

건설추진

현황과 전망

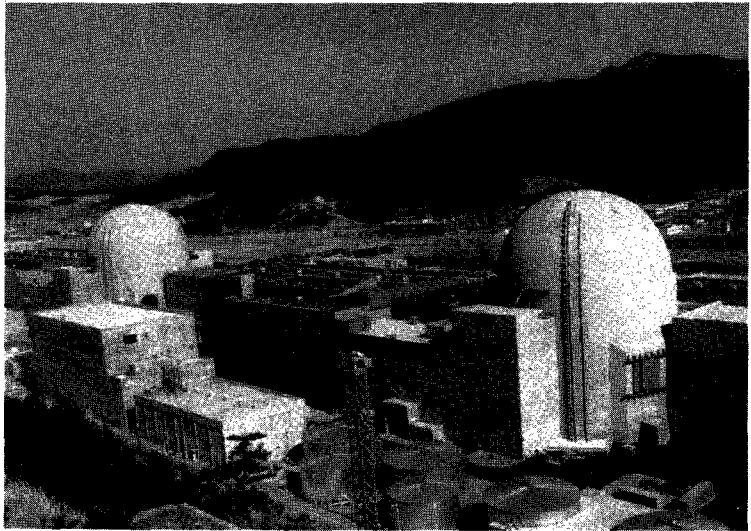
## 영광원자력 3·4호기

영

광 3, 4호기는 '90년대 중반기의 안정적인 전력공급을 위해 원전기술자립의 기반 구축과 국산화율 제고를 목표로 국내 선행 원전건설과는 다르게 국내업체 주도로 건설되는 최초의 원자력 발전소이다.

1985년 6월 영광 3, 4호기에 대한 기본계획이 확정된 이후 10년만인 1995년 3월 31일을 기해 우리 주도로 건설한 영광 3, 4호기 중 그 첫호기인 3호기가 성공리에 상업운전을 개시함으로써 국내의 총 발전설비용량은 3천만kW를 돌파하게 되었다.

이로써 전체 설비용량중 원자력발전의 비중은 28%를 점유하여 1978



영광 3, 4호기 전경

년 4월 고리 원자력발전소 1호기를 준공하여 '제3의 불'인 원자력 시대를 개막한 이후 17년만에 우리는 원자력 기술자립이라는 새로운 도약의 시대를 맞이하게 되었다.

영광 3호기와 1년의 공기차이로 인접에 건설되는 영광 4호기는, 3호기에서의 경험과 기술축적을 바탕으로 순조롭게 공사를 진척시켜, 1995년 5월말 현재 약 2개월 가량 건설과 시운전 공정이 조기 진행되고 있다.

6월초 정부의 운영허가를 받아 연료를 장전하고 순조롭게 시운전 시험이 진행된다면, 금년도 하계 전력피크

시기인 7~8월경에는 시운전 출력으로 약 20~50만kW의 전력을 생산할 수 있다.

따라서 '95년 하계 전력수요 충족에 크게 기여할 것으로 기대되며, 전반적인 공정도 약 2~3개월 단축이 가능할 것으로 예상된다.(영광 3호기는 6월 3일 최초 핵연료장전을 개시했다 편집자註)

한국 표준형 경수로 원자력발전소의 기본 모델로서 영광 3호기 건설사업의 발자취와 성공적 가동의 의미, 그리고 4호기의 건설추진현황과 앞으로의 계획을 전망해 본다.



민 계 홍

한국전력공사 원자력건설처  
사업관리역

**영광 3, 4호기건설의 특징과 의의**

우리나라의 원전건설사업은 초창기인 70년대 초에는 외국업체와의 일괄도급방식으로 출발하였으나, 70년대 후반부터는 한전이 사업관리를 주도하고 외국업체에 분할발주하는 형식으로 건설방식을 발전시켜 왔으며, 대규모의 설계전문인력을 해외에 파견시켜 원전 종합건설 능력의 배양과 지속적인 기자재의 국산화 추진으로 국내산업체의 기술능력을 크게 높인 바 있다.

