

# 국내외 에너지 사정과 원자력 발전 현황



張 洪 根 (KIMM 시험평가부장)

- '58. 4-'63. 2 한양대학교 공과대학 원자력공학과(학사)
- '85. 3-'87. 2 국립부산수산대학교 공과대학 기계공학과(석사)
- '63. 5-'69. 2 원자력연구소 보건물리학연구소
- '69. 2-'79. 8 한국공업검사(주)
- '79. 9-'90. 4 한국기계연구소 비파괴시험실장, 시험평가부장
- '90. 5-'91. 8 과학기술정책관리연구소 기술평가위원
- '91. 9-현재 한국기계연구원, 책임연구원

## 1. 서 론

우리나라는 1960년대 정부의 경제개발 5개년 계획을 착수한 이래 놀라운 경제성장을 거듭하여 전통적 농업사회로부터 고도산업사회로 변모하여 왔다. 이와함께 에너지 수요도 급증하여 1992년의 1인당 에너지 소비는 2.66 TOE(Ton of Oil Equivalent : 석유 환산단위)로 1965년의 0.42 TOE와 비교하여 6배이상 증가하였으며 최근에는 지속적인 경제성장에 따른 국민소득의 향상으로 1차 에너지 소비증가율이 경제성장을 크게 상회하여 증가하는 추세에 있다.

그러나, 부존에너지 자원이 극히 빈약한 우리의 경우 소요에너지의 대부분을 해외수입에 의존하고 있어 1991년도의 에너지수입 의존도는 91.3%에 이르렀고 1993년도에는 93%를 넘어 서고 있으며, 앞으로도 계속 증가할 것으로 전망되고 있어, 에너지자원의 안정적인 확보가 국가적 과제로 대두되고 있는 실정이다.

더구나, 석유, 석탄, 천연가스 등 화석에너지자원은 매장량이 한정되어 있어 가까운 장래에 고갈될 수 밖에 없을 뿐 아니라 지역적으로 심하게 편재되어 있어 자원확보를 둘러싼 국제적인 긴장과 마찰이 빈발하고 있으며 이에 따른 공급불안과 가격상승의 가능성이 상존하고 있다. 특히 최근에는 화석연료의 대량사용으로 인한 지구온난화, 산성비 등 환경오염문제는 인류의 생존을 위협할 정도로 악화되고 있어서 세계각국의 관심이 집중되고 있으며, 1993년 6월 브라질, 리우 데자네이루에서 개최된 유엔환경개발회의에서 이

산화탄소(CO<sub>2</sub>)발생량을 규제하는 기후변화협약이 체결되어 앞으로 화석연료의 사용제한이 불가피할 것으로 전망되고 있어 화석연료를 대체할 수 있는 대체에너지원 개발이 시급한 과제로 부각되고 있다.

본고에서는 국내의 에너지 사정과 원자력발전 현황에 대하여 살펴보고자 한다.

## 2. 국내의 에너지 사정

### 2.1 우리나라의 에너지 자원

우리나라의 전통적인 에너지 자원의 국내 부존 현황은 무연탄과 수력으로 에너지 자원 부존 상태가 대단히 빈약한 실정이다. 에너지 자원의 주종을 이루는 무연탄의 경우 채탄가능량이 약 7 억여톤이나 이것도 열량이 낮은 저질탄으로 발전용으로는 적합치 않으며 수력자원의 경우도 개발 용량이 약 310여만 kW로 추정되나 개발가능지점은 거의 개발이 끝난 상황이며 원자력의 연료가 되는 우라늄 자원은 함량이 낮아 경제성이 없는 것으로 알려지고 있다.

표 1. 우리나라의 부존 자원 현황(90년 기준)

구 분	단위	매장량	가채매장량	비 고
무연탄 수력 우라늄	억톤 MW 백만톤	15.77 3126 116	7.4 - -	1424기개발 발전용량 U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> : 0.039% 기준

자료 : 상공자원부

### 2.2 에너지 소비 동향

에너지 부존자원이 빈약한 우리나라는 1960년대 경제개발 정책추진결과 급속한 경제 성장에 따라 높은 에너지 소비 증가를 나타내었다. 표 2에 나타낸바와 같이 일차에너지 소비 평균 증가율을 살펴보면 1970년대초에는 석유파동의 영향으로 에너지 소비증가율이 잠시 둔화되기도 하였으나 중반에 에너지 소비 산업인 중화학공업의 집중 육성으로 '70년대 연평균 에너지 소비율은 8.4%로 나타났으나, '80년대초에는 고유가 영향으로 에너지 소비 증가세가 둔화되다가 '86년 이후 에너지 가격하락과 지속적인 경제성장에 따라 '80년대에는 연평균 7.8% 증가 추세를 보였고, '91-'92년 간은 naphtha등 석유 화학 연료용 소비와 수송차량 증가에 따라 연평균 11.6%의 높은 소비증가율을 나타내고 있다.

증가하는 에너지 수요를 해외 에너지인 석유, 유연탄 등의 수입으로 충당함에 따라 에너지의 수입 의존도는 점점 심화되고 있는데 70년대에는 고도 경제성장으로 석유 소비가 크게 증가하다가 '80년대 전반에는 탈석유 에너지 정책의 적극 추진으로 석유 소비 증가추세가 둔화되었으나 '80년대 후반 이후 유가인하와 소득 증가로 석유의 존도가 다시 높아졌다. 유연탄 소비는 지속적으로 증가 하고 있고 국내부존 자원인 무연탄은 에너지 고급화 추세에 따라 80년대 중반이후 급격히 감소하고 있음을 보여주고 있다.

표 2. 우리나라의 1차 에너지 소비 동향

연도	1차에너지 소비량 (천 TOE)	1차 에너지원별 구성비(%)							1인당 총 에너지 소비량(TOE)
		무연탄	유연탄	석 유	LNG	수 력	원자력	신 탄	
1965	12,012 (4.6)	43.0 (9.6)	0.6 (△29.5)	12.1 (32.9)	-	1.5 (△5.3)	-	42.8 (△0.8)	0.42 (2.4)
1970	19,678 (11.9)	29.4 (6.3)	0.3 (△19.2)	47.2 (24.3)	-	1.6 (△14.6)	-	21.6 (△2.4)	0.61 (8.9)
1972	21,291 (2.0)	28.2 (4.3)	0.1 (△41.1)	51.3 (3.3)	-	1.6 (3.6)	-	18.7 (△2.8)	0.64 (1.6)
1973	25,010 (17.5)	28.5 (17.5)	1.7 (1,866.7)	53.8 (23.4)	-	1.3 (△6.1)	-	14.7 (△8.0)	0.73 (14.1)
1974	25,763 (3.0)	28.0 (2.9)	2.1 (29.3)	54.3 (3.8)	-	1.9 (48.4)	-	13.7 (△4.0)	0.74 (1.4)

연도	1차에너지 소비량 (천 TOE)	1차 에너지원별 구성비(%)							1인당 총 에너지 소비량(TOE)	
		무연탄	유연탄	석유	LNG	수력	원자력	신탄		
1978	38,088 (11.3)	22.2 (0.8)	3.8 (3.3)	63.3 (14.8)	-	1.2 (29.8)	1.5	8.0 (△2.5)	1.03 (9.6)	
1979	43,242 (13.5)	20.8 (4.8)	6.6 (100.5)	62.8 (12.7)	-	1.3 (28.8)	1.8 (35.6)	6.7 (△4.8)	1.15 (11.7)	
1980	43,911 (1.6)	22.5 (10.7)	7.6 (15.7)	61.1 (△1.0)	-	1.1 (△14.8)	2.0 (10.3)	5.7 (△13.0)	1.15 (0.0)	
1985	56,296 (5.5)	21.9 (6.3)	17.2 (15.3)	48.2 (△1.0)	-	1.6 (52.5)	7.4 (42.0)	3.6 (△13.2)	1.38 (4.5)	
1986	61,462 (9.2)	19.1 (△1.8)	16.4 (4.0)	46.4 (6.0)	0.1	1.6 (9.8)	11.5 (69.1)	2.4 (△27.1)	1.49 (8.0)	
1987	67,878 (10.4)	16.5 (△1.7)	15.8 (6.1)	43.7 (4.9)	3.1	2.0 (33.0)	14.5 (38.9)	1.9 (△10.9)	1.63 (9.4)	
1988	75,351 (11.0)	13.5 (△11.1)	16.9 (18.8)	47.0 (19.0)	3.6 (29.2)	1.2 (33.3)	13.3 (2.0)	1.5 (△11.7)	1.80 (10.4)	
1989	81,659 (8.4)	10.7 (△9.0)	16.5 (6.2)	49.6 (14.6)	3.2 (△3.2)	1.4 (27.8)	14.5 (18.1)	1.3 (△11.3)	1.93 (7.2)	
1990	93,191 (14.1)	10.7 (△9.0)	15.5 (6.9)	53.8 (24.1)	3.2 (14.9)	1.7 (39.6)	14.2 (11.7)	0.9 (4.9)	2.17 (12.4)	
1991	103,622 (11.2)	7.9 (△18.4)	15.8 (13.5)	57.5 (19.2)	3.4 (15.7)	1.2 (△20.6)	13.6 (6.5)	0.6 (△22.5)	2.40 (10.2)	
1992	116,010 (12.5)	5.4 (△22.6)	14.9 (5.6)	61.8 (22.2)	4.0 (30.8)	1.1 (△3.7)	12.2 (0.4)	0.6 (17.1)	2.66 (10.9)	
평균 증가율 (%)	71   80	8.4	6.1	51.3	11.3	-	5.0	-	△6.8	6.5
	81   90	7.8	0.3	15.8	6.9	12.8*	12.3	31.3	△10.9	6.4
	91   92	11.6	△20.3	9.5	20.1	23.0	△12.6	3.4	△5.0	10.7

\*LNG는 '88-'90년의 증가임, ( )는 전년대비 증가율임.

