บรรณานุกรม

หนังสือ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. กองพลังปรมาณู. ปัญหาทั่วไปเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังปรมาณู. กรุงเทพมหานคร : กองพลังปรมาณู การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2519

_____ ลำดับเหตุการณ์และงานสำคัญของโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์. นนทบุรี : กองโรงพิมพ์ส่วนประชานิเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2523.

กมล สุดประเสริฐ. เทคนิคการวิจัย. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2516.

เชียน วงศ์สุรีย์. เทคโนโลยีที่แก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำมัน. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2524.

ประภาเพ็ญ สุวรรณ. ทัศนคติ : การวัด การเปลี่ยนแปลงและพฤติกรรมอนามัย. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2511.

แพรัตนอนุสรณ์, โรงเรียน. บริการทดสอบและพัฒนา. ตารางวิเคราะห์ข้อสอบของชุง เทห์ ฟาน กรุงเทพมหานคร . บริการทดสอบและพัฒนาโรงเรียนแพรัตนอนุสรณ์, 2516.

พลังปรมาณูเพื่อสันติ, สำนักงาน. ไขปัญหาปรมาณู. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2513.

วิเชียร เกตุสิงห์. หลักการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนการพิมพ์, 2518.

_____ สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย. กรุงเทพมหานคร : กองวิจัยการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2523.

บทความ

ประชุม สุวัตถี. "การสำรวจด้วยตัวอย่าง : เครื่องมือในการวิจัย" วารสารพัฒนบริหารศาสตร์ 16 (ตุลาคม 2519) : 500-508

เอกสารอื่น ๆ

เกษม จาติกวณิช. "ความก้าวหน้าในการพัฒนาระบบผลิตและจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ." กรุงเทพมหานคร : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2524.

ทองฉัตร หงส์ลดารมภ์. "เป้าหมายและนโยบายการพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากก๊าซธรรมชาติ." กรุงเทพมหานคร : การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2524.

ไทยรัฐ หนังสือพิมพ์. (20 พฤศจิกายน) กรุงเทพมหานคร : สำนักงานหนังสือพิมพ์ไทยรัฐ, 2524.

ธวลทัศน์ ศรีสมวงศ์. "โรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์แหล่งผลิตไฟฟ้าในอนาคต" กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2524.

นักข่าวแห่งประเทศไทย, สมาคม. "รายชื่อสมาชิกสมาคมนักข่าวแห่งประเทศไทยประจำปี 2523" กรุงเทพมหานคร : สมาคมนักข่าวแห่งประเทศไทย, 2523.

ประชาสัมพันธ์, กรม. กองข่าวในประเทศ "บัญชีรายชื่อนักหนังสือพิมพ์รายในใน กทม." กรุงเทพมหานคร : กองข่าวในประเทศ กรมประชาสัมพันธ์, 2523.

ประชุม สุวัตถี. "การสำรวจด้วยตัวอย่าง : เครื่องมือในการวิจัย."

ปรีชา จูงวัฒนา. "การนำก๊าซธรรมชาติมาใช้ผลิตไฟฟ้า." นนทบุรี : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2524.

_____ "พลังงานนิวเคลียร์." กรุงเทพมหานคร : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2522.

ไพบูลย์ อินทรวิชา. หลักและวิธีการวัดเจตคติ. อนุสารเพื่อการวิจัย ฉบับที่ 3 กรุงเทพมหานคร : กองวิจัยการศึกษา, 2517.

BIBLIOGRAPHY

Books

Claire, Selltiz, and others, "Attitude Scaling" In Attitudes. New york : Penquin Book Co., 1966.

Herriot, Peter. Values, Attitudes & Behaviour change. Great Britain : The Chancer Press. 1976.

Irancevich, Bibson, ; and Donnelly Organization, ; Behavior Structure Process. Texas : Business Publications, 1976.

Keisler, Charles A, ; Collins, Barry E.; and Miller Norman. Attitude Change : A Critical Analysis of Theoretical Approaches New York : John Wiley & Sons, 1969.

Kendler, Howard H. Basic Psychology. New York : Appleton Century Grofts Co., 1963.

Lambert, William W, ; and Lambert, Wallace E, ; Social Psychology. New Jersey : Prentice - Hall, 1965.

Lenartson, J.R. Nuclear Energy Digest. Pittsburg : Marketing Communication Department, Water Reactor Division, Westinghouse Nuclear Centre, 1975.

McDonald, Frederic J. Education Psychology. San Francisco : Wadsworth Publishing Co., 1959.

Murphy G, ; Murphy L.B. ; and Newcome T.M. ; Experimental Social Psychology. New York : Harper, 1973.

Other Materials

ASEAN Committee on Science and Technology. Report of the first meeting of the ASEAN Working Group on non-conventional energy research. Bangkok : 12 - 14 September, 1979.

EGAT. EGAT's revised power development plan 15 year period. Nonthaburi : Planning Department, 1980.

Livington, Robert. Nuclear INFO. Washington : Atomic Industrial Forum, March, 1981.

The American Nuclear Society. Nuclear News. Illinois : Interstate Printers and Publishers, January 1974.

The American Nuclear Society. Nuclear News. Illinois : Interstate Printers and Publishers, December 1978.

The American Nuclear Society. Nuclear News. Illinois : Interstate Printers and Publishers, September 1979.

The American Nuclear Society. Nuclear News. Illinois : Interstate Printers and Publishers, April 1980.

The American Nuclear Society. Nuclear News. Illinois : Interstate Printers and Publishers, July 1980.

The American Nuclear Society. Nuclear News. Illinois : Interstate Printers and Publishers, February 1981.

The American Nuclear Society. Nuclear News. Illinois : Interstate Printers and Publishers, October 1981.

The American Nuclear Society. Nuclear News. Illinois : Interstate Printers and Publishers, January 1982.

The Thai delegation committee on nutural resources, Thailand paper on Energy. Bangkok : Economic and Social Commission for Asia and the Pacific committee on Nutural Resources, 1981.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	165	61.1
หญิง	105	38.9
รวม	270	100.0

ตารางที่ 7 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอายุ

อายุ	จำนวน	ร้อยละ
20 ปี หรือน้อยกว่า	3	1.1
21 – 30 ปี	117	43.33
31 – 40 ปี	104	38.5
41 – 50 ปี	38	14.0
51 – 60 ปี	8	2.96
รวม	270	100.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่า ม.ศ.3	1	0.37
จบ ม.ศ.3 หรือเทียบเท่า	4	1.48
จบ ม.ศ.5 หรือเทียบเท่า	5	1.85
กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา	8	2.96
จบอนุปริญญาหรือเทียบเท่า	3	1.1
จบปริญญาตรี	84	31.1
จบปริญญาโท	126	46.6
จบปริญญาเอก	39	14.4
รวม	270	100.0

ตารางที่ 9 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอาชีพ

อาชีพ	จำนวน	ร้อยละ
นักหนังสือพิมพ์	30	11.1
อาจารย์ในระดับอุดมศึกษา	232	85.9
นิสิตนักศึกษา	8	2.96
รวม	270	100.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 คะแนนทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

คะแนน	จำนวน	ร้อยละ
25	2	0.7
31	2	0.7
32	1	0.4
36	1	0.4
37	1	0.4
38	2	0.7
39	1	0.4
41	3	1.1
44	2	0.7
45	1	0.4
47	2	0.7
48	3	1.1
50	4	1.5
51	5	1.9
52	1	0.4
53	8	3.0
54	4	1.5
55	2	0.7
56	4	1.5
57	5	1.9
58	8	3.0
59	6	2.2
60	4	1.5
61	9	3.3
62	9	3.3
63	7	2.6
64	4	1.5
65	12	4.4
66	6	2.2
67	7	2.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 (ต่อ) คะแนนทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

คะแนน	จำนวน	ร้อยละ
68	3	1.1
69	2	0.7
70	5	1.9
71	5	1.9
72	4	1.5
73	3	1.1
74	4	1.5
75	4	1.5
76	6	2.2
77	4	1.5
78	7	2.6
79	3	1.1
80	5	1.9
81	6	2.2
82	1	0.4
83	2	0.7
84	3	1.1
85	8	3.0
86	5	1.9
87	5	1.9
88	3	1.1
89	2	0.7
90	4	1.5
91	3	1.1
92	6	2.2
93	3	1.1
94	6	2.2
95	3	1.1
96	1	0.4
97	3	1.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 (ต่อ) คะแนนทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

คะแนน	จำนวน	ร้อยละ
98	3	1.1
100	2	0.7
102	2	0.7
104	2	0.7
105	2	0.7
106	2	0.7
107	4	1.5
108	1	0.4
109	2	0.7
110	1	0.4
111	2	0.7
117	2	0.7
รวม	270	100.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 เหตุผลต่าง ๆ ของประชากรที่ไม่เห็นด้วยกับโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

เหตุผล	จำนวน	ร้อยละ
1. เกรงว่าจะไม่ปลอดภัย	126	73.25
2. ยังไม่จำเป็น ยังมีพลังงานอื่น ๆ ที่นำมาใช้ได้อีก	21	12.20
3. เหตุผลด้านเศรษฐศาสตร์ การลงทุนสูงไป	11	6.39
4. เกรงว่าจะเป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม	6	4.76
5. เกรงว่าจะมีการคอรับชั่นและแสวงหาประโยชน์	2	1.16
6. ประเทศไทยยังขาดความรู้และผู้เชี่ยวชาญด้านนี้	2	1.16
7. ไม่เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจสังคมการเมือง	2	1.16
8. ไม่ทราบข้อมูลเพียงพอ	2	1.16
รวม	172	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 เหตุผลต่าง ๆ ของประชากรที่เห็นด้วยกับการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

เหตุผล	จำนวน	ร้อยละ
1. เหตุผลด้านเศรษฐศาสตร์ที่ช่วยประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้ปีละมาก ๆ	81	82.65
2. ช่วยให้มีเทคโนโลยีใหม่ในประเทศ	6	6.12
3. แนวโน้มด้านเทคโนโลยีต้องเป็นไปเช่นนี้	3	3.06
4. เพิ่มทางเลือกด้านพลังงานให้มีมากขึ้น	1	1.02
5. เพื่อจะได้ขยายการใช้ไฟฟ้าออกไปได้มากขึ้น	3	3.06
6. เชื่อว่าปลอดภัย	1	1.02
7. เพื่อความเจริญของประเทศ	3	3.06
รวม	98	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 คะแนนความรู้เกี่ยวกับเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

