

## 원전건설현황 및 미래

이 이 환\*

### 1. 개 요

원자력은 기술성, 안전성, 에너지 다원화 및 환경보존 등의 측면에서 현실적으로 선택할 수 있는 최선의 에너지원이며, 특히 부존자원이 빈약한 우리나라에서의 원자력은 소량의 연료로 기술국산화가 가능한 점에서 가장 적합한 에너지원으로 평가되고 있다.

1978년 4월 고리 원자력발전소(이하 원전으로 칭함) 1호기가 첫 상업운전을 시작한 이래 지속적으로 원전건설을 추진하여 현재는 9기의 발전소가 가동중에 있고 건설중인 발전소도 7기로써 세계 28개 원전보유국중 10위권으로 괄목할만한 성장을 이룩하였다.

본 소고에서는 원전건설의 타당성, 건설현황, 건설의 과제 및 미래 등에 대해 간략하게 소개하고자 한다.

### 2. 원전건설의 타당성

#### 2.1 에너지원의 다원화

1973년과 1979년에 일어난 석유파동의 회오리를 아직 잊을 수가 없다. 유가의 폭등으로 경제의 꺾박은 말할 수 없이 컸으며 공급량마저 부족해 산업활동을 위협하는 사태까지 이르렀었다.

그러나 다행히 1970년대 중반기부터 탈유전원 개발정책을 추진함에 따라 유류(LNG 포함)에 의

한 전력발전량을 전 발전량의 23% 이하로 격감시킬 수 있었다.(참고문헌 1)

석탄의 경우 자원이 한계성에 와 있고 호주, 중국 등으로부터 수입하고 있어 가까운 장래에는 문제가 발생하지 않을 것으로 예상되지만 국가간에는 국익우선 정책이 시행되기 마련이므로 국가 안보측면과 장기 에너지 공급 측면에서는 항상 불안감을 떨칠 수가 없다.

따라서 원전의 연료인 우라늄은 비록 수입은 하지만 안정적 공급이 가능할 뿐만 아니라 소량(1g : 석탄 3톤, 석유 9드럼 상당의 열량보유)으로 비축효과가 매우 클 뿐만 아니라 수송 및 저장이 용이하므로 유효한 에너지 연료라고 볼 수 있다.

#### 2.2 환경보존

과도한 화석연료에만 의존할 경우 대기중의 탄산가스 농도가 증가하여 이른바 온실효과로 대기온도가 평균 1.5-5℃ 상승되는 기상변화가 예상된다. 대기온도가 상승될 경우 남극의 빙산이 녹아 해면의 수위가 평균 5m 상승하여 바다에 잠기게 될 것이라고 한다. 또한 아황산가스, 질산화가스에 의한 산성비로 농작물과 삼림에 피해를 주어 생태계 파괴 현상이 두드러지고 있다. 최근 유럽 국가들 중 서독 54%, 스위스 34%, 프랑스 15%의 삼림피해가 산성비에 의한 것으로 분석되고 있다.

이와 같은 온실효과나 산성비의 영향을 감소시키기 위해서는 대체 에너지의 개발이 필수적이나 현재까지 연구개발된 대체에너지 가운데 태양열, 풍력 등은 소규모의 에너지원으로써 어느정도 실

\* 한국전력기술(주) 토목구조기술처 수석기술원

용화하고 있으나 산업용 전력으로써 실용화가 어렵고, 지열, 조력 등은 경제성이 없으며, 핵융합은 장래의 대체 에너지로 연구가 필요하므로, 현재로서는 핵분열에 의한 원전이 가장 유익한 전원이라고 판단된다.

독일 원자력 산업회의의 발표에 의하면 독일은 국내 전력수요의 3분의 1을 공급하고 있는 원전에 힘입어 94년 1억 5천만톤 이상의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 방출량을 감소시켜 환경보전에 큰 성과를 올렸다고 한다.(참고문헌 2)

### 3. 원전건설 현황

#### 3.1 가동중인 원전

95년 3월 20일 현재 우리나라에서 가동중인 원전의 현황은 표 1과 같다.

