางธรณีวิทยาบริเวณนี้เหมาะสมที่จะเป็นที่ตั้งโรงไฟฟ้าปรมาณู และทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อใช้ในการออกแบบ การสำรวจได้แบ่งออกเป็นการสำรวจธรณีวิทยาเบื้องต้น และการสำรวจธรณีวิทยาขั้นละเอียด ดังมีรายละเอียดดังนี้

ก. การสำรวจธรณีวิทยาเบื้องต้น บริษัท Woodward & clyde Association ได้ทำการสำรวจโดยเจาะหลุมลึกประมาณ 10 เมตร รวม 12 หลุม เพื่อศึกษาสภาพทางธรณีวิทยา และจัดทำแผนที่ทางธรณีวิทยาของบริเวณนี้ ผลการสำรวจ

---

[8] พ.ป. - 001, ก.ฟ.ผ. 2518. <u>รายงานสิ่งแวดล้อมขั้นต้น โครงการโรงไฟฟ้าปรมาณู.</u>

พอสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะธรณีวิทยาบริเวณที่ตั้งโรงไฟฟ้า (Site Geology) การสำรวจพบว่า บริเวณซึ่งถูกกำหนดให้เป็นสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าปรมาณู ประกอบไปด้วยหินพวกควอทไซท์ (Quartzite) โดยมีหินปูน (Limestone) ในยุคกาญจนบุรีแทรกคั่นอยู่ ในลักษณะเป็นแว่นบาง ๆ ทิศทางของชั้นหินอยู่ในแนวทางเหนือและตะวันตกเฉียง-เหนือ แต่ส่วนใหญ่จะมีทิศทางขนานไปกับฝั่งทะเลคือ ทิศเหนือ นอกจากนี้ยังมีหินอัคนีซึ่งเกิดจากสายแร่ตัดผ่านอยู่หลายแห่ง หินส่วนใหญ่ในบริเวณนี้เป็นพวกหินเนื้อแน่น ก้อนใหญ่ ซึ่งจะมีรอยแตกเล็ก ๆ มากมาย แต่รอยแตกเหล่านี้มักจะถูกเชื่อมติดกันด้วยสารละลายพวกควอทและสารละลายหินปูน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ได้ชั้นของหินเนื้อเดียวกันที่แข็งแรงขึ้นใหญ่จากการสำรวจสภาพพื้นผิว ไม่พบหลักฐานที่แสดงว่ารอยแตกแยกเหล่านี้จะเกิดขึ้นใหม่อีก หลังจากถูกกระทำให้มีการเปลี่ยนแปลงจนเกิดลักษณะดังกล่าวขึ้นเมื่อหลายล้านปีมาแล้ว

2. สภาพทั่ว ๆ ไปของฐานราก (Foundation Conditions) สภาพของฐานรากมีหินที่แข็งแรงและลักษณะเหมาะสมที่จะใช้เป็นที่ตั้ง โดยจะเห็นได้จากหินโผล่ที่บริเวณพื้นผิวมากมาย สำหรับชั้นดินที่ปกคลุมในบริเวณนั้นประกอบด้วยกรวดและทรายเป็นส่วนใหญ่

ข. การสำรวจทางธรณีวิทยาขั้นละเอียด การสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะได้มีข้อมูลที่ถูกต้องโดยครบถ้วน และนำไปใช้ในการออกแบบตัวโรงไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่น ๆ ผลของการสำรวจพอสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะทางธรณีวิทยาบริเวณใกล้เคียง (Regional Geology) จากการศึกษาประวัติและการสำรวจทางธรณีวิทยาในบริเวณใกล้เคียงเพื่อจะได้ทราบความเป็นมา การเปลี่ยนแปลงของผิวโลก โครงสร้างทางธรณีและการเกลื่อนตัวของแผ่นดิน ซึ่งเกิดขึ้นในบริเวณนี้และส่วนที่เหลือเป็นผลสืบเนื่องมาจากที่อื่น จากการศึกษาภาพถ่ายทางอากาศและการสำรวจระดับพื้นดินในรัศมี 100 ก.ม. มีลักษณะดังนี้ บริเวณส่วนที่เป็นที่ราบส่วนใหญ่ประกอบด้วยดินเหนียว โคลนเลน และทราย บนเนินบริเวณชายฝั่งพบหินผุบนผิวหน้าบริเวณจุดที่ตั้งพบหินปูนและหินทรายปะปนอยู่