คะแนน	จำนวน	ร้อยละ
0	34	12.6
1	18	6.7
2	23	8.5
3	32	11.9
4	14	5.2
5	29	10.7
6	21	7.8
7	23	8.5
8	16	5.9
9	26	9.6
10	15	5.6
11	9	3.3
12	8	3.0
13	2	0.7
รวม	270	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 แหล่งข่าวสารเกี่ยวกับเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ประชากรเคยได้รับ

	หนังสือพิมพ์	สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ	โทรทัศน์	วิทยุ	เพื่อน	การรณรงค์ของรัฐบาล
ได้รับข่าวสารจาก	236 87.40%	172 63.70%	154 57.03%	120 44.44%	98 36.29%	70 25.92%
ไม่ได้รับข่าวสารจาก	34 12.5%	98 36.29%	116 42.96%	150 55.5%	172 63.70%	200 74.0%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 (ต่อ) แหล่งข่าวสารเกี่ยวกับเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ประชากรเคยได้รับ

	นิทรรศการ	การแสดง	กรมอนามัย	บุคคลในครอบครัว	เพื่อน ๆ ญาติ, ระแวกบ้านที่ศึกษางาน	โดยตรงจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ฯ
ได้รับข่าวสารจาก	61 22.59%	43 15.92%	30 11.1%	24 8.88%	11 4.07%	82 30.37%
ไม่ได้รับข่าวสารจาก	209 77.40%	227 84.07%	240 88.88%	246 91.11%	259 95.92%	188 69.62%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความรู้เกี่ยวกับเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

พลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานชนิดหนึ่งซึ่งได้รับการพัฒนามาเป็นเวลาประมาณ 30 ปีแล้ว เมื่อแรกเริ่มนำมาใช้เพียงเพื่อที่จะให้เห็นว่าพลังงานจากแร่ยูเรเนียมสามารถนำมาใช้ได้เช่นเดียวกับฟืน, ถ่านหิน และน้ำมัน ในสถานการณ์ปัจจุบันเมื่อพิจารณาพลังงานทดแทนต่าง ๆ เช่น พลังงานลม, พลังงานคลื่น, พลังงานจากแสงอาทิตย์ ฯ แล้วพลังงานนิวเคลียร์เป็นแหล่งพลังงานที่สามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันในเชิงพานิชย์ได้ทันที [1] เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมหนัก ใช้กับเรือเดินสมุทรและใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่เรียกว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ หรือโรงไฟฟ้าปรมาณู ในระยะแรกการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานนิวเคลียร์มีต้นทุนการผลิตใกล้เคียงกับน้ำมันและถ่านหิน แต่หลังจากน้ำมันมีราคาสูงขึ้นการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานนิวเคลียร์จึงมีต้นทุนต่ำกว่า [2] ทำให้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นที่สนใจของประเทศต่าง ๆ ในการนำมาใช้ทดแทนน้ำมัน

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Nuclear Power Plant) คือโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำชนิดหนึ่งซึ่งใช้พลังไอน้ำหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเช่นเดียวกับโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำทั่ว ๆ ไป แต่มีข้อแตกต่างจากโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำที่สำคัญก็คือใช้เชื้อเพลิงต่างกัน กล่าวคือ โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำจะใช้น้ำมันถ่านหิน ฯ ผลิตพลังความร้อนโดยการเผาน้ำมันในเตาเพื่อต้มน้ำให้เป็นไอ แต่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ผลิตพลังความร้อนภายในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูโดยปฏิกริยาฟิชชั่น (Fission Reaction) คืออนุภาคนิวตรอนวิ่งชนนิวเคลียสของยูเรเนียมทำให้นิวเคลียสแตกตัวออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งจะให้พลังความร้อนและปล่อยนิวตรอนใหม่ออกมา 2 – 3 ตัว นิวตรอนที่เกิดใหม่เหล่านี้จะชนนิวเคลียสของ

---

[1] ปรีชา จูงวัฒนา "พลังงานนิวเคลียร์" (นนทบุรี : ฝ่ายวิทยาการพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2522) หน้า 3

[2] เรื่องเดียวกัน หน้าเดียวกัน

ยูเรเนียมตัวใหม่เกิดปฏิกริยาต่อเนื่องกันไปเรียกว่าปฏิกริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) พลังงานความร้อนที่เกิดจากปฏิกริยาลูกโซ่นี้จะต้มน้ำให้เป็นไอเพื่อนำไปหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเหมือนกับโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำทั่วไป [1]

เครื่องผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เรียกว่าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Reactor) นั้น หมายถึงเครื่องผลิตความร้อนจากปฏิกริยาลูกโซ่ซึ่งสามารถควบคุมปฏิกริยานั้นได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ได้แก่ [2]

ก. <u>เชื้อเพลิง</u>

วัตถุดิบที่จะใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติได้แก่ ยูเรเนียม–235 (U 235) ซึ่งมีอยู่เพียง 0.7% ของแร่ยูเรเนียม (นอกนั้นส่วนใหญ่เป็นยูเรเนียม 238) ก่อนที่จะนำมาใช้ในเครื่องปฏิกรณ์จะต้องผ่านกรรมวิธีหลายขั้นตอน เพื่อทำให้อยู่ในสถานะที่เหมาะสมต่อการใช้งานกล่าวคือ จะต้องทำให้ได้ความเข้มข้นของยูเรเนียม–235 ตามที่ออกแบบไว้สำหรับเดินเครื่องให้ครบอายุก่อนที่จะทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงคราวต่อไป จะต้องทำให้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์เป็นสารประกอบที่คุณสมบัติทนต่ออุณหภูมิสูง และไม่เปลี่ยนสภาพทางฟิสิกส์เมื่ออยู่ในสนามของรังสีนิวตรอน นอกจากนี้จะต้องมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนได้ดีอีกด้วย เชื้อเพลิงนิวเคลียร์มีส่วนแตกต่างที่สำคัญจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) เช่น ถ่านหิน หรือน้ำมันที่ว่า หลังจากการใช้งานแล้วนอกจากจะสามารถสกัดส่วนที่เหลือมาใช้ได้อีกแล้วยังสามารถผลิตเชื้อเพลิงใหม่ขึ้นอีกด้วยซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้มนุษย์สามารถยืดอายุการใช้พลังงานออกไปได้อีก

ขั้นตอนของกรรมวิธีในการเตรียมเชื้อเพลิงนิวเคลียร์จนถึงการฟื้นสภาพของเชื้อเพลิงที่ใช้แล้ว อาจแบ่งได้เป็น 5 ขั้น ดังนี้

---

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, กองพลังปรมาณู, <u>ปัญหาทั่วไปเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังปรมาณู</u> (นนทบุรี . กองโรงพิมพ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2519) หน้า 5

[2] ปรีชา จูงวัฒนา "พลังงานนิวเคลียร์," หน้า 5

1. การทำเหมืองยูเรเนียมในส่วนนี้หมายถึงตั้งแต่การทำแร่คิบจนเป็นออกไซด์ของยูเรเนียม (U_3O_8) แหล่งแร่คิบยูเรเนียมมีกระจายอยู่ทั่วไปในโลก เช่น ออสเตรเลีย, อัฟริกาใต้, อเมริกา, คานาดา เป็นต้น

2. การเปลี่ยน U_3O_8 เป็นก๊าซ UF_6 ซึ่งเป็นกรรมวิธีก่อนที่จะนำไปทำให้ยูเรเนียม 235 มีปริมาณมากขึ้นจากที่เป็นอยู่ในธรรมชาติ (Enrichment) ประเทศที่ดำเนินการในด้านนี้และรับบริการได้แก่ อเมริกา (บริษัท Allied Chemical และบริษัท Kerr-McGee) คานาดา, อังกฤษ และฝรั่งเศส (ไม่รวมรัสเซียและประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน) เป็นต้น

3. การทำยูเรเนียมเข้มข้น (Enrichment) ทำได้หลายวิธีดังนี้คือ

Gaseous diffusion process เป็นวิธีการที่นิยมกันมากที่สุด ประเทศที่ดำเนินการในด้านนี้ได้แก่ อเมริกา (ที่ Oak Ridge, Tennessy; Paducah, Kentucky, Portsmouth, Ohio) รัสเซีย (ในไซบีเรีย) ฝรั่งเศส (Pierrelatte) อังกฤษ (Capenhurst) โรงงานที่กำลังอยู่ในระหว่างก่อสร้างได้แก่ Eurodiff ของกลุ่มบริษัทฝรั่งเศส, อิหร่าน, เบลเยี่ยม, อิตาลี, สเปญ (ที่ Tricastin ฝรั่งเศส) และ Canadif อันประกอบด้วย ฝรั่งเศสและคานาดา (ตั้งที่ James Bay, Quebec)

Gas centrifuge process โรงงานที่กำลังเดินเครื่องอยู่ได้แก่ Urenco-Centeo ของอังกฤษ, ฮอลแลนด์ และเยอรมัน (ตั้งที่ Capenhurst อังกฤษ และ Armelo ฮอลแลนด์) โรงงานที่ใช้กระบวนการนี้และกำลังก่อสร้างได้แก่ Exxon Nuclear Co., Center Associates และ Garrett Nuclear Corp. ของอเมริกา และ PNC ของญี่ปุ่น

Separation Nozzle process เป็นกระบวนการที่มีแผนติดตั้งโดย Nu-clebras ของบราซิล

South African process เป็นกระบวนการใหม่ของประเทศอัฟริกาใต้ ตั้งที่ Valindaba เป็นโรงงานต้นแบบ

4. การประกอบเป็นเชื้อเพลิงสำเร็จรูป (Fuel Fabrication) ประเทศที่มีโรงงานอยู่แล้วในปัจจุบัน ได้แก่ เบลเยี่ยม, ฝรั่งเศส, เยอรมัน, อิตาลี, ญี่ปุ่น, ฮอลแลนด์, สวีเดน, อังกฤษ, อเมริกา, รัสเซีย และจีน

5. การฟื้นสภาพเชื้อเพลิงใช้แล้ว (Reprocessing) และการขจัดการเชื้อเพลิง (Waste Disposal)

การฟื้นสภาพเชื้อเพลิงมีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดยูเรเนียมและพลูโตเนียมที่ยังค้างอยู่ในเชื้อเพลิงที่ใช้แล้ว (Spent Fuel) เพื่อนำกลับมาใช้งานใหม่ อันเป็นการลดความสิ้นเปลืองของยูเรเนียมในวัฏจักรเชื้อเพลิง