자료 : 상공자원부 에너지 통계연보

한편 에너지원별 수급에 있어서도 1960년대에는 주로 무연탄과 신탄이 주종을 이루었으나 근래에는 경제 규모의 확대와 산업구조의 고도화로 수입에너지인 석유, 유연탄, 천연가스 그리고 원자력 위주로 수급 체계가 변하고 있다.

더욱이 경제성장에 따른 국민 소득의 향상과

함께 깨끗하고 편리한 전기에너지의 소비가 급증하고 있어 에너지원의 수입 의존도는 국민소득 수준 향상과 더불어 점차 심화되고 있으며 앞으로 이러한 추세는 지속될 것으로 전망된다. 우리나라의 에너지원별 구성비 추이를 표 3에 나타내었다.

표 3. 우리나라의 에너지원별 구성비 추이  
(구성비: %)

구분 연도	석유	비석유			
		원자력	유연탄	LNG	기타
'63	10.3	-	0.8	-	88.9
'68	34.8	-	0.4	-	64.8
'73	53.8	-	1.7	-	44.5
'78	63.3	1.5	3.8	-	31.4
'83	55.9	4.5	12.9	-	26.7
'88	49.6	13.3	16.9	3.6	16.6
'90	53.8	14.2	15.5	3.2	13.3
'91	57.5	13.6	15.8	3.4	9.7
'92	61.8	12.2	14.9	4.0	7.1
'93	62.1	11.5	16.3	4.5	1.9

자료: 에너지 절약 편람, 1993

### 2.3 우리나라의 전력 수요

60년대 중반까지는 수력과 무연탄 발전소가 우리나라 발전량의 대부분을 차지하였으나 그후부터 석유 발전량이 증가하기 시작하여 70년대에는

국내 발전량의 50%를 넘어서게 되었고 1977년에는 89.3%를 점유하게 되었다.

두차례에 걸친 석유 파동의 영향으로 탈석유 정책에 따라 원자력과 유연탄 발전소가 1978년부터 가동되면서 석유 발전량은 87년에는 10% 이하까지 낮아지게 되었으나 최근 전력 수요가 증가함에 따라 다시 석유 발전의 비중이 높아지고 있다.

전력의 수요는 산업이 고도화 되고 생활이 풍요로워 짐에 따라 증가가 필연적인데 1961년 우리나라 연간 전력 소비량은 11억kWh였던것이 32년 뒤인 1993년에는 약 1300억kWh로 증가하였다. 전력 소비 증가율을 보면 최근 10년간 연평균 10%이상씩 증가하여 왔으며 용도별로는 산업용 소비가 계속 높은 비율로 증가하여 소비증가율을 주도하여 왔고 철도의 전철화와 지하철의 개통으로 수송용 전력 소비도 크게 증가하였으며 최근에는 가정용 전력 소비도 계속 큰 폭으로 증가하고 있다. 우리나라의 전력 소비증가추이, 발전설비 증가추이 및 발전소 건설 계획을 표 4, 표 5 및 표 6에 각각 나타내었다.

표 4. 전력소비 증가추이 (단위: 백만kWh)

구분	'81	'86	'91	연평균 증가율(%)	
				'82-'86	'87-'91
주택 일반 산업 기타	5,577	9,808	18,614	12.0	13.7
	3,265	5,956	14,657	12.8	19.7
	26,237	39,563	68,759	8.6	11.7
	345	983	2,350	23.3	19.0
총 소비량	35,424	56,310	104,374	9.7	13.1

자료: 원자력발전백서, 1992

표 5. 발전설비 증가추이 (단위: 천kW)

구분	'65	'75	'85	'91	연평균
					증가율(%) ( '86-'91)
수력 원자력 석탄 석유 천연가스	215	621	2,225	2,445	1.9
	-	-	4,766	7,616	21.6
	485	700	3,700	3,700	0
	70	3,399	4,815	4,800	8.2
	-	-	-	2,255	-
총 계	770	4,720	18,060	21,111	5.5

자료: 원자력발전백서, 1992

표 6. 발전소 건설계획

(단위 : 천kW)

구분	원자력	석탄	LNG	수력기타	계
1991-2001	8,000 (9)	12,440(25)	5,230 (8)	2,150(18)	27,920(60)
2002-2006	8,100 (9)	2,800 (4)	4,500 (6)	1,500 (6)	16,900(25)
계 (구성비,%)	16,200(18) 36.2	15,240(29) 34.0	9,730(14) 21.7	3,650(24) 8.1	44,820(85) 100

주 : ( ) 내 수치는 발전소 기수  
 자료 : 원자력발전백서, 1992

### 2.4 기후변화 협약과 지구 환경보전

우리나라는 경제성장과 생활수준의 향상과 함께 에너지 소비가 지속적으로 증가하여 세계 제11위의 에너지 다소비국가가 되었으며 에너지 수요의 대부분을 화석 연료에 의존하고 있을 뿐만 아니라 산업이 철강, 석유화학, 시멘트 등 에너지 소비 다업종으로 구성되어 있어 선진국에 비하여 GNP 대비 에너지 소비원 단위가 매우 높게 되어 있다. 또한 기후변화 협약의 주요 대상인 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 1인당 배출량은 1.8t-C(탄소/톤)/년으로 미국, 일본 등에 비해서는 아직 낮은수준이나 현재 에너지 사용 추세가 지속될 경우 2000년에는 1인당 CO<sub>2</sub> 배출량이 2.6t-C/년에 도달하여 EC의 평균을 상회할 전망이다라고 에너지 경제 연구원은 밝히고 있다.

기후변화 협약상의 온실 가스 배출 규제가 구체화 될 경우 국내 산업활동 및 국민생활 전반에 심각한 영향을 줄 우려가 있어 정부는 93년 7월에 발표한 신경제 5개년 계획에서 1인당 CO<sub>2</sub> 배출량을 90년 EC 수준(2.4t-C/년/인)으로 안정화 한다는 목표와 함께 환경보전과 경제개발의 조화를 위한 환경정책 방향을 제시하고 세부 계획을 수립하여 추진중에 있다. 기후변화 협약의 발효는 CO<sub>2</sub> 배출의 상당량을 차지하는 전력 부문에도 많은 영향을 줄것으로 예상된다. 전력부문의 CO<sub>2</sub> 배출량은 90년 10백만 t-C에서 2000년에는 27.2백만 t-C로 국가 총 배출량의 22%에 달할것으로 전망되는데 이로 인하여 석탄, 유류 발전소 등에 대한 환경보전 대책의 강화가 시급하게 되고 온실 가스 등 환경오염 물질 저감 설비 등에 따른 발전원가 상승

요인이 발생하게 되며 다소비 산업에서 저소비 산업으로의 산업구조개편 등에 따른 산업부문의 전력 소비 추세에 영향을 줄 것으로 보인다.

현재 우리나라의 단위 전력당 CO<sub>2</sub> 배출량은 원자력 발전 비중이 높아 0.1Kg-C/kWh로서 세계적으로 낮은 수준을 유지하고 있는데 이것은 70년대 석유 파동 이후 에너지원의 다원화와 탈 석유 정책에 의해 지속적으로 추진한 원자력 발전이 '86년 이후부터 총 발전량의 40-50%를 점유하게 됨으로서 온실 가스 배출량을 그만큼 저감시켰기 때문인 것으로 분석된다. 그러나 우리나라의 전력수요는 매년 200만 kW규모의 발전소를 계속 건설해야 할 정도로 증가하고 있기 때문에 이에 따른 환경오염 물질 배출문제가 심각할 것으로 우려된다. 따라서 한국전력공사는 CO<sub>2</sub> 배출량을 안정화 시키기 위하여 원자력 설비 비중을 2006년까지 40% 수준으로 확대하고 석탄, 가스 및 복합발전 등 고효율의 발전 신기술 도입을 검토하고 있으며 또한 전력 수요 관리를 강화하여 2006년까지 약 670만kW의 수요를 억제하고 태양광, 풍력발전 등 신, 재생 에너지 이용을 확대 하려는 계획을 추진하고 있는 것으로 알려지고 있다.

1990년 기후 변화에 관한 정부간 협의체(IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change) 보고서에 따르면 현재의 추세대로 산업활동 및 에너지 소비가 지속되는 경우 1차 에너지 수요는 1985-2025년은 2.1%, 2026-2100년에는 1.3%로 증가하고 CO<sub>2</sub>의 배출은 1985-2025년은 1.7%, 2026-2100년에는 1.1% 증가가 예상되며 그 결과 2030년경에는 온실 가스의 CO<sub>2</sub> 환산기준 농도가 산업혁명 이전 수준의 2배에 달하며 지구의 평균

기온이 15°C-4.5°C 상승하고 해수면은 20cm 상승할 것으로 전망되며, 2100년에는 기온이 3°C-6.5°C 해수면은 약 65cm상승 할 것으로 전망되고 있는 것으로 보고되고 있다. 이러한 지구기온의 상승으로 기상이변, 강수량 변화, 해수면 상승, 농작물 피해 등이 유발되어 생태계는 물론 인류의 생존 및 산업활동에 큰 영향을 받게 될 것으로 우려하고 있다.

