

# 오늘의 우리나라 원자력 사업

강 덕 구

한국전력공사 원자력발전처 원자력홍보부장

## 1. 원자력사업의 태동

1953년 12월 미국의 아이젠하워 대통령이 유엔 총회에서 『Atoms for Peace Program』이라는 역사적 제안을 하였으니 이는 원자력의 군사적 이용을 제한하고 평화적이용을 추구하기 위하여 제창한 것이었다. 1957년에는 이와 같은 취지를 구체적으로 실천하기 위한 수단으로 유엔산하 전문기관으로 국제원자력기구(IAEA)가 창설되었다.

우리나라의 원자력사업은 이승만, 박정희대통령으로 이어지는 정치 지도자들의 원자력에 대한 관심과 지원아래 일찍부터 원자력원과 원자력연구소를 설립하여 인력양성과 기술 도입 기반을 축적하여 실험용 원자로인 트리가 마크 2를 가동시키는 등 원자력사업이 성장할 수 있는 토양을 마련하였으며 원자력발전의 기술성, 경제성 분석 및 부지조사 등 원자력발전 도입을 위한 제반준비 작업을 수행하였다.

정부는 원자력발전소 부지로 22개 후보지를 선정 조사하였으며 원자력발전의 적극적인 추진을 위하여 원자력원을 주축으로 하고 관련기관으로 구성된 원자력발전조사위원회가 발족되었다. 1968년 정부의 『원자력발전 추진위원회』는 한전을 원자력발전소 건설 및 운영의 주체로 확정하였으며,

원전부지로는 세부정밀조사를 실시한 끝에 경남 양산군 장안읍 고리를 최종 확정하였다.

원자력발전소 건설사업은 초기투자가 큰 자본집약적인 사업으로 장기간이 소요되고, 국내관련산업에 끼치는 영향이 크며, 많은 노동인력을 필요로 할뿐만 아니라 기술집약적인 두뇌사업으로 인력개발이 필수적이며 안전성이 중시되는 국제적인 관심사업이라 할 수 있다.

1970년 6월 한전과 Westinghouse사간에 최초의 원자력발전소 건설계약이 체결되었는데 우리나라는 원자력사업에 대한 초창기였으므로 경험 및 기술이 부족하여 주계약자(원자로설비 공급자 또는 종합설계 계약자)의 책임하에 사업관리, 주기기 및 보조기기 구매, 설계 및 시공업무를 수행후 시운전을 거쳐 상업운전시 인계하는 방식인 일괄발주방식(Turn-key)을 채택하였다.

## 2. 원자력발전시대의 개막

고리원자력 1호기는 가압경수로형(용량 587MW)으로서 미국의 Westinghouse사가 주계약자로 원자로계통의 설계 및 공급과 전반적인 건설책임을 담당하였으며, 하도급계약자로는 영국의 English Electric(현 GEC)사가 터빈 발전기계통의 공급

및 기기설치를, George Wimpey사가 토목 및 건축구조물공사 감리감독을 담당하였다. 이 공사에는 외자 1억7390만달러, 내자 717억4200만원 등 총 1560억7300만원이 들어 당시 우리나라 역사상 최대규모의 단위사업이었다. 국내 하도급 계약자로는 현대건설이 원자로계통의 토건 및 기기설치 공사를, 동아건설이 터빈발전기계통의 토건 및 기기설치공사를 맡아 1971년 3월 기공식을 거행한 이래 87개월만인 1978년 4월 28일 준공하여 상업 운전에는 들어감으로써 역사적인 원자력발전시대를 개막하게 되었다.

『고장정지 17건, 이용률 46.3%』 우리나라가 원전사업을 시작하면서 처음으로 받은 이 성적표는 아무리 잘봐줘도 낙제점에 해당하는 저조한 성적이었다. 1978년부터 1981년까지 원전운영은 50~60%의 낮은 이용률과 호기당 연간 7건의 높은 고장정지로 특징지을 수 있다. 이렇게 저조한 실적을 나타낸 데는 운영기술, 운전경험 등이 갖추어져 있지 않았기 때문이었다. 그러나 원전운영 5년째인 1982년부터는 비로소 본 궤도에 오르게 된다. 이용률은 1982년 73.5%를 기점으로 본격적인 70%대의 이용률시대를 열게 되었다. 세계원전의 경우 지금도 70%를 넘지 못하는 것을 감안하면 그당시 70%대에 진입한 것은 대단한 일이 아닐 수 없다.