이와 같은 원전건설경험과 기술축적을 토대로, 영광 3, 4호기부터는 한전의 총괄사업관리 책임하에 국내업체를 주계약자로 하여, 외국업체를 핵심분야의 하도급업체로 참여시키는 방식으로 과감히 개선함으로써 국내업체의 기술자립을 병행 추진하였다.

영광 3, 4호기 건설사업의 주요참여 업체로는 한전의 종합사업관리하에서, 한국전력기술(주)가 발전소 종합설계를, 한국중공업(주)가 원자로 및 터빈계통 등 주요기기의 제작, 공급을 담당하였고, 한국원자력연구소는 원자로계통 및 원전연료의 설계를, 그리고 한국원전연료(주)는 원전연료의 제작, 공급을 담당하였으며, 현대건설(주)가 시공을 맡았다.

이외에도 발전소 설계 및 주기기의 제작기술 제공을 위하여 미국의 Sargent & Lundy사, Combustion Engineering사 및 General Electric



영광 3호기 중앙제어실(MCR)

사 등이 하도급업체로 참여하였다.

영광 3호기는 '89년 6월에 착공한 이래 5년 10개월간의 공사기간중 여러단계의 시험과 정부규제기관의 엄격한 검사과정을 거쳐 품질과 안전성을 확인하였다.

특히 지난 7개월간의 시운전 기간동안에는 각종 설비와 계통의 성능확인 시험과 100% 전출력 상태에서 최종 인수성능 시험을 마치고 1995년 3월 31일 정상가동에 들어가게 된 것이다.

단위기 용량으로는 국내최대인 100만kW급 용량의 영광 3, 4 호기는, 선진 구미국가들의 원전 신규발주가 없던 여건속에서, 최신의 선진국 설계 기준과 미국 규제기관의 안전규제 요건에 맞추어 건설된 최신기술의 발전소이다.

본 사업의 특성은 원자력발전소의

건설사업과 기술자립을 병행 추진하는 사업으로, 부가가치가 높은 원자력 에너지를 준국산 에너지화하여 에너지 자립을 이룩하고자 하는 것이다.

이에 따라 한전이 전체사업을 총괄 관리하고, 국내업체는 기술 취약분야에 대해서만 외국업체의 지원을 받도록 함으로써, 사업에 소요되는 자금중 외자 의존도를 17% 정도까지 대폭 축소시켰다.

또한 외국계약자의 설계업무를 국내에서 국내계약자와 공동 수행하도록 함으로써, 설계품질의 향상은 물론 국내에 각종 설계 기초자료가 남도록 하여 설계기술의 습득을 극대화하고, 모든 설계자료의 축적을 제도적으로 마련토록 하였다.

아울러 설계 표준화를 통하여 원자력발전소 설계의 국산화를 적극 추진

토록 하였으며, 기자재 국산화율도 74%로 대폭 증대시켜 국내 관련산업 발전에 기여토록 하였다.

이번에 영광 3호기가 준공됨으로써 우리나라는 현재 4곳의 원전단지에서 총 10기의 원자력발전소를 운전하고 있으며, 원전설비용량은 총 861만6천 kW(총 설비용량의 약 28%)로 늘어나게 되었다.

이러한 사업의 특성과 의의를 가진 영광 3호기가 성공적으로 상업운전을 개시함으로써 그동안 제기 되어온 안전성에 대한 논란을 불식시키는 계기가 되었다.

또한 우리나라의 원전건설능력과 기술자립을 대내외에 과시하게 되었고, 국내 원전산업의 국제경쟁력 강화로 원전기술의 해외진출에도 큰 성과를 가져올 것으로 예상된다.

특히 북한이 한국 표준형 경수로의 안전성에 의구심을 제기하는 시점에서 영광 3호기가 성공적인 상업운전에 돌입하게 된 것은, 대북 경수로 지원사업에도 긍정적인 효과를 가져올 것으로 기대된다.

### 여러 논란 이기고 건설 본격추진

사업초기에는 일부 국민과 언론으로부터 용량과 노형선정 등에 대한 여러가지 논란사항이 제기되어 어려움 점이 많았다.

