

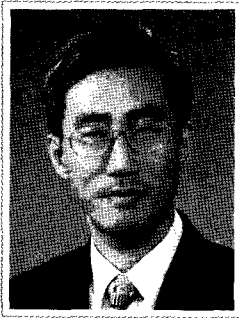


# 울진 원자력 4호기 준공

## 의의와 건설 경위

김 정 차

한전 원자력건설처 처장



**우** 리 나라 원전 건설 역사의 큰 이정표가 될 한국 표준형 원전 울진 4호기의 준공식이 2000년 2월 24일 경북 울진의 울진 원자력본부 구내에서 박태준 국무총리, 김영호 산업자원부장관 등 중앙 인사와 이의근 경북도지사, 신정 울진군수 및 지역 주민이 참석한 가운데 거행되었다.

지난 1998년 8월 준공된 최초의 한국 표준형 원전인 울진 3호기에 이어 두 번째 한국 표준형 원전 울

진 4호기가 이번에 준공됨으로써, 1992년 5월 본관 기초 굴착을 시작한 이래, 7년여의 긴 시간을 거쳐 마침내 우리 기술로 지은 최초의 한국 표준형 원전 건설 사업이 완료되었다.

한국 표준형 원전인 울진 4호기는 100만kW급 가압 경수로형 원전으로 최신의 기술 기준과 안전 설비를 적용하고 인간 공학 개념을 적용하여 최적 운전 설비를 갖추으로써 뛰어난 안전성을 확보하였으며, 최신의 방사성 폐기물 감용 설비를 설치함으로써 폐기물 발생량을 선행 호기의 1/8 수준으로 감소시켰다.

기술 자립 달성과 반복 건설로 건설 기간을 단축, 경제성을 확보함으로써 국제 경쟁력을 갖춘 울진 4호기는 연간 약 70억kWh의 전력을 생산하여 2000년대 전력의 안정적인 공급뿐만 아니라, 준국산 에너지인 원자력의 이용을 더욱 증대함으로써 국제 수지 개선에도 크게 기여

할 것으로 기대된다.

뿐만 아니라 날로 환경의 중요성이 강조되고 있는 현실에서 원자력은 청정 에너지로서 이산화탄소 발생량이 석탄의 1/36에 불과하여, 이산화탄소 배출량을 규제하는 교토 기후변화협약에 대비하여 크게 기여할 것이다.

최초의 한국 표준형인 울진 원자력 3·4호기는 연인원 약 1,200만 명이 투입되는 대단위 공사로 사업의 종합 관리와 시운전은 한전이, 설계는 한국전력기술(주), 주기기 제작은 한국중공업(주), 핵연료는 한전원자력연료(주)가, 그리고 시공은 동아건설산업(주)와 한국중공업(주)가 수행하였다.

울진 3·4호기는 2000년대의 안정적인 전력 수급과 KEDO 원전의 성공적인 사업추진에 크게 기여할 것으로 확신하면서 한국 표준형 원전 울진 4호기의 준공 의의와 건설 경위를 살펴보고자 한다.