### 3. 국외의 에너지 상황

지구에 부존된 에너지 자원의 확인 매장량은 석유 1조배럴, 천연가스 120조m<sup>3</sup>, 석탄1조t, 우라늄 230만t-U로 추정되고 있다. 이를 석유 환산 단위 (TOE)로 보면 각각 1362억, 1220억, 7160억 그리고 1840억 TOE에 해당된다.

현재 전세계에 에너지 사용량을 감안할때 이들 에너지 사용가능 기간은 그리 멀지 않을 것으로 보인다. 에너지 전문가들은 석유, 천연가스, 우라늄의 경우 2000년대 중반에 가면 고갈되며 석탄의 경우는 이보다 약150년 더 사용이 가능할 것으로 내다보고 있다. 세계의 에너지 자원 매장량은 표 7과 같으며, 석유, 석탄 등의 가채년수는 그림 1에 표시하였다.

세계 여러나라의 에너지 소비경향은 그림 2에 나타낸 바와 같이 석유 사용 비중이 점차 떨어지고 있는 반면 석탄, 원자력 등의 사용비중이 꾸준히 증가하는 소비구조를 보이고 있다.

#### 3.1 세계 에너지 수급 전망

1980년대 후반 이후 세계 경제는 유가하락에

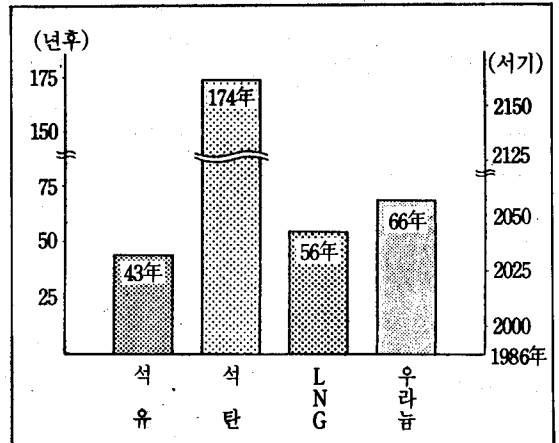


그림 1. 석유·석탄 등의 가채년수

힘입어 높은 경제 성장율을 나타냈고, 이에 따른 에너지 소비도 증가하였다. 그러나, 최근의 선진국의 경기침체와 개발도상국의 저성장 및 동구 공산권의 붕괴 등으로 인한 마이너스 성장으로 향후 에너지소비 증가율은 다소 둔화될 것으로 전망된다.

석유의 경우, 걸프사태의 영향과 각국의 소비 절약 노력, 세계경제의 성장둔화로 소비는 다소 정체되었으나, 국제경기의 회복에 따라 점차 증가할 것으로 보이며 공급측면에서는 쿠웨이트 및 이라크가 석유수출을 개재할 것으로 보이나 물량은 크지 않을 것이고, OPEC 및 비OPEC산유국의 석유생산량도 늘어날 가능성이 희박하여 유가는 점차 상승할 것으로 전망된다.

천연가스는 최근 가스복합발전 기술의 진보로 대체발전원으로서 수요증가가 예상되고 있으며, 앞으로 그 증가세는 커질 것으로 보여 세계 에너지수급에 차지하는 비중이 증대될 것으로 전

표 7. 세계의 에너지 자원 매장량

구분	석유	천연가스	석탄	Oil	우라늄
공극매장량	2조 배럴	204조m <sup>3</sup>	8.4조 톤	Oil샌드 16,000억 배럴 Oil 셀 5,500억 배럴	-
확인매장량	9,991억 배럴	119조m <sup>3</sup>	10,405억 톤		232만톤

자료 : 에너지 절약 편람, 1993

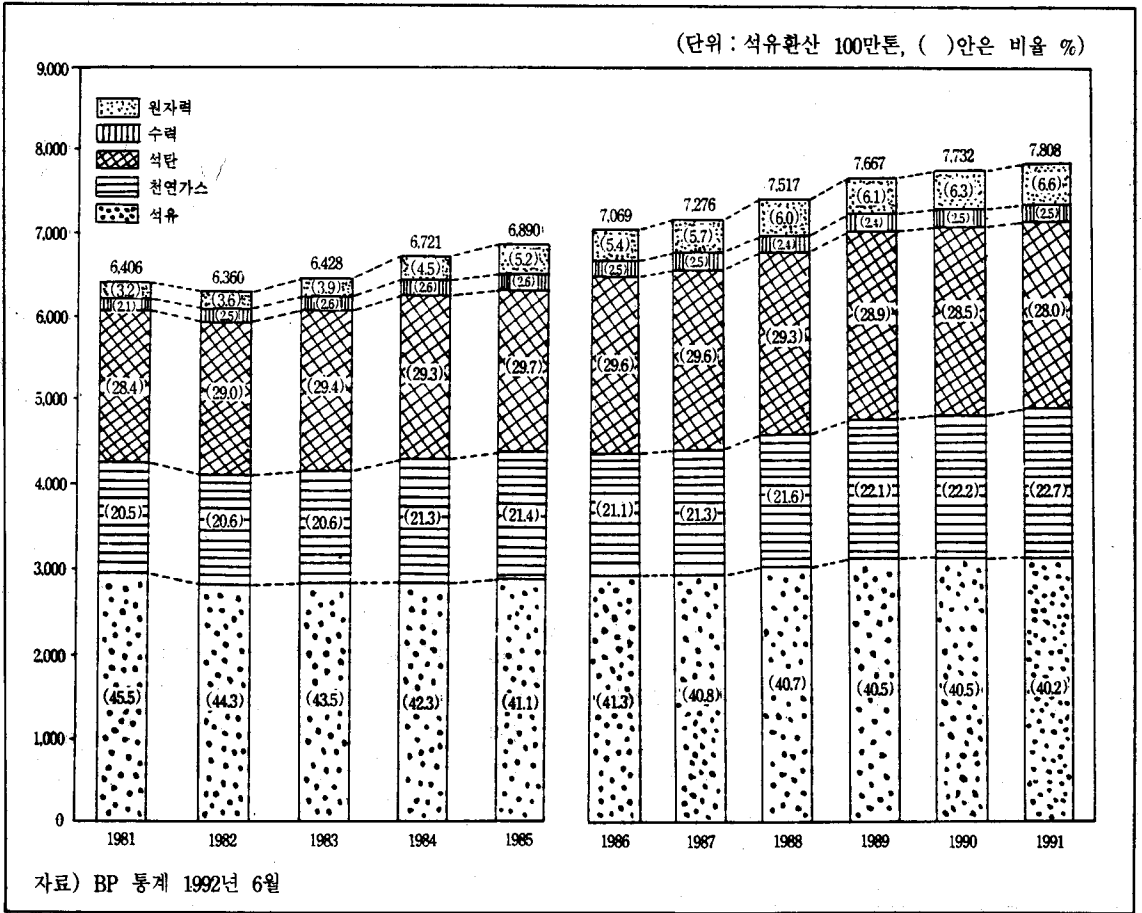


그림 2. 세계 에너지 소비의 추이

망된다.

석탄은 선진국의 경우 환경규제강화 및 수요의 많은 부분을 차지하는 제철부문에 기술의 향상과 철강대체재의 사용증가로 소비가 현상유지 또는 점진적인 증가에 그치고 있으나, 개발도상국의 경우 발전부분과 산업용 보일러의 수요가 급증할 것으로 예상된다.

석유는 공급부문에 유전사고, 재해 및 전쟁 등 우발적인 공급장애 요인이 상존하고 있고, 공급능력 또한 완만한 증가가 예상되고 있으며, 수요측면에서는 세계경제의 건실한 성장이 전망되어 지속적으로 증가할 것으로 보인다.

원자력은 경제성장에 따른 전력 수요의 증가와 화석연료의 대량사용으로 인한 환경오염 문제의

대두, 불안정한 석유수급에 대한 해결책으로 점진적인 증가가 예상되고 있다. 세계 1차 에너지 수급 전망을 표 8에 표시하였다.

#### 4. 우리나라와 외국과의 에너지 수급 비교

1992년도 우리나라의 에너지원별 소비 구성비는 석유 61.8%, 천연가스 4.0%, 석탄 20.4%, 원자력 12.2%, 수력 0.4%로 석유가 전체 에너지 소비량 116백만 TOE의 약 62%로 세계 주요국의 석유 소비 보다 가장 높은 것으로 나타났으며 우리나라와 세계 주요국의 에너지 소비 구조비교를 표 9에 표시하였다.

표 8. 세계 1차 에너지 수급전망  
(단위: 백만TOE)

구 분	1989	1995	2000	2005
OECD 소 계	4,036	4,440	4,656	4,954
석 유	1,787	1,930	1,920	1,974
천 연 가스	722	920	1,016	1,102
석 탄	970	1,022	1,127	1,254
원 자 력	410	459	475	495
수 력, 신재생	98	109	118	129
개도국 소 계	1,988	2,579	3,164	3,838
석 유	862	1,107	1,317	1,462
천 연 가스	237	351	484	713
석 탄	790	991	1,199	1,468
원 자 력	28	36	44	44
수 력, 신재생	71	94	119	151
(구)소련, 동구	1,898	2,154	2,393	2,706
석 유	537	616	665	710
천 연 가스	662	818	969	1,168
석 탄	594	602	607	642
원 자 력	78	90	121	152
수 력, 신재생	27	29	32	34
전 세 계	8,483	9,752	10,801	12,093
석 유	3,183	3,653	3,902	4,147
천 연 가스	1,669	2,089	2,470	2,983
석 탄	2,354	2,615	2,933	3,363
원 자 력	516	584	640	692
수 력, 신재생	197	233	269	315
바이오매스 (OECD 제외)	564	579	587	594

자료: ENERGY POLICIES OF IEA COUNTRIES('90 REVIEW)

또한 우리나라의 에너지 증가추세를 보면 1984년도에 8.0%였던 것이 1985년도에는 약간 감소하다가 계속 증가추세를 보여 1990년 대에 들어와서 계속 10%를 상회하고 있으며 1인당 에너지 소비량도 선진국 보다는 낮으나 계속 증가하고 있다. 우리나라와 선진국의 에너지 소비 증가추세와 1인당 에너지 소비량을 표 10과 표 11에 각각 나타내었다.