특히 세계원전시장의 침체속에서 치열한 국제 경쟁입찰에서 탈락한 경

쟁사의 일방적인 비방성 주장이, 당시의 정치·사회적 민주화 분위기와 반핵운동 등과 상승작용을 하여 국회 및 언론 등에서 집중 거론됨으로써, 영광 3, 4호기의 안전성과 신뢰성에 대한 부정적인 시각을 표출시키기도 하였다.

그러나 이러한 주장은 국내의 전문기관의 철저한 안전성 검토와 건설 및 시운전 과정을 통하여 근거없는 것으로 확인되기도 하였다.

영광 3, 4호기의 구조물 공사가 본격적으로 진행되던 1990년 당시의 국내 건설경기는 주택건설의 집중 등으로 과열상태에 있었다.

이에 따른 노무인력의 부족현상으로 현장공사 추진에 많은 어려움이 있었고, 건설공정이 부분적으로 일부 지연되고 있었다.

따라서 이를 만회하기 위하여 '91년 3월부터 약6개월간은 모든 관련사 현장조직이 매일 아침 6시부터 함께 공정축진회의를 개최하여 만회계획을 점검하는 등 공정 독려에 총력을 다 하였다.

그 결과 주요기기인 3호기 원자로 용기 및 증기발생기를 원계획대로 '91년 12월에, 원자로 냉각재 펌프는 '92년 1월에 설치함으로써 배관과 전기설비 등 후속 기전공사의 추진에 차질이 없도록 하였다.

순조롭게 진행되던 건설사업은 '92년 10월 30일에 4호기 가압기 등 일부 기자재가 해상운송 도중 기상악화

로 발전소 앞바다에서 침수되는 사고가 발생, 전체 사업공정이 위기에 봉착하였으나, 전문 기술진의 정밀검사 결과 다행히 손상정도가 경미하여 공정에 영향없이 수습이 가능하였다.

이 사고는 안전의 중요성을 다시 한번 되돌아 보게 하는 계기가 되었다.

이러한 여러가지 어려운 난관을 뚫고 원계획보다 약 3주정도를 앞당긴 '93년 11월에는 발전소 상온수압시험(Cold Hydro Test)을 실시하였으며, '94년 1월에는 원자로 격납건물에 대한 구조물 건전성 시험(SIT)과 종합누설률 시험(ILRT)을 실시하여 원자로 건물의 구조적 건전성과 기밀성을 확인하였다.

'94년 3월에는 모든 단위기기와 설비의 시운전 시험(Pre-operational Test)을 완료하고 고온기능시험을 착수하였다.

고온기능시험이란, 원전연료를 원자로내에 장전하기 전에, 원자로 냉각재 펌프의 가동에 의한 기계적인 열을 이용하여, 정상운전때와 동일한 온도와 압력조건을 만들어, 발전소의 제반설비와 기능을 최종적으로 점검하는 시험으로서, 각 계통별 시운전 시험이 모두 완료되어야만 수행할 수 있는 종합시험이다.

특히 '94년 5월 6일에는 원자로 냉각재 펌프 가동으로 얻어진 열로 생산한 증기를 이용, 터빈발전기를 정격회전수까지 회전시켜 발전한 전력을 약 10분 동안 전력계통으로 송전하는

계통병입시험도 성공적으로 수행함으로써 전기설비의 건전성도 함께 확인할 수 있었다.

이로써 최초 국내주도형의 영광 3호기는 '94년 5월 21일에 고온기능 시험을 성공리에 마침으로써 연료장전과 본격적인 가동에 앞서 가장 크고 어려운 관문을 통과한 셈이 되었다.

### 3호기 운영허가 취득

고온기능시험이 끝나고 난 후 연료장전 기기와 연료이송계통 등에 대한 최종점검과 준비를 마무리하였으나, 때마침 반원전 단체와 주변지역으로부터 사업초기의 안전성 논란 재연과 부실 시공 주장 등 많은 민원이 제기 되는 어려운 상황이 전개되었다.