ข. แท่งควบคุม (Control Element)

เนื่องจากพลังงานนิวเคลียร์ได้มากจากการที่นิวตรอนวิ่งเข้าชนกับนิวเคลียสของยูเรเนียม-235 ดังนั้น หากเราสามารถควบคุมจำนวนของนิวตรอนได้ก็สามารถควบคุมปริมาณของพลังงานที่ผลิตได้ จากหลักการนี้ แท่งควบคุมจึงทำจากสารที่มีคุณสมบัติดูดจับนิวตรอนอย่างแรง เช่น แคดเมียม หรือ โบรอน การเปลี่ยนตำแหน่งของแท่งควบคุมซึ่งเคลื่อนเข้า หรือออกระหว่างแท่งเชื้อเพลิงสามารถควบคุมพลังงานตามที่ต้องการได้ นอกจากนี้ การควบคุมอาจทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของโบรอนในน้ำ

ค. สารระบายความร้อน (Coolant)

มีหน้าที่หลักคือ ระบายความร้อนที่ผลิตได้จากแท่งเชื้อเพลิงเพื่อนำไปใช้งานต่อไป สำหรับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั่ว ๆ ไปที่ใช้งานในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันซึ่งเป็นแบบ Thermal Power Reactor นั้น ใช้น้ำมวลหนัก (Heavy Water) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซฮีเลี่ยม ส่วนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบ Fast Breeder Reactor ซึ่งกำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนานั้น เนื่องจากต้องการใช้งานนิวตรอนที่ความเร็วสูงจึงไม่สามารถใช้สารดังกล่าวข้างต้น เพราะโมเลกุลที่มีน้ำหนักเบาจะลดทอนพลังงานของนิวตรอนลงจึงจำเป็นต้องใช้ธาตุหนัก เช่น โซเดียมเหลว เป็นสารระบายความร้อน

ง. เครื่องปฏิกรณ์ (Reactor Vessel)

เครื่องปฏิกรณ์ส่วนใหญ่เป็นถังเหล็กซึ่งมีเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ แท่งควบคุมและมีช่องทางไหลผ่านเข้าออกของสารระบายความร้อนเป็นองค์ประกอบสำคัญ นอกจากนี้ในเครื่องปฏิกรณ์บางชนิด เช่น Boiling Water Reactor ซึ่งยอมให้น้ำเดือดภายในเครื่องปฏิกรณ์นั้น ตอนส่วนบนจะ

มีอุปกรณ์สำหรับทำให้ไอน้ำเป็นไอแห้ง เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานอีกด้วย สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ทั่ว ๆ ไป สารระบายความร้อนจะมาเอาความร้อนจากแท่งเชื้อเพลิงในเครื่องปฏิกรณ์ไปถ่ายเทให้น้ำอีกระบบหนึ่งที่เครื่องผลิตไอน้ำ (Steam Generator) เพื่อให้น้ำในระบบที่สองกลายเป็นไอและนำไปใช้งาน

ชนิดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะเป็นชนิดใดนั้น อาจดูได้จากระบบเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Power Reactor System) ซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกันคือ [1] ชนิด Light Water Reactor (LWR) ซึ่งแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบ Pressurized Water Reactor (PWR) และแบบ Boiling Water Reactor (BWR) ชนิด Heavy Water Reactor (HWR) นอกจากนั้นก็ยังมีเครื่องปฏิกรณ์ชนิด High Temperature Gas Cooled Reactor (HTGR) Liquid Metal Fast Breeder Reactor (CMFBR) ชนิด Gas Cooled Fast Breeder Reactor (GCFBR) ชนิด Light Water Reactor Breeder Reactor (LWBR) ชนิด Steam Generating Heavy Water Reactor (SGHWR) และชนิด Molten Salt Breeder Reactor (MSBR) อย่างไรก็ตามในบรรดาเครื่องปฏิกรณ์ชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ที่นิยมใช้กันมีอยู่ 4 ชนิดคือ LWR, HWR, HTGR และ LMRBR โดยชนิด LWR เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโลก ดังนั้น ในที่นี้จึงจะกล่าวรายละเอียดเฉพาะเครื่องปฏิกรณ์แบบ LWR

---

[1] ชวลทัศน์ ศรีสมวงศ์ "โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แหล่งผลิตไฟฟ้าในอนาคต" เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องแนวโน้มของพลังงานทดแทนและการประหยัดพลังงานในประเทศในระยะ 20 ปีข้างหน้า (กรุงเทพมหานคร . สมาคมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2524) หน้า 7

เครื่องปฏิกรณ์ชนิด LWR นี้ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบ BWR หรือ Boiling Water Reactor และแบบ PWR หรือ Pressurized Water Reactor ซึ่งมีลักษณะและหลักการทำงานดังนี้ [1]

1. เครื่องปฏิกรณ์แบบ Boiling Water Reactor ตามภาพที่ 1 ภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้ประกอบด้วยก้อนเชื้อเพลิงเป็นรูปทรงกระบอกเล็ก ๆ ยาวประมาณ $\frac{3}{4}$ นิ้ว ทำด้วยยูเรเนียมไดออกไซด์ (UO_2) ซึ่งมียูเรเนียม 235 อยู่ประมาณ 3% วางซ้อนกันและบรรจุไว้ในหลอดโลหะหรืออาจจะทำด้วยออกไซด์ของยูเรเนียมผสมกับออกไซด์ของพลูโตเนียมที่ได้มาจากเชื้อเพลิง

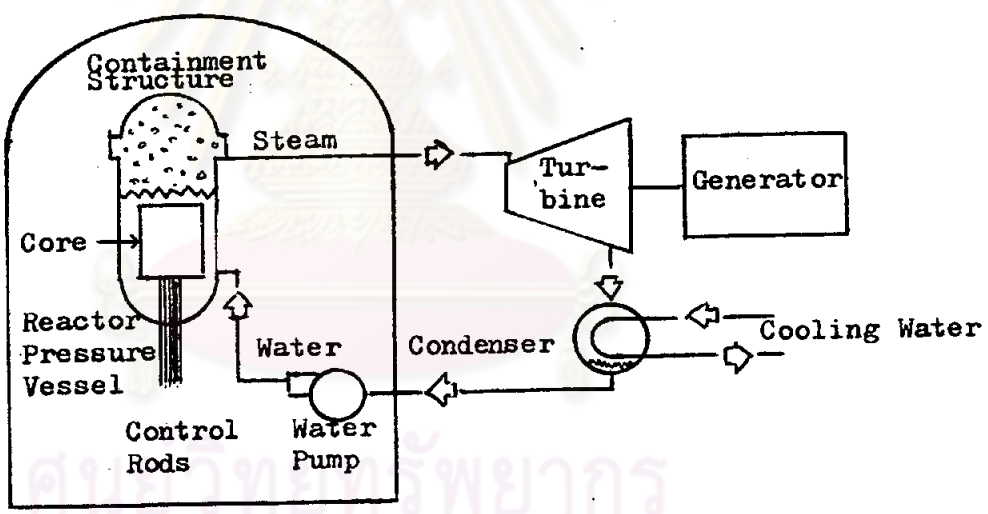

Figure 1 Schematic Diagram of a Boiling-Water Reactor Power System

---

[1] เรื่องเดียวกัน, หน้า 9 – 10

ยูเรเนียมไดออกไซด์ที่ใช้แล้ว ตัวหลอดโลหะหรือหลอดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (Fuel Rod) ทำด้วยโลหะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ $\frac{3}{8}$ นิ้ว ถึง $\frac{1}{2}$ นิ้ว และมีความยาวประมาณ 12 ฟุต ภายในแกนของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องหนึ่ง ๆ จะมีหลอดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์เหล่านี้วางไว้ในแนวตั้งจำนวนหลายหมื่นแท่ง ความร้อนที่เกิดจากปฏิกริยาแตกตัว (Fission Reaction) ของเชื้อเพลิงใน Fuel Rod เหล่านี้จะผ่านผนังของ Fuel Rod ออกมาแล้วถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำบริสุทธิ์ซึ่งทำหน้าที่เป็น Coolant ที่ไหลวนเวียน น้ำจะมีอุณหภูมิถึงจุดเดือด ไอน้ำและน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยตัวขึ้นไปอยู่ส่วนบนของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ หลังจากผ่านเครื่องทำไอน้ำให้แห้ง (Steam Seperation) ที่อยู่ส่วนบนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แล้ว ก็จะส่งออกจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ไปหมุนเครื่องกังหัน (Turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ภายหลังจากผ่านเครื่องควบแน่น (Condenser) แล้วตัวระบายความร้อนก็จะไหลกลับเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์อีก ระบบการถ่ายทอดพลังงานของเครื่องปฏิกรณ์ชนิด BWR นี้ อาจกล่าวได้ว่าเป็นแบบวงจรเดียว (Direct Cycle) เพราะตัวระบายความร้อนที่ผ่านแกนปฏิกรณ์นั้นจะส่งออกไปหมุนเครื่องกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรง และในขณะที่เดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ชนิด BWR นี้ ใช้สภาวะความกดดันประมาณ 1,000 psi โดยอุณหภูมิของตัวระบายความร้อนที่กลายเป็นไอน้ำประมาณ 545° ฟาเรนไฮน์

2. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ชนิด PWR ในรูปที่ 2 แสดงให้เห็นลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์แบบ PWR ซึ่งมีข้อแตกต่างที่สำคัญจากแบบ BWR ตรงที่เครื่องปฏิกรณ์แบบ PWR ใช้แบบระบบวงจรคู่ (Indirect Cycle) กล่าวคือ ตัวระบายความร้อนที่ผ่านเข้าไปในแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์ของ PWR แล้วนั้นจะไม่เข้าไปหมุนกังหัน (Turbine) โดยตรง น้ำที่ใช้เป็นตัวระบายความร้อน (Primary Coolant) จะถูกสูบเข้าไปในแกนปฏิกรณ์ของ PWR (ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับแกนปฏิกรณ์ของ BWR) ที่มีอุณหภูมิสูงถึง 600° ฟาเรนไฮน์ แต่ Primary Coolant นี้จะไม่ถึงจุดเดือด เนื่องจากมีความกดดันภายใน Vessel ถึง 2,250 psi เมื่อ Primary Coolant ออกมาจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ณ ความกดดันและอุณหภูมิระดับนี้แล้วจะผ่านต่อไปยังเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Steam Generator) หลังจากนั้นก็จะสูบกลับเข้าไปยังเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์อีก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