### 5. 원자력 발전

#### 5.1 원자력의 평화적 이용

원자(atom)는 중심에 원자핵과 그 주위를 돌고 있는 전자(electron)로 구성되어 있으며 원자핵은 양성자(proton)와 중성자(neutron)로 구성되어 있다. 우라늄과 같은 무거운 원자핵이 중성자를 흡수하면 원자핵이 쪼개지는데 이것을 원자핵분열이라고 한다. 핵분열이 일어 날 때에는 많은 에너지와 함께 2-3개의 중성자가 함께 나오게 되는데 이 중성자가 다른 원자핵에 흡수되면 또다시 분열이 일어나 이렇게 연속적으로 원자핵분열이 일어나는 현상을 연쇄반응(chain reaction)이라고 하며, 이때 발생하는 막대한 에너지를 원자력(atomic energy)라고 한다. 원자핵분열 연쇄반응이

표 9. 우리나라와 세계 주요국의 에너지 소비 비교

국 별	에너지원별 구성비(%)					에너지소비량 (백만TOE)	비 중 (%)
	석 유	천연가스	석 탄	원 자 력	수 력		
한 국	61.8	4.0	20.4	12.2	1.1	116.0	1.5
미 국	39.8	26.1	24.3	8.5	1.2	1,960.8	25.2
캐나다	36.6	28.2	12.1	10.1	13.0	208.6	2.7
프랑스	40.4	12.2	7.7	37.5	2.2	233.7	3.0
영 국	39.0	24.9	28.0	7.9	0.2	211.5	2.7
독 일	40.1	16.8	30.5	12.2	0.4	335.1	4.3
소련	26.9	46.2	21.8	3.5	1.5	1,239.5	15.9
중 국	18.8	2.0	77.5	-	1.7	680.4	8.7
일 본	57.4	11.2	17.3	12.6	1.6	451.0	5.8
호 주	35.5	17.4	45.5	-	1.5	87.7	1.1
대 만	50.5	3.5	29.2	15.4	1.2	56.6	0.7
기 타	50.0	18.7	23.8	3.4	4.1	2,215.2	28.4
계(평균)	40.1	22.9	27.8	6.8	2.4	총계: 7,794.2	100

자료: BP 통계('93)



표 10. 우리나라와 선진국의 에너지 소비 증가추세

(단위 : %)

구 분	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
한국	8.0	5.5	9.2	10.4	11.0	8.4	14.1	11.2	12.5
일본	9.5	0.0	0.9	2.2	5.4	3.9	3.8	3.7	1.8
미국	5.8	0.0	0.2	4.0	4.5	1.4	0.2	1.2	1.8
프랑스	3.3	1.3	3.4	1.1	-0.9	4.8	2.7	5.3	0.7

자료 : BP통계('93)

표 11. 우리나라와 선진국의 1인당 에너지 소비량

(단위 : TOE/인, 연간)

구 분	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
한국	1.32	1.37	1.49	1.63	1.79	1.91	2.17	2.39	2.64
일본	3.10	3.09	3.09	2.86	3.30	2.41	3.52	3.54	3.64
미국	7.59	7.49	7.44	7.30	7.86	7.92	7.90	7.72	7.84
프랑스	3.40	3.42	3.52	3.32	3.53	3.60	3.63	3.73	4.13

자료 : BP통계('93) 및 '92주요경제지표(통계청)

서서히 일어나도록하면서 필요한 만큼의 에너지를 쓸수 있도록 만든장치를 원자로(nuclear reactor)라 한다.

원자력을 평화적으로 유익하게 이용하는 방법에는 두가지로 나눌수가 있는데 하나는 핵분열에 의해 나오는 막대한 에너지 즉, 열을 이용하여 전기를 생산하는 원자력 발전, 큰 동력이 필요한 대용량의 항공모함, 잠수함의 동력원으로서 이용하는 것과 다른 하나는 방사성물질에서 나오는 방사선을 이용하는 것이다. 방사선은 암치료, 독성제거 등의 의학분야, 품종개량, 식품의 장기저장등의 농업분야, 밀도측정, 비파괴검사 등 산업분야 및 지구 과학분야 등 폭 넓게 이용되고 있다.

### 5.2 화력 발전과 원자력 발전

석유나 석탄을 연소시켜 보일러에서 물을 끓이고 여기서 발생하는 수증기의 힘으로 터빈(turbine)을 돌려 전기를 생산하는 것이 화력 발전으로 원자력 발전도 화력발전과 마찬가지로 우리나라와 같은 핵 연료를 원자로 내에서 핵분열 시켜 여기서 나오는 열을 이용하기 때문에 원자력 발전에서는 원자력이 화력 발전의 보일러와 같은 역할을 한다. 원자핵분열을 일으킬 수 있는 물질로는  $U^{233}$ ,  $U^{235}$ ,  $P^{239}$ 등이 있으나 원자력 발전소(nuclear power

plant)에서는  $U^{235}$ 를 2-4%로 저농축하여 연료로 사용하고 있다.

### 5.3 원자로(Nuclear Reactor)

원자로에는 감속재(moderator)를 어떤것을 사용하느냐에 따라 몇가지의 종류로 분류할 수 있는데 실제 원자로는 여러가지 형태로 상업화되어 있다. 감속재에는 보통의 물을 쓰는 경수( $H_2O$ ), 중수( $D_2O$ ), 흑연(graphite)등이 있는데 경수를 감속재로 사용하는 원자로를 경수로 라고 하며, 이에는 가압경수형(Pressurized Water Reactor : PWR), 비등경수형(Boiled Water Reactor : BWR)이 있고 세계 각국에서 널리 채택, 사용하고 있다. 이밖에도 상업화된 원자로로써 흑연을 감속재로 사용하는 영국의 흑연가스 냉각로, 소련의 흑연 감속 경수로 등이 있다. 가압경수로(PWR)는 열 중성자로로써 전세계 발전용 원자로의 과반수 이상을 차지하고 있는데 이 원자로는 명칭 그대로 감속재 및 냉각재로써 경수를 사용하고 있으며 약  $315^{\circ}C(600^{\circ}F)$ 에서도 비등이 일어나지 않도록 2,200psia의 고압으로 유지하고 있다. 따라서 발전 계통의 구성은 원자로를 중심으로한 1차 계통과 이 열을 전달 받아 전기를 생산하도록 수증기를 공급하는 2차 계통으로 구성된다.