그러나 본사와 현장의 관련 책임자들이 이에 적극 대처하여 반원전 단체와의 토론회 개최, 부실시공 주장부분에 대한 숨김없는 해명 등의 노력을 경주한 끝에, '94년 9월 9일 제 235차 원자력위원회에서 영광 3호기 운영허가가 의결되었다.

이로써 '89년 6월 착공된 영광 3호기는 5년 3개월간의 건설공사를 마무리 짓고, 국내에서 10번째로 건설된 원자력발전소로서 최초연료를 장전하게 되었다.

'94년 10월 13일에는 드디어 원전 연료를 이용하여 연쇄반응에 의한 원자력에너지를 생산하는 원자로 초임계(Reactor Initial Criticality)에 도

달하였다.

초임계 도달 이후에는 영출력(Zero Power)에서부터 원자로의 안전성을 확보하기 위한 제반 특성시험을 출력 단계별로 수행하였다.

'94년 10월 30일에는 원자력출력 10%단계에서 생산된 전력을 전력계통에 보내는 시송전을 필두로 전력생산을 시작하였다.

이후 출력상승과정에서 여러가지 시험을 성공적으로 마치고 마침내 '95년 2월 4일 전기출력 100%에 도달함으로써 원자로 및 터빈계통을 포함한 전체설비의 안전성과 신뢰성을 입증하게 되었다.

100% 출력상태에서 약 1개월여동안 계획된 제반시험을 마무리하였고, 보름정도의 간이정비를 거친 후 '95년 3월 20일부터 10일간에 걸친 최종 성능보증시험을 완료함으로써, 드디어 '95년 3월 31일 역사적인 영광 3호기 상업운전을 개시하게 된 것이다.

### 최적화 사업관리와 기술자립추진

장기간의 건설공사와 막대한 공사비가 투입되는 원자력발전소의 경제성제고를 위하여 영광 3, 4호기는 공정관리와 공사비 관리에 전산시스템을 도입, 사업관리의 최적화를 도모하였다.

내부적으로 목표 공사비를 설정하여 매년 예상 총공사비를 재검토 분석함으로써 공사비 증가요인을 사전에

도출시켜 집중 관리하는 등 사업관리를 철저히 수행한 결과, 당초 예상 총공사비 3조3천억원의 약 10% 가까이 절감 가능할 것으로 전망된다.

영광 3, 4호기는 건설사업 수행과 기술자립 추진을 병행하는 특성을 가진 사업임은 앞에서 설명한 바와 같다.

정부는 원전 경제성 제고방안(동력자원부 '84. 7)의 일환으로 「원자력 발전 기술자립 촉진대책」을 수립 추진키로 하고, 영광원자력 3, 4호기와 동일기종의 원전을 주어진 공기 및 예산 범위내에서 품질요건에 맞게 독자설계, 제작, 건설할 수 있는 기술능력의 95%를 1995년까지 확보한다는 기술자립 목표를 수립하였다.

따라서 영광원자력 3, 4호기를 통한 기술자립을 위해, 주계약자를 외국 업체에서 국내업체로 변경하여, 기술자립 위주의 공급계약 체결, 별도의 기술전수 계약 체결 및 업체별 수행업무 분담체계를 구축하였다.

기술자립 달성기간을 단축하고 국내기술인력, 설비 등 제한된 자원의 효율적인 활용 등을 위해 역할을 분담하여 추진하였는데, 관련사별 부담분야는 다음과 같다.