가동중인 원전 9기에서 약 761.6만kw의 전력을 생산·공급하고 있으며 이는 우리나라 전 발전량의 35.5%에 해당된다. 세계적으로 94년말 현재 가동중인 원전은 미국 109기, 프랑스 56기, 일본 48기, 영국 33기, 러시아 29기, 캐나다 22기, 독일 21기, 한국 9기 등 총 427기에 달하고 있다.

#### 3.2 건설중인 원전

95년 3월 20일 현재 우리나라에서 건설중인 원

전의 현황은 표 2와 같다.

### 3.3 건설계획 원전

93년 11월에 확정된 장기전력 수급계획에 의한 2006년까지 신규원전 건설계획은 표 3과 같다.

건설계획 원전이 준공되는 2006년말에는 예상 발전용량 2041.6만kw로 우리나라 전체 예상발전 용량 53,935만kw의 37.85%에 해당되며 설비 예비율도 18-19%로 전망된다.

## 4. 원전건설의 과제

### 4.1 안전성

안전은 절대적인 개념이 아니고 상대적인 개념임을 강조해 두고 싶다. 불은 인간의 문명생활에 절대 필요한 존재이나 잘못 관리하면 화재의 위험이 있기 마련이며, 전기, 자동차도 같은 개념으로 생각할 수 있다. 그러나 인간은 불, 전기, 자동차를 멀리하지 않고 위험성에 대해 긍정적으로 받아들이고 있는 것과 같이 원전에 대해서도 같은 맥락으로 생각하는 자세가 요구된다.

#### 가. 부지선정

원전부지의 좋은 조건으로는 약 30톤/m<sup>2</sup>의 지내력을 갖춘 지질구조가 되어야 하며, 원전 핵심 설비인 원자로로는 반경 320km 내 지역에서 지진기

표 1. 가동원전 현황

NO	발전소명	위 치	용량 (만kw)	원자로형	주기가공급회사		기 술 용역회사	시공회사	공사기간
					원자로계통	터빈발전기			
1	고리 1호기	경남양산	58.7	가압경수로형	W	GEC	GAI	현대건설·동아건설	71.11-78.4
2	고리 2호기	경남양산	65.0	가압경수로형	W	GEC	GAI	현대건설·동아건설	77. 3-83.7
3	월성 1호기	경북경주	67.9	가압중수로형	AECL	HP /CAP	CANATOM	현대건설·동아건설	77. 5-83.4
4	고리 3호기	경남양산	95.0	가압경수로형	W	GEC	BECHTEL	현대건설	79. 4-85.9
5	고리 4호기	경남양산	95.0	가압경수로형	W	GEC	BECHTEL	현대건설	79. 4-86.4
6	영광 1호기	전남영광	95.0	가압경수로형	W	GE	BECHTEL	현대건설	80.12-86.8
7	영광 2호기	전남영광	95.0	가압경수로형	W	GE	BECHTEL	현대건설	80.12-87.6
8	울진 1호기	경북울진	95.0	가압경수로형	FRA.	ALS.	FRA /ALS.	동아건설·한중	82. 3-88.9
9	울진 2호기	경북울진	95.0	가압경수로형	FRA.	ALS.	FRA /ALS.	동아건설·한중	82. 3-89.9
계	9기		761.6						

주) W : Westinghouse Co.(미국)

GEC : General Electric Co.(영국)

GE : General Electric(미국)

GAI : Gilvert Association Inc(미국)

AECL : Atomic Energy of Canada Limited(캐나다)

HP /CAP : Howden Parsons /CA Parsons(캐나다)

FRA : Framatome(프랑스)

ALS : Alsthom(프랑스)

한중 : 한국중공업(주)