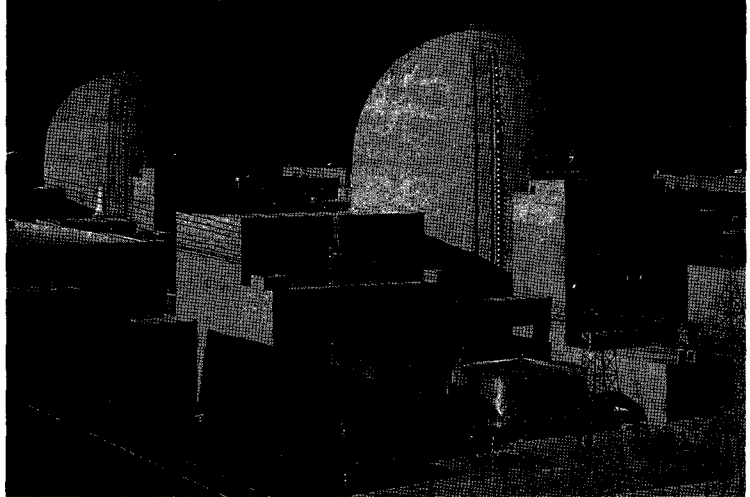
**월성 3·4 호기 건설 사업 운영**

**1. 사업 내역**

- 위 치 : 경북 울진군 북면 부구리 84-4
- 설비 용량 : 100만kW급×2기
- 원자로형 : 가압 경수형 원자로(PWR)
- 건설 공기 :
  - 3호기 - 1992.5~1998. 8(본관 기초 굴착 ~ 상업 운전)
  - 4호기 - 1992. 5 ~ 1999. 12. (본관 기초 굴착 ~ 상업 운전)
- 종합 사업 관리 : 한국전력공사
- 종합 설계 용역 : 한국전력기술(주)
- 주기기 공급 : 한국중공업(주)
- 시공 :
  - 토건 공사 - 동아건설산업(주)
  - 기전 공사 - 한국중공업(주)
  - 시운전 지원 공사 - 한국중공업(주)
  - 시운전 보수 공사 - 한전기공(주)
  - 비파괴 검사 - 유양진흥개발(주)

**2. 사업 추진 경위**

울진 4호기는 '1993년 11월 1일 최초 콘크리트를 타설한 이래 어려운 여건 속에서도 구조물 공사 및 기전 공사가 순조롭게 진행되어 원자로 설치 및 격납 건물 축조 완료 등을 적기에 달성하였으며, 완벽한 시운전 시험을 통하여 발전소의 안전성과 신뢰성이 확보됨으로써



울진 원자력 3·4호기. 기술 자립 달성과 반복 건설로 건설 기간을 단축, 경제성을 확보함으로써 국제 경쟁력을 갖춘 울진 4호기는 연간 약 70억kWh의 전력을 생산하여 2000년대 전력의 안정적인 공급뿐만 아니라, 준국산 에너지인 원자력의 이용을 더욱 증대함으로써 국제 수지 개선에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

1999년 12월 31일 상업 운전을 개시하게 되었다.

사업 추진 과정중의 주요 수행 업무를 순서대로 정리하면 다음과 같다.

- 1989. 4.24 : 전원 개발 계획 확정(동자부)
- 1989. 5. 2 : 건설 기본 계획 확정 (한전 이사회)
- 1990. 4.12 : 사업 추진 세부 계획 확정
- 1990. 7.19 : 울진 3·4호기 건설추진계획 제225차 원자력 위원회 의결
- 1990. 7.19 : 발전 설비 제조업의 산업 합리화 기준 변경 (안) 경제 장관 회의 의결

- 1990. 7.21 : 공급 제의 요청서 발급
- 1990.10.31 ~ 1991. 4 : 공급 제의서 접수 및 평가
- 1991. 6. 7 : 부지 사용 승인 신청 (과기처)
- 1991. 7.22 : 주기기 및 종합 설계 용역 계약 체결
- 1991. 8.30 : 주설비 공사계약 체결
- 1991. 9. 6 : 환경 영향 평가서 (ER) 제출 (과기처)
- 1991.10.31 ~ 11. 1 : 울진 3·4호기 사업 착수 회의 개최
- 1991.11.27 : 전기 설비 설치 허가 신청 (전기사업법)
- 1991.11.28 : 건설 허가 신청

(원자력법)