2. รอยแตกแยก (Faulting) จากภาพถ่ายทางอากาศ ปรากฏว่ามีรอยแตกแยกที่สำคัญของหินอยู่ 2 แนว โดยที่ทั้งสองแนวนี้อยู่ห่างจากที่ตั้งโรงไฟฟ้าประมาณ 50 ก.ม. ไปทางทิศตะวันออกและทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ความยาวของรอยแยกที่หนึ่งยาวประมาณ 70 ก.ม. และมีแนวของรอยแยกไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนแนวที่สองนั้นยาวประมาณ 35 ก.ม. มีแนวของรอยแยกไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากรอยแยกที่สำคัญ 2 แนวนี้แล้ว พบว่าภายในรัศมี 80 ก.ม.นี้ยังมีรอยแตกแยกเล็กอยู่โดยทั่วไป โดยมีแนวทางของรอยแยกขนานกับรอยแยกที่สำคัญทั้งสองแนว เชื่อว่าการแตกแยกเหล่านี้เกิดจากแผ่นดินไหวครั้งใหญ่หลายล้านปีมาแล้ว

3. การเจาะ (Boring) ได้เจาะหลุมเพิ่มเติมจากที่เคยเจาะมาแล้วในการสำรวจธรณีเบื้องต้น โดยเน้นหนักในบริเวณทางทิศใต้ของที่เคยเจาะไว้เดิม ผลการเจาะพบว่า ส่วนที่ลึกลงไปเป็นหินควอทไซท์ที่เนื้อแน่นถึงแน่นมาก เหมาะสมที่จะเป็นฐานรากรองรับตัวโรงไฟฟ้าปรมาณูอย่างดี

4. การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ (Geophysical Survey) การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ควบคู่ไปกับการเจาะหลุมจะทำให้รู้ถึงสภาพทางธรณีอย่างละเอียดและกว้างขวางในบริเวณที่ทำการสำรวจนั้น การสำรวจธรณีฟิสิกส์ที่พื้นผิวเพื่อศึกษาสภาพ ความแข็งแรงและลักษณะต่าง ๆ ของชั้นหินของบริเวณที่ตั้งโรงไฟฟ้า ผลการสำรวจตรงกันกับผลของการสำรวจโดยการเจาะ การสำรวจในชั้นหินที่ลึกลงไปเป็นชั้นหินที่เนื้อแน่นและแข็งแรง การสำรวจแนวจากชายฝั่งลงไปในทะเล วัตถุประสงค์ในการสำรวจเพื่อหากระแสไหลวนของน้ำ ความลึกของน้ำ รวมทั้งความหนาแน่นของชั้นโคลนตม

5. การผุกร่อนและความต้านทาน (Corrositivity and Resistivity) ผลการสำรวจความต้านทานของดิน ปรากฏว่ามีค่าค่อนข้างสูงมาก ดังนั้นจึงสรุปว่า คุณสมบัติการทำให้ผุกร่อนมีเพียงเล็กน้อย ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการป้องกันการผุกร่อน