고리원자력 2호기는 고리 1호기와 같은 가압경수로형(용량 650MW)을 채택하여 고리 1호기의 경험활용과 공사비 절감 등을 위해 주계약자인 Westinghouse사와 1976년 11월 원자로계통 설계 및 공급계약을 일괄도급방식으로 체결하여 1977년에 착공을 시작하였고 1983년 7월에 준공, 상업운전을 개시하였다. 이 공사에는 현대건설과 동아건설이 하도급으로 참여하여 시공분야의 기술을 축적하였다.

고리 2호기 기공에 앞서 1973년 정부는 에너지원 다원화에 유리한 천연우라늄 연료를 쓰는 캐나다의 가압중수로형(용량 678.7MW)을 채택한 월

성원자력 1호기의 건설계획을 확정하였다. 주계약자가 설계, 공급, 설치, 시운전 등 발전소 전반에 대한 책임을 지는 일괄발주방식으로 캐나다원자력공사(AECL)가 원자로계통의 설계와 공급을, 영국과 캐나다의 Parson사가 터빈발전기계통을 맡아 1977년 6월 착공, 6년후인 1983년 4월 고리 2호기보다 3개월 앞서 준공, 상업운전을 개시하였다.

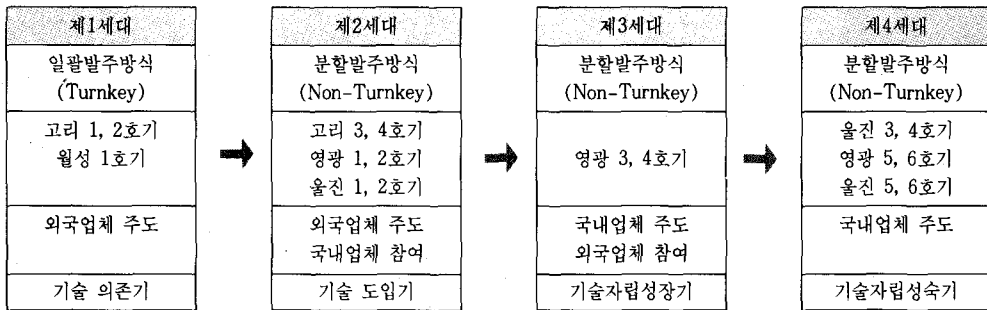
이 시기는 국내산업기술 수준이 원전설계나 기자재 제작에 참여하기에는 능력이 부족하던 때이므로 한전은 사업관리 및 시운전분야에 부분적으로 참여하여 경험을 축적하였으나 국산화율은 미미하여 고리 1호기는 8%, 고리 2호기는 13%, 월성 1호기는 14%를 기록하는데 불과하였다.

### 3. 국산화 제고와 기술 축적

1970년대 거세게 몰아닥친 유류파동을 경험하면서 국가 정책적인 차원에서 에너지원의 다변화를 모색하게 되어 고리원자력 3, 4호기에 대한 건설계획이 진행되었다. 이제까지의 원자력발전소 3기가 모두 일괄발주방식으로 건설된 600MW급인데 비하여 고리 3, 4호기부터는 사업자인 한전의 주도아래 분할발주방식(Non-Turnkey)을 채택하였으며 설비용량도 950MW급의 가압경수로로 대용량화하였다. 이것은 원전건설에 있어서의 국산화율 제고의 기술축적을 위한 조치였으며 경제규모의 확대에 따른 전력수요 증가를 감안한 원전개발계획을 반영한 것이었다.

고리 3, 4호기는 원자로계통 및 원전연료 공급은 Westinghouse사, 터빈발전기계통은 영국의 GEC사, 종합설계 및 감리는 Bechtel사와 각각 계약을 체결하였으며, 보조기기는 한전이 Bechtel사의 협조를 받아 직접 국내외 계약자로부터 구매를 추진하였다. 국내 하도급자로는 한국중공업(주)이 발전설비 제작에 참여하기 시작하였으며, 한국전력기술에서 현장 설계 및 감리 지원을 하는 등 설계분야에 인력을 대거 참여시켜 종합설계 국산화

<표 1> 원전건설 계약방식에 따른 변천



율을 37%로 향상시키고 기자재 국산화율은 29.4%를 달성하여 1985년 9월과 1986년 4월에 각각 준공, 상업운전을 개시하였다.

