

# 한국표준형 원전 올진 4호기의 준공과 그 의의

황 상 철  
한국전력공사 원자력건설처 부장

우리 나라 전력산업사의 큰 이정표가 될 한국표준형 원전 올진 4호기의 준공식이 지난 2월 24일 경북 올진의 한국전력공사 올진원자력본부에서 박태준 국무총리, 김영호 산업자원부장관 등 중앙인사와 이의근 경북도지사, 신정 올진군수 및 지역주민이 참석한 가운데 거행되었다.

1998년 8월 준공된 최초의 한국표준형 원전인 올진 3호기에 이어 두번째 한국표준형 원전 올진 4호기가 이번에 준공됨으로써, 1992년 5월 본관기초굴착을 시작한 이래, 7년여의 긴 시간을 거쳐 마침내 우리 기술로 지은 최초의 한국표준형 원자력발전소 건설사업이 완료되었다.

## 1. 우리나라의 원자력발전소 건설사업 발전단계

우리 나라가 그 동안 추진하여 온 원전 건설사업을 기술자립측면에서 보면 대체로 3단계의 과정을 거쳐 수행되어 왔다.

원전 제1세대라고 할 수 있는 1단계는 1970년대에 추진하였던 60만kW급인 고리 1호기와 2호기 그리고 월성 1호기처럼 외국 주계약자가 사업관리, 설계, 기자재 구매, 시공 및 시운전 등 발전소 착공부터 준공까지의 모든 책임을 지고 수행하는 일괄발주방식(Turnkey)으로 시행하였다. 이러한 형태의 사업추진방식으로 우리 나라 기술이 참여할 수 있는 분야는 부지조성 공사 등과 건설에 소요되는 일부 토건자재 공급, 그리고 노무인력 제공 등에 국한되었으며 한국전력공사는 사업관리와 시운전업무

에 대한 경험을 외국업체를 통해 일부나마 축적할 수 있었다. 그러나, 전반적으로 보면, 원전 제1세대는 원전건설의 기술축적 측면에서 국가적으로 기술력을 집중하여 기술자립의 첫발을 내딛는 단계가 되었다.

다음으로 1980년대에 추진되었던 원전 제2세대인 2단계에서는 고리 3, 4호기, 영광 1, 2호기, 올진 1, 2호기 등 95만kW급 PWR 6기 건설로서 종래의 일괄발주 방식에서 진일보하여 분할발주 방식(Non Turnkey)을 채택하게 되었다. 분할발주 방식이란 일괄발주 단계에서 축적된 경험을 바탕으로 원전을 직접 운영하는 한국전력공사가 사업관리를 주도하고 종합설계 용역, 원자로 설비 공급, 터빈·발전기 공급, 원전연료 공급, 시공 등 분야별로 전문업체에게 분할하여 계약하는 형태를 말한다. 따라서 원전 제2세대에서는 국내업체의 참여폭을 확대하고 효율적인 비용관리, 품질보증, 국산화율의 제고 등을 통한 기술

## 전력사업

축적이 가능하도록 분야별로 외국 주계약자 밑에 국내업체를 하도급으로 참여토록 하였다.

원전 제2세대가 마무리 된 1980년대 중반에는 전력예비율의 과다 등으로 약 5~6년간 신규 원전건설이 잠시 중단되었다. 그러다가 1980년대 후반기에는 지속적으로 경제 성장과 이에 상응하는 전력수요의 증가로 이미 바탕이 다져진 국내 원전산업계에 영광원자력 3, 4호기 건설을 시작으로 하는 제3단계인 원전 3세대 사업을 착수하게 되었다. 영광 3, 4호기는 그간 축적된 경험기술과 전반적으로 향상된 국내 산업계의 기술을 기초로 하여 국내 전문업체별로 역할을 분담, 국내업체가 분야별 주계약자가 되고 외국업체는 하도급으로 참여하는 국내주도의 건설방식을 채택하였다. 이렇게 함으로써 국내 기술진이 원전건설의 기술자립 기반을 구축하여 울진 3, 4호기부터는 국내 기술만으로 원자력발전소를 건설할 수 있는 단계에 접어들게 되었다.

울진 3, 4호기는 최초의 한국표준형 원자력발전소로서 한국전력공사의 종합사업관리하에 국내업체 및 국내 기술진에 의해 한국표준형 원자력발전소 표준설계를 개발하고 구매, 기기 제작, 시공, 시운전 및 운전 등 원전 건설사업 전반을 표준화하여 국내업체가 모든 책임을 보증하는 국내업체 직접수행 건설방식으로 사업이 추진되었으며 이러한 건설방식은 영광 5, 6호기 등 한국표준형으로 건설되는 모든 후속원전의 사업관리 방법이 될 것이다.