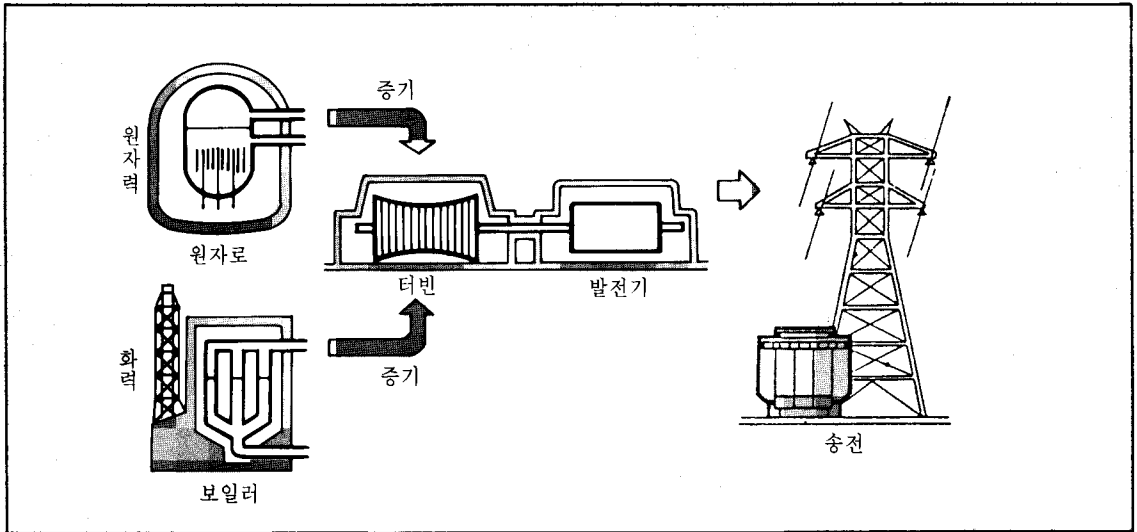


그림 3. 화력 발전과 원자력 발전

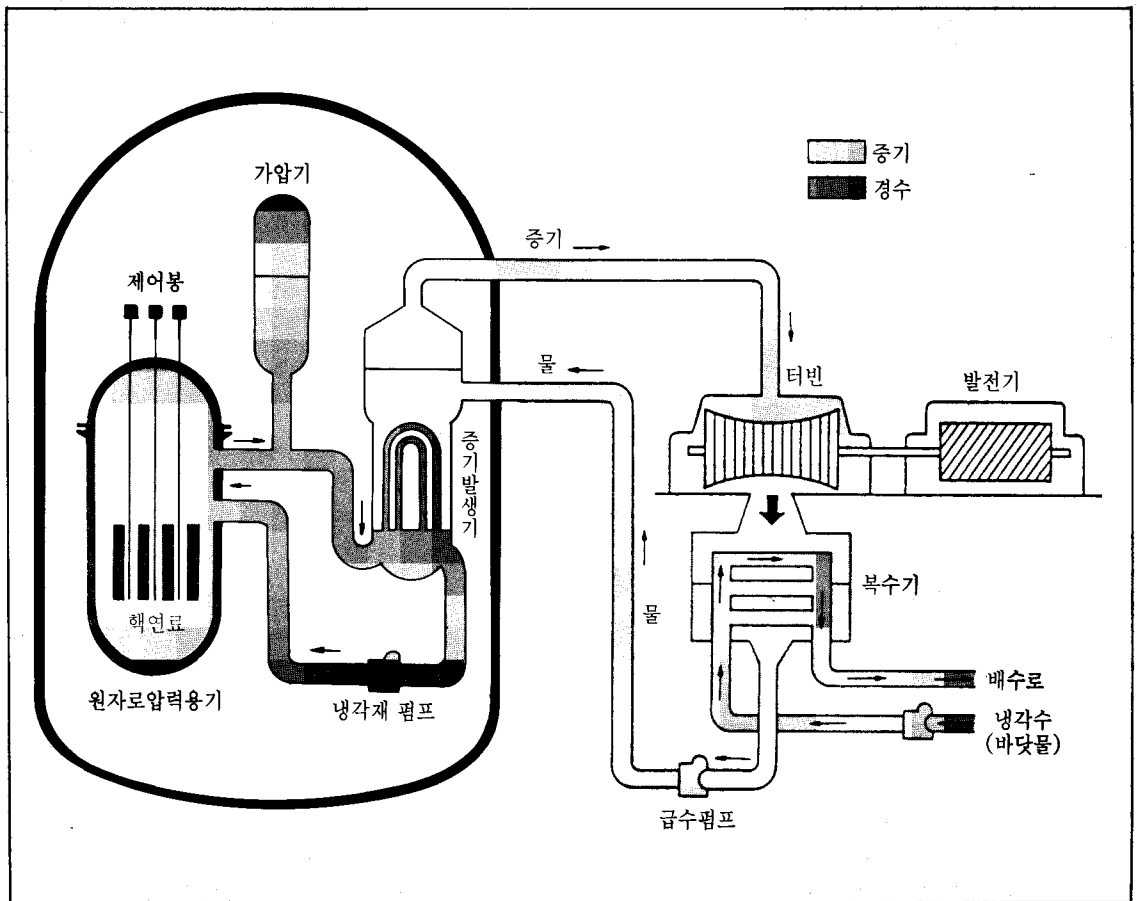


그림 4. 가압 경수로형 원자력 발전소

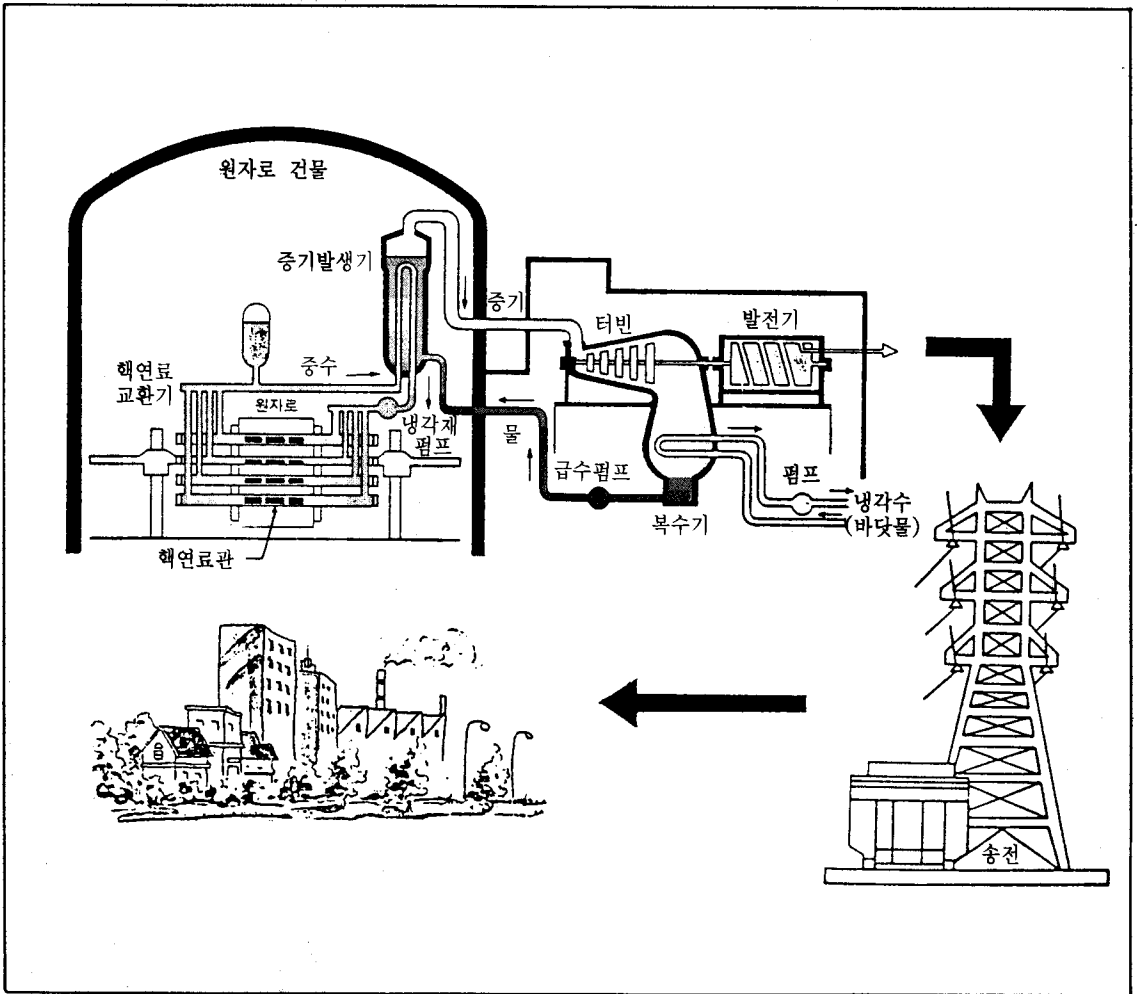


그림 5. 가압중수로형 원자력 발전소

가압중수로(PHWR)는 천연우라늄(natural uranium)( $U^{235}$ , 0.7%)을 핵연료로 사용하며 감속재와 냉각재로써 중수를 사용한다. 냉각재(coolant)가 원자로내의 핵연료관을 통과하면서 핵분열에 의하여 발생하는 열을 증기 발생기로 전달되어 여기서 나오는 증기가 turbine generator를 돌려 발전하게 되는데 이 원자로는 운전중에 핵연료를 교체할 수 있다는 특징을 가지고 있다. 월성 원자력 발전소가 가압중수형(CANDU PHWR)으로 현재 1호기가 운전중에 있고 2,3,4호기는 건설중에 있다.

미래의 원자로라고 불리우는 고속 증식로(Fast

Breed Reactor : FBR)는 발전을 하면서 소비한 핵연료 보다 많은 새로운 핵연료를 생산할 수 있는 원자로로 우라늄의 이용율을 현재의 원자로보다 약 60배 이상으로 향상시킬 수 있다는 특징이 있는 원자로로써 핵 분열을 일으키지 않는  $U^{238}$ 이 중성자를 흡수하여  $P^{239}$ 라는 핵분열성 인공원소로 변환되어 이  $P^{239}$ 를 핵연료로써 사용한다. 이 원자로에서는 fast neutron을 이용하므로써 감속재가 필요 없을 뿐만아니라 냉각제도 열전도가 용이한 liquid sodium(Na)을 사용하는데 세계적으로는 프랑스가 선도적으로 개발을 추진하여 1989년부터 대형 고속증식로를 개발, 운영하고 있다.

