

원자력발전량 5천억kWh 달성의의와 전망

정 보 헌

한국전력공사 원자력사업단장



국 내 원전의 태동은 1950년대 후반 및 1960년 당시 원자력(청)과 원자력연구소가 원자력발전의 도입·건설을 위한 제반 준비작업에 선도적 역할을 수행하면서 시작되었다.

원자력 기술인력 양성과 기술기반을 조성해 나가야겠다는 정부의 야심찬 계획하에 당시로서는 엄청난 거금인 35만달러를 들여 실험용 원자로인 「TRIGA Mark II」를 도입, 설치·운영함으로써 원자력사업이 국내에서 움틀 수 있는 기초토양이 조성되었다.

이후 자원빈국인 우리나라의 에너지 해외의존도가 경제개발계획 추진과 더불어 불가피하게 증대될 수밖에 없는 현실 앞에서 에너지 다원화 및 대체 에너지원으로서 원자력기술의 도입·개발이 필연적이라는 전제하에 원자력사업이 본격적으로 착수되었다.

또한 원전노형 및 용량의 결정도 1970년 중반경의 최대전력수요를 기준으로 50만kW 2기의 원전을 건설하는 것이 타당한 것으로 계획되었으며, 노형은 미국의 가압경수로가 당시 우리 실정에 가장 유리한 노형으로 채택되어, 1970년 6월 미국 웨스팅하우스사와 건설계약을 체결함으로써 원전사업의 역사적 개막이 이 땅에서 이루어지게 되었다.

국내원전의 건설역사

국내 원전의 건설역사는 1971년 고리원자력 1호기 건설의 최초 발파음이 이 땅위에 울려 퍼진지 약 25년이 경과하였으며, 1995년 현재 10기의 원전이 가동되고 있고 6기의 원전이 건설 또는 시운전중에 있다.

정부의 장기전력수급계획에 따르면 2006년까지 총 23기의 원전이 상업운전할 예정이어서, 다가올 21세기에는 우리나라가 바야흐로 세계 4위권의 원전 운영국가로 부상될 전망이다.

당시 국내 건설업체중 가장 경험이 풍부한 업체가 시공에 참여하여 비교적 짧은 기간내 원전건설 시공기술의 자립을 이루어낸 것은 높이 평가할 만하고, 또한 원전기술의 도입과 더불어

〈표 1〉 장기전력수급계획(발전원별 설비구성비)

(단위 : %)

구분 \ 연도	1996	1999	2001	2004	2006
원자력	29.3	32.9	32.7	34.9	37.7
석탄	23.9	26.6	27.2	29.5	29.8
석유/LNG	37.3	31.1	30.2	25.8	22.4
수력	9.5	9.3	9.9	9.8	10.1

품질보증제도가 국내 산업체에 정착화 되는데 원전이 큰 기여를 하였다는 점에서 긍지를 가질만 하다고 하겠다.

국내 원전 건설기술의 변천과정을 계약방식 및 기술 축적도에 따라 좀더 세밀히 분석해 본다.

1. 국내원전의 여명기

1970년대는 국내 원전의 여명기로 이 시기는 국내 산업기술 수준이 원전 설계나 기자재 제작에 참여하기에는 능력이 부족하던 때다. 외국 주계약자가 사업관리·설계·기자재 공급·시운전 및 품질관리 등 사업 전반에 대한 책임을 지고 수행하였으며, 사업주인 한국전력공사는 사업관리 및 시운전분야에 부분적으로 참여하여 경험을 축적하던 시기였다.

고리원자력 1·2호기, 월성원자력 1호기가 이 시기에 턴키방식(Turn-key)으로 건설된 발전소들이다.

2. 원전기술 축적기

1980년대는 원전기술축적의 시기로 국내 최초의 원자력발전소 3기가 모두 턴키방식(Turn-key)으로 건설된 60만kW급인데 비하여, 고리 3·4호기, 영광 1·2호기 및 울진 1·2호기는 용량도 95만kW로 상향시켰으며, 계약방식도 사업자인 한국전력공사의 주도 아래 다투기방식(Non Turn-key)으로 추진되었다.