## 2. 한국표준형 원전 개발과정

우리 나라에서의 원자력발전소 표준화는 영광원전 3, 4호기 건설사업에서부터 본격화되었다. 한국전력공사는 1984년 7월, 원자력발전소 기술자립 계획을 수립하고 이를 기술전수의 형태로 1987년 4월 계약된 영광 3, 4호기의 주기기 공급계약에 기술도입계약을 포함하여 영광 3, 4호기 사업수행을 통해 원자력발전소 기술자립의 기반을

확보하였으며, 이와는 별도로 추진해온 원자력발전소 설계 표준화사업의 결과와 선행호기 건설, 운전경험 및 해외 신기술을 최대한 반영하고, 그간의 인허가 요건과 각종 기술기준 변경사항들을 우리 나라 실정에 맞게 수정, 보완함으로써 한국표준형 원자력발전소의 설계를 완성하였다.

우리 기술로 만든 한국표준형 원전을 개발하기 위한 원자력발전소 표준화사업이 시작된 이래 최초의 한국표준형 원전인 울진 3, 4호기가 탄생하기까지의 과정은 다음과 같이 요약된다.

- 제1단계 원자력발전소 표준화사업 수행('83. 4~'85. 7)
  - 표준설계를 위한 선행과제 조사와 개념설계에 관한 기초연구 수행
- 원자력발전 정책협의회('84. 9. 18)에서 표준원전 설계 개발을 정부(동력자원부) 정책사업으로 확정
- 한국전력공사 연구개발위원회('84. 11. 5)에서 표준원전설계 개발을 한국전력공사 연구개발과제로 선정
- 제214차 원자력위원회('85. 7. 19)에 원전 경제성 제고방안으로 원전 표준화 추진방안 보고
- 제2단계 원자력발전소 표준화사업 수행('85. 9~'87. 8)
  - 국내외 기존 원전의 건설, 운영경험을 조사하여 발전소 최적화 및 설계 개선사항에 대한 연구 수행
- 원자력발전소 건설 기술자립계획('86~'95)
  - 영광 3, 4호기 건설을 국내업체를 주계약자로 선정하고 외국회사와 기술도입 계약에 의거 기술훈련, 공동설계, 기술자료 확보, 사용권 획득 등으로 기술자립하여 한국표준형 원전 개발
- 제3단계 원자력발전소 표준화사업 수행('89. 2~'92. 12)
  - 영광 3, 4호기 설계를 반영하여 발전소 전 계통에

- 대한 표준설계 요건 및 안전성 분석보고서 개발
- 올진 3, 4호기 건설을 통해 한국표준형 원자력발전소 표준설계 확보('93. 1~'99. 6)
- 영광 3, 4호기를 참조발전소로 함
- 기술자립계획 결과와 제 1, 2, 3차 원자력발전소 표준화사업 결과 반영
- 선행호기 건설, 운전경험, 해외 신기술, 최신 규제 기준을 우리 실정에 맞게 검토하여 반영

### 3. 최초의 한국표준형 원전 올진 3, 4호기

올진 3, 4호기는 경북 울진군 북면 부구리에서 가동중인 올진 1, 2호기 인접부지에 건설된 최초의 한국표준형 원자력발전소이다.

호기당 출력이 100만kW급 가압경수로 원전인 올진 3, 4호기는 1989년 4월 정부의 전원개발계획이 확정된 이후 1992년 5월 공사를 착공하여 각각 1998년 8월과 1999년 12월에 준공되어 현재 성공적으로 상업운전을 수행하고 있다.

올진 3, 4호기에 이어 건설중인 영광 5, 6호기, 올진 5, 6호기 등 후속 원자력발전소는 물론 북한 함경남도 금호 지구에 건설되는 KEDO 원전도 올진 3, 4호기를 기본 모델로 하여 건설되고 있다.

#### 가. 사업개요

- 사업명 : 올진원자력발전소 3, 4호기 건설
- 원자로형 및 용량
  - 원자로형 : 가압경수로형(PWR)
  - 용량 : 1,000MWe급 × 2기
- 위치 : 경북 울진군 북면 부구리(올진 1, 2호기 인접부지)
- 공사기간 [착공(부지정지)~준공]

- 3호기 : '92. 5~'98. 8
- 4호기 : '92. 5~'99. 12

#### 나. 주요 사업추진경위

- 1989. 4. 24 전원개발계획 확정(동력자원부)
- 1989. 5. 2 건설기본계획 확정(이사회)
- 1992. 5. 27 본관기초굴착공사 착공
- 1993. 7. 21 3호기 최초 콘크리트 타설
- 1993. 11. 1 4호기 최초 콘크리트 타설
- 1995. 4. 8 3호기 원자로 설치
- 1995. 11. 23 4호기 원자로 설치
- 1997. 2. 22 3호기 상온수압시험(CHT)
- 1997. 6. 24 3호기 고온기능시험(HFT)
- 1997. 11. 11 3호기 최초 연료장전
- 1997. 12. 3 4호기 상온수압시험(CHT)
- 1998. 4. 3 4호기 고온기능시험(HFT)
- 1998. 8. 11 3호기 상업운전 개시
- 1998. 10. 29 4호기 최초 연료장전
- 1999. 12. 31 4호기 상업운전 개시