- 1992. 2.25 : 제34차 KINS 안전심의회 개최
- 1992. 3. 9 : 부지 사전 승인 조건부 승인 (과기처)
- 1992. 3. 9 : 부지 사전 승인 (LWA) 관련 신청서 제출 (과기처)
- 1992. 4. 1 : 건축 허가 신청 (울진군청)
- 1992. 4. 8 : 토지 형질 변경 허가 취득
- 1992. 4.14 : 건축 허가 취득
- 1992. 5. 6 ~ 5. 9 : 제1차 사업 추진 회의(PRM) 개최
- 1992. 5.14 : 제한 공사 승인 (LWA) 관련 KINS 원자력안전심의회 개최
- 1992. 5.23 : 제한 공사 승인 (LWA) 관련 과기처 원자력안전전문위원회 개최
- 1992. 5.25 : 제한 공사 승인 (LWA) 취득
- 1992. 5.27 : 울진 3·4호기 기공식 및 본관 기초 굴착 공사 착공
- 1993. 6.30 : 비파괴 검사 영역 계약 체결
- 1993. 7.16 : 건설 허가 취득 (과기처)
- 1993.11. 1 : 4호기 최초 콘크리트 타설
- 1994. 4.29 : 격납 건물 철판 설치 착수

연 도	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
계 약 체 결	● (7)								
기초 굴착 착수		● (5)							
건설 허가 취득			● (7)						
최초 콘크리트 타설			● (11)						
원자로 용기 설치					● (11)				
전 원 가 압						● (9)			
상온 수압 시험							● (12)		
고온 기능 시험								● (4)	
핵연료 장전								● (10)	
상업 운전									● (12)

〈그림〉 울진 4호기 사업 추진 주요 일정

- 1995. 5.29 ~ 6. 9 : 울진 3·4 국제원자력기구(IAEA) 안전성 평가
- 1995.11.23 : 4호기 원자로 설치
- 1996. 8.16 : 원자로 건물 축조 완료
- 1996. 9.20 : 시운전 전원 가압
- 1997.12. 9 : 상온 수압 시험 완료
- 1998. 5.30 : 고온 기능 시험 완료
- 1998.10.29 : 최초 연료 장전
- 1998.12.14 : 최초 임계 도달
- 1998.12.28 : 최초 발전 개시
- 1999. 4. 8 : 종합 성능 시험 완료
- 1999.12.31 : 상업 운전 개시

**3.주요 공정 적기 달성**

울진 4호기는 최초 콘크리트 타설에서 상업 운전 개시까지 사회적인 3D 기피 현상, 원전 부지 특성상 오지로 말미암아 기능인력 확보난 등의 어려운 여건에도 불구하고 전종사자의 헌신적인 노력으로 주요 공정을 적기에 달성하였다.

사업 추진 주요 일정은〈그림〉과 같다.

**울진 4호기 준공의 의의**

울진 4호기가 준공됨으로써 우리나라 최초의 한국 표준형 원전 건설 사업인 울진 3·4호기 건설 사업이 성공적으로 마무리되었다.

원전을 도입한 1970년부터 원전



건설의 기술 자립을 위해 헌신적으로 노력한 결과, 현대 산업 기술의 총화인 원전 건설의 기술 자립으로 최초 한국 표준형 원전인 울진 4호기의 준공되어 우리 나라 전력사에 하나의 획을 그었으며, 원전 전종사자뿐 아니라 온 국민이 우리 나라의 성장된 원전 기술력에 자긍심을 갖게 되었다.

이 성공이 가지는 의미 또한 여러 가지로 많겠지만 크게 세 가지로 나누어 말할 수 있다.

### 1. 전력 공급원으로서 원자력 발전의 역할 확대

울진 3·4호기가 모두 준공됨으로써 우리 나라는 운전중인 원전이 16기로 늘어났으며 시설 용량은 1,371만 6천kW가 되어, 우리 나라 전체 발전 설비 4,697만 8천kW의 약 29%를 원자력이 차지하게 되었다.

또한 우리 나라 발전량의 40% 이상을 원자력이 담당하게 되어, 원자력 발전은 앞으로도 계속해서 우리 나라의 주요 발전원으로 중추적인 역할을 하게 될 것이다.

부존 자원이 부족한 우리 나라로서 준국산 에너지원인 원자력 발전의 역할 확대는 에너지 소비 분야에서 국제 수지 개선, 에너지 안보 차원은 물론 안정적인 전력 공급을 통하여 경제 재도약의 확실한 발판 역할을 하게 될 것이다.