2.4.1.2 การศึกษาเกี่ยวกับแผ่นดินไหว

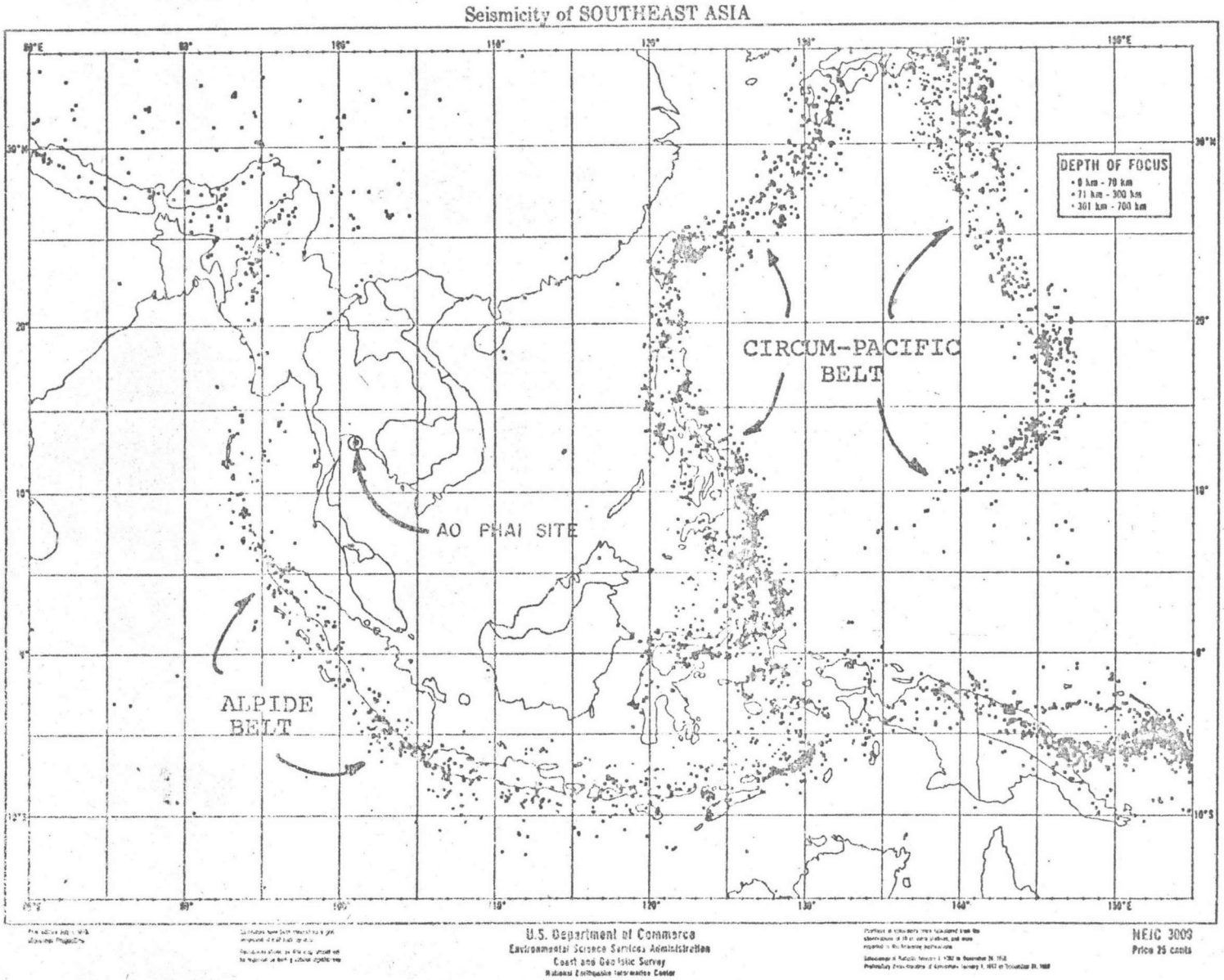
บริเวณเอเชียอาคเนย์ตอนล่าง ซึ่งได้แก่ประเทศไทย กัมพูชา ลาว และทะเลจีนใต้ เป็นบริเวณซึ่งเกือบจะเรียกได้ว่าไม่มีการเกิดแผ่นดินไหว บริเวณนี้อยู่ระหว่างส่วนที่แผ่นดินไหวอย่างรุนแรง 2 ส่วน คือ ส่วนที่เรียกว่าอัลไพด์ เบลท์ (Alpide - Belt) และเซอร์คัม - ปาซิฟิค เบลท์ (Circum - pacific Belt) บริเวณที่ตั้งโรงไฟฟ้าอยู่ทางทิศตะวันออกของอัลไพด์ เบลท์ เป็นระยะทาง 800 ก.ม. และอยู่ทางทิศตะวันตกของเซอร์คัม - ปาซิฟิค เบลท์ เป็นระยะทาง 1,800 ก.ม. ดังรูปที่ 2 - 4