이는 원전건설에 있어서 국산화율의 제고와 기술축적을 위한 조치로서

국내 하도급업체의 적극적 참여기회를 제공하여 원전기술의 국내 자립기반 구축을 앞당기는데 큰 몫을 하였다.

이 시기를 거치면서 원자력발전소 건설기술 자립의 토대가 마련되고 관련산업의 육성에도 크게 이바지할 수 있는 기틀이 조성되었으며, 국내 업체에 의한 건설시공이 완전 기술자립되는 단계에 이르렀다.

3. 국내주도형 원전건설기

1980년대 후반은 국내 주도형 원전 건설시기이며 고리 1호기부터 울진 2호기까지 총 9기의 원전건설사업 및 운영중 축적된 경험과 전반적으로 향상된 국내산업 기술수준을 바탕으로, 외국업체의 의존에서 과감히 탈피하고 국내주도의 원전건설사업을 이룩하기 위해, 국내 전문업체에게 역할을 분담토록 하여 주계약자로서의 책임을 수행하고, 외국업체는 분야별 핵심기술에 대해서만 하도급형태로 참여, 기술협조하는 시기였다.

영광 3·4호기가 이 시기에 건설된 대표적 발전소로서 자립률 95%, 기자재 국산화 비율이 74%로 크게 신장되었으며, 외국자본 비율은 17%로 축소시키는 등 한국형 표준원전의 기틀을 마련할 수 있는 중요한 단계였다.

4. 기술자립 및 성숙기

1990년대는 기술자립 및 성숙기라 할 수 있다.

국내 주도형으로 수행된 원전건설

사업을 지속적으로 추진하여, 완전한 기술자립에 의한 한국 고유의 모델 개발을 위한 노력으로, 영광 3·4호기로부터 구축된 기술자립기반을 바탕으로 안전성·경제성·운전 및 예방정비의 편의성 제고를 위한 설계개발기술을 지속적으로 반영하여, 동일기종(동일 노형·동일용량)의 원전을 반복 건설하기 위한 기본기술을 확고히 하기 위해 울진원자력 3·4호기를 한국표준형 모델로 선정하여 영광 5·6호기, 울진 5·6호기 및 후속기를 동일기종으로 반복 건설하기로 결정하였다.

또한 최근 진행되고 있는 북한경수로지원사업에도 한국표준형 경수로인 울진 3·4호기와 동일한 노형을 건설하도록 추진하고 있어, 국내 뿐만 아니라 북한·중국 등 해외에도 한국표준형 원전의 기술과 설비가 수출될 수 있는 체제정비가 완료된 상태다.

원전운영기술수준 발전과정

1995년 6월 현재 가동중인 원전은 금년 4월에 상업운전에 들어간 영광 3호기를 포함하여 총 10기의 원전으로 설비용량은 862만kW이다.

이는 금년 5월 기준 총발전설비용량의 28.3%에 해당하는 것으로서, 작년말 기준 26.5%에 비해 다소 증가한 것이다.

금년 2월 20일 우리는 5천억kWh의 원자력발전량을 기록하였다.

각 발전소별로 그 동안의 발전 생

산량 기여도를 살펴보면, 고리 1·2·3·4호기에서의 발전량이 전체 원전발전량의 48%를 차지하는 것으로 나타나 원전발전량 5천억kWh의 절반 가까이를 생산하였다.

원자력의 효시라 할 수 있는 고리 1호기에 원전의 불이 밝혀진지 17년만에 이룬 이 쾌거는 동 기간 동안 우리나라 전체 발전량의 36.7%에 해당하는 막대한 양이다.

5천억kWh 발전량을 보다 쉽게 이해하자면, 1995년 현재 서울시 규모 정도의 부하에 23년간 이상 전력공급을 할 수 있는 양이다.

5천억kWh의 기여효과

1. 에너지의 안정적인 확보

5천억kWh의 발전량을 석유로 환산하면 우리나라 1년 수입과 맞먹는 7억배럴이며, 석탄으로 환산하면 우리나라 4년간의 수입량에 해당하는 1억6천만톤에 해당한다.