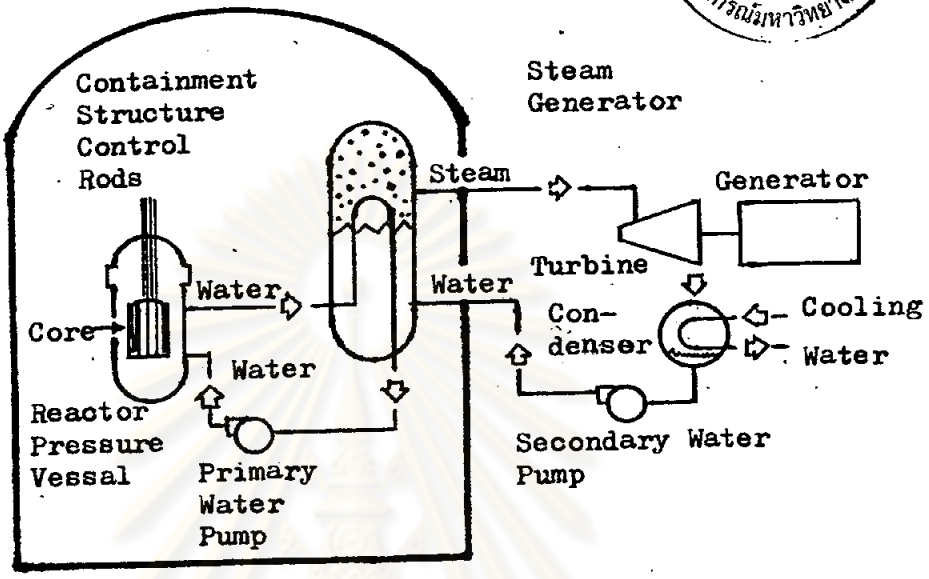

Figure 2 Schematic Diagram of a Pressurized-Water Reactor Power System

ในเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Steam Generator) นั้น Primary Coolant จะถ่ายพลังงานความร้อนให้แก่น้ำธรรมดาที่มีความกดดันต่ำกว่า คือมีความกดดันประมาณ 1,000 psi และจะถึงจุดเดือดเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 500° ฟาเรนไฮน์ เพื่อนำไปหมุนกังกันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลังจากนั้นไอน้ำร้อนนี้จะผ่านเครื่องควบแน่นกลายเป็นน้ำเพื่อสูบผ่านกลับเข้าไปในส่วนของเครื่องกำเนิดไอน้ำอีกครั้งหนึ่ง.

ความปลอดภัยของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

การก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์โดยทั่วไปมีหลักปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยดังนี้ [1]

1. การออกแบบโรงไฟฟ้า ในการออกแบบโรงไฟฟ้าจะใช้หลักพิเศษที่เรียกว่า "DEFENSE IN DEPTH" อันมีวิธีป้องกันอันตรายหลายชั้น ได้แก่

ก. การป้องกันอุบัติเหตุโดยตรง คือ การคัดเลือกสถานที่ตั้ง การออกแบบ การก่อสร้าง การตรวจสอบ การทดสอบเครื่อง การเดินเครื่อง ตลอดจนการบำรุงรักษาจะต้องเป็นไปตามกฎข้อบังคับตามมาตรฐานที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด และดำเนินไปภายใต้การตรวจสอบ และควบคุมของหน่วยตรวจสอบและจะต้องมีอุปกรณ์ และระบบที่สำคัญสำรองไว้หลายชุด เผื่อชุดหนึ่งขัดข้องจะใช้อุปกรณ์สำรองแทนได้

ข. การป้องกันอันตรายไม่ให้เกิดกับผู้ใช้และประชาชน สมมุติให้การป้องกันอุบัติเหตุโดยตรงเกิดความล้อมเหลว และกำหนดให้มีระบบป้องกันภัยต่าง ๆ ให้สามารถคุมเครื่องและระงับภัยที่อาจเกิดขึ้นจากสมมุติฐานดังกล่าว ได้แก่ ระบบเตือนภัยล่วงหน้าทั้งภายในและภายนอกโรงไฟฟ้า ระบบหยุดเครื่องปฏิกรณ์อัตโนมัติ ระบบลดความดันไอน้ำในเครื่องปฏิกรณ์ ระบบระบายความร้อนฉุกเฉิน ระบบพลังงานสำรองซึ่งมาจากต่างแหล่งกัน ระบบต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องได้รับการออกแบบและทดสอบอย่างเข้มงวด

ค. การป้องกันภัยและรังสีไม่ให้รั่วไหลออกนอกอาคารเครื่องปฏิกรณ์ ได้ออกแบบโดยสมมุติให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงที่สุดขึ้นจนระบบป้องกันภัยในขั้นที่หนึ่งและสองล้มเหลว และให้มีอุปกรณ์พิเศษทำงานเพื่อป้องกันมิให้เชื้อเพลิงหลอมละลาย จนมีรังสีรั่วออกนอกเครื่องปฏิกรณ์ได้ นอกจากนี้ต้องมีสิ่งกีดขวางเก็บกักรังสีไว้อีกหลายชั้น โดยเฉพาะตัวอาคารบรรจุเครื่องปฏิกรณ์ใช้คอนกรีตหนา

---

[1] ธวลทัศน์ ศรีสมวงศ์ "โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แหล่งผลิตไฟฟ้าในอนาคต" หน้า 19–24

ไม่ต่ำกว่า 3 ฟุต ภายในบุแผ่นเหล็กหนา $\frac{1}{4}$ นิ้ว และระหว่างเดินเครื่องภายในอาคารจะปรับให้มีความกดต่ำกว่าภายนอก เพื่อกันมิให้รังสีที่อาจจะรั่วหลุดออกมาสู่ภายนอกได้

นอกจากนี้ได้ออกแบบระบบป้องกันภัยและอุบัติเหตุเหล่านี้ไว้ คือ แผ่นดินไหวร้ายแรง พายุใต้ฝุ่นที่มีความเร็วสูงสุด น้ำท่วมขนาดหนัก อุปกรณ์และระบบควบคุมสำคัญเสียพร้อมกันหลายระบบ ความกดดันของไอน้ำในเครื่องสูง พร้อม ๆ กับระบบเครื่องขัดข้อง เครื่องบินโดยสารบรรทุกเต็มอัตราตกชนอาคาร การก่อวินาศกรรม ฯ

2. <u>การก่อสร้าง</u> หลักปฏิบัติในการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ คล้ายคลึงกับโรงไฟฟ้าชนิดอื่น แต่มีความละเอียดมากกว่าในการก่อสร้าง คือ จะต้องมีการคัดเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้อย่างเข้มงวดเพื่อให้เป็นไปตามกฎข้อบังคับและมาตรฐานตามที่กำหนดไว้ ทั้งยังกำหนดให้มีผู้ตรวจสอบความถูกต้องและคุณภาพ รวมทั้งบันทึกรายละเอียดความเป็นมาของชิ้นส่วนต่าง ๆ เก็บเป็นข้อมูลสำหรับการตรวจในอนาคตอีกด้วย

การทดสอบเครื่องก่อนใช้งาน แบ่งออกได้เป็น 2 ตอน คือ

ก. ทดสอบอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ โดยลำพัง คือขณะยังไม่เดินเครื่องผลิตพลังงาน เพื่อความแน่ใจในการก่อสร้าง และการทำงานของอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ว่าถูกต้องตามที่กำหนด และให้ผู้ปฏิบัติงานได้คุ้นเคยกับเครื่องและเรียนรู้วิธีการเดินเครื่อง ตลอดจนการป้องกันภัยก่อนใช้งาน

ข. ทดลองเดินเครื่องทุกระบบของโรงไฟฟ้า ที่ระดับกำลังต่าง ๆ จนถึงอัตรากำลังสูงสุด แล้วทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ที่ระดับกำลังต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดสอบในขณะที่ยังไม่เดินเครื่อง ทำการตรวจวัดรังสีเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีรังสีออกมาจากแกนเครื่องปฏิกรณ์ การทดลองนี้จะต้องทำซ้ำกันหลาย ๆ หน เมื่อเป็นที่แน่ใจแล้ว จะต้องเดินเครื่องเต็มอัตรากำลังต่อไปอีกอย่างน้อย 100 ชั่วโมงติดต่อกัน เมื่อไม่มีอะไรผิดปกติจึงใช้งานได้

3. <u>การเดินเครื่อง</u> มีหลักปฏิบัติ คือ

ก. การคัดเลือกและการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการเดินเครื่องและการบำรุงรักษาเครื่องจะต้องเป็นไปตามกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ เช่น สุขภาพ สติสัมปชัญญะ ไหวพริบ

พื้นความรู้และประสบการณ์ โดยเฉพาะในสาขาที่จะรับหน้าที่ต่อไป เช่น ต้องผ่านการอบรมหลักสูตรต่าง ๆ เกี่ยวกับวิชานิวเคลียร์ทั่วไป วิชาที่จะรับหน้าที่โดยเฉพาะผ่านการสอบเพื่อรับใบอนุญาตเดินเครื่อง ต้องทำการทดสอบและทดลองเดินเครื่องก่อนใช้งานกับโรงไฟฟ้าที่จะปฏิบัติงานเพื่อทำความคุ้นเคยกับเครื่องก่อนใช้งานจริง ๆ

ข. มีการตรวจสอบระบบต่าง ๆ ทุกระยะ เช่น การตรวจสอบเครื่องวัดรังสีทั้งภายในและภายนอกโรงไฟฟ้า ทดสอบระบบป้องกันภัยและระบบอื่น ๆ ที่สำคัญ ฝึกซ้อมการหยุดเครื่องกระทันหันตามเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่สมมุติไว้ บันทึกและรายงานในระหว่างเดินเครื่อง

ค. การบำรุงรักษา ตามปกติโรงไฟฟ้าทุกชนิดจะต้องตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ ปีละ 1 เดือน โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ก็เช่นเดียวกัน ทั้งนี้โดยเป็นไปตามแผนการและวิธีการที่กำหนดไว้จากหน่วยควบคุมความปลอดภัยของรัฐ ทั้งในระหว่างเดินเครื่องยังถูกกำหนดให้ตรวจสอบอุปกรณ์บางอย่างที่สำคัญเป็นประจำ เช่น การตรวจสอบสภาพของท่อน้ำด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค

และการแก้ไขซ่อมแซมนั้นแม้จะเป็นเพียงเล็กน้อยก็ต้องแจ้งให้หน่วยควบคุมความปลอดภัยทราบล่วงหน้า ทั้งยังต้องทำการซ่อมแซมต่อหน้าผู้ควบคุมทุกครั้งอีกด้วย

ง. การรายงานประสบการณ์ของเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทุกเครื่อง ต้องทำบันทึกรายงานการเดินเครื่องเสนอต่อหน่วยงานควบคุมความปลอดภัย และต้องรายงานเหตุการณ์ปกติหรือเครื่องขัดข้องทันทีที่เกิดเหตุการณ์ขึ้น เพื่อให้หน่วยงานดังกล่าวทำการตรวจสอบวินิจฉัยสาเหตุของความขัดข้องและทำการชี้ขาด ซึ่งอาจต้องลดกำลังผลิตหรือหยุดเครื่องชั่วคราวเพื่อทำการแก้ไขซ่อมแซม เรื่องรายงานประสบการณ์นี้หลายประเทศยังได้ตกลงกันว่า รายละเอียดความขัดข้องของเครื่องและผลการวินิจฉัย ตลอดจนวิธีการแก้ไขทุกครั้งจะต้องส่งรายงานให้ทราบถึงกัน เพื่อประเทศอื่น ๆ จะได้ระมัดระวังและหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องเช่นเดียวกัน

4. <u>ระบบป้องกันอุบัติเหตุและป้องกันภัย</u>

ในการออกแบบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ได้มีการออกแบบระบบป้องกันอุบัติเหตุและป้องกันภัยต่าง ๆ ไว้ด้วย โดยสมมุติอุบัติเหตุที่คาดว่าอาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมด แล้วออกแบบป้องกันอุบัติเหตุ

นั้น ๆ ขึ้นมาจากประสบการณ์และการทดลองระบบป้องกันอุบัติเหตุและป้องกันภัยของโรงไฟฟ้านิว-เคลียร์ มีหลายระบบคือ

ก. <u>ระบบสำรอง</u> (Redundancy) ทำหน้าที่ป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากอุปกรณ์ขัดข้อง โดยการเผื่ออุปกรณ์สำรองไว้อีก 1 หรือ 2 ชุด เพื่อทำงานแทนเมื่อได้รับสัญญาณขัดข้องของอุปกรณ์หลัก เช่น ในวงจรของน้ำที่ใช้ในระบบความปลอดภัย จะมีปั๊มซึ่งทำหน้าที่เหมือนกันหลายชุดเตรียมไว้ เพื่อทำหน้าที่แทนในกรณีที่ชุดแรกเกิดการขัดข้อง ปั๊มเหล่านี้ใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากหลายแหล่งซึ่งไม่เกี่ยวเนื่องกัน เพื่อป้องกันเหตุขัดข้องที่เกิดจากต้นเหตุเดียวกัน (Common Mode Failure)

ข. <u>ระบบ Interlock</u> ทำหน้าที่ป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดจากความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน โดยมีระบบควบคุมที่จะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนของความปลอดภัยจึงจะทำงานได้ เช่น การดึงแท่งควบคุมขึ้นจากแกนเครื่องปฏิกรณ์ เพื่อเดินเครื่องจะทำไม่ได้หากระบบระบายความร้อนไม่ทำงาน หรือระบบความปลอดภัยต่าง ๆ ยังไม่พร้อมที่จะป้องกันอุบัติเหตุ

ค. <u>ระบบ Fail-Safe</u> ทำหน้าที่ป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดจากความผิดพลาดทั้งหมด โดยมีหลักการอยู่ว่า หากเกิดความผิดพลาดเนื่องจากเหตุหนึ่งเหตุใดก็ตาม เครื่องปฏิกรณ์จะต้องอยู่ในสภาวะที่ปลอดภัยเสมอ เช่น ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในโรงไฟฟ้าเกิดขาดหายไปเนื่องจากเหตุใดก็ตาม แท่งควบคุมทั้งหมดจะเคลื่อนเข้าไปในแกนเครื่องปฏิกรณ์เพื่อดับปฏิกริยานิวเคลียร์โดยฉับพลัน และอัตโนมัติ

ง. <u>ระบบป้องกันรังสีหลายชั้น</u> (Multiple Barriers) โดยที่รังสีส่วนใหญ่เกิดขึ้นในเชื้อเพลิง ดังนั้นการออกแบบป้องกันรังสีเพื่อไม่ให้ผ่านออกมานอกโรงไฟฟ้า และนำอันตรายมาสู่ประชาชน จึงเริ่มการป้องกันรังสีจากเชื้อเพลิงเป็นอันดับแรก โดยการนำเชื้อเพลิงและเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติดูดหรือสะท้อนรังสีที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้

1) <u>เม็ดเชื้อเพลิง</u> เป็นโลหะผสมยูเรเนียมไดออกไซด์ (UO_2) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวสูงถึง 2,800 ^{o}C และถูกทำให้อยู่ในรูปเซอรามิค ซึ่งมีคุณสมบัติไม่แตกกระจาย จึงสามารถ

เก็บกักสารรังสีที่เกิดขึ้นทั้งหมดได้ดี

2) หลอดเชื้อเพลิง ทำด้วยโลหะผสมของเซอร์โคเนียม หรือเซอร์คาลอย ซึ่งเป็นโลหะเหนียมทนรังสีและทนความร้อนได้ดี ท่อเชื้อเพลิงนี้ทำหน้าที่เก็บกักสารรังสีที่เป็นแกส และสารที่หลุดลอดออกมาจากเม็ดเชื้อเพลิง จากประสบการณ์พบว่าหลอดอายุการใช้งานของท่อเชื้อ-เพลิงเหล่านี้ คือ ประมาณ 3 ปี อาจมีรอยรั่วขนาดรูเข็มอยู่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของท่อทั้งหมด ซึ่งทำให้สารรังสีลอดออกมาผสมอยู่ในระบบน้ำของเครื่องปฏิกรณ์เพียงเล็กน้อย

3) Pressure Vessel ภาชนะทนความดันบรรจุแกนเครื่องปฏิกรณ์และต่อกับท่อน้ำหลัก ภาชนะและท่อดังกล่าวทำด้วยเหล็กกล้า มีความหนาประมาณ 9 นิ้ว และ 4 นิ้ว ตามลำดับ ในระหว่างเดินเครื่องน้ำในระบบเครื่องปฏิกรณ์ส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านระบบกำจัดกากรังสีเพื่อให้สารรังสีในน้ำอยู่ในระดับต่ำตลอดเวลา

4) กำแพงคอนกรีตกั้นรังสี ซึ่งมีความหนาตั้งแต่ 7–10 ฟุต จะทำหน้าที่ป้องกันรังสีแกมม่า ผ่านออกนอกเครื่องปฏิกรณ์ จากการคำนวณกำแพงคอนกรีตหนาขนาดนี้สามารถดูดรังสีแกมม่าได้ทั้งหมด

5) อาคารคลุมเครื่องปฏิกรณ์ เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กหนาประมาณ 3 ฟุต ภายในบุด้วยแผ่นเหล็กหนา $\frac{1}{4}$ นิ้ว โดยรอบ ในระหว่างเดินเครื่องภายในอาคารทำให้มีความกดดันต่ำกว่าบรรยากาศภายนอกเล็กน้อย เพื่อว่าหากมีรอยรั่วเกิดขึ้นที่แผ่นเหล็กก็จะเป็นการรั่วจากภายนอกเข้าสู่ภายใน

6) เขตปลอดประชากร ตามกฎเกณฑ์ของความปลอดภัย โรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะต้องมีอาณาเขตกว้างขวางพอสมควร สงวนไว้เป็นเขตปลอดประชากร หากเกิดมีรังสีรั่วออกจากอาคารในกรณีใด ๆ ก็ตาม ก็จะอยู่ในเขตนี้โดยไม่เป็นอันตรายต่อประชาชน

จ. ระบบเตือนภัย ประกอบด้วยเครื่องวัดรังสีและเครื่องส่งสัญญาณเตือนภัยซึ่งติดตั้งไว้ตามจุดสำคัญต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงไฟฟ้า หากบริเวณใดบริเวณหนึ่งมีรังสีสูงผิดปกติ ระบบเตือนภัยนี้จะส่งสัญญาณเตือนให้ทราบทันที ทั้งที่บริเวณรังสีสูงและที่ห้องควบคุม

ฉ. ระบบระบายความร้อนฉุกเฉิน (Emergency Core Cooling System หรือ ECCS) ในบรรดาอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ อุบัติเหตุสูญเสียน้ำระบายความร้อน (Loss of Coolant Accident หรือ LOCA) นับเป็นอุบัติเหตุที่ร้ายแรงที่สุด เพราะอาจทำให้เกิดการหลอมละลายของเชื้อเพลิงได้ ซึ่งจะทำให้สารรังสีที่เก็บกักอยู่ในเม็ดเชื้อเพลิงหลุดออกมา ความร้อนที่ผลิตขึ้นภายในเครื่องปฏิกรณ์ประมาณร้อยละ 93 เกิดจากปฏิกิริยาฟิสชั่น (Fission Reactor) นั้น สามารถดับได้ทันทีที่แท่งควบคุมเคลื่อนเข้าไปในแกนเครื่องปฏิกรณ์ แต่ยังมีความร้อนอีกประมาณร้อยละ 7 ที่เกิดจากการสลายตัวของสารรังสีซึ่งไม่สามารถหยุดได้ทันที ฉะนั้นจึงต้องมีระบบระบายความร้อนจากแกนเครื่องปฏิกรณ์ภายหลังหยุดเครื่องปฏิกรณ์แล้ว เพื่อป้องกันแท่งเชื้อเพลิงหลอมละลาย ระบบดังกล่าวมี 2 ระบบด้วยกัน คือ ระบบปกติซึ่งใช้ทุกครั้งที่หยุดเครื่อง และระบบระบายความร้อนฉุกเฉินซึ่งใช้ในกรณีเกิดอุบัติเหตุการสูญเสียน้ำในระบบเครื่องปฏิกรณ์