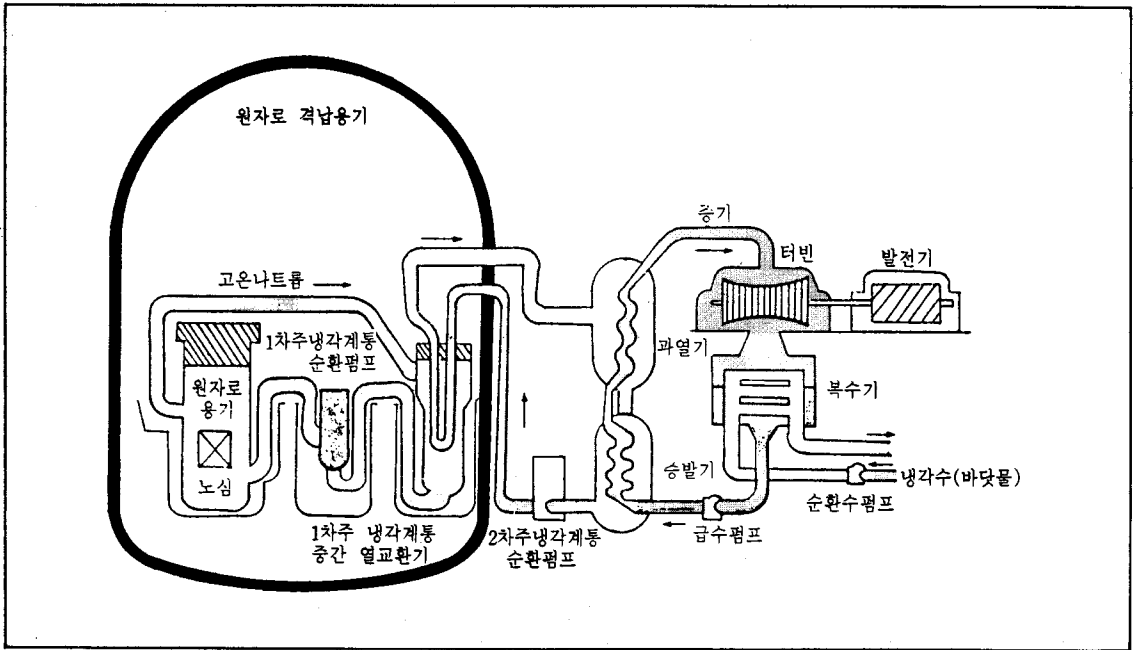


그림 6. 고속증식로(FBR)의 구조

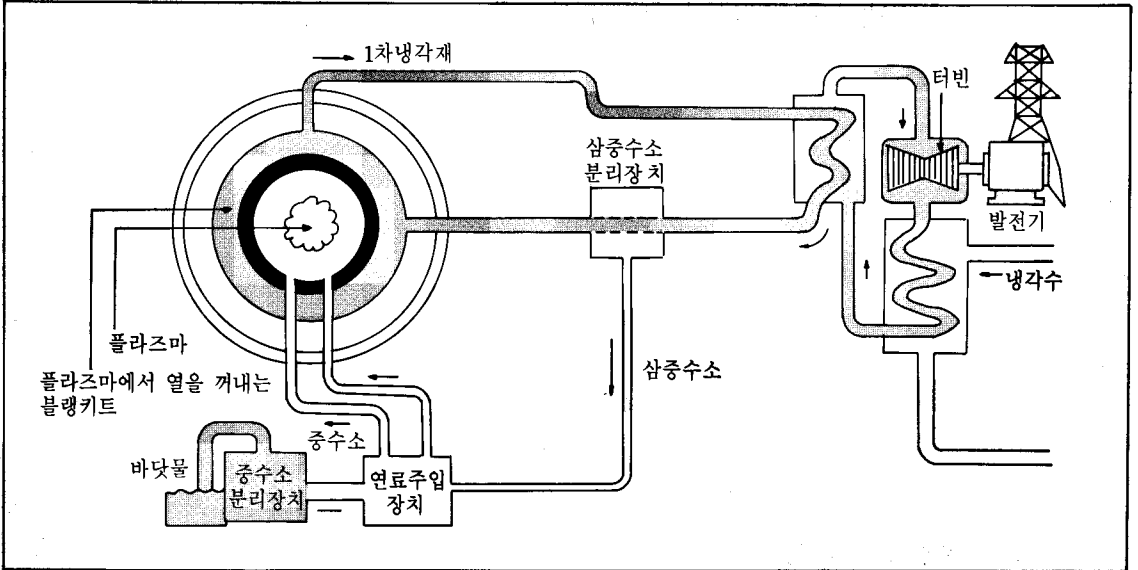


그림 7. 핵융합 발전의 구조

핵분열 에너지를 이용하는 원자로 이외에 핵융합 에너지를 이용하는 꿈의 원자로 즉, 핵융합로 (fusion reactor)라고 불리우는 이 원자로는 중수소 또는 삼중수소를 연료로 핵융합시 발생하는 막대한 에너지를 이용하는 것으로써 핵분열에너지를

이용한 발전과는 달리 자연에 존재하는 무공무진한 연료, 방사성 물질을 방출하지 않는 무공해, 낮은 위험도 등의 많은 장점을 가지고 있으나 실용화 까지는 핵융합을 위해서는 4000만°C-1억 4000만°C의 고온이 요구되며 핵이 충돌할 수 있

도록 가까운 거리에 있어야 하므로 연료의 밀도가 매우커야 하는 등의 몇가지 문제가 해결되어야 하는것으로 알려지고 있다.

이 꿈의 원자로(핵융합로)는 앞으로 에너지 위기로부터 인류를 구할 수 있을것인지 아니면 과학자들의 일장춘몽인지 많은 시간이 흐른 뒤에야 해답이 나올것으로 전망된다.

### 5.4 세계의 원자력 발전

1993년말 현재 425기의 원자력 발전소가 세계 30개국에서 운영되고 있으며 이들 원자력 발전소는 세계 전체 전력 수요의 17%를 담당하고 있다. 지난 한해동안 10기의 원자력 발전소가 늘어났으며 원자력 기술의 발전 등으로 증가 추세는 앞으로 지속될 전망이다. 그러나 방사성 물질이 인체에 치명적인 사고를 유발할 수도 있다는점때문에 원자력 발전소에 대한 비판 여론도 만만치 않은 것도 사실이다. 1986년 소련의 체르노빌 원자력 발전소 사고이후 일부 국가에서는 탈 원자력 정책을 일시 추진하기도 했으나 현실적으로 원자력을 대신할 마땅한 대안이 없어 이를 취소하거나

탈 원자력 정책을 재평가 하고 있다.

1993년말 현재 운영중인 원자력 발전소의 설비 용량을 기준으로 보면 미국이 109기의 10500만 kW로 1위이고, 프랑스가 56기의 6000만 kW로 2위, 일본이 45기의 3600만 kW로 3위, 독일이 21기의 2,400만 kW로 4위를 차지하고 있다.

### 5.5 우리나라의 원자력 발전

1958년 2월 원자력법이 제정되고 그 다음해인 1959년에 원자력원이 발족되었으며, 1962년 3월 최초로 TRIGA Mark II 연구용 원자로가 준공, 가동 되므로써 우리나라에 원자력시대의 개막을 알리는 신호였다. 1971년 경남 양산군에서 고리 원자력 발전소의 기공을 가졌고, 1978년 4월이 발전소가 준공, 가동 됨으로써 우리나라는 최초의 상업용 원자로를 가지게 되었다.

우리나라는 1994년 현재 9기의 원자력 발전소를 운영하고 있으며 시설 용량으로는 7,616,000kW로써 전체 발전설비 용량 27,549,000kW의 27.6%를 차지하고 있어 세계 10위 원자력 발전소 보유국으로 부상하였다. 현재 건설중인 원자력 발전소는 1989

표 12. 우리나라 원자력 발전소 현황

호 기	위 치	용량(만kW)	원자로형	상업운전일
고리원자력 1	경남 양산군	58.7	가압경수형	'78. 4. 29
〃 2	〃	65.0	〃	'83. 7. 25
〃 3	〃	65.0	〃	'85. 9. 30
〃 4	〃	65.0	〃	'86. 4. 29
월성원자력 1	경북 경주군	67.9	가압중수형	'83. 4. 22
〃 2	〃	70.0	〃	(97. 6)
〃 3	〃	70.0	〃	(98. 6)
〃 4	〃	70.0	〃	(99. 6)
영광원자력 1	전남 영광군	95.0	가압경수형	'86. 8. 25
〃 2	〃	95.0	〃	'87. 6. 10
〃 3	〃	100.0	〃	('95. 3)
〃 4	〃	100.0	〃	('96. 3)
울진원자력 1	경북 울진군	95.0	가압경수형	'88. 9. 10
〃 2	〃	95.0	〃	'89. 8. 30
〃 3	〃	100.0	〃	('98. 6)
〃 4	〃	100.0	〃	('99. 6)

(주): ( )는 예정일

년 착공한 시설 용량 100만 kW급 영광 원자력 #3,4호기를 비롯하여 총 7개호기가 1995-1999사이 에 준공을 목표로 공사를 진행중에 있다. 또한 2006년까지 7개호기의 신규 원자력 발전소를 추 가로 건설하기 위하여 계획중인것으로 알려졌다. 우리나라의 원자력 발전소 현황은 표 12와 같으며 그 위치는 그림 8에 표시하였다.

1993년 한해동안의 원자력 발전량은 581억 kWh로써 전체 우리나라 발전량의 40.3%를 점유 하고 있어 우리가 쓰고 있는 전력의 약 절반 가량이 원자력으로 생산되고 있는 것이다.

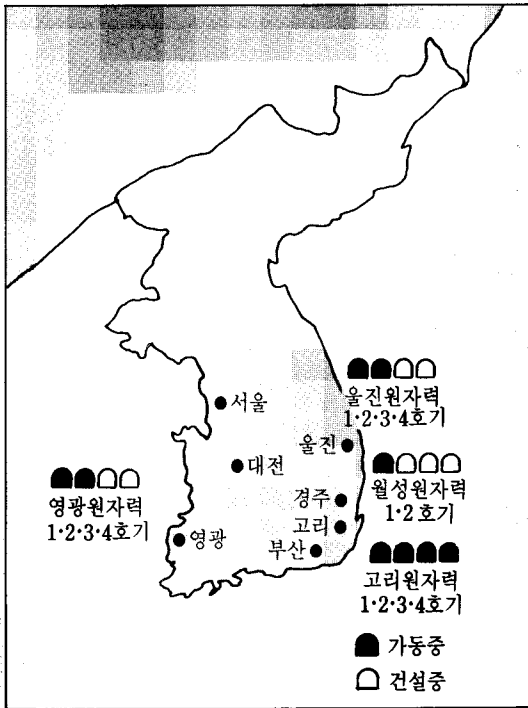


그림 8. 우리나라의 원자력 발전소 위치

그동안 우리나라의 원자력 발전소 건설 사업은 70년대초 주로 미국 업체와 일괄도입 방식(turn key)으로 설계에서 부터 시공까지 특정 외국 업체에 의존해 오다가 70년대 후반부터는 한국전 력공사가 사업을 주도, 외국업체에 사업을 분할 발주하는 형식으로 원전건설 방식을 변경해 왔다. 이 과정에서 한전은 원자력 발전소 건설의 기술 축적을 기반으로 영광 #3,4호기 부터 한전이 총괄 사업 관리 책임을 맡아 국내업체를 주계약자로,

외국업체를 핵심분야 기술지원을 위한 하도급 업체로 참여시키는 방식으로 기술 자립을 추진 해왔다.