그러나 더 큰 의미는 전력원의 다원화에 결정적인 역할을 하여 전력공급의 안정을 이루었으며, 준국산 에너지로서 에너지 자립률이 16.9%에 달한다는 것이다.

2. 깨끗한 환경보전에 기여

원자력발전소 가동에 따른 이산화탄소 방출 감소량은 총 1억1천만톤이다.

1990년 우리나라 전체 이산화탄소 배출량이 6천7백만톤인 것을 고려한

〈표 2〉 원전본부별 5,000억kWh 발전량 기여도

발전소	발전량(억kWh)	점유율(%)	비고
고리 #1·2·3·4	2,400	48	시운전발전량 포함
영광 #1·2·3	1,200	23	"
월성 #1	600	12	"
울진 #1·2	800	17	"

〈표 3〉 1994년도 발전원별 발전원가 비교분석

(단위: 원/kWh)

발전원가 \ 원별	석탄	중유	LNG	내연력	수력	원자력	합계
연료비	14.97	21.55	44.33	33.25	9.50	3.34	13.95
고정비	14.90	6.40	11.89	21.39	26.13	17.20	15.59
지급이자	2.77	0.49	1.06	5.19	4.05	2.16	2.28
계	32.64	28.44	57.28	59.83	39.68	22.70	31.82

다면, 무려 2년치에 해당하는 발생량 감소분에 해당되며, 총 이산화탄소 배출량의 15% 가량을 감소시켜, 차세대 청정에너지로서 그 역할이 더욱 기대된다.

3. 값싼 전력의 공급

한국전력공사가 값싼 전력을 생산·공급하는데 가장 큰 역할을 한 것도 원자력에너지라 할 수 있다.

원자력은 타 에너지와 비교할 수 없을 정도로 낮은 연료비를 기반으로 하여, 1980년대의 60%에 달하는 고물가 시대에도 원자력발전량의 증대에 힘입어 우리나라 전력요금은 오히려 28.6%나 인하되었다.

1994년을 기준으로 살펴본 발전원별 kWh당 연료비는 석탄 에너지원과 비교해도 22%에 불과한 저렴한 에너지원으로서, 전력원이 인하여 큰 몫을 해 오면서 가장 경제성이 있는 에너지원으

로서 그 위치를 확고히 구축해 왔다.

또한 국가경제 측면으로는 국내 산업의 수출경쟁력 제고로 국가경제 발전에 이바지한 공로가 자못 크다.

4. 품질보증확인체계 구축

원전기술의 도입에 따른 주요 기여 효과로는 원자력품질보증체제의 산업 적용 실시로, 품질보증확인체계 구축과 품질수준 향상으로 국내 산업의 국제 경쟁력 제고에 이바지하였다.

원전 운영수준의 질적 향상

우리나라가 원전을 가동하던 초년도인 1978년도는 운전경험의 미숙 및 원전기술 축적이 전무한 상태라 고리 1호기 고장정지 건수가 17건, 이용률 46.3%로, 지금 생각하면 극히 저조한 실적을 기록하였다.

그러나 당시 고리 1호기가 오늘날

의 우수한 운영기술 축적의 산실이며 여기에서 체험하였던 각종 경험들이 더 높은 도약을 위한 밑바탕이 되었다는 점에서 그 역할과 중요성은 정말 높이 평가할 만하다.

발전소 운영기술 능력이 조금씩 향상되기 시작한 1978년에서 1981년까지를 초기적응단계라 할 수 있으며, 이때도 이용률은 60% 미만, 호기당 고장정지도 7건 이상으로 여전히 저조한 실적을 기록하였다.

그러나 이러한 운영실적은 1982년도를 기점으로 70% 이상의 높은 이용률 시대로 접어들게 되었다.

전세계 원전의 평균 이용률이 70%대인 것을 고려한다면 국내원전 상업가동 5년만에 70%대의 이용률 실적 달성은 큰 성과라 할 수 있으며, 이러한 실적을 달성한 이면에는 우리 원전 종사자 모두가 눈물겨울 정도의 고통을 감수해냈기에 가능하였다고 본다.

1990년대에 들면서 원전운영은 새로운 국면을 맞게 되었다.