หน้าที่หลักของระบบระบายความร้อนฉุกเฉิน คือ ส่งน้ำเข้าไปในแกนเครื่องปฏิกรณ์เพื่อระบายความร้อนในกรณีที่ท่อน้ำหลักแตก ทำให้น้ำรั่วออกจากระบบไม่ว่ารอยแตกนั้นจะเล็กหรือใหญ่ก็ตาม ระบบระบายความร้อนฉุกเฉินประกอบด้วยระบบย่อยหลายระบบ ทำงานอิสระโดยไม่ขึ้นต่อกัน ในกรณีที่ระบบใดระบบหนึ่งเกิดชำรุดก็ยังมีน้ำเพียงพอที่จะทำหน้าที่ระบายความร้อนต่อไปได้ แม้ว่ารายละเอียดในการออกแบบระบบต่าง ๆ ของระบบระบายความร้อนฉุกเฉินแต่ละโรงไฟฟ้าจะแตกต่างกันออกไป แต่ก็มีหลักการทำงานและออกแบบคล้ายกัน

รังสีและกากกัมมันตรังสี

1. รังสี ในขบวนการผลิตความร้อนของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ผลิตสารรังสีด้วย แต่สารทั้งสองชนิดนี้จะไม่ไหลออกมาปนกับน้ำหรือไหลมายังอุปกรณ์อื่น สำหรับรังสีที่เป็นอนุภาคเล็กจะผ่านทะลุท่อเชื้อเพลิงออกมาในน้ำ ซึ่งจะถูกน้ำและวัสดุในแกนเครื่องปฏิกรณ์ดูดไว้ ดังนั้นรังสีเกิดขึ้นจากขบวนการผลิตความร้อนจะสูญหายไปในแกนเครื่องปฏิกรณ์ทั้งหมด นอกจากรังสีแกมม่าที่มีพลังงานสูงมากอาจผ่านทะลุภาชนะบรรจุแกนเครื่องปฏิกรณ์ แต่ก็ไม่สามารถผ่านทะลุกำแพงป้องกันรังสีไปได้

ปกติน้ำที่ใช้ระบายความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์ซึ่งไหลผ่านเชื้อเพลิงและอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นน้ำกลั่นบริสุทธิ์มาก แต่อาจมีสารเจือปนอยู่เล็กน้อย เช่น สารที่เกิดจากการสึกกร่อนของโลหะในระบบ

ท่อน้ำ สารเหล่านี้เมื่อรับรังสีเข้ามาจะกลายเป็นสารรังสีชั่วคราว สารรังสีจึงถูกพาไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ภายในอาคารคุมเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งระบบน้ำไปถึง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องขจัดสารรังสีชั่วคราวเหล่านี้ในน้ำ ส่วนอากาศภายในอาคารคุมเครื่องปฏิกรณ์จะถูกสูบผ่านเครื่องกรองขจัดรังสีและตรวจสอบระดับรังสี ก่อนที่จะปล่อยออกภายนอกได้ ระดับรังสีที่ยอมให้ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม กำหนดโดยหน่วยงานควบคุมความปลอดภัยของรัฐ เช่น สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ปัจจุบันในสหรัฐ – อเมริกาได้กำหนดระดับรังสีดังกล่าวสูงถึง 500 มิลลิเรม หรือประมาณ 3 เท่าของรังสีในธรรมชาติ

2. <u>กากกัมมันตรังสี</u>

กากรังสีที่เกิดในเชื้อเพลิงที่ใช้แล้ว เชื้อเพลิงนิวเคลียร์เมื่อใช้ไปประมาณ 3 ปี จะหมดอายุแต่ยังมีธาตุที่เป็นเชื้อเพลิงหลงเหลือปนอยู่กับกากรังสี จำเป็นต้องส่งไปยังโรงงานสกัดเชื้อเพลิงขจัดกากและนำแร่ที่เป็นเชื้อเพลิงกลับมาใช้ใหม่โดยจะนำเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วออกจากแกนปฏิกรณ์แช่น้ำไว้ระยะหนึ่งก่อน เพื่อให้ระดับรังสีและความร้อนลดลงจนขนย้ายได้ จากนั้นนำไปใส่ถังบรรจุเชื้อเพลิงที่ใช้แล้ว ซึ่งมีความแข็งแรงขนย้ายไปยังโรงงานสกัดซึ่งมีอยู่หลายแห่ง เช่น ในอังกฤษ, ฝรั่งเศส ฯ ส่วนกากรังสีที่เกิดในโรงไฟฟ้ามี 3 ประเภทคือ แกส, ของแข็ง และของเหลว ซึ่งก่อนที่จะปล่อยออกสู่ภายนอกจะต้องผ่านระบบขจัดกากเสียก่อน

<u>โรงไฟฟ้านิวเคลียร์กับสิ่งแวดล้อม</u>

เนื่องจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ความร้อนจากปฏิกริยานิวเคลียร์ซึ่งทำให้เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ปิดมิดชิด ไม่มีปฏิกริยาเผาไหม้ แกสส่วนใหญ่ที่ปล่อยออกมาเป็นอากาศธรรมดาจากระบบถ่ายเทอากาศภายในโรงไฟฟ้าไม่มีเขม่าควัน หรือแกสที่เป็นอันตราย แต่ก่อนจะปล่อยแกสนี้ออกไปจะต้องผ่านเครื่องกรอง . เครื่องขจัดรังสีและเครื่องตรวจสอบรังสีก่อนจนมีรังสีไม่เกิน 5 มิลลิเรมต่อปี หรือน้อยกว่าร้อยละ 3 ของรังสีในธรรมชาติ

ในด้านน้ำที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ส่วนใหญ่เป็นน้ำทะเลที่สูบเข้าไปเพื่อระบายความร้อนในเครื่องควบแน่นไอน้ำ ไม่ได้ปนกับสารรังสีในโรงไฟฟ้าและน้ำทิ้งจากที่ต่าง ๆ ของโรงไฟฟ้าภายนอกเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งบางครั้งอาจมีสารรังสีปนอยู่บ้าง แต่จะต้องผ่านการตรวจสอบก่อนปล่อยออกมา ไม่ให้มีสารเคมีและระดับรังสีเกินขอบเขตที่กำหนดไว้ น้ำที่ปล่อยออกมาจึงจะ

ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

สำหรับความร้อนจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ซึ่งจะปล่อยออกมาจากน้ำระบายความร้อนของโรงไฟฟ้า จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเท่า ๆ กับน้ำจากโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะทำให้น้ำทะเลในบริเวณเนื้อที่ประมาณ 0.005 ตารางกิโลเมตร (ครึ่งสนามฟุตบอล) มีอุณหภูมิสูงขึ้น 2–3 องศาเซลเซียส และบริเวณกว้างออกไป คือ เนื้อที่ 0.25 ตารางกิโลเมตร น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส

ประเทศไทยกับโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ในปี พ.ศ. 2510 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้มีความคิดริเริ่มที่จะนำโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มาใช้ผลิตไฟฟ้าในระบบและได้ทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นครั้งแรก ต่อมาก็ได้คัดเลือกสถานที่สำหรับสร้างโรงไฟฟ้าโดยเชิญผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศมาช่วยพิจารณา ซึ่งหลังจากสำรวจและวิเคราะห์สถานที่ต่าง ๆ แล้ว เห็นสมควรใช้ที่บริเวณบ้านอ่าวไผ่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นที่สร้างโรงไฟฟ้า โดยสำนักงานคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติเห็นชอบด้วย และได้รับอนุมัติจากรัฐบาลให้ใช้สถานที่ดังกล่าวสำหรับก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ในปี พ.ศ. 2512 [1] หลังจากนั้นได้มีการเตรียมงานโดยส่งวิศวกรไปฝึกอบรมในต่างประเทศ ทำการสำรวจนิเวศน์วิทยาทางทะเลและสิ่งแวดล้อมร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จัดตั้งหลักสูตรวิชานิวเคลียร์วิทยาระดับปริญญาโทขึ้นเพื่อผลิตบุคคลากรและต่อมาในปี พ.ศ. 2516 ได้ทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการครั้งที่ 2 เพื่อให้ได้ข้อมูลทันเหตุการณ์ยิ่งขึ้น แล้วหลังจากเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันก็ได้วิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของ

---

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ลำดับเหตุการณ์และงานสำคัญของโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (นนทบุรี : กองโรงพิมพ์ ส่วนประชานิเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2522) หน้า 6

โครงการอีกครั้งหนึ่งในปี พ.ศ. 2517 [1] แต่เนื่องจากในระยะนั้นอัตราการเพิ่มของการใช้ไฟฟ้าลดลง การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ฯ จึงเสนอรัฐบาลขอเลื่อนโครงการออกไปอีกระยะหนึ่ง จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2520 จึงได้เสนอโครงการกลับไปยังรัฐบาลอีก ขออนุมัติประมูลเพื่อทราบราคาโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่แน่นอน [2] การเสนอขออนุมัติครั้งนั้นเป็นที่วิพากย์วิจารณ์อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อมวลชนซึ่งได้ลงข่าวการคัดค้านโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์บ่อยครั้ง รัฐบาลจึงได้ชลอโครงการนี้ไว้ และยังมิได้มีมติให้ดำเนินการก่อสร้าง แต่ก็ยังไม่ได้เลิกล้มโครงการ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ฯ จึงยังคงศึกษาและติดตามเทคโนโลยีการใช้พลังงานนิวเคลียร์ต่อไปเรื่อย ๆ [3] เพื่อเตรียมพร้อมไว้สำหรับอนาคตในระยะยาว

เรื่องเกี่ยวกับการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย ปัจจุบันสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้ดำเนินงานเกี่ยวกับการค้นคว้าวิจัยอยู่ และมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเพื่อการค้นคว้าวิจัยซึ่งมีชื่อเรียกว่าเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย (Thai Research Reactor) ใช้อยู่ด้วยโดยติดตั้งอยู่ ณ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ [4] ถนนวิภาวดีรังสิต

---

[1] เรื่องเดียวกัน, หน้า 14 – 17

[2] เรื่องเดียวกัน, หน้า 24

[3] เรื่องเดียวกัน, หน้า 28

[4] สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, ไขปัญหาปรมาณู (กรุงเทพมหานคร : สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2513) หน้า 16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบแบบสอบถามเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. การหาค่า (ค่า t) ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มผู้ตอบที่ได้คะแนนสูงกับกลุ่มผู้ตอบที่ได้คะแนนต่ำของข้อความที่ใช้ในสเกลวัดทัศนคติ