영광 #3호기는 지난 89년 6월 건설에 착수하 면서 종합 설계는 한국전력기술(주)가, 원자로와 주요기기 공급제작은 한국중공업(주), 원자로 계통 및 핵연료의 설계는 한국원자력(연)가 핵연료제 작과 공급은 한국원전연료(주), 시공은 현대건설 (주)가 담당하여 본격적인 한국표준형 경수로 (PWR)의 첫번째 기본 model로 이것은 미국 컴 버스천 엔지니어링사(CE)의 기술을 전수받아 설 계한 것이지만 우리나라 업체가 설계 및 시공을 담당한 원자력 발전소라는데 중요한 의미를 지 니고 있다.

영광 #3호기를 기본 model로 건설중인 울진 원자력 발전소 #3,4호기가 한국 표준형 원자력 발전소로 지칭되며 이 원자로의 내부 구조를 그림 9에 표시하였다.

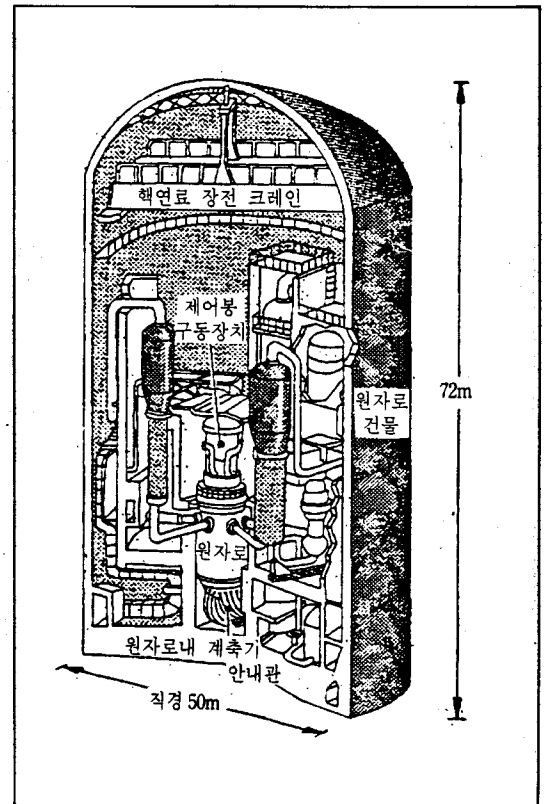


그림 9. 한국 표준형 원자로 내부 구조

### 5.6 원자로(Nuclear Reactor)와 원자폭탄 (Atomic Bomb)

원자력발전이나 원자폭탄은 모두 uranium의 핵분열 에너지를 이용한다는 점에서는 동일하지만 그 연료(fuel)에 들어있는 우라늄이나 플루토늄의 함량 즉 농축도 등의 차이점을 들 수가 있다,

Atomic bomb은 일시에 많은 에너지를 발생시켜야 하므로  $U^{235}$ 를 99% 이상 농축하여 사용할 뿐만 아니라 그 주위에 화약을 함께 장전하여 폭발을 용이하게 하는데 비하여 원자력 발전에서는 필요한 만큼 에너지를 장기간에 걸쳐 얻어야 하므로 비싼 비용을 들여 연료를 농축 할 필요가 없으며  $U^{235}$ 를 2-4%로 농축하여 사용하거나 가압중수로의 경우에는 natural uranium을 사용하기 때문에 발전소 가동중 폭발할 위험은 없다. 원자로와 원자폭탄의 차이를 간략하게 도시하면 그림 10과 같다.

제2차 세계대전시 미국의 맨하탄 계획에 의하여

만들어진 원자폭탄은  $U^{235}$ 을 농축하여 만든 핵탄을 꼬마(little boy),  $P^{239}$ 를 농축하여 만든 것은 뚱뚱이(fat man)라고 불렀다. 후자의 경우에는 내폭(implosion)장치로써  $P^{239}$ 를 안쪽으로 압축하여 핵분열을 일으키게 하는 방법에 의존하였기때문에 크기가 크고 무거워 fat man이라 부르게 된것이다. 그러나 핵무기의 경량화의 노력으로 1970년대의 것은 농구공 크기만하고 1980년대 후반-1990년대에 들어와서는 soft ball 크기만큼 작아졌다고 한다.

1945년 8월 6일 일본, 히로시마(廣島)에 투하된것은 little boy였고, 1945년 8월 9일 나가사키(長崎)에 투하된것은 fat man이었다. 인류 최초로 원자폭탄이 투하된지 만 15년인 1960년 8월 6일에 처음 공개된 little boy는 직경이 70cm 길이가 3m, 무게 4.1t이었고, fat man은 직경이 1.5m 길이가 3.25m, 무게 4.5t으로 고성능 폭약 20,000톤급으로 밝혀졌으며 그 모양은 사진 1과 같다.

히로시마(廣島)에 투하된 핵폭탄의 폭발피해를

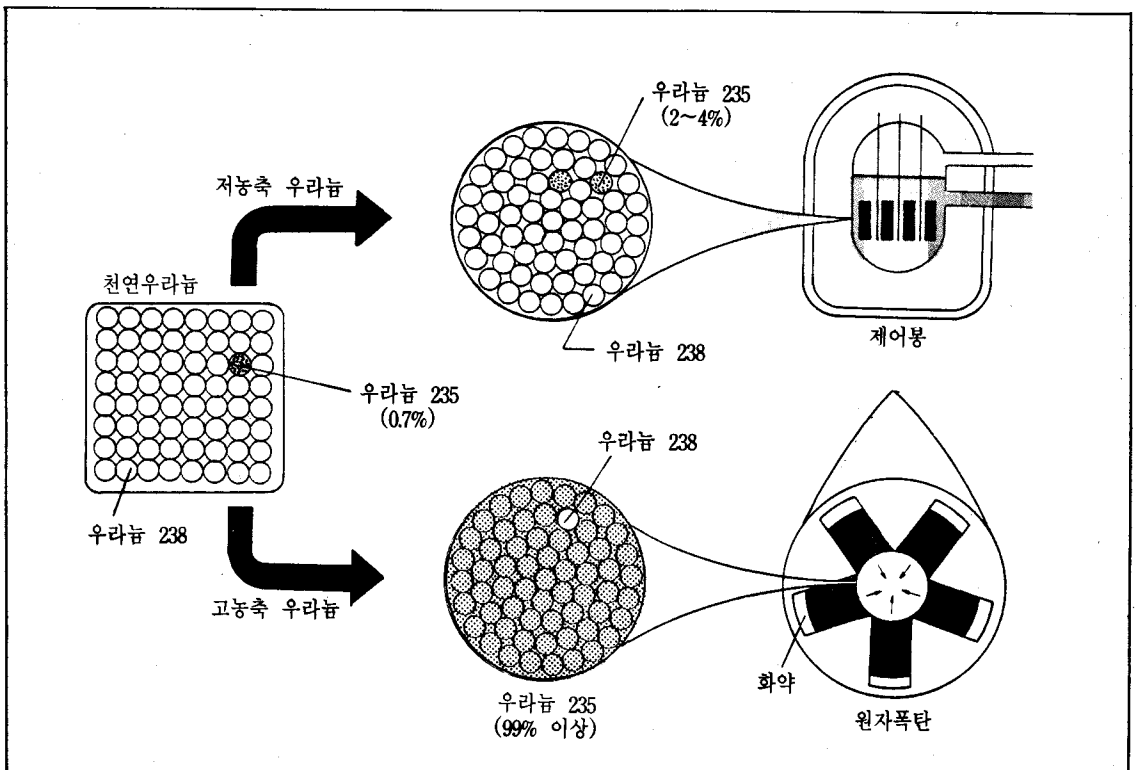


그림 10. 원자로와 원자폭탄

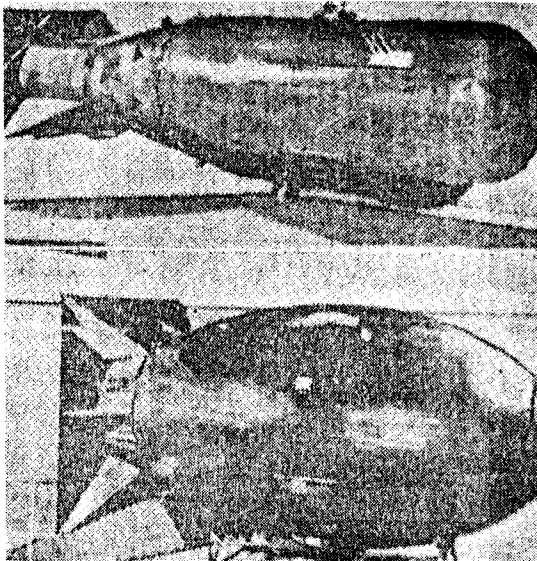


사진 1. 최초의 원자폭탄 꼬마와 뚱뚱이

살펴보면 주민이 약 256,000여명이 살고 있었는데 사망자는 68,000명, 부상자는 76,000명, 합계 154,000여명의 사상자를 낸 것으로 보고되었다. 핵폭탄이 터질때 가까운 곳에서 그 불덩어리(fire ball)를 쳐다보면 거의 실명하는데 이는 최초의 극히 짧은 시간에 막대한 에너지가 순식간에 발산하기 때문이며, 근거리에서 있는 사람은 압력과 고온으로 대부분 사망하게 된다. Fire ball의 압력과 온도는 1백만기압, 1천만°C인 것으로 각각 알려지고 있다.