정비기간 단축, 장주기연료 사용 등에 힘입어 80% 이상의 높은 이용률 시대를 맞게 되었으며, 월성 1호기가 1985년과 1991년 및 1993년도에 세계 1위를 3차례 차지한데 이어, 고리 4호기와 영광 1호기가 1994년도에 평가기간은 각각 다르지만 세계 1위를 달성하여, 국내 원전 가동역사 이래 1993년과 1994년 2년 연속 이용률 세계 1위 달성이라는 대기록 수립과 5회의 세계 최고 이용률 기록을 달

성하였다.

국내의 이용률 실적과 세계 우수한 영국이라 할 수 있는 미국·일본 등과 비교하여도 약 10% 이상 상회하고 있으며, 국가별 이용률 순위에 있어서 1993년도에는 전세계 2위, 1994년도에는 전세계 5위를 차지하여, 원전 우수 운영국으로 우리의 우수성을 전세계에 유감없이 알리는 계기가 되었다.

이용률 향상을 위한 우리의 노력으로는, 우선 발전정지 저감화를 위한 노력으로 주요 안전성 관련계통, 기기에 대한 집중관리 및 분석으로 성능저하를 사전진단할 수 있을 뿐만 아니라, 계획예방정비 시행시 품질확보를 위한 철저한 검사, 계획예방정비후 30일간 발전소 특별점검 및 감시활동 실시, 중요 정지경험사례 등 교훈사례의 발전소간 상호교류 활성화로 1990년도 이후에는 호기당 정지건수를 2건 이하로 감소시켰으며, 작년도의 경우 호기당 정지건수를 1건 이하로까지 낮출 수 있게 되었다.

이는 고장정지시 정확한 원인분석 능력배양과 취약설비의 적기교체 및 집중관리의 노력, 종사자의 자질향상 등으로 가능하게 되었다.

원전가동 이래 우리가 이룩한 또 다른 업적으로는 한주기 무고장 연속운전(OCTF)을 8번 달성한 것이다.

이중 영광 1호기의 경우 395일이라는 최장 한주기 무고장 연속운전 기록을 수립하였으며, 울진 2호기의 경우 905일에 달하는 2주기 무고장 연

속운전 기록을 이룩한 것은, 17년의 다소 짧은 원자력 역사에 비해 우리의 운영기술 수준은 세계적이라고 할 수 있겠다.

또 다른 이용률 향상대책으로 계획예방정비일수의 단축 및 품질확보를 위한 노력을 들 수 있다.

△ 계획예방정비 시행전 필요 교체 품 사전점검 및 확보

△ 계획예방정비 2~3개월전부터 한국전력공사, 한전기공(주) 합동 Task Force팀 구성·운영으로 최적 정비방안 강구

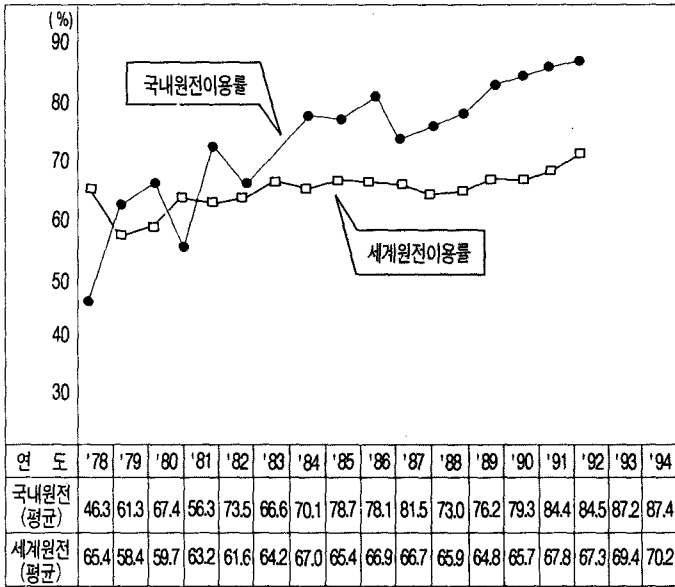
△ 계획예방정비 주공정 전산화 관리기법 개발·적용으로 시간대별 공정관리로 정비작업 효율성 제고