원자력은 기술 집약형인 준국산

에너지로서 유류·석탄·LNG 등 수입 에너지를 대체할 수 있어 외화 절감 효과가 크며 국가 경제의 원동력으로서 큰 역할이 기대되는 에너지원이다.

현재 국내에서 운전중인 16기 원전(1,371만kW)의 발전으로 인한 연간 약 40억달러의 수입 에너지(LNG) 대체 효과가 기대된다.

### 2. 한국 표준형 원전 건설 사업의 지속적인 추진

국내 원전 건설 사상 처음으로 설계에서부터 전분야에 걸쳐 국내 기술진에 의해 완벽한 품질과 성능을 갖춘 원전으로 건설됨으로써 관련 산업 기술을 향상시켜 경쟁력 확보에 크게 기여하였고, 각종 최신 규제 요건 및 신기술 등을 반영하여 선진화된 우리 원전 기술을 보유하게 되었다.

특히 안전성 분야에서 안전 감압 장치·비상 발전기 등 안전 설비를 강화하고 노심 손상 확률을 미국 원전의 10분의 2 수준으로 개선하였으며, 인간 공학 개념에 의한 운전 제어 설비 채택으로 인적 실수에 의한 사고율을 극소화하여 원전의 신뢰성을 제고시켰다.

1995년 6월에는 국제원자력기구(IAEA)의 안전성 평가(평가단장 : Dr. Morris Rosen)에서 그 우수성을 인정받아 한국 표준형 원전에 대한 국내의 공신력을 확보하는 근거

를 마련하였다.

최초 한국 표준형 원전의 성공적인 준공은 값싸고 안정적인 전력원 확보 및 최근 국가적 경제 위기 극복의 중추적 역할 수행으로 대국민의 원전에 대한 위상을 확립하는 큰 전환점이 될 것으로 기대가 모아지며 그 동안 원전 기술 수입국에서 수출국으로 당당히 발돋움할 수 있게 되었다.

현재 울진 3·4호기와 같은 한국 표준형 원전으로서 영광 5·6호기 및 울진 5·6호기가 건설중에 있다.

울진 3·4호기의 성공적인 건설과 운전을 통해 후속 사업에 대한 국내외의 신뢰성이 더욱 공고해짐으로써 계속되는 한국 표준형 원전의 건설은 물론, 그 뒤를 이을 차세대 원전의 개발 및 건설에도 더욱 박차를 가할 수 있는 계기가 될 것이다.

### 3. KEDO 원전 사업 및 한국 표준형 원전 세계 진출 가능성 제고

1996년 3월 KEDO의 북한 지원 원전 건설의 주계약자로 한전이 공식 지정되고 한국 표준형 원전이 모델 발전소로 선정되어 함경남도 금호 지구에 건설중인 KEDO 원전의 참조 발전소인 울진 3·4호기가 모두 성공리에 완공됨에 따라 한국 표준형 원전 건설을 통한 우리의 원전 기술력을 세계 각국에 확고히 인식

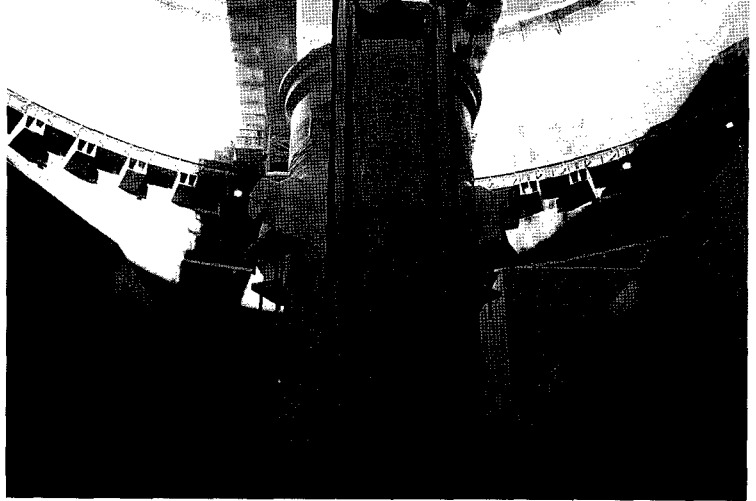
시키게 되었으며, 또한 우리의 원전 기술이 중국 등 해외 국가로 진출할 수 있는 완전한 준비를 갖추게 되었다.