표 2. 건설원전 현황

NO	발전소명	위 치	용량 (만kw)	원자로형	주기공급회사		기 술 용역회사	시공회사	공사기간
					원자로계통	터빈발전기			
1	영광 3호기	전남영광	100.0	가압경수로형	한중/CE	한중/GE	한기/S&L	현대건설	89. 6-95.3
2	영광 4호기	전남영광	100.0	가압경수로형	한중/CE	한중/GE	한기/S&L	현대건설	89. 6-96.3
3	월성 2호기	경북경주	70.0	가압중수로형	AECL	HP/CAP	CANATOM/한기	현대건설	91.10-97.6
4	월성 3호기	경북경주	70.0	가압중수로형	AECL	HP/CAP	CANATOM/한기	(주)대우	93. 8-98.6
5	월성 4호기	경북경주	70.0	가압중수로형	AECL	HP/CAP	CANATOM/한기	(주)대우	93. 8-99.6
6	울진 3호기	경북울진	100.0	가압경수로형	한중/CE	한중/GE	한기	한중·동아건설	92. 5-98.6
7	울진 4호기	경북울진	100.0	가압경수로형	한중/CE	한중/GE	한기	한중·동아건설	92. 5-99.6
계	7기		610.0						

주) CE : Conbastion Engineers Co. (미국)  
 S&L : Sargent and Lundy Engrs. (미국)  
 한기 : 한국전력기술주식회사

표 3. 신규 원전건설 계획

NO.	발전소명 (예정)	용량 (만kw)	공사예정기간	비 고
1	신규원자력1호기 (영광5호기)	100.0	95.3-01.6	
2	신규원자력2호기 (영광6호기)	100.0	95.3-02.6	
3	신규원자력3호기	100.0	96.3-03.6	
4	신규원자력4호기	100.0	96.3-04.6	
5	신규원자력5호기	100.0	97.3-05.6	5호기로부터 가압경 수로형은 용량을 130만kw로 검토중.
6	신규원자력6호기	100.0	97.3-06.6	
7	신규원자력7호기	70.0	98.3-06.3	가압중수로형으로 검토중.
계	7기	670.0		

록과 지질구조를 조사하여 안전한 장소인 경암에 설치된다. 또한 기상조건을 고려하여 역전현상이 없고 기체확산이 잘되는 입지를 선정해야 하므로 타산업에서 엄두를 내기 어려운 부지선정 조건을 적용하고 있다.

나. 내진설계

원전의 내진설계는 중력가속도 0.2g를 적용하고 있으며 이는 리히터 규모 7정도의 강진에도 견딜 수 있는 정도로써 상당히 엄격한 기준치이다. 국내 지질분석과 문헌조사 등을 통해 볼 때 우리나라에서 발생한 지진은 이조실록, 삼국사기, 삼국유사 등의 기록을 더듬어 보면 약 1,900회의 지진이 발생되었다고 전해지나 아직까지 진도 7을 넘는 경우는 없었던 것으로 추정된다.

현재도 지진이 많이 발생되고 있는 일본에서는 원전의 내진 설계시 중력가속도 0.18-0.33g를 사용하고 있다.

다. 다중방어개념설계

첫째는 다중성개념 설계의 적용이다. 원전의 안전계통이나 기기에는 반드시 규정된 여유용량을 갖는 설계를 수행해야 한다. 즉 냉각계통 펌프설계시 100% 용량 1대로 설계하지 않고 2대 또는 50% 용량 3대로 설계하여 충분한 여유를 두고 있다.

둘째는 다원성 개념설계의 적용이다.

안전설비의 동력원을 하나로 하지 않고 둘 또는 그 이상으로 하는 설계방법이다. 즉, 냉각계통 펌프를 설계할 경우 하나는 전기모터로, 다른 하나는 중기터빈으로 작동할 수 있게 한다.

셋째는 독립성 개념설계의 적용이다.

안전설비를 한곳에 두지않고 독립적으로 분리되게 설계하는 개념이다. 즉 냉각계통 펌프를 하나의 배관속에 전선을 연결하지 않고 각기 독립되도록 설계한다.

라. Total System 기법

Total System 기법이란 인간과 기기를 종합적으로 평가하는 안전개념이다. 비록 기기가 완벽해도 인간의 실수로 안전을 보장할 수는 없으므로 원전의 기기 또는 계통에 고장이 일어날 경우 발전소는 안전한 방향으로 진행될 수 있도록 안전장치가 설치되어 있다. 그러나 원전의 운영상 무엇보다도 중요한 안전요소는 운전원이므로 운전원

의 자질향상에도 최선을 다하고 있다.

#### 4.2 품질보증

원전 구조물 건설과 관련된 품질보증 요건을 원자력법(제15조), 원자력법 시행령(제3장), 원자력법 시행규칙(제10조), 과학기술처 고시(제90-3), 한국원자력 안전기술원의 원자력 품질보증 지침 등에서 구체적으로 명시하고 있다.

특히 과학기술처 고시 90-3호에서는 원자력 시행규칙(제10조)에서 요구하고 있는 18개 기준요건의 내용은 다음과 같다.

- 1) 조직, 2) 품질보증계획, 3) 설계관리, 4) 구매서류관리, 5) 지침서 절차서 및 도면관리 6) 문서관리, 7) 구매자재, 기기 및 시설관리 8) 자재부품확인 및 관리, 9) 특수 공정관리, 10) 검사, 11) 시험관리, 12) 시험계기의 관리, 13) 취급, 저장 및 선적관리, 14) 운전상태관리, 15) 부적합품목의 관리, 16) 수송조치, 17) 품질보증기록, 18) 감사.

각 기준조건 항목마다 구체적인 시행계획을 수립·시행해야 하며 원전건설시 품질보증의 완성을 기할 수 있도록 최선을 다하고 있다.(참고문헌 3)

#### 4.3 환경관리

##### 가. 환경 방사선 감시

원전주변의 요소요소에는 방사선량을 측정하는 환경방사선 감시기가 설치되어 있어 그때 그때의 방사선량이 디지털 수치로 표시되어 누구라도 확인할 수 있도록 되어 있고 방사선량이 기준치를 초과하면 자동경보가 울리도록 되어 있다.

관련법규에서 규정하고 있는 일반인의 방사선 허용선량은 연간 500밀리렘 이하로 되어 있으나 원전은 연간 5밀리렘 이하(실적은 0.08-0.23밀리렘)로 억제하고 있다. 우리가 일상생활에서 받고 있는 자연 방사선(콘크리트건물, 쌀, 야채, 우유 등에서 연간 240밀리렘)과 인공방사선(TV, X선 촬영, 야광시계 등)을 불가피하게 쏘이면서 생활하고 있으면서도 원전 방사선에 대해 특히 부정적인 인식을 아직도 떨쳐 버리지 못하고 있는 듯하다.(그림 1 참조)

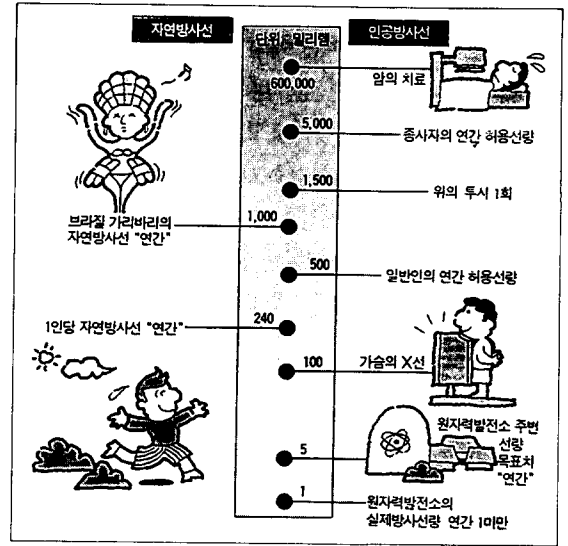


그림 1. 자연 방사선과 인공방사선

원전에서는 주기적으로 발전소 주변의 토양, 공기, 식수와 해수, 우유, 채소류 및 해산물 등의 환경 시료를 채취하여 방사능 농도나 방사선량을 정밀하게 측정하고 있으며 주민과 공동으로 주변환경의 오염여부를 공동 확인하고 있고 일부항목에 대해서는 전문연구 기관과 대학 등에 조사·분석을 의뢰하여 객관적 신뢰성을 높이고 있다.

##### 나. 온배수 영향

발전소에서 터빈을 돌리고 난 증기는 물로 환원되어 원자로내에서 덩혀져 또 증기로 바뀌는 순환과정을 되풀이하게 되는데 증기를 물로 바꾸는 과정에서 대량의 냉각수가 필요하게 된다.

이와같이 증기를 물로 바꾸는 장치를 복수기라고 하며 냉각수로 보통 바닷물이 사용되는데 취수구를 통하여 들어온 바닷물이 복수기에서 증기를 식힌후 나갈 때는 수온이 약 7℃ 정도 상승하게 된다.

그러나 배수구를 통과할 때의 수온차는 3℃ 정도로 낮아지고 바닷물에 섞이면서 급속히 냉각되어 배수구에서 1-2km 정도 부근에서는 바닷물의 온도와 같아지게 되어 온배수로 인한 생태계의 영향은 거의 없는 것으로 판명되고 있다. 외국에서는 발전소의 온배수를 이용하여 양어시설 등을 운영하고 있으며 우리나라도 온배수를 활용한 해초

류, 양어시설의 운영이 구체화되어 95년 4월말 경에는 전남 영광 원전부지에 원전 온배수양식장을 개장하여 온수성치어를 양식할 예정이다.

#### 4.4 방사성 폐기물 관리

원전이나 병원, 연구소 등에서 나오는 쓰레기중 방사선 구역내에서 나오는 쓰레기를 방사성 폐기물이라 하며, 방사성 폐기물은 방사능이 포함된 정도에 따라 중·저준위와 고준위 방사성 폐기물로 구분된다. 원전에서 나오는 폐기물의 양은 100만kw를 기준으로 약 500드림/년 정도이다.

중·저준위 방사성 폐기물은 그 형태에 따라 기체, 액체, 고체로 구분되며, 기체는 안전이 확인된 후 연속감시 장치가 있는 방출구로 배출되거나 액체와 고체는 농축되거나 압축되어 시멘트와 섞여 드림으로 보관하게 된다.

고준위 방사성 폐기물은 사용이 끝난 핵연료와 이를 재처리 했을 때 남는 찌꺼기이다. 그러나 사용후 핵연료는 95% 이상을 재활용할 수 있어 폐기물로 간주하기 보다는 오히려 귀중한 자료로 생각해야 한다. 그러나 현재는 발전소내의 저장소에 보관되어 있으며 방사성 폐기물 처분장 시설이 완공되는대로 이송, 보관할 예정이나 재처리 여부는 국가의 에너지 정책에 따라 결정될 것이다.

방사성 폐기물처분장 건설은 방사선이 인간과 주위환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있도록 하고 공개주의 원칙과 안전성 우선 원칙을 준수함으로써 부정적인 인식을 긍정적인 인식으로 전환하는 계기가 되어야겠다.

### 5. 원전건설의 미래

#### 5.1 기술자립

원전건설(100만kw 기준)을 위한 분야별 기술자립 목표와 현황을 소개하면 표 4와 같다. 95년말을 기준으로 볼 때 주기기 제작기술을 제외하면 자립단계에 도달하게 되고 해외 진출의 기반이 조성되며 현재에도 일부분야에는 중국 등에서 해외 진출 사업을 추진하고 있다. (참고문헌 4)

표 4. 원자력발전소 건설 기술자립 목표

기술자립분야	'91년말 실적	'95년 기술자립 목표	
종합사업관리	94.00	98.00	
설계	플랜트 종합설계	87.17	95.34
	원자로 계통설계	81.40	95.00
	핵연료 설계	81.76	100.00
	소 계	85.46	95.57
제작	원자로설비 제작	80.46	87.00
	터빈·발전기 제작	91.80	98.00
	소 계	83.91	90.46
핵연료제조	83.47	100.00	
시 공	98.19	100.00	
총 합	88.26	95.03	

#### 5.2 신형 안전로

미국 등 몇 개 나라에서 연구개발이 추진되고 있는 신형안전로는 현재 운전되고 있는 가압경수로보다 안전성이 높고 설비가 간단하며 경제적으로 개량된 원자로이다.