표 13. 히로시마에 투하된 원폭의 사상자수

반경(mile)	주민수	사망자	부상자
0.6	31,200	26,700	3,000
0.6-1.6	144,800	39,600	53,000
1.6-3.1	80,300	1,700	20,000
계	256,300	68,000	76,000

### 5.7 방사성 폐기물의 처리

원자력 발전소에서는 발전으로 인하여 불가피하게 발생하는 방사성 폐기물(radioactive waste)이

있는데 이러한 방사성 폐기물은 그형태로보아 기체, 액체, 및 고체로 분류한다.

원자력 발전소에서 나오는 기체 폐기물은 일단 밀폐된 탱크에 저장하였다가 방사능이 법적 기준치 이하로 떨어지면 고성능 filter를 거쳐 대기로 내보내며 액체 폐기물은 저장조에 모아놓고 증발장치를 이용하여 물과 찌꺼기로 분류, 물은 회석하여 법적기준치 이하일때 방류하고 방사능을 함유하고 있는 농축된 찌꺼기는 시멘트 등을 이용하여 안정된 고화체로 만든후 철제 drum 통에 넣어 밀봉하여 저장한다. 고체 폐기물은 압축하여 부피를 작게한 후 역시 철제 drum에 넣어밀폐한 후 발전소 부지내 폐기물 저장고에 보관한다. 원자력 발전소의 방사성 폐기물 처리 방법을 도시하면 그림 11과 같다.

현재까지 발생된 방사성 폐기물은 발전소별로 저장고에 안전하게 관리되고 있으나 정부가 추진하고 있는 영구처분장이 마련되면 그곳으로 옮겨져 영구처분 될 것이다. 방사성 폐기물을 처분하는 방식에는 천층처분과 심층처분으로 구분할 수 있는데 천층처분은 땅을 얇게 파서 처분하는 방법이며 심층처분은 땅속깊은 곳이나 또는 산속이나 해저에 동굴을 파서 처분하는 방식이다.

어떤 처분 방식을 택하느냐 하는 것은 그 나라의 입지여건에 따라서 다르나 프랑스의 라방쉬, 로브, 영국의 드릭, 미국의 비티, 리치랜드 일본의 로카쇼무라 처분장은 모두 천층처분 방식이나 독일은 콜라드에 있는 폐철광과 고어레벤의 암염층에 심층처분장을 건설하고 있고 스웨덴은 포스마크라는 곳에 해저 동굴을 만들어 처분장을 운영하고 있으며 우리나라는 심층처분 방식을 계획하고 있다.

현재 우리나라의 원자력 이용에서 가장 심각한 문제 중의 하나는 방사성 폐기물의 처분장을 건설할 부지를 확보하지 못하고 있다는데 있다. 방사성 폐기물의 관리기술은 이미 수십년전부터 처분장을 운영해 오고 있는 미국, 영국, 프랑스 등 여러나라에서 안정성이 입증되고 있는데 비하여 우리나라는 수차례 걸쳐 부지를 확보하는 과정에서 지역 주민의 심한 반발에 부딪혀 사업 추진을 중단하는 가슴 아픈 경험을 갖고 있다.



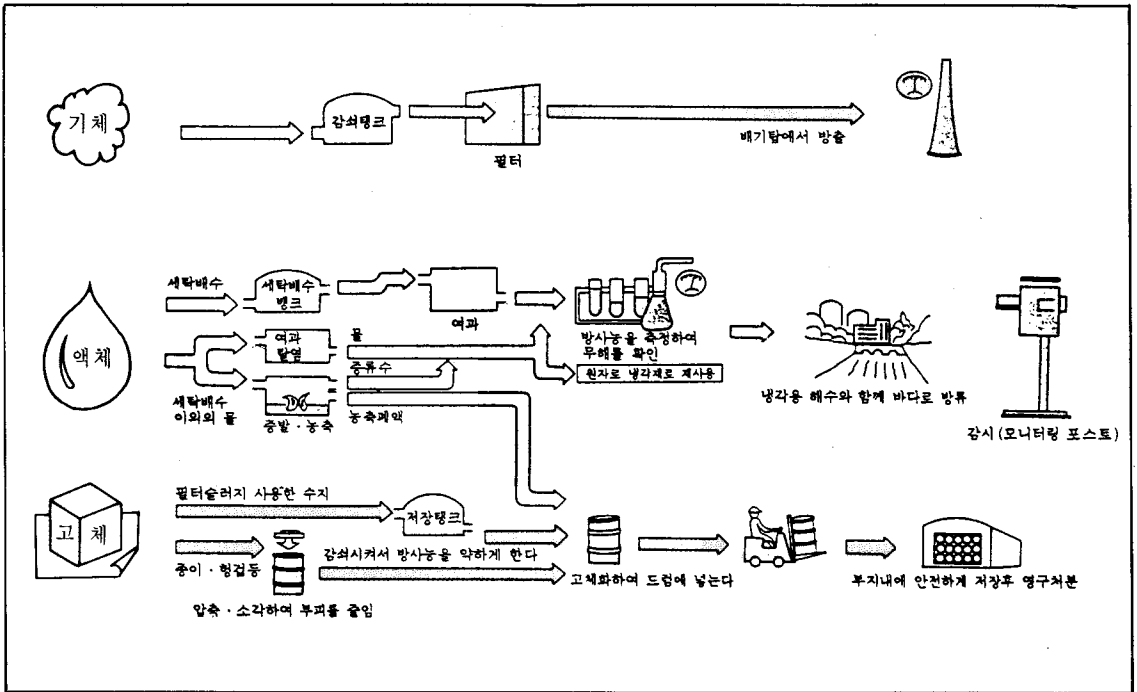


그림 11. 원자력 발전소의 방사성 폐기물 처리 방법

그 원인은 정부가 마련하고 있는 안정성 확보 대책에 일반국민의 이해부족과 방사성 폐기물의 처분장이 건설되면 주변지역 주민들이 피해를 입거나 그 지역의 땅값이 하락되는 등 어떤 불이익을 입지 않을까 하는 막연한 피해 의식이 작용한 것도 또한 원인이라고 보여진다.

현재 운영중인 각 발전소에 보관되고 있는 방사성 폐기물은 90년대 말에는 한계에 이를 것으로 예상되고 있기 때문에 그때까지는 방사성폐기물의 종합관리를 위한 시설을 건설해야하는 입장이며 시급히 부지를 선정하여야할 시점에 와 있다.

정부는 지난해 제정된 '시설주변지역지원법'에 의해 지역주민들이 느끼는 심리적인 피해의식을 보상해 줄 수 있도록 지역지원사업을 시행할 수 있는 제도적, 법적장치를 마련한 바 있고, 원자력 폐기물 관리사업은 지역사회 발전을 확실하게 보장한다는 전제하에 추진하고 있으며, 안정성 측면에서도 만전을 기함으로써 지역주민들로 하여금 후회없는 현명한 판단을 할 수 있도록 최선을

다하고 있는 것으로 알려지고 있다.

## 6. 결 론

선진국에서는 세계 환경보전을 위해 우라늄과 이우라늄(Ur)에 이어 그린라운드(GR)협약 체결이 추진되고 있는등 앞으로 화석연료의 사용제한이 불가피 할 것으로 전망되고 있어 화석연료를 대체 할 수 있는 에너지 개발이 시급한 과제로 부각되고 있다.

지구 환경 보전 측면에서 화석 에너지의 의존도를 줄이기 위해서는 에너지 절약, 에너지 효율 개선, 신, 재생 에너지의 도입 및 원자력의 확대와 관련 기술 개발 등에 대한 대책 수립에 세계 각국에서는 부심하고 있지만 태양열, 풍력 등과 같은 재생 에너지는 2020년까지 실질적인 기여가 어려울 전망으로 우리의 실정에 맞는 에너지원을 계속 개발하는 노력과 함께 현실적으로 최선의

대안은 원자력 에너지의 이용으로 소량의 연료로 막대한 에너지를 얻을 수 있으며 발전단가가 저렴하고 연료의 비축성이 높아 공급불안의 우려가 적을뿐 아니라 환경오염 물질의 배출이 없는 원자력은 고도의 기술 집약적 에너지로써 기술 개발을 통해 에너지 문제를 해결할 수 있기 때문에 자원이 부족한 우리의 실정에 가장 적합한 에너지원이다.

### 참 고 문 헌

1. 에너지 절약 편람. 에너지 관리공단, 1993
2. 에너지 협의회보 제 27호, 제 29호, 제 30호, 한국에너지협의회
3. 원자력白書, 동력자원부, 한국전력 공사, 1992
4. 원자력 에너지. 한국전력공사, 1994
5. 福間知之, 원자력은 惡魔의 앞잡이 인가. 1989
6. 사이토 기이찌로, 존 E. 그레이, 원자력의 기적, 1994
7. Samuel Glasstone, Principle of Nuclear Reactor Engineering.