무한 경쟁 시대에서 우리 나라가 선진국으로 도약할 수 있는 유일한 길은 국제 경쟁력을 갖춘 기술력 확보라는 것을 인식해 볼 때 한국 표준형 원전의 기술 자립으로 이룩한 높은 국제 경쟁력은 세계 원전 시장에서 상대적 우위를 선점하리라 확신하며, 우리 원전 전종사자는 이에 만족하지 않고 후속하여 반복 건설되는 표준형 원전 건설에서 안전성·신뢰성, 그리고 경제성이 보다 더 제고될 수 있도록 부단히 노력해야 할 것이다.

### 울진 4호기 건설 경위

한국 표준형 원전 울진 3·4호기는 1989년 4월 확정된 장기 전력수급 계획에 따라 사업을 착수하여 1990년 7월 원자력위원회에서 이를 의결하였고, 1991년 8월 주설비공사 계약을 하고 1992년 5월 제한공사 승인을 취득함으로써 대역사의 첫 삽을 뜨게 되었다.

울진 4호기는 설계·제작·시공 및 시운전을 국내 업체가 수행함으로써 국내외의 많은 관심과 기대를 받기도 하였지만 사업의 추진 과정에서 많은 어려움도 우려되었으며, 특히 사업 추진 과정중 대북 경수로사업의



울진 원자력 4호기 원자로. 울진 3·4호기가 모두 준공됨으로써 우리 나라는 운전중인 원전이 16기로 늘어났으며 시설 용량은 1,371만 6천kW가 되어, 우리 나라 전체 발전 설비 4,697만 8천kW의 약 29%를 원자력이 차지하게 되었다. 또한 우리 나라 발전량의 40% 이상을 원자력이 담당하게 되어, 원자력 발전은 앞으로도 계속해서 우리 나라의 주요 발전원으로 중추적인 역할을 하게 될 것이다.

모델로 선정되어 사업 참여자 모두에게는 사업의 성공적 추진에 대한 책임감이 더욱 가중되기도 하였다.

### 1. 혹서·혹한으로 인한 콘크리트 타설 지연

구조물 공사가 한창이던 1994, 1995년의 여름과 겨울은 유래 없는 혹서와 혹한을 겪어야 했다. 무엇보다도 품질을 최우선으로 하는 원자력 건설에 있어서 부실 방지를 위해 콘크리트 타설 중단이라는 시련까지 겪었다.

그러나 이전의 지연 공정 만회는 물론, 하루의 공기 단축은 그만큼 회사 및 국가경제에 이바지한다는

생각으로 여름에는 기온이 내려가는 한밤중에 콘크리트를 타설하고, 한겨울에는 콘크리트의 온도가 기준치(4℃) 이하로 내려가지 않도록 보온 장치를 하고 콘크리트를 타설하는 등 강구할 수 있는 모든 수단을 동원하였다.

그 결과 공정 지연을 최소화할 수 있었으나, 이에 따른 연이은 초과근무와 야근으로 관련 감독 직원은 가족들로부터 원망의 대상이 되는 또다른 고통을 감수하여야만 했다.

### 2. 시공 관리 기준 공정표 개정으로 효율적인 공정 관리 수행

공사 착수 시점부터 시작된 공기



지연은 노무 인력 부족, 혹서 등 계속되는 지연 요인으로 1994년 초에 이르러서는 일부 건물의 구조물 공사는 수개월의 공정 지연이 발생하는 등 시공 관리 기준 공정표에 의한 효율적인 공정 관리가 이루어지지 않기 시작했다.