ปรากฏว่าไม่มีส่วนไหนของโลกที่ปราศจากอิทธิพลของแผ่นดินไหวอย่างสมบูรณ์ แม้แต่ประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตที่ไม่มีการเกิดแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยาได้ติดตั้งสถานีวัดการเกิดแผ่นดินไหว 2 แห่ง คือ แห่งแรกที่จังหวัดเชียงใหม่ในปี พ.ศ. 2506 และแห่งที่สองที่จังหวัดสงขลาเมื่อปี พ.ศ. 2508 จากสถานีทั้งสองแห่งนี้ปรากฏว่าค่าที่วัดได้มีค่าระหว่าง 4 - 6 ริชเตอร์ จุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหวอยู่ที่บริเวณเหนือเขาทางทิศเหนือของประเทศไทย บริเวณเขตแดนระหว่างพม่าและลาว และบริเวณทะเลอันดามัน

การเกิดแผ่นดินไหวที่มีอิทธิพลต่อบริเวณที่ตั้งโรงไฟฟ้า พอจะแบ่งออกได้ดังนี้คือ

1. ที่ตั้งโรงไฟฟ้าห่างจากจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวไม่เกิน 500 กิโลเมตร และมีแผ่นดินไหวขนาดนับว่ารุนแรงดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1 เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2510 บริเวณทะเลอันดามัน มีขนาด 6.7 ริชเตอร์



รูปที่ ๒-๔ แผนที่แสดงศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว

ครั้งที่ 2 เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2511 บริเวณทะเลอันดามัน เช่นกัน มีขนาด 5.9 ริชเตอร์

2. ที่ตั้งโรงไฟฟ้าห่างจากจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวระหว่าง 500 - 1000 กิโลเมตร และมีขนาดนับว่ารุนแรงดังนี้

ครั้งที่ 1 ในปี 2484 ทางทิศตะวันตกของเกาะอันดามัน วัดขนาดได้ 8.7 ริชเตอร์

ครั้งที่ 2 ในปี 2455 ในประเทศพม่า วัดขนาดได้ถึง 7.9 ริชเตอร์

ข้อมูลดังกล่าวนี้จะนำไปใช้ประกอบในการพิจารณาออกแบบโรงไฟฟ้าปรมาณูโดยกำหนดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว ในกรณีที่เกิดแผ่นดินไหวเกินกว่าระดับนี้เมื่อใด โรงไฟฟ้าก็จะหยุดเดินเครื่องเองโดยฉับพลัน

2.4.2 <u>ระบบระบายความร้อนแกนปฏิกรณ์ฯ ฉุกเฉิน</u>[9] (Emergency Core Cooling System) ระบบนี้จะทำการฉีดน้ำระบายความร้อนไม่ให้ส่วนหอหุ้มเชื้อเพลิงร้อนมากเกินไปเมื่อระบบระบายความร้อนปกติขัดข้อง เช่น เนื่องมาจากการแตกของท่อขนาดใหญ่ ออกแบบให้ฉีดน้ำอยู่ได้หลายวัน สามารถทดสอบระบบฉุกเฉินนี้ได้ในขณะเดินเครื่องปฏิกรณ์ฯ ระบบระบายความร้อนแกนปฏิกรณ์ฯ ฉุกเฉินจะทำงานโดยอัตโนมัติทันทีเมื่อได้รับสัญญาณจากระบบป้องกันเครื่องปฏิกรณ์ฯ แสดงว่าน้ำในถังความดันน้อยกว่าขีดกำหนด หรือความดันในดรายเวลล์สูงเกินไป หรือทั้งน้ำในถังความดันน้อยและความดันในดรายเวลล์สูงเกินไป ระบบระบายความร้อนแกนปฏิกรณ์ฯ ฉุกเฉินประกอบด้วย