고리 2, 3호기, 월성 1호기 등 새롭게 가동된 원전설비의 잦은 고장으로 1987년까지 계속 호기당 3건 이상의 높은 정지율을 기록하였으나 1985년에 고리 2호기의 200일 무정지 연속운전을 달성한데 이어 1988년에는 고리 3호기의 304일, 영광 1호기의 395일 무정지 연속운전 등으로 우수한 운영성과를 남기기도 하였다.

영광원자력 1, 2호기는 고리 3, 4호기 건설에서 터득한 기술과 경험을 바탕으로 공기단축과 경제성 및 신뢰성을 높이고 기술자립을 위하여 한전이 주도한 사업으로서 주기기공급 및 설계기술 용역은 Westinghouse사와 Bechtel사와 계약을 체결하였으나 설계, 제작 및 시공 등 전분야에 걸쳐 국내기술진이 대거 참여하여 설계부분은 44%, 기자재 국산화율은 34.9%를 이룩함으로써 원자력발전소 건설 기술자립의 토대를 마련하였으며 1986년 8월 및 1987년 6월에 각각 준공되어 상업운전에 들어갔다.

울진원자력 1, 2호기는 종래 미국위주의 원전기술 도입에서 기술도입의 다원화와 정치, 경제, 기술협력 증진 등을 고려하여 프랑스의 설비를 도입하기로 하였다. 울진원자력 1, 2호기는 별도의 플랜트 종합설계계약이 없으며 1차계통(원자로계통)과 2차계통(터빈발전기계통)으로 구분하여 계약하고 각계통별 계약자가 설계업무를 담당하였다.

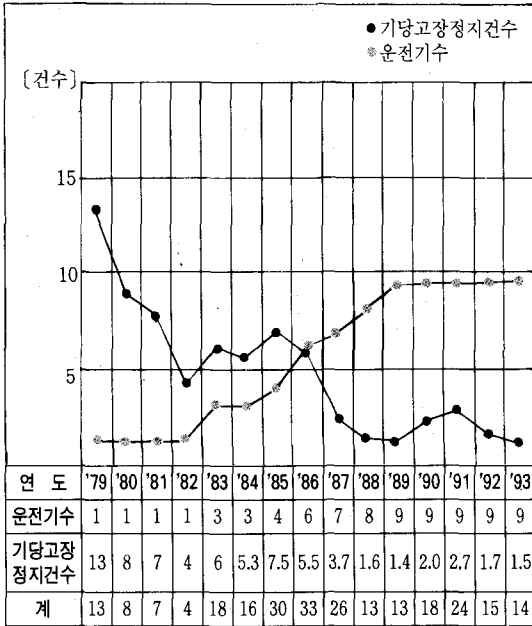
한국중공업은 전반적인 공사관리와 원자로계통기전공사에, 동아건설은 터빈발전기계통기전공사에 하도급으로 참여하였으며, 현장설계분야에서도 (주)한국전력기술이 참여하여 종합설계 국산화율을 46%, 기자재 국산화율을 40.15%까지 높였으며 시공분야는 완전히 기술자립을 하였다.

1990년 79.3%로 80%에 접근하던 이용률은 1991년부터 80% 이상의 고이용률 시대를 열었다. 발전정지 또한 철저한 예방정지와 노후, 취약설비의 교체 그리고 종사자의 자질 향상으로 1992년부터 호기당 2건 이하로 낮아져 원전운영이 선진 수준으로 정착하기 시작하였으며, 특히 1994년에는 이용률 87.4%를 기록하였는데 이는 1993년 87.2%로 세계 2위를 차지하였던 때보다도 높은 것으로 세계 평균 이용률 70.2%보다 무려 17.2%나 높은 것이다. 더구나 영광 1호기는 103%의 이용률로 전세계 가동중인 원전중에서 1위를 차지하면서 '93년 월성 1호기의 세계 1위에 이은 2년 연속 세계 1위를 기록하는 쾌거를 기록하게 되었다. 고장정지 또한 0.9건을 기록하여 1건 이하로 낮추는 성과를 거두었다(표 2, 3 참조).