△ 계획예방정비공사의 품질확보를 위한 교대근무제 도입·적용

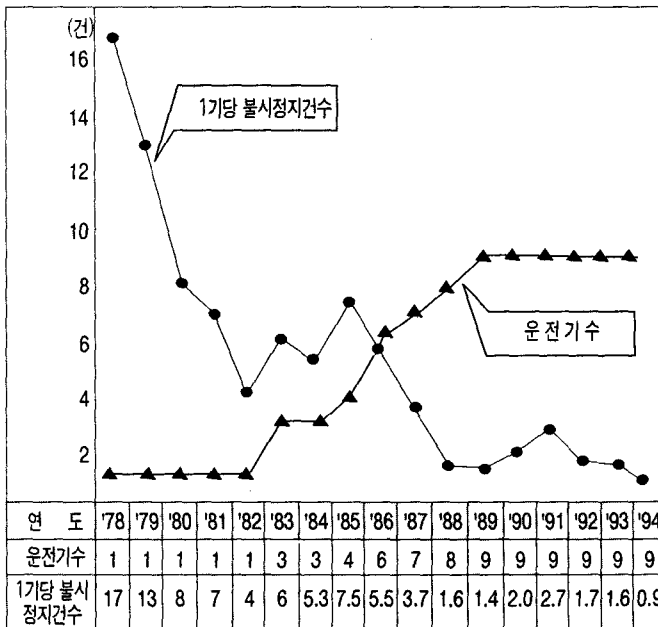
△ 정비장비의 현대화·자동화 추진으로 정비원의 접근이 어려운 작업 공간 또는 고방사선구역에서의 작업 능률 향상

△ 기기단위 교체정비(Block Maintenance)방법 도입 등의 노력으로 원전 계획예방정비일수가 1980년대 후반에는 평균 70일대 수준에서 1990년대 이후는 50일대로 눈에 띄게 단축시킬 수 있게 되었다.

그러나 우리는 여기에 만족하지 않고 계획예방정비기간 최적화를 통한 이용률 제고를 위해 경상정비 물량을 증가시켜 계획예방정비 물량을 최소화 함으로써 정비일수를 40일대로 단축시켜 세계 최일류 원전기술국으로



(그림 1) 원전 이용률 변화추이



(그림 2) 불시정지건수 변화추이

도약할 수 있도록 최대의 노력을 경주하고 있다.

이러한 우리의 원전운영 기술능력은 해외에서도 인정받기 시작해서, 국내 원전과 기술협력관계를 체결하자는 외국 원전의 제의를 접할 때, 우리의 짧은 원전역사에 불구하고 우리가 이룩한 업적이 실로 크다는 가슴 뿌듯함을 느끼게 된다.

또한 동아시아 지역에서는 1994년 2월부터 中國 廣東原電 기술지원용역을 수행 중에 있으며, 캐나다원자력공사(AECL)와 중수로분야의 해외 공동진출을 위한 협정을 체결하였으며, 최근에는 미국 ABB-CE사와 제3국 원전건설 진출을 위한 합의각서를 체결하는 등 원전의 해외진출이 활발히 진행되고 있다.

원전기술 수출국으로의 도약

끝으로 국내 원자력산업이 국내에서 뿐만 아니라 세계로 진출해나갈 수 있는 기술 수출국으로 성장하기 위한 앞으로의 과제에 대해서 고찰해 본다.

먼저 원전 안전성 확보를 위한 노력을 최우선의 과제로 추진해야 한다.

원전 종사자 모두가 안전의식의 생활화를 통한 「안전문화의 정착」이 필수적이라 할 수 있겠다.