1. ระบบฉีดน้ำความดันสูงสู่แกนปฏิกรณ์ฯ (High Pressure Core Spray System) ทำหน้าที่ฉีดน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนหอหุ้มเชื้อเพลิงละลาย ระบบนี้

---

[9]G.E. B.W.R.6, 1976. Reactor Auxiliary Systems. <u>Summary System Description of a Boiling Water Reactor.</u>

ช่วยลดความดันในถังความดัน ในกรณีถังความดันมีความดันสูงและทดแทนน้ำที่สูญเสียไปในกรณีเกิดการสูญเสียการระบายความร้อนปกติ ระบบนี้จะทำการฉีดน้ำโดยมีหัวฉีดหมุนรอบอยู่เหนือแกนปฏิกรณ์ฯ โดยมีน้ำอย่างพอเพียงจากแหล่งเก็บน้ำ (Condensate Storage Tank)

2. ระบบฉีดน้ำความดันต่ำสู่แกนปฏิกรณ์ฯ (Low Pressure Core Spray System) มีหน้าที่เช่นเดียวกับระบบฉีดน้ำความดันสูงสู่แกนปฏิกรณ์ฯ แต่ในการทำงานของระบบนี้ต้องให้ความดันในถังความดันลดลงถึงระดับหนึ่งระบบนี้จึงจะทำงาน เช่นในกรณีถังความดันมีความดันสูงมาก ระบบฉีดน้ำความดันสูงสู่แกนปฏิกรณ์ฯ จะทำงานโดยอัตโนมัติทันทีเพื่อฉีดน้ำลดความดัน เมื่อความดันในถังความดันลดลงถึงระดับหนึ่ง ระบบฉีดน้ำความดันต่ำสู่แกนปฏิกรณ์ฯ จึงจะทำงาน โดยมีน้ำอย่างพอเพียงจากบอลดความดัน (Suppression Pool)