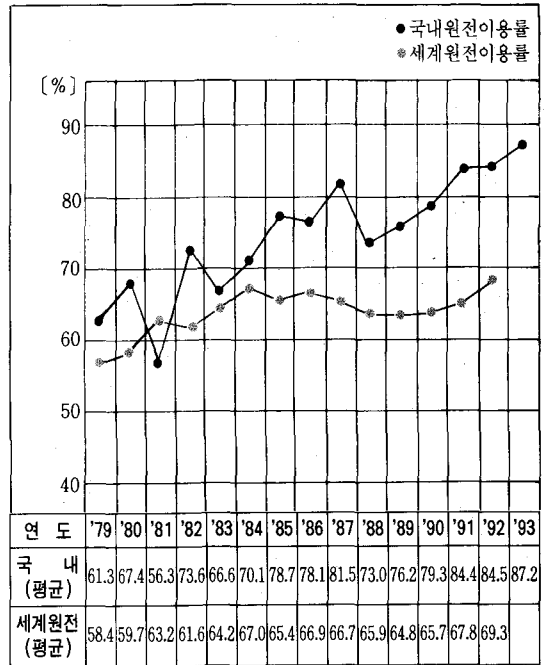
#### 4. 한국표준형 원자력발전소의 탄생

원전건설의 경우 '80년대 중반에는 전력예비율의 과다보유 등으로 5~6년여에 걸쳐 건설사업의 휴면기가 형성되었다. 그러던 중 '80년대 후반에

<표 2> 원자력발전소 불시정지건수



<표 3> 원자력발전소 이용률



들어서면서 경기호황과 문화생활 향상에 따른 전력수요의 폭증으로 전력공급의 한계에 이르러 원전건설의 필요성이 다시 대두되어 고리 1호기부터 울진 2호기까지 총 9기의 원전건설사업 및 운영중 축적된 경험과 전반적으로 향상된 국내산업 기술수준을 바탕으로 외국업체의 의존에서 과감히 탈피하고 국내주도의 원전건설사업을 이룩하기 위한 의욕적인 기술자립계획이 추진되었다.

1995년까지 원자력발전소의 설계, 시공, 감리 등 기술의 95%를 국내기술진이 수행할 수 있도록 국산화하는 계획이 추진되었으며 그 첫 사업이 영광 3, 4호기 건설계획이다. 미국 ABB-CE사의 SYSTEM-80 원자로를 모델로 하여 국내실정에 맞도록 안전성을 제고한 원자력발전소 설계 및 건설이 국내 관련기관 기술진의 참여하에 추진되었다.