가동중인 원전에 대해서는 교육·훈련 등을 통한 운전원의 자질향상으로 보다 안전하게 운전되도록 하며, 현재 건설중이거나 미래에 건설될 발

〈표 4〉 한주기무정지연속운전 기록

연도	구분	호 기	연속운전일	연속운전기간	비 고
1988		고리 #3	304일	'87. 12. 10~'88. 10. 9	1. 최장기록: 영광 #1 2. 2년 연속 OCTF운전: 울진 #2
1991		고리 #2	387일	'90. 3. 24~'91. 4. 14	
1992		울진 #2	333일	'91. 12. 5~'92. 11. 1	
		고리 #3	307일	'92. 2. 18~'92. 12. 21	
1993		영광 #1	395일	'92. 10. 8~'93. 11. 5	
		울진 #1	310일	'92. 4. 8~'93. 2. 11	
		울진 #2	296일	'92. 12. 16~'93. 10. 7	
1994		울진 #1	382일	'94. 3. 7~'95. 3. 23	

〈표 5〉 계획예방정비일수 변화추이

(단위: 일)

연 도	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	평균
평균일수	69	63	59	86	73	66	54	55	53	53	61

전소들은 설계개선, 계통의 단순화, 고유안전기능 강화 등에 대한 연구노력을 해야 한다.

국내 원자력시설들의 안전성은 현재까지 철저하게 관리 및 유지되어 온 결과 세계적으로도 우수한 것으로 평가 받고 있다.

가장 최신의 한국표준형 원전이며 대북경수로 지원대상 노형인 울진 3·4호기에 대한 국제원자력기구(IAEA)에 의한 안전성 점검결과 그 안전성이 우수한 것으로 평가되어 한국표준형 원전의 안전성이 국제적으로 인정받는 계기가 되었던 것은 큰 성과라 하겠다.

다음으로 능동적인 국제적 대응 및 세계속에서 우리의 위상을 향상시키기 위하여 선진 원전국과의 공동연구를 활성화하고, 선진국 국제기구의 가입을 적극 추진하는 노력을 기울여 선

진국으로부터는 선진핵심기술의 이전에 주력하며, 개발도상국과는 상호간의 기술공조와 상호의존도를 확대시켜 나가면서 원자력기술 수출의 기반을 마련해 나가도록 해야 한다.

이 모든 것 중에서 빠트릴 수 없는 중요사항으로 향후 우리 원전을 이어 운영해갈 후진인력의 양성과 현재까지 축적된 각종 기술경험 등을 종합적으로 총망라한 종합기술 데이터베이스를 구축하여 선진원전국으로서 내실을 착실히 다져 나가도록 하여야 할 것이다.

국내 여전상 원전사업이 순조롭게 추진되는데는 여러가지 장애요소가 많다. 그 중에서도 원전 후속기부지 확보 문제가 우리가 당장 해결해야 할 당면 과제이기도 하다. 산업 고도화와 경제발전에 따른 생활수준 향상과 비례하여 님비(NIMBY) 신드롬 현상도 우리

가 지역주민과의 꾸준한 협력과 공감대를 바탕으로 풀어 나가야 할 것이다.

원전운영에 따라 불가피하게 발생하는 각종 방사성폐기물의 안정적 처리와 저감화를 위한 기술개발도 좀 더 박차를 가할 과제라고 생각한다.

원전에 가장 거부적인 상징물로 연상되는 이러한 방사성폐기물 처리와 주변환경에 미치는 영향을 최소화함으로써 청정 에너지원으로 원전사업이 각광받을 수 있기 위해서는 현재의 우리가 가장 중요한 책무를 지고 있다는 인식하에 이 분야에 대한 관심을 기울여야 한다.

원전산업은 기술집약산업이다.

그간 우리가 축적한 기술능력과 연구개발과제를 최대한 국내 기간산업 및 중소기업에 전수시켜 국내 생산업체 생산능력 제고에 보다 적극적으로 앞장서 나가으로써, 원자력산업이 국가 경제에 필수불가결하다는 전체적 인식확산에도 신경을 써야 할 것이다.

현대는 기술혁신과 개선의 주기가 고속도로 빠르게 진행되는 시대이다.

오늘의 신기술도 내일이면 구기술로 간주되는 상황하에서, 원전산업의 세계화 대열에서 선도적 위치를 유지해나가기 위해서는 무엇보다도 우리 모두가 항상 새로운 것을 창조해 나가려는 의식개혁이 중요하다고 믿으며, 우리 모두 좀 더 밝은 원전사업의 장래를 위해서 오늘은 비록 어렵고 힘들더라도 분발, 노력하여 후배들에게 몇 몇한 선배가 되도록 해야겠다. ☹