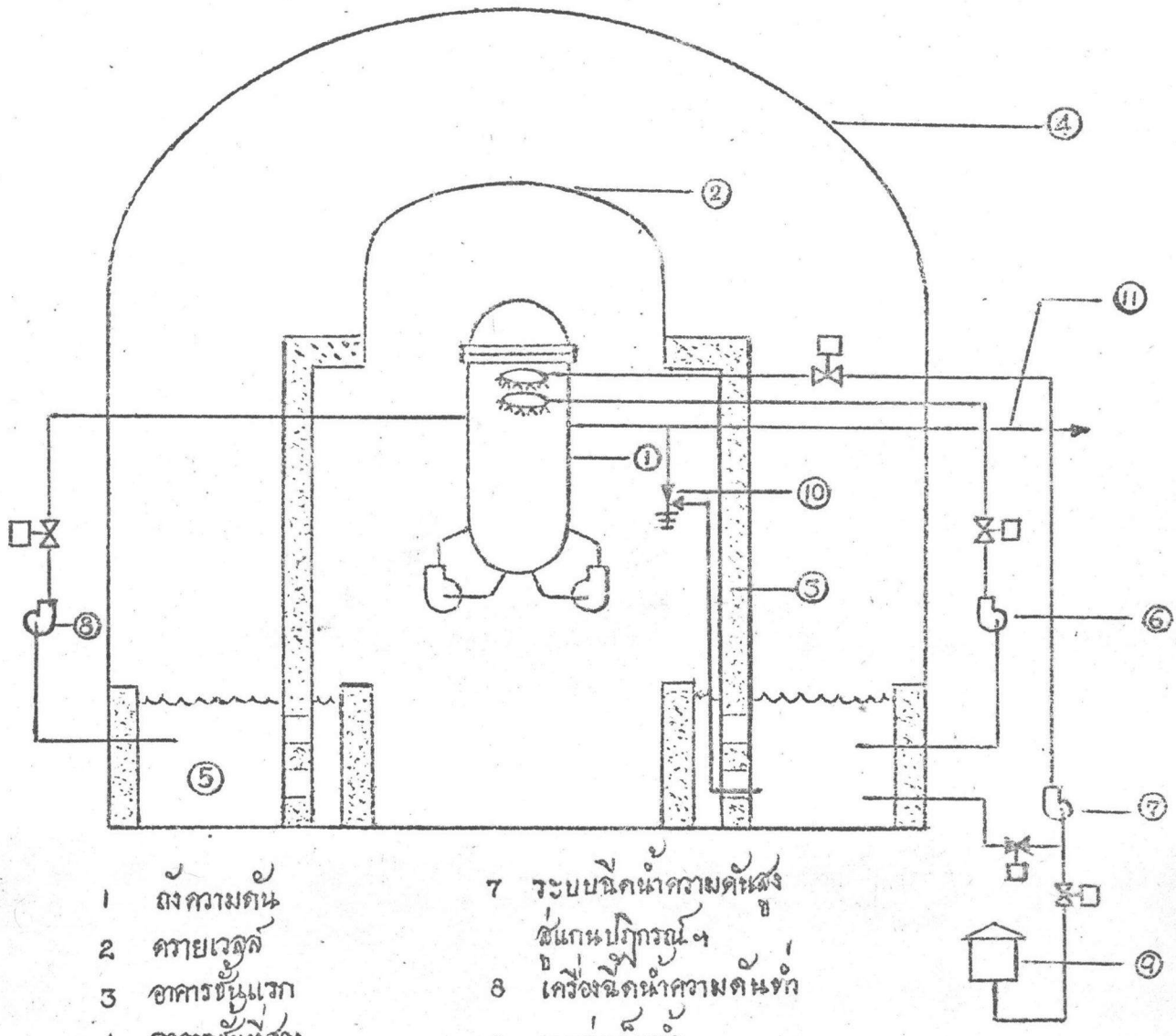
3. ระบบลดความดันโดยอัตโนมัติ[10] (Automatic Depressurization System) ระบบนี้จะทำงานต่อเมื่อเครื่องชี้สัญญาณแสดงว่าระดับน้ำในถังความดันน้อยและในดรายเวลล์มีความดันสูง ลิ้นปิดเปิดจะเปิดออกให้ไอน้ำไปกลั่นตัวในบอลดความดัน

4. เครื่องฉีดน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Coolant Injection) เป็นหน่วยหนึ่งของระบบขจัดความร้อนที่หลงเหลืออยู่ (Residual Heat Removal System) จะทำงานต่อเมื่อความดันแตกต่างระหว่างถังความดันและอาคารชั้นแรกมากกว่า 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือในกรณีถังความดันมีความดันมากกว่า 149.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เครื่องฉีดน้ำความดันต่ำของระบบนี้จะทำงานร่วมกันกับระบบฉีดน้ำความดันสูงสู่แกนปฏิกรณ์ฯ ระบบฉีดน้ำความดันต่ำสู่แกนปฏิกรณ์ฯ และระบบลดความดันโดยอัตโนมัติ เมื่อมีน้ำในถังความดันน้อยกว่าขีดกำหนด หรือในดรายเวลล์

---

[10] G.E. B.W.R.6, 1976. Reactor Auxiliary Systems. Summary System Description of a Boiling Water Reactor.

รูปที่ 2-5 แสดงระบบระบายความร้อนแกนปฏิกรณ์ฯฉุกเฉิน



1 ถังความดัน
2 ดรายเวลล์
3 อาคารชั้นแรก
4 อาคารชั้นที่สอง
5 บ่อลดความดัน
6 ระบบฉีดน้ำความดันต่ำ ชุดแกนปฏิกรณ์ฯ
7 ระบบฉีดน้ำความดันสูง ชุดแกนปฏิกรณ์ฯ
8 เครื่องฉีดน้ำความดันต่ำ
9 แหล่งเก็บน้ำ
10 ลิ้นปิดเปิดของระบบลดความดันโดยอัตโนมัติ
11 ท่อไอน้ำ.