- 한국전력공사: 종합 사업관리 및 시운전
- 한국전력기술(주): 플랜트종합설계
- 한국중공업(주): 원자로설비, 터빈발전기 기기설계 및 제작

- 한국원자력연구소: 원자로 계통 설계 및 초기노심설계
- 한국원전연료(주): 원전연료 제조
- 국내시공업체: 토건 및 기전 설비공사

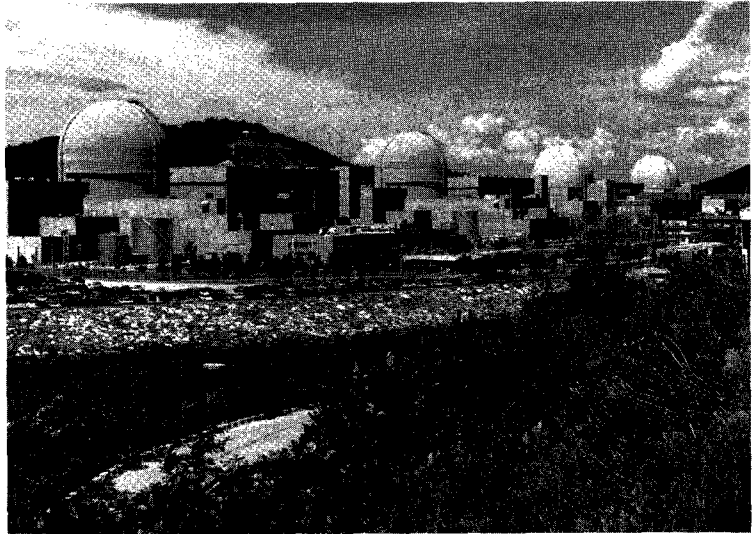
추진방법으로는 기술도입계약을 통해 원전건설에 필요한 모든 전산코드 및 기술자료를 도입하였고, 국내외 교육훈련을 통해 기술인력을 양성하여 영광 3, 4호기 설계, 구매, 제작 및 건설업무를 직접 수행함으로써, 도입기술의 소화, 흡수를 도모토록 하고 있으며, 사업수행만으로 습득이 어려운 분야 및 취약기술분야는 자체 기술개발 업무수행을 통해 극복하고 있다.

실질적인 기술자립 추진 개시점인 1986년말 기준 자체평가한 종합기술 자립률은 약 60% 정도였으나, 1994년말 기준으로 94%로 평가되었으며, 목표인 1995년도 95%는 무난히 달성될 것으로 전망된다.

#### 4호기, 3개월 공기단축

지난 3월말부터 정상가동에 돌입하여 현재 성공적으로 전출력 운전을 하고 있는 3호기와 1년의 시차를 두고 공사를 추진하고 있는 4호기는 '95년 5월말 현재 순조로운 공정 진행을 보이고 있다.

현재의 공정진도로 볼 때 계획준공일보다 3개월 단축된 '95년 12월말 준공 가능성이 한층 높아졌다고 할 수



영광 1, 2, 3, 4호기 전경(左부터)

있다.

후행호기의 경우, 설계과정의 반복 및 기자재 공급기간의 단축과 건설 및 시운전 참여인력의 선행호기 경험축적을 바탕으로 한 품질확보와 철저한 시공관리를 통하여, 선행호기에 비하여 공기단축은 물론 안전성 확보에도 만전을 기할 수 있게 된다.

4호기는 주요공정중 하나인 원자로 및 터빈계통의 건전성을 확인하는 고온기능시험을 계획보다 2개월여 조기 착수하여, 2월 13일부터 41일간에 걸쳐 수행하였다.

6월초에 정부로부터 운영허가를 취득하고 연료장전을 마치게 되면, 약 7개월간(3호기의 경우 6, 7개월이 소요되었다)에 걸쳐 출력상승시험을 수행할 계획이다.

'95년 12월로 예정된 4호기 최종 성능시험을 통해 원자로 및 터빈발전기의 성능이 확인되면, 1989년 6월에 착공된 한국표준형 경수로 원자력발전소의 기본모델인 영광 3, 4호기의 건설은, 계획보다 3개월 단축된 6년 7개월만에 마침내 우리 기술, 우리 힘으로 완공을 해내게 된다.

영광 3, 4호기의 성공적인 준공은 우리나라 30여년 원자력사에 한 획을 긋는 중요한 의미를 갖고 있다.

우리나라 기술진이 주축이 되어 첨단기술과 고도의 안전성이 요구되는 대용량 원자력발전소를 성공적으로 완성했다는 사실에 대하여, 우리 모두 무한한 긍지와 함께 우리의 저력을 다시 한번 느낄 수 있을 것이다. ☞