สูตร $$t = \frac{\bar{X}H - \bar{X}L}{\sqrt{\frac{S^2H}{nH} + \frac{S^2L}{nL}}}$$

$\bar{X}H$ = มัชฌิมเลขคณิตของคะแนนในกลุ่มสูง

$\bar{X}L$ = มัชฌิมเลขคณิตของคะแนนในกลุ่มต่ำ

S^2H = ความแปรปรวนของคะแนนในกลุ่มสูง

S^2L = ความแปรปรวนของคะแนนในกลุ่มต่ำ

nH = จำนวนคนในกลุ่มที่ได้คะแนนสูง

nL = จำนวนคนในกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ

จากการหาค่า t ของข้อความ 31 ข้อความที่บรรจุในสเกลวัดทัศนคติระหว่างการทดสอบแบบสอบถามปรากฏว่าค่า t ของข้อความทั้ง 31 ข้อความมีดังนี้

ข้อความที่ 1 ค่า t = 1.14	ข้อความที่ 2 ค่า t = 2.39
" 3 " = 4.26	" 4 " = 3.20
" 5 " = 2.52	" 6 " = 1.55
" 7 " = 3.93	" 8 " = 4.18
" 9 " = 1.63	" 10 " = 4.33
" 11 " = 3.27	" 12 " = 4.26
" 13 " = 3.39	" 14 " = 3.77
" 15 " = 4.06	" 16 " = 2.61

ข้อความที่ 17 ค่า	t = 5.078	ข้อความที่ 18 ค่า	t = 2.25
" 19 "	= 5.56	" 20 "	= 6.46
" 21 "	= 3.61	" 22 "	= 4.27
" 23 "	= 8.66	" 24 "	= 4.03
" 25 "	= 3.74	" 26 "	= 2.26
" 27 "	= 1.89	" 28 "	= 5.69
" 29 "	= 5.25	" 30 "	= 5.61
" 31 "	= 7.06		

จึงได้คัดเลือกข้อความที่มีค่า t สูงไว้จำนวน 25 ข้อความ เพื่อนำมาบรรจุในสเกลวัดทัศนคติในแบบสอบถามที่ใช้จริงโดยตัดข้อความที่มีค่า t ต่ำออกไป 6 ข้อความ

2. การหาค่าอำนาจจำแนกของคำถาม 22 ข้อในส่วนที่ใช้วัดความรู้เกี่ยวกับเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

คำตอบรายข้อของกลุ่มผู้ตอบที่ได้คะแนนต่ำซึ่งคิดเป็นร้อยละ

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1.	(29)	–	–	71	–
2.	–	(71)	7	22	–
3.	(14)	7	–	79	–
4.	43	(14)	36	7	–
5.	(50)	(14)	–	36	–
6.	–	(29)	–	71	–
7.	14	(–)	7	79	–
8.	(42)	–	7	79	–
9.	–	–	7	(93)	–
10.	7	–	(–)	93	–

คำตอบรายข้อของกลุ่มผู้ตอบที่ได้คะแนนต่ำซึ่งคิดเป็นร้อยละ (ต่อ)

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
11.	(7)	–	–	–	93
12.	–	(21)	7	72	–
13.	–	7	(–)	–	93
14.	–	(29)	7	64	–
15.	7	(22)	14	57	–
16.	–	(64)	–	36	–
17.	(57)	14	29	–	–
18.	7	(7)	–	86	–
19.	(–)	–	–	100	–
20.	(–)	–	–	100	–
21.	29	(7)	7	57	–
22.	36	(7)	–	57	–

คำตอบรายข้อของกลุ่มผู้ตอบที่ได้คะแนนสูงซึ่งคิดเป็นร้อยละ

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1.	(71)	14	7	7	–
2.	–	(86)	–	14	–
3.	(86)	7	–	7	–
4.	79	(21)	–	–	–
5.	29	(36)	21	14	–
6.	7	(86)	–	7	–

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำตอบรายข้อของกลุ่มผู้ตอบที่ได้คะแนนสูงซึ่งคิดเป็นร้อยละ (ต่อ)

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
7.	29	(–)	71	–	–
8.	(86)	–	–	14	–
9.	–	43	7	(14)	36
10.	36	–	(43)	21	–
11.	(21)	43	–	7	29
12.	7	(64)	–	29	–
13.	–	7	(21)	72	–
14.	–	(64)	29	7	–
15.	14	(64)	7	15	–
16.	–	(93)	7	–	–
17.	(86)	–	–	14	–
18.	7	(50)	7	36	–
19.	(86)	–	7	7	–
20.	(–)	–	7	93	–
21.	–	(–)	–	100	
22.	43	(29)	14	14	–

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่า P และ r ของคำถามแต่ละข้อที่เปิดได้จากตารางของ Chung Teh Fan

	ค่า P	ค่า r
ข้อ 1	.50	.42
2	.79	.21
3	.50	.70
4	.17	.11
5	.24	.29
6	.59	.58
7	0	0
8	.65	.48
9	.55	.77
10	.17	.69
11	.13	.27
12	.42	.44
13	.09	.54
14	.46	.35
15	.42	.43
16	.80	.42
17	.72	.35
18	.26	.53
19	.36	.86
20	.41	.89
21	.17	.36
22	.17	.36

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้วิจัยได้คัดเลือกคำถามข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงไว้จำนวน 15 คำถาม เพื่อใช้ในแบบสอบถามจริง และเรียงลำดับข้อคำถามใหม่ให้เหมาะสมโดยจัดลำดับคำถามที่ง่ายไว้ก่อน

การทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างกลุ่มเหตุผลของประชากร

1. การทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างเหตุผลด้านเศรษฐศาสตร์กับเหตุผลอื่นของประชากรที่เห็นด้วยกับโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์โดยใช้ z-test เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานข้อ 2 โดยใช้สูตร

$$z = \frac{p - a}{\sqrt{\frac{a(1 - a)}{n}}}$$

เมื่อค่า $a = .50$

$p = .73$

$n = 172$

$$z = \frac{.73 - .50}{\sqrt{\frac{.5(1 - .5)}{172}}}$$

$$z = 6.104$$

ค่า z ที่คำนวณได้มากกว่า z ในตาราง แสดงว่ามีความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างเหตุผลทั้งสอง

2. การทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างเหตุผลด้านความปลอดภัยกับเหตุผลอื่น ของประชากรที่ไม่เห็นด้วยกับโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานข้อ 3 โดยใช้สูตรเดียวกับข้อ 1

เมื่อ a คือสัดส่วนที่กำหนด = .50

p คือสัดส่วนที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง = .83

n คือจำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด = 98

แทนค่า $$z = \frac{.83 - .50}{\sqrt{\frac{.5(1 - .5)}{98}}}$$

$$z = 6.465$$

ค่า z ที่คำนวณได้มากกว่าค่า z ในตาราง แสดงว่ามีความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างเหตุผลทั้งสอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พฤศจิกายน 2524

เรื่อง ขอความกรุณาในการตอบแบบสอบถาม

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

เนื่องด้วยข้าพเจ้ากำลังทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อ "การศึกษาทัศนคติของประชาชน 3 กลุ่ม (นักหนังสือพิมพ์, อาจารย์ในระดับอุดมศึกษา และผู้นำนิสิตนักศึกษา) ในกรุงเทพมหานคร ที่มีต่อโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชานิเทศศาสตร์พัฒนาการ คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการนี้ ใคร่ขอความกรุณาจากท่านเป็นตัวแทนของกลุ่มในการแสดงความคิดเห็น โปรดตอบแบบสอบถามนี้ตามความเป็นจริงและครบทุกข้อ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากท่านนี้ข้าพเจ้าจะรักษาไว้เป็นความลับและจะเสนอผลการวิจัยเป็นส่วนรวม จึงหวังเป็นอย่างยิ่งในความกรุณาจากท่าน และขอขอบคุณอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(น.ส. อมรา ชนสมบูรณ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 1

1	2	3

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่เป็นคำตอบของท่าน

เลขที่แบบแสอบถาม

1. เพศ

... ชาย ... หญิง — 4

2. อายุ ..... ปี — 5 — 6

3. ระดับการศึกษาของท่าน — 7

..... ต่ำกว่า ม.ศ.3

..... จบ ม.ศ.3 หรือเทียบเท่า

..... จบ ม.ศ.5 หรือเทียบเท่า

..... กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา

..... จบอนุปริญญาหรือเทียบเท่า

..... จบปริญญาตรี

..... จบปริญญาโท

..... จบปริญญาเอก

4. อาชีพของท่าน — 8

..... นักหนังสือพิมพ์

..... อาจารย์ในระดับอุดมศึกษา

..... นิสิตนักศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 2

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่เป็นความเห็นของท่าน

		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	
1	การสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้นค่าลงทุนสูงเกินไป						9
2	การใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับกากเชื้อ – เพลิง						10
3	การมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ใช้ในประเทศไทยเราจะช่วยประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้ปีละมาก ๆ						11
4	พลังงานทดแทนต่าง ๆ เช่น แสงอาทิตย์, ลม ฯ ล้วนอยู่ในขั้นทดลอง ก๊าซธรรมชาติก็จะต้องหมดไปวันหนึ่งข้างหน้า ดังนั้นพลังงานที่จะสามารถนำมาใช้ได้ในลำดับต่อไปคือพลังงานนิวเคลียร์						12

		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	
5	การใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีผลกระทบกระเทือนต่อสิ่งแวดล้อมมาก						13
6	โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีเทคนิคยุ่งยากเชื่อว่าวิศวกรไทยไม่สามารถควบคุมให้ปลอดภัยได้						14
7	เมื่อพิจารณาสถานการณ์พลังงานในปัจจุบันแล้ว ประเทศไทยจำเป็นต้องมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์						15
8	การใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะทำให้เกิดปัญหาเวลาจะซื้อเชื้อเพลิงมาใช้เพราะประเทศที่ขายเชื้อเพลิงมีอยู่ไม่กี่แห่ง						16
9	เชื่อว่าการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะทำให้เกิดการคอรับชั่นอย่างมหาศาลโดยผู้รับผิดชอบดำเนินการ						17