มีความดันสูงเกินไป เพื่อรักษาระดับน้ำในถังความดันภายหลังการสูญเสียการระบายความร้อนและป้องกันแกนปฏิกรณ์ฯ ไม่ให้ส่วนห่อหุ้มเชื้อเพลิงเสียหาย

2.4.3 อาคารป้องกันมิให้รังสีรั่วออกสู่บรรยากาศ ประกอบด้วยอาคารชั้นแรก และอาคารชั้นที่สอง

ก. อาคารชั้นแรก (Primary Containment) เป็นคอนกรีตหนาล้อมรอบเพื่อป้องกันรังสี ภายในคอนกรีตมีดรายเวลล์ (Drywell) ซึ่งเป็นถังเหล็กหนา ดังรูป 2 - 5 ในดรายเวลล์จะมีท่อส่งน้ำระบายความร้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ฯ ท่อไอน้ำ ถังความดัน ระบบควบคุมเครื่องปฏิกรณ์ฯ

ในการออกแบบอาคารชั้นแรก[11] จุดสำคัญหลักที่ต้องพิจารณา คือ ป้องกันการที่ชิ้นวัตถุพุ่งออกมาอย่างรุนแรงในทันทีทันใด เมื่อมีความดันสูงในกรณีเชื้อเพลิงละลาย และทิศทางการพุ่งออกจากอาคารอันแรก จะไม่ทำความเสียหายต่อการทำงานของระบบป้องกันทางด้านวิศวกรรม ในกรณีถังความดันชำรุดเสียหาย น้ำระบายความร้อนและไอน้ำจะไหลลงสู่ดรายเวลล์ ขณะที่ความดันในดรายเวลล์สูงขึ้นตามลำดับ ไอน้ำในดรายเวลล์จะไหลสู่บอลดความดันเมื่อถึงจุดนี้ไอน้ำจะควบแน่นในบอลดความดันซึ่งมีน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก

ข. อาคารชั้นที่สอง[12] (Secondary Containment) ในกรณีเกิดการสูญเสียการระบายความร้อน แล้วมีเชื้อเพลิงละลาย ตัวอาคารชั้นแรกเป็นตัวป้องกันสารกัมมันตรังสีไม่ให้ออกมาโดยตรง ตัวอาคารชั้นที่สองเป็นตัวจำกัดสารกัมมันตรังสีระดับพื้นดินที่สารรังสีจะรั่วออกสู่บรรยากาศในกรณีตัวอาคารแรกป้องกันไว้ไม่ได้

---

[11] Levy, S. 1967. A Systems Approach to Containment Design in Nuclear Power Plants. Containment and Siting of Nuclear Power Plants.

[12] USAEC. 1974. BWR. Fault Trees., Appendix II (Vol. 3). Reactor Safety Study. Wash-1400. (Draft)

การออกแบบตัวอาคารชั้นที่สองขึ้นกับความแข็งแรงของตัวอาคารแรกเป็นหลัก ระหว่างตัวอาคารแรกและตัวอาคารชั้นที่สองออกแบบให้มีความดันน้อยกว่าธรรมดาเล็กน้อยเพื่อป้องกันการรั่วของสารกัมมันตรังสีออกนอกอาคาร ถ้าการรั่วเกิดขึ้นก็เป็นการรั่วเข้ามาเท่านั้นไม่ใช่การรั่วจากตัวอาคาร ส่วนประกอบภายในตัวอาคารชั้นที่สองประกอบด้วยอาคารแรกซึ่งเป็นตัวอาคารปฏิกรณ์ฯ เครื่องทำความร้อน เครื่องระบายอากาศ ระบบเครื่องกรองสารกัมมันตรังสี ก่อนปล่อยออกสู่ปล่อง ห้องเปลี่ยนเชื้อเพลิง และระบบสัญญาณเตือนภัย

จุดประสงค์ของตัวอาคารชั้นที่สองในด้านความปลอดภัยเพื่อป้องกันสารกัมมันตรังสีที่มีอันตรายต่อคน เช่น ไอโอดีน -131 ให้อยู่ในตัวอาคารให้นานพอเพื่อลดความแรงของสารกัมมันตรังสีออกสู่ภายนอก ถ้าออกสู่ภายนอกก็ออกมาในจำนวนหรือปริมาณน้อยที่สุด