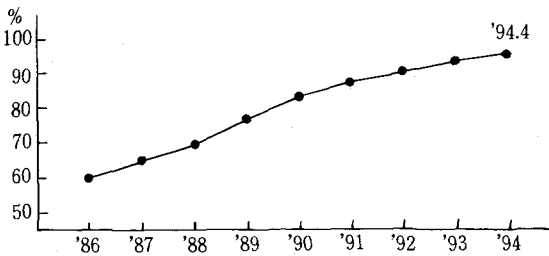
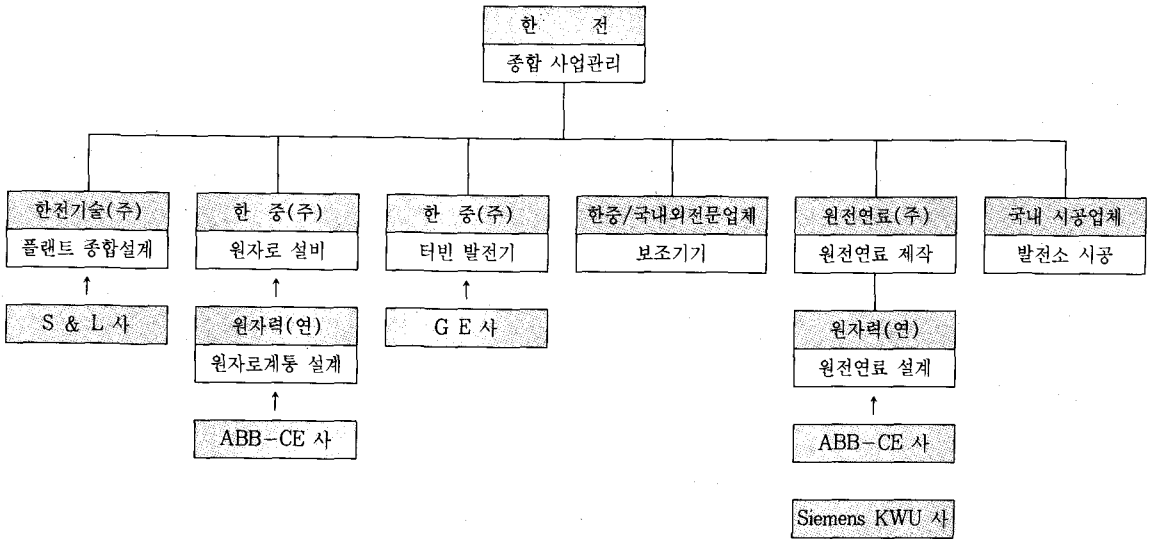
이러한 계획아래 추진된 영광 3, 4호기는 사업주인 한전이 종합사업관리를 수행하고 플랜트 종합설계용역은 한국전력기술(주)가, 주기기는 한국중공업, 원전연료는 한국원전연료(주)에서 공급하

도록 계약을 추진하고 시공부분은 건설경험이 풍부한 현대건설이 수행하게 되었다.

주기기 공급계약자인 한중은 원자로설비의 공급에 있어 원자로계통설계와 원자로설비설계/제작으로 구분하여 계통설계는 미국의 CE사 책임하에 한중이 설계업무에 참여하여 기술을 습득하고, 설계지원 및 자문으로 한국원자력연구소를 참여시켰으며, 기기제작분야는 계측제어, 원자로내부구조물, 원자로냉각재 펌프 등 특정분야를 제외하고는 대부분의 기기를 한중이 수행하였다.

또한 터빈발전기의 설계분야는 한중이 미국 GE의 지원을 받아 참여하였으며 기기제작분야는 여자기, 제어계통, 일부 터빈 블레이드를 제외한 대부분을 한중이 제작하였다. 영광 3, 4호기의 초기 노심 원전연료 설계 및 제조는 한국원전연료(주)가 CE사 책임하에 설계하고 한국원자력연구소가 참여하여 기술을 습득하였으며 연료의 제조는 한국원전연료(주)가 제작 공급하였다(그림 1 참조).

== 원자력 국산화 업무분장 ==



<그림 1> 원자력발전 기술자립도

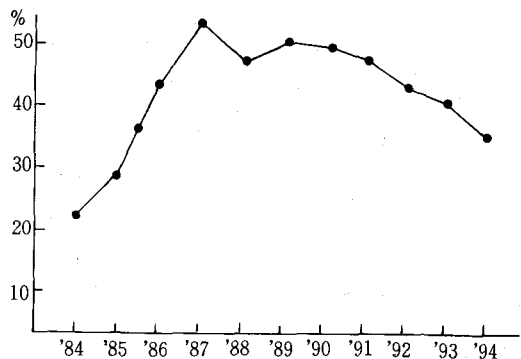
이렇듯 다양한 형태로 국내기술진들과 제작진들이 참여하여 설계하고 제작되어진 한국표준형 원자력발전소의 기준모델이 된 영광 3호기는 1989년 6월 착공되어 1994년 9월 원전연료를 장착하고 약 7개월간의 시운전과정을 거쳐 1995년 3월 31일 상업운전을 시작하게 된 것이다.

### 5. 원전사업도 세계화

해방 50년만에 처음으로 우리손으로 건설한 영광원자력 3호기를 성공적으로 준공하였으며, 2년 연속 우리의 원전이 이용률 1위를 차지하는 위업

을 달성하였고, 원자력발전소 가동 17년만인 1995년 2월 20일에는 총원자력발전량이 5000억kWh를 돌파하였다. 영광 3호기가 상업운전에 들어감에 따라 원전설비용량이 861만6천kW로 늘어났으며, 현재 계획중인 건설공사가 순조롭게 추진된다면 2006년에는 지금의 설비용량의 2배가 넘는 2041만6천kW로 늘어나 세계 4위권의 원전국가가 될 것이다(그림 2 참조).