이에 따라 보다 효율적인 공정 분석을 통한 조정 업무를 수행하여 지연 공정을 만회하고자 이때까지의 실적을 반영하여 현실에 맞는 시공 관리 기준 공정표 개정을 추진하게 된다.

특히 기전 공사의 대량 설치 자재 시공 착수 시점을 상부 구조물 슬라브 완료 시점에서 관련 구역 도장 공사 완료 시점으로 변경하여 공사를 수행케함으로써 기전 공사 기간 중의 작업 환경을 개선하여 작업 능력 및 시공 품질 향상을 도모하였다.

이 조치는 이전의 지연 공정을 만회하고 주공정 목표를 적기 달성하는데 많은 기여를 하였다.

### 3. 휴일 없는 현장 일일 공정 회의 운영

1994년 하반기에는 시공사의 지연 공정 만회 100일 작전이 추진됨에도 지연된 공기의 만회가 더디다고 판단됨에 따라 그때까지의 공정 관련 회의 체제를 바꾸어 매일 오전 7시 30분부터 한전·시공사 및 설계사 관리자가 참석하는 현장 합동 일일 공정 회의를 1994년 11월

21일부터 개최하였으며, 4호기 고온 기능 시험 때까지 매일 개최하였다.

이 회의를 통하여 한전 및 시공사의 모든 관리자가 공정 현황 및 현장의 문제점에 대해 동일한 인식을 갖게 되고 발생하는 문제점을 보다 신속하게 처리하게 됨으로써 이전의 지연 공정 만회 및 이후 주공정 목표의 적기 달성에 가장 큰 기여를 하였다고 본다.

### 4. 효율적 공정 관리로 공정 촉진

울진 4호기에서는 선행 호기와 달리 원자로 냉각재 배관 설치 기준점이 되는 원자로를 증기발생기보다 먼저 설치함으로써 원자로 냉각재 배관 설치 기간을 충분히 확보하여 작업 품질 향상 및 공정 촉진을 도모하는 등의 공정의 조정 업무에도 철저를 기함으로써 지연 공정 만회에 일익을 담당하였다.

### 5. KEDO 원전 관계자 및 주요 인사의 관심 사업으로 부상

건설 기간중 한반도에너지개발기구(KEDO)에 의해 북한에 건설될 원자력발전소의 모델로 선정(1996. 3)됨으로써 KEDO 관계자 및 통일에 관련된 여러분들이 울진 건설 현장을 자주 방문하여 한국 표준형 원전 건설 사업 참여자는 사업에 대한 성공적인 책임감이 가중되기도 하였으나, 우리의 원전 건설 기술을 대내외에 알리는 좋은 계기가 되었다.

또한 한국 표준형 원전의 북한 건설은 남북 경제 협력을 통하여 한반도에 평화와 통일의 길을 밝혀주는 역사적 사명을 가지게 되었다.

### 6. 철저한 시운전 시험 후 상업 운전 돌입

연료 장전을 마친 울진 4호기는 원자로 및 1·2차 계통에 대한 각종시험을 수행하여 1999년 4월 8일 종합 성능 시험을 성공적으로 완료하고 약 7개월간의 신뢰성 운전을 거친 후 1999년 12월 31일 상업운전을 개시하게 되었다. 이는 3호기 시운전 기간중에 나타난 문제점을 사전에 검토, 조치 방안을 수립, 시행한 결과이다.

이와 같이 울진 4호기는 사업 초기부터 시운전까지 크고 작은 시련을 모두 극복하고 성공적으로 준공식을 거행하게 되기까지는 무엇보다도 사업 참여자 모두가 보여준 사명감과 책임감의 결실이라 아니할 수 없다.

이 글을 읽는 여러분들께서도 이러한 건설 관계자들의 노고를 치하함과 동시에 자신이 갖고 있는 원자력 발전에 대한 바른 이해를 주위의 가까운 사람들부터 시작해 전국민들에게 널리 알림으로써 우리의 새 천년·새 세기를 미래 에너지원 개발을 통해 풍요롭게 열어갈 수 있게 되기를 기원하면서 이 글을 맺고자 한다.