2.4.4 <u>หลักในการเดินเครื่องและบำรุงรักษา</u>[13]

การคัดเลือกและฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการเดินเครื่องปฏิกรณ์ฯ และการบำรุงรักษาเครื่อง ต้องเป็นไปตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งระบุคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น สุขภาพ สติปัญญา ไหวพริบ พื้นความรู้และประสบการณ์ โดยเฉพาะในสาขาที่จะรับหน้าที่ต่อไป เช่น ต้องผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรต่าง ๆ เกี่ยวกับวิชาพลังปรมาณู วิชาที่จะรับหน้าที่โดยเฉพาะ สังเกตการเดินเครื่องหรือบำรุงรักษาเครื่องในโรงไฟฟ้าปรมาณูที่ใช้งานอยู่ฝึกฝนเดินเครื่องจำลอง (Simulator) ซึ่งมีลักษณะและระบบต่าง ๆ เหมือนเครื่องที่จะต้องรับหน้าที่จริง ๆ ผ่านการสอบเพื่อรับใบอนุญาตเดินเครื่อง (Operation license) ซึ่งใบอนุญาตมีอายุการใช้งาน 2 ปีเท่านั้น ทั้งยังต้องทดสอบและทดลองเดินเครื่องก่อนใช้งานกับโรงไฟฟ้าที่จะปฏิบัติงานเพื่อทำความ

---

[13]ปรีชา จุงวัฒนา 2519. "เหตุใดโรงไฟฟ้าปรมาณูจึงมีความปลอดภัย" <u>เอกสารการไฟฟ้าฝ่ายผลิต</u>.

คุ้นเคยกับเครื่องก่อนการใช้งานจริง ๆ การเดินเครื่องโรงไฟฟ้าปรมาณูแม้จะค่อนข้างง่ายเพราะระบบต่าง ๆ ได้รับการออกแบบอย่างดีและมีระบบอัตโนมัติมากมาย แต่ก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบทุกระยะ เช่น การตรวจสอบเครื่องวัดรังสีทั้งภายในและภายนอกโรงไฟฟ้า ทดสอบระบบป้องกันและระบบอื่น ๆ ที่สำคัญ ฝึกซ้อมการหยุดเครื่องปฏิกรณ์ฯ อย่างกระทันหันตามเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่สมมุติไว้ บันทึกและรายงานการปฏิบัติการระหว่างเดินเครื่องทุกระยะ การบำรุงรักษาตามปกติโรงไฟฟ้าจะต้องตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ ปีละ 1 เดือน โรงไฟฟ้าปรมาณูก็เช่นเดียวกัน โดยเป็นไปตามแผนการและวิธีการที่กำหนดไว้จากหน่วยควบคุมของรัฐ ในระหว่างเดินเครื่องยังถูกกำหนดให้ตรวจสอบอุปกรณ์บางอย่างที่สำคัญเป็นประจำ เช่น การตรวจสอบสภาพของท่อน้ำด้วยเครื่องอุลตราโซนิค (Ultrasonic) และในการแก้ไขซ่อมแซมนั้น แม้จะเป็นเพียงเล็กน้อยก็ต้องแจ้งให้หน่วยควบคุมความปลอดภัยทราบล่วงหน้า การรายงานประสบการณ์ของเครื่องโรงไฟฟ้าปรมาณูทุกเครื่องต้องทำบันทึกรายงานการเดินเครื่องเสนอหน่วยงานควบคุมความปลอดภัย และจะต้องรายงานเหตุการณ์ผิดปกติหรือเครื่องขัดข้องทันทีที่เกิดเหตุการณ์ขึ้น เพื่อให้หน่วยงานดังกล่าวทำการตรวจสอบวินิจฉัยสาเหตุและผลของความขัดข้องและทำการชี้ขาด เพื่อทำการแก้ไขซ่อมแซมทันท่วงที