무엇보다도 더 중요한 것은 우리의 기술과 능력으로 해외시장에 진출할 수 있게 된 것이다. 엄청난



<그림 2> 총발전량중 원자력이 차지하는 비중

난 잠재력을 지닌 중국을 비롯하여 동남아 시장은 물론 세계시장에서 우리의 능력을 발휘할 시기가 도래한 것이다.

## 6. 맺음말

세계의 원자력발전소는 1994년 12월말 현재 432기가 운전중, 48기가 계획중에 있으며 아시아의 여러 나라에서는 21세기를 겨냥하는 급속한 경제성장에 따른 에너지의 수요증가에 대비하기 위하여 원자력발전소의 신설 또는 증설계획이 의욕적으로 추진되고 있다.

발전설비는 건설에 장기간이 소요되기 때문에 전력을 안정되고 경제적으로 공급하기 위해 수요를 미리 예측하여 적정한 발전설비를 보유하고 있어야 한다. 따라서, 한전은 1993년부터 2006년까지의 장기 전력수급계획을 확정하여 총 13기(영광 4호기 포함)의 원자력발전소 건설을 진행중이거나 계획중에 있다.

사회가 다원화되고 개방화되면서 원전에 대한

요구 또한 다원화되고 높아지고 있다. 『원자력발전소 필요성 인정 85.5%, 추가건설 지지율 74.7%』 이것은 1993년 10월 한국갤럽이 조사한 원자력에 대한 국민의식조사 결과이다.

그러나 이러한 지지에도 원전사업에 대한 환경은 밝지만은 않다. 원전 신규부지 확보는 여전히 어려움에 처해 있으며 원자력폐기물처분장 부지선정을 둘러싼 주민과의 마찰이 심상치 않다. 국민적인 합의 없이 원전사업의 계속적인 추진은 어렵다는 것이 분명하다.

우리나라는 에너지 수요가 매년 급증하고 있으며 우리가 사용하고 있는 에너지의 95% 이상을 해외에 의존하고 있어 에너지의 선택과 확보문제는 가장 중요한 문제로 대두되고 있다. 원자력은 이 문제를 해결하면서 전력을 값싸게 공급할 수 있는 현실적인 에너지이다.

세계화의 기치를 걸고 모든 분야에서 열심히 뛰어나고 있는 지금이야말로 공동체 인식을 바탕으로 조금씩 양보하여 원자력 사업에 대한 국민적 합의를 이끌어 내야 할 때이다.

## ◁ 원자력 미니상식 ▷

(자료 : 이달의 원자력발전 '95.5)

### 가압경수형 원자로

**가** 압경수형 원자로는 2~4%의 저농축 우라늄을 연료를 사용하고 있으며, 냉각재와 감속재로는 물(경수)을 사용하고 있습니다. 원자로계통은 물이 원자로내에서 끓지 못하도록 약 150기압으로 가압되어 있으며 원자로 내에서 고온으로 가열된 물은 증기발생기로 보내져 2차측의 물과 열교환을 통해 증기를 발생시키게 됩니다. 열교환을 거친 1차계통의 물은 다시 원자로내로 순환되어 가열된 후 증기발생기로 보내지는 과정을 반복합니다. 우리나라에서는 고리, 영광, 울진 원전과 한국 표준형 원전이 가압경수로형입니다.

### 가압중수형 원자로

**가** 압중수형 원자로를 천연우라늄을 연료로 하고 중수를 감속재와 냉각재로 사용하고 있습니다. 가압중수로는 캐나다에서 개발한 CANDU형이 주종을 이루고 있으며 원자로계통은 약 110기압 정도로 가압되어 중수의 비등을 막고 이곳에서 가열된 물은 증기발생기로 보내진 후 2차측의 물과 열교환을 통해 증기를 발생시키도록 되어 있습니다.

우리나라에서는 월성원자력발전소가 이러한 형식으로서, 특히 중수로는 운전중에 연료를 교체할 수 있는 장점을 갖고 있습니다.