		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	
10	เกรงว่าการใช้โรงไฟฟ้านิว-เคลียร์จะทำให้เกิดปัญหารังสีรั่ว						18
11	โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นโรงไฟฟ้าที่สะอาดเนื่องจากไม่มีการเผาไหม้						19
12	ปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กลัวกันนั้นเป็นเรื่องที่ป้องกันและแก้ไขได้						20
13	การสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศช่วยให้มีทางเลือกด้านพลังงานเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง						21
14	เมื่อเปรียบเทียบผลดีผลเสียแล้วโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีผลดีมากกว่า						22
15	หากการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทำให้ได้ใช้ไฟฟ้าราคาถูกกว่าโรงไฟฟ้าอย่างอื่นก็ควรสร้าง						23

		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	
16	แม้จะทำให้ไฟฟ้าราคาถูก แต่เมื่อนึกถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นแล้วก็ไม่ควรสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์						24
17	หากดำเนินการโดยละเอียดรอบคอบแล้ว การใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม						25
18	การสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ใช้เวลาประมาณ 8 ปี ดังนั้นควรเริ่มสร้างในขณะนี้ก่อนที่ค่าก่อสร้างจะสูงขึ้นไปอีก						26
19	การสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศเป็นการเสี่ยงต่ออันตรายที่ไม่คุ้ม						27
20	เกรงว่าการใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะทำให้เกิดอันตรายจากนิสัยไม่รักษากฎระเบียบของคนไทย						28

		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	
21	ประเทศที่ไม่มีแหล่งพลังงานต่างเตรียมที่จะใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพราะเห็นว่ามีผลดีมากกว่าผลเสีย						29
22	หากผู้เชี่ยวชาญหลายฝ่ายของประเทศยอมรับว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีผลดีมากกว่าผลเสียก็ควรสร้าง						30
23	ควรสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เฉพาะในเขตที่ประชาชนอยู่ไม่หนาแน่น						31
24	คิดว่าการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะทำให้น้ำร้อนขึ้นอันอาจทำให้สัตว์น้ำสูญพันธ์หรือหนีไปอยู่ที่อื่นหมด						32
25	ประเทศไทยยังไม่พร้อมที่จะมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์						33

26 โดยสรุปแล้วท่านเห็นด้วยกับการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยหรือไม่ (เลือกตอบเพียงข้อเดียว) ___34

..... เห็นด้วย

..... ไม่เห็นด้วย

27 (สำหรับผู้ที่ตอบเห็นด้วย) เหตุผลสำคัญที่สุดที่ท่านเห็นด้วยคือ (เลือกตอบเพียงข้อเดียว) ___35

...1. ช่วยประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้ปีละมาก ๆ

...2. เหตุผลอื่น ๆ คือ .....

28 (สำหรับผู้ตอบไม่เห็นด้วย) เหตุผลสำคัญที่สุดที่ท่านไม่เห็นด้วยคือ (เลือกตอบเพียงข้อเดียว) ___36

...1. เกรงว่าจะไม่ปลอดภัย

...2. เหตุผลอื่น ๆ คือ .....

ส่วนที่ 3

โปรดเลือกข้อที่ถูกที่สุดโดยเขียนเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่เป็นคำตอบของท่าน

1. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าน้ำมันแล้ว ___37

ก. ค่าก่อสร้างถูกกว่า ค่าผลิตไฟฟ้าก็ถูกกว่า

ข. ค่าก่อสร้างสูงกว่า แต่ค่าผลิตไฟฟ้าถูกกว่า

ค. ค่าก่อสร้างใกล้เคียงกัน แต่ค่าผลิตไฟฟ้าถูกกว่า

ง. ไม่ทราบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. พลังงานนิวเคลียร์ที่ใช้ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบันเกิดจาก ___38

ก. การหลอมตัวของนิวเคลียสในเชื้อเพลิง
ข. การแตกตัวของนิวเคลียสในเชื้อเพลิง
ค. การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง
ง. ไม่ทราบ

3. ในปัจจุบันประเทศไทยมีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เพื่อการวิจัยหรือไม่ ___39

ก. มี
ข. ไม่มี
ค. กำลังสร้าง
ง. ไม่ทราบ

4. แร่ยูเรเนียมหาซื้อได้จาก ___40

ก. หลายประเทศ เช่น สหรัฐ ฯ ออสเตรเลีย อัฟริกาใต้
ข. เฉพาะสหรัฐอเมริกา
ค. อัฟริกาใต้
ง. ไม่ทราบ

5. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันใช้ ..... มาทำเป็นเชื้อเพลิง ___41

ก. โมนาไซต์
ข. แร่ยูเรเนียม
ค. พลูโตเนียม
ง. ไม่ทราบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้วสามารถที่จะ ___42___

ก. นำมาสกัดเป็นเชื้อเพลิงใช้ได้อีก

ข. สกัดเอา Plutonium มาทำระเบิดปรมาณู

ค. ก และ ข

ง. ไม่ทราบ

7. พลังงานนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่างจากพลังงานที่เกิดขึ้นในโรงไฟฟ้าน้ำมันคือ ___43___

ก. พลังงานนิวเคลียร์เกิดจากปฏิกิริยาฟิสิคส์ ส่วนพลังงานที่เกิดขึ้นในโรงไฟฟ้าน้ำมันเกิดจากปฏิกิริยาเคมี

ข. พลังงานนิวเคลียร์เกิดจากปฏิกิริยาเคมี ส่วนพลังงานที่เกิดขึ้นในโรงไฟฟ้าน้ำมันเกิดจากปฏิกิริยาทางฟิสิคส์

ค. ข้อความดังกล่าวไม่ถูกต้องพลังงานทั้งสองอย่างเกิดจากการสันดาป

ง. ไม่ทราบ

8. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Reactor) สำหรับผลิตไฟฟ้า คือ ___44___

ก. เครื่องผลิตความร้อนจากปฏิกิริยาลูกโซ่ซึ่งสามารถควบคุมปฏิกิริยานั้นได้

ข. เครื่องเผาเชื้อเพลิงนิวเคลียร์เพื่อให้เกิดความร้อนสำหรับนำมาใช้ผลิตไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. เครื่องสันดาปภายในแบบเครื่องยนต์ธรรมดา

ง. ไม่ทราบ

9. กากรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หลังจากผ่านขั้นตอนการขจัดกากมาแล้วจนอยู่ในรูปของของแข็ง ปัจจุบันนิยมเก็บไว้ให้ปลอดภัยโดยใส่ภาชนะที่มิดชิดและเก็บไว้ที่ 45

ก. ในบ่อน้ำลึกมาก ๆ

ข. ฝังไว้ในบริเวณที่ห่างไกลผู้คนและไม่มีน้ำซึมผ่าน

ค. ถ่วงทิ้งไปในทะเล

ง. ไม่ทราบ

10. น้ำอุ่นที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 46

ก. มีรังสีปนอยู่มาก

ข. มีรังสีปนอยู่บ้างเล็กน้อยแล้วแต่ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์

ค. ไม่มีรังสีปนอยู่เลย

ง. ไม่ทราบ

11. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขณะที่เดินเครื่องตามปกติ 47

ก. จะไม่มีรังสีออกมาเลย

ข. มีรังสีออกมาน้อยมากจนไม่เป็นอันตรายต่อประชาชนใกล้เคียง

ค. มีรังสีออกมาเท่า ๆ กับการฉายเอกซเรย์ 1 ครั้ง

ง. ไม่ทราบ

12. การควบคุมปฏิกิริยานิวเคลียร์ของโรงไฟฟ้าใหญ่ทำได้โดย ___48

ก. ควบคุมการถ่ายเทเชื้อเพลิง

ข. ควบคุมปริมาณนิวตรอนโดยใช้สารดูดนิว-ตรอนใส่เข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์

ค. ใส่นิวตรอนเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ตามที่ออกแบบไว้

ง. ไม่ทราบ

13. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีโอกาสระเบิดเหมือนลูกระเบิด-นิวเคลียร์หรือไม่ ___49

ก. มีโอกาส

ข. ไม่มีโอกาสเลย

ค. มีโอกาสครึ่งต่อครึ่ง

ง. ไม่ทราบ

14. เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในเครื่องปฏิกรณ์ ___50

ก. ต้องอยู่ในรูปทรงกระบอก

ข. จะอยู่ในรูปทรงกระบอกทรงกลม หรือลูกบาศก์ก็ได้

ค. ตามข้อ ข. แต่ต้องให้ได้ขนาดเฉพาะ

ง. ไม่ทราบ

15. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ส่วนใหญ่ในโลกเป็นแบบ ___51

ก. Light Water Reactor

ข. Heavy Water Reactor

ค. Gas Cooled Reactor

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

... วิทยุ — 61

... ภาพยนตร์ — 62

... ครูอาจารย์ — 63

... การบรรยาย การอภิปราย — 64

... อื่น ๆ (โปรดระบุ) ..... — 65

2. ท่านเคยได้รับทราบข่าวสารเกี่ยวกับเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์โดยตรงจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ฯ หรือไม่ (เช่น ฟังการบรรยาย การอภิปราย การให้สัมภาษณ์จากเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ฯ การได้รับเอกสารเผยแพร่เกี่ยวกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ฯ ชมนิทรรศการที่จัดโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ฯ) — 67

... เคย

... ไม่เคย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. Fast Reactor

จ. ไม่ทราบ

16. ประเทศที่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ คือ ___52___

ก. ญี่ปุ่น

ข. ญี่ปุ่น, เกาหลี, ไต้หวัน, ฟิลิปปินส์

ค. ญี่ปุ่น, เกาหลี, ไต้หวัน, ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย, สิงคโปร์

ง. ไม่ทราบ

ส่วนที่ 4

1. ตลอดเวลาที่ผ่านมาท่านได้รับข่าวสารเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์โดยละเอียดที่สุดลำดับที่ 1 ถึง ลำดับที่ 5 จากแหล่งข่าวสารใดบ้าง (กรุณาเรียงลำดับแหล่งข่าวสารที่ท่านได้รับจากลำดับที่ 1 – 5 โดยเขียนหมายเลขลงหน้าช่องว่างที่ต้องการ) ___53___ ___54___

... หนังสือพิมพ์ ___55___

... โทรทัศน์ ___56___

... สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ___57___

... เพื่อนฝูงหรือเพื่อนร่วมงาน ___58___

... บุคคลในครอบครัว ___59___

... การจัดนิทรรศการ ___60___

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาว อมรา ธนสมบูรณ์ จบการศึกษาปริญญาตรี คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2516 เข้าศึกษาต่อในภาควิชาการประชาสัมพันธ์ สาขาวิชานิเทศศาสตร์พัฒนาการ คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2522

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย