

우리나라의 原子力發電所 建設計劃에 관한 小考

辛 基 祚

電友클럽 會長

1. 서 론

冷戰이 종식된 후 세상은 많이 변하고 있다.

여러 나라들은 크게는 세계평화를 위해서라고 하나, 실질적으로는 자기 나라의 國益을 위해 여러모로 변혁을 시도하고 있다. 미국은 그 방대한 “별들의 전쟁” 계획을 수정, 소규모화하고 있으며 미소 양국은 核武器 감축協商을 진척시키고 있다. 우리 나라와 敵對관계에 있던 중국, 소련, 월남 등도 우리와 修交를 하고 우리를 본받아 경제발전에 박차를 가하고 있다. 또 최근에는 일본의 政局에도 대지각 변동이 있어, 장기간 執權하던 여당이 하루 사이에 야당으로 변하였다.

우리 나라에도 문민정부가 수립되어 신한국 창조의 기치를 높이 들고 모든 부분에서 줄기차게 개혁이 이루어지고 있어 어제까지도 정당성을 인정받았던 事案들이 크게 비판받아 재평가됨으로써 하루 사이에 그의 정당성을 상실하는 사례가 빈발하고 있다. 따라서 모든 사안들이 계획수립·집행단계에서 과거의 慣行에만 집착할 것이 아니라 현시대에 맞게 심층 재검토가 이루어져서 새

로운 시도를 도출할 필요가 있을 만하다. 우리가 관심을 갖는 것은 우리 나라의 앞으로 건설될 원자력발전소를 계획함에 있어 오늘과 같이 과학기술이 발달할 때일수록 새로운 각도에서의 검토가 이루어져야 한다고 생각한다.

이에 앞으로 원자력발전소를 새로 건설 계획함에 있어 심층분석 검토되어야 할 것들을 고찰해보기로 한다.

2. 정확한 技術水準의 評價

原子爐 壓力容器만 가공, 완성해도 원자로 국산화 성공이라는 보도가 나오고 외국 기술진의 지원을 받고 있으면서도 원자력발전소 설계, 건설을 순수 우리기술로 수행하고 있다는 보도도 나오고 있다. 심한 경우는 외국에서 核蒸氣供給系統의 설계기술을 습득하고는 이를 우리 기술로 개발해서 輸出基盤을 구축했다고까지 발표한다.

그러나 실제로는 울진 3, 4호기의 경우, 核蒸氣供給系統設計는 한국이 주도하고 있으나 필요한 콤포넌트는 전부 外國技術에 設計를 의존하고

있는 실정이다.

이와 같이 진실을 왜곡하는 발표는 政策立案者나 국민을 우롱하는 것이다.

새로운 원전 기술은 장시일 걸쳐 막대한 투자를 하여 기술을 전수받고 습득한 기술의 원자로를 도입하여 건설, 운전함으로써 그 기술을 완전 소화하고 다음에 우리 기술로 Pilot Plant를 건설하여 습득한 기술을 立證하는 절차를 받아야 한다. 연관기술을 By-pass하든가 소홀이 하면 습득기술의 입증은 불가능하게 될 것이며 대외 信賴를 얻을 수는 없을 것이다.

우리도 이와 유사한 수준을 따르고는 있지만 완전하지는 않다. 따라서 우리 기술의 자립도를 평가하기가 어려운 상태에 있다. 어느 시점에서든 원전 기술, 설계, 제작, 운전, 보수 전분야에 걸쳐 솔직하고 정확하게 水準을 평가하여 다음 원전 건설에서의 기술자립도 완성을 목표로 精進해야 할 것이다.

3. 立地와 環境評價

원자력발전소 건설 후보지는 까다로운 조건을 충족해야만 된다. 즉 지형, 지질은 물론 냉각수, 공업용수, 교통(수송을 위한), 보안상의 문제 등이다.

이러한 여러 조건이 충족된다 해도, 우리나라의 경우 냉각수를 얻기 쉬운 해안 후보지가 많으므로 만약의 事故시에 汚染을 극소화해야 하며 取·排水는 溫排水 문제가 수반되므로 철저한 水理模型 시험을 거쳐 陸·海·空·生態系에 미칠 수 있는 영향을 정확히 평가하여, 적절한 대책이 마련되어야 한다. 근자에는 방사성 물질로 인한 동물에의 악영향보다는 온배수로 인한 바다 생태계에 미치는 영향이 주로 주민들의 관심거리가 되고 있다.

유의할 점은 환경평가를 당장 건설할 발전기수에 대해서만 실시하지 말고, 장차 증설계획까

지도 포함하여 시행함으로써 總體的 평가 결과에 대한 대책 등을 지역주민에 사전설명, 인식시켜서 반대를 위한 반대를 하지 않도록 유도함이 필요할 것이다. 피해보상차원의 대책도 중요하겠지만 더 나아가 발전소 건설로 인한 지역발전에 기여할 수 있는 靑寫眞을 마련하고 이를 대대적으로 홍보하여 지역주민들의 적극적인 참여를 유도할 필요가 있다.

4. 單位機의 容量

우리 나라 원자력발전소의 단위기 용량은 600~1,000MW급이며 우리 전력계통의 총 발전 시설 용량은 이미 25,000,000kW를 초과하고 있다.

그러면 앞으로 건설될 원자력발전소의 단위기 용량은 좀더 대용량기로 格上할 수 있을 것이다. 단위기 용량을 1,300~1,500MW급으로 하면, 좁은 발전소 건설부지의 活用度를 높일 수 있고, 건설단가도 소용량기에 비해 저렴해지는 이점이 있다.

더욱이 근자의 원자력 기술발달로 인해, 改良型 輕水爐 원전의 경우 재래식에 비해 전체 발전소의 容積을 20~30% 감소시키고 있다. 이러한 여러 가지 利點을 감안할 때 우리도 1,000MW급에 집착할 것이 아니라, 과감히 단위기 용량을 격상할 때가 되었다고 할 수 있다.

최근 USAEC에서 연구한 바에 의하면 1,200MW급 改良型 輕水爐 원전 2기를 건설하는 것이 어떠한 燃料발전소와 비교해도 제일 경제적이라고 발표하고 있다.

미국 에너지성에서 1,350MW급 개량 경수로 원전을 미국의 차세대 표준으로 선택한 사실도 위의 여러 가지 利點이 감안된 조처라 할 수 있다.

5. 原子爐의 선택

원자력발전소에서 원자로가 核心시설인 고로

적절한 원자로의 선택은 원자력발전소 건설계획을 수립하는데 가장 중요한 과제라 할 수 있다. 우리 나라에서는 월성에 집중운전, 건설되고 있는 加壓重水爐(700MW급)를 제외하고는 고리, 영광, 울진 등에는 전부 加壓輕水爐 뿐이다.

우리 나라에서는 이제까지 축적한 기술과 경험을 토대로 韓國型 標準 原子力發電所를 선정하였다. 영광의 1, 2호기를 참조하여 표준화작업을 추진하였으나, 영광원전 3, 4호기에 ABB-CE의 SYSTEM 80의 축소 모델인(1,300MW에서 1,000MW으로) 가압경수로가 도입 건설됨으로써 C.E에서 핵증기 공급계통(NSSS)의 설계기술을 傳受하여 결국 이 원자로와 ABB-CE에서 개발 중인 개량 경수로 STSTEM 80+의 중간 위치에서 약간의 개량이 가미되어 울진 3, 4호기에 채택 건설되고 있다.

한편, 1993년 6월에 설정된 원자력 기술중, 장기연구개발계획에 의해 1994년말까지 우리 나라의 次世代 原子爐가 선정되도록 연구개발이 추진 중에 있다.

KAIST에 차세대 원자로 연구개발센터가 설립되어 이 과업을 담당하고 있으며 각 대학, 연구기관 등이 이에 참여하고 있다. 이 원자로는 물론 기술성, 경제성이 우수해야 할 것이며 2001년까지 상세설계를 완료하고 2007년에 第1 발전소가 완공을 보도록 계획하고 있다.

현재까지는 중간연구 결과는 被動安全 가압수형 원자로 1,000MW급이 대상으로 연구중에 있다고 발표되었다. 그러나 세계 선진국들의 동향을 보면 피동안전형 1,000MW급의 경수로 개발을 시도하고는 있으나 아직도 概念設計 단계이며 기술성, 경제성이 입증될 것인지 의문시되고 있다.

세계적인 원자로 제조사인 G.E, Westinghouse, ABB-CE는 각기 개량 경수로 ABWR-1,350MW, 피동형 가압경수로 AP-600, 개량형 가압경수로 SYSTEM 80+를 개발하고 있는데 이중 ABWR와 AP-600은 미국의

에너지省(DOE)과 개량원자로협회(ARC)에 의해 미국 차세대 표준원자로로 선정되어, 현재 정부, 전력회사, 제작업자 공동으로 투자하여 상세설계를 진행중에 있다. 1994년말까지는 미국원자력규제위원회(NRC)의 설계 승인을 얻어 금세기말 전에는 이 차세대 원전 건설이 착공될 예정이다. 이들 개량원자로들은 우리나라의 표준원자로보다는 성능이 우수한 것으로 발표되고 있으며(표1 참조) 이웃 나라 일본의 경우, 東京電力會社는 이미 1991년에 ABWR-1,350MW 2기를 건설, 착공하였으며 1996년에 완공되면 우리 나라에서 개발하고 있는 차세대 원자로보다 10년 앞질러 기술이 입증될 것이다.

商業用 원자로를 대표하는 PWR와 BWR에는 각각 長·短點이 있다.

BWR에는 再循環 배관이 복잡하여 응력부식 균열사고가 빈발하여 운전성적이 불량하였으나 1987년에 설계 단순화로 이 계통을 제량, 내부 순환펌프를 장착하여 해결하였고, PWR에는 蒸氣發生器 사고가 빈발하여 이에 교체가 불가피하게 되어 앞으로 새로운 문제를 제기하고 있다. 증기 발생기 1기 교체하는데 약 1.5억불이나 소요되어 미국의 SAN ONFRE, TROJAN 원전은 증기 발생기 교체비의 過多로 인해 폐쇄키로 결정할 정도이며 심각한 문제라 아니할 수 없다. PWR

<표 1>

전 기 출 력	기존 원전	차세대원전	URD
• 爐芯 損傷頻度	<10-4	<10-6	<10-5
• 이용률	>80%	>87%	87%
• 수 명	40년	60년	60년
• 강제 정지횟수/년	5 이하	1 이하	
• 연료 재장전주기	12개월	18~24개월	24개월
• 건설 소요기간	62개월	48개월	54개월
• 용 량	1,000MW	1,350MW	
• 정전시 노심 손상 방지 소요시간	4시간	72시간	
• 중대사고에 대한 설계	없음	있음	

만을 건설하고 있는 우리는 장래 후배들에게 큰 짐을 안겨주는 결과가 오지 않을지 염려된다.

1993년 3월에 영광 3, 4호기의 同族인 미국 PALAVERDE 2호기의 증기발생기가 운전 개시 10년도 못되어 튜브 파손사고가 발생하였음은 더욱 우리를 염려스럽게 한다. 참고로 세계 원전의 증기발생기 교체계획은 표 2에서 보는 바와 같다.

6. 建設工期의 短縮

原電建設은 까다로운 인·허가수속을 거쳐야 한다. 표 3에 세계의 몇 개 原電의 建設工期를 나

타내고 있다.

공사발주에서 운전개시까지는 85~185개월, 공사착공에서 운전까지는 78~161개월이 소요되고 있음을 알 수 있다.

특히 미국의 경우 最長時日이 소요되었는데 이는 1978년 TMI 事故 이후 當局의 規制強化로 인한 設計變更 등의 事故後遺症 때문인 것이다.

따라서 미국의 電力會社들은 改良輕水爐의 要件을 제시하면서 建設工期(構造物 콘크리트 打設부터 초기운전까지)를 54개월로 요구하게 되었다.

그 결과 原子爐 제조자들은 改良輕水爐의 개발을 서두르며, 공기단축을 위해 單純化設計를 기하

<표 2> 세계 원전의 증기발생기 교체 예정표(발주필)

국 명	발전소명	SG 개수	용량 (MWe)	교체 전 운전연수	공급자 기준/교체	튜브 재질	교체 예정년도
벨기에	Doel 3	3	900	11	Fra/S-F	Incoloy 800	1993
벨기에	Doel 4	3	1010	11	West/S-F	Inconel 690TT	1996
벨기에	Tihange 1	3	870	20	Fra/MHI	Inconel 690TT	1995
스위스	Beznau 1	2	350	23	W/Fra	Inconel 690TT	1993
스페인	Almaraz 1 & 2	6	900	15/13	W/S-F	Incoloy 800	1996/97
스페인	Asco 1 & 2	6	887	11/10	W/S-F	Incoloy 800	1995/96
프랑스	Bugey 5	3	900	13	Fra/Fra	Inconel 690TT	1993
프랑스	Gravelines 1	3	910	14	Fra/Fra	Inconel 690TT	1994/95
프랑스	CP 1 plants	12	900	-	Fra/Fra	Inconel 690TT	1995~2001
일본	Genkai 1	2	529	19	MHI/MHI	Inconel 690TT	1994
일본	Mihama 1	2	320	26	CE/MHI	Inconel 690TT	1996
일본	Mihama 2	2	470	19	MHI/MHI	Inconel 690TT	1995
일본	Mihama 3	3	780	20	W/MHI	Inconel 690TT	1996
일본	Ohi 1	4	1120	17	MHI/MHI	Inconel 690TT	1994/95
일본	Ohi 2	4	1120	20	MHI/MHI	Inconel 690TT	1998/99
일본	Takahama 1	3	780	22	W/MHI	Inconel 690TT	1996
일본	Takahama 2	3	780	19	MHI/MHI	Inconel 690TT	1994
스웨덴	Ringhals 3	3	915	14	W/S-F	Inconel 690TT	1995
미국	Catawba 1	4	1129	11	W/BWI	Inconel 690TT	1995/96/97
미국	Farley 2	3	872	24	W/W	Inconel 690TT	2005
미국	Farley 1	3	873	-	W/W	Inconel 690TT	2005 이후
미국	Ginna	2	470	26	W/W	Inconel 690TT	1996
미국	McGuire 1	4	1129	14	W/BWI	Inconel 690TT	1995/6 or 97
미국	McGuire 2	4	1129	12	W/BWI	Inconel 690TT	1995/96/07
미국	North Anna 2	3	907	-	W/W	Inconel 690TT	미정
미국	Point Beach 2	2	485	24	W/W	Inconel 690TT	1996/97
미국	St. Lucie 1	2	839	19	CE/BWI	Inconel 690TT	1996
미국	Summer	3	895	10	W/W	Inconel 690TT	1994
미국	Zion 1	4	1040	23	W/BWI	Inconel 690TT	1996
미국	Zion 2	4	1040	27	W/BWI	Inconel 690TT	2001(추정)

< 표 3 > 原電의 建設工期

國名	發電所名	爐型	電氣出力 (MW)	發注年月	着工年月	運轉年月	所 要 月 數	
							發注~運轉	着工~運轉
韓 國	고리 1호	PWR	587	1970. 9	1971. 8	1978. 4	92	81
	울진 1호	PWR	950	1980. 11	1981. 1	1988. 9	95	93
日 本	福島第1-6	BWR	1100	1971	1973. 5	1979. 10	104	80
	大井-1	PWR	1175	1972	1972. 11	1979. 12	85	85
臺 灣	Kuoseng	BWR	965	1972	1975. 2	1981. 12	118	82
	Maansan	PWR	951	1975	1978. 11	1985. 5	113	78
美 國	PALO VERDE 2	PWR	1335	1973. 10	1976. 5	1986. 9	155	125
	Perry-1	BWR	1250	1972. 6	1974. 5	1987. 11	185	161

주: 發注月은 着工月과 동일시 함.

여 建設物量을 대폭 감소시키고 構造物의 일부를 Module化, 공장에서 조립, 현장에 대운반 설치하는 등의 工法改良化도 電力會社의 요구조건을 충족시킬 수 있게 되었다. 실례로 미국의 次世代 標準原電으로 선정된 AP-600MW는 36개월이, ABWR-1,350MW는 52개월이 소요된다고 발표하고 있다.

이 原電들은 규제기관의 사전 설계승인을 받음으로써 建設中의 설계변경이 없을 것이며, 따라서 책정된 建設工程, 資金計劃 등에 의해 원만하게 건설이 추진될 것이 기대된다.

우리도 建設工期를 단축할 수 있도록 設計, 建設技法을 습득하여 原電經濟性 제고에 노력해야 할 것이다.

7. 結 論

현재 우리 나라에서 추진중인 원자력발전소 건설계획은 아래 몇 가지 방안중에서 講究될 것이다.

방안①: 한국형 표준원자력발전소(PWR-1,000MW급)를 2006년까지 계속 건설한다.

방안②: 차세대 원자로가 개발되어 2001년부터는 이 爐型의 원자력발전소를 계속 건설한다. 2007년에 제 1 발전소를 완공

할 계획이다.

방안③: 선진국에서 이미 개발된 개량형, 피동 안전 원자로 기술을 습득, 이의 건설을 추진할 것인지(1997년 기술 입증될 것임).

① 방안을 채택한다면 이는 안전성, 신뢰성, 경제성에서 개량형, 피동안전형에 비해 劣等할 뿐더러 前述한 증기발생기 문제가 조만간 발생할 염려가 있다.

② 방안은 2001년까지 2,300억원을 투입하여 차세대원자로 피동안전, 가압경수로 1,000MW급이 개발된다는 것은 지극히 희망적이나, 그때가서는 선진국의 실증된 기술이 더욱 발전할 것이다. 대용량 피동안전로는 기술성, 경제성에 문제가 있으며 우리 나라에 재래식 원자로가 산재하고 있는데 과연 피동안전로를 건설함이 현명한 것인가도 신중한 검토를 요한다.

③ 방안은 우리 나라 원자력 기술의 대전환을 의미하여 기술습득, 교육 등에 새로운 투자를 필요로 할 것이다. 그러나 장래를 위해 銳意 검토해 볼 價値가 있다.

원자력 Project와 같이 막대한 투자가 필요한 것은 爐型 선택의 판단기준을 장기 안목에서 국가 이익에 두어야 할 것이다. 이러한 관점에서 우리는 國民의 共感을 얻을 수 있는 현명한 判斷을 내려야 할 것이다.