신형안전로는 무엇보다도 원자로 고유의 안전성이 강조된 설비로써 상황변화에 따라 운전원이 조작을 않더라도 자연법칙에 의해 스스로 정상유지하도록 고안되어 운전원의 실수나 오판을 극복할 수 있는 원자로이다.

##### 가. 고속증식로

천연우라늄 중에는 핵분열이 잘 되는 우라늄 235는 약 0.7%뿐이고 나머지 99% 이상이 우라늄 238이다. 현재의 가압경수로로는 이중 우라늄 235를 이용하고 있는데, 버려지는 우라늄 238에도 중성자를 흡수시키면 플루토늄 239로 변하여 핵분열을 일으키게 된다. 고속증식로는 이처럼 핵분열이 안 되는 우라늄 238도 원자로내에 집어넣어 새로운 연료인 플루토늄으로 바뀌도록 함으로써 원자로내에서 소비되는 우라늄 235보다도 많은 새연료가 증식되는 시스템이다.

프랑스는 1986년부터 실증로인 슈퍼피닉스(124만kw)를 상업운전중에 있으며 그외의 몇 개 나라에서도 이 고속증식로의 연구개발이 진행되고 있는데 이 원자로가 채택될 경우 우라늄의 이용효과는 현재의 60배로 증가하게 된다.

##### 나. 핵융합로

핵융합로는 핵분열에너지를 이용하는 것이 아니라 핵이 융합할 때 나오는 에너지를 이용하는

“꿈의 원자로”이다.

수소와 같이 가벼운 원소들이 보다 무거운 원소로 바뀔때 나오는 에너지를 이용하는 것이 핵융합로이며 태양의 이치와 같은 원리이다.

핵융합로의 연료는 바닷물 중에 섞여 있는 중수소를 사용할 수 있기 때문에 거의 무한한 에너지원이라 할 수 있다.

또 핵융합로는 핵분열에너지를 이용하는 현재의 원자력발전소와는 달리 방사성물질을 배출하지 않는 보다 깨끗한 에너지이다.

현재 선진제국과 우리나라에서 연구가 진행되고 있으나 핵융합을 위해서는 섭씨 4,000만도의 온도가 필요하고 연료의 밀도도 매우 커야 하므로 실용화까지는 많은 시간과 연구가 필요한 것으로 보고 있다.

## 6. 결 론

원전의 주요 구조물은 극심한 재해를 초래할 수 있는 자연현상(지진, 쓰나미 등)이 수반하는 극한 하중에 견딜 수 있어야 하고 내부의 안전관련 기

기의 기능과 만일의 사고(주중기나 고에너지 배관 파단사고)시에도 구조적 안전성이 보장되도록 설계·시공되고 있다.

또한 운전원의 조작실수나 오판을 극복할 수 있도록 원자로 고유의 안전성과 자연법칙에 의한 정상유지를 할 수 있는 신기술이 도입되고 있다.

품질보증 계획에 의한 최선의 품질보장, 엄격한 방사선 감시와 온배수 영향의 최소화, 최신방사성 폐기물 처분기술 적용 등을 통하여 기술의존형 에너지인 원자력의 활용중대가 불가피하다고 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 노윤래, “우리나라의 전력현황과 전망”, 원자력산업, 1991. 2, pp.50-52
2. 한국전력공사, “이달의 원자력발전”, 1995. 2, 5-6
3. 미국연방법규, “10 CFR 50, App. B”, 1992. 3
4. 한국원자력문화재단, “원자력문화교실”, 1992. 8, pp.36-37