#### 다. 주요 설계특성

한국표준형 원전 올진 3, 4호기는 한국인의 체형, 관행 및 운전 편이성을 고려하고 국내 원자력발전소 표준화 제2, 3단계에서 도출된 설계개선사항 및 고리 1호기부터 영광 4호기까지의 선행호기 건설, 운전경험과 미국의 전력연구소(EPRI)가 개발한 원자력발전소 설계개선사항(EPRI URD)과 입증된 최신의 기술을 반영하고 국제적으로 공인된 최신 기술기준을 적용하여 한국표준형 원자력발전소 설계를 완성하였다.

한국표준형 원자력발전소인 올진 3, 4호기는 설계수명 40년으로서 핵연료의 열적 여유도(Thermal Margin)를 5% 이상 증가시키고, 한국인의 체형 및 관행에 맞는 인간공학적 개념을 적용한 최신 제어설비를 채택하여 운

## 전력사업

전원 실수에 의한 사고율을 극소화하였으며, 또한 주요 안전계통의 개선 및 보안을 통해 노심손상확률을 10만년분의 1에서 100만년분의 1 수준으로 낮추어 안전성 및 신뢰성을 증진시켰다. 완전급수 상실사고에 대비 개선된 안전감압 계통을 설치하였으며 대체교류전원용 비상디젤 발전기 설치, 격납건물 내부 설계압력 증대, 증대사고 대처용 각종 보완책 마련 등 안전관련 설비를 강화함으로써 노심손상빈도를 개선하였고, 이외에도 냉각수의 적정 유량 및 압력을 조절해 주는 화학 및 체적제어계통의 충전펌프를 3대에서 4대로 늘려 신뢰도를 향상시켰으며, 경보의 우선 순위 부여, 제어계통설계의 보완, 신호의 디지털화 등으로 원자력발전소의 안전성을 크게 향상시켰다.

규제요건 및 기술기준은 관련부품, 기기, 구조물 및 계통의 설계, 제작, 시공, 시험 및 시운전, 운전 등에 대하여 울진 3, 4호기 적용 기준일(1989년 12월 31일) 현재 유효한 관련 규제요건 및 기술기준들을 충분히 만족하도록 하였으며 일관된 원자력발전소 적용 인허가요건과 기술 기준을 토착화하고 발전시킬 수 있는 계기가 되었다.

### 라. 건설사업 체제 및 관리

울진 3, 4호기는 한국전력공사가 종합사업관리를 수행하고 분야별로 국내업체가 주계약자로 참여하였다. 이는 국내업체가 영광원자력 3, 4호기 건설사업을 통해 주계약자의 역할을 할 수 있을 만큼 기술자립이 되었음을 뜻한다.

분야별로 국내업체의 역할을 살펴보면 종합설계와 원자로계통설계는 한국전력기술, 원자로설비 및 터빈발전기 공급은 한국중공업, 원전연료의 공급은 한국원전연료, 보조기기는 국내외업체, 토건공사는 동아건설산업, 기전공사는 한국중공업이 수행하였다.

기술자립이 진행중인 일부 분야는 외국 전문업체가 기술지원 형태로 참여하였는데 설계업무분야를 보면 중

합설계에 미국 Sargent & Lundy(S&L)사, 원자로계통설계는 미국 Combustion Engineering(ABB-CE)사가 참여하고 있으나 참여범위가 자문업무에 국한되어 영광 3, 4호기보다 극히 제한적이다. 설비공급분야를 보면 원자로설비 공급분야에 미국 ABB-CE사, 터빈발전기 공급분야에 미국 General Electric(GE)사가 참여하였으며 그 공급범위도 영광 3, 4호기보다 대폭 축소되었다.

## 4. 한국표준형 원전 울진 4호기 준공의 의의

울진 4호기가 준공됨으로써 우리 나라 최초의 한국표준형원전 건설사업인 울진 3, 4호기 건설사업이 성공적으로 마무리되었다. 이 성공이 가지는 의의 또한 여러 가지로 많겠지만 크게 세 가지로 나누어 말할 수 있다.

첫째, 전력공급원으로서 원자력발전의 역할이 더욱 확대되었다. 울진 3, 4호기가 모두 준공됨으로써 우리 나라는 운전중인 원전이 16기로 늘어났으며 시설용량은 1371만 6천kW가 되어, 우리 나라 전체 발전설비 4697만 8천kW의 약 29%를 원자력이 차지하게 되었다. 또한 우리나라 발전량의 40% 이상을 원자력이 담당하게 되어, 원자력발전은 앞으로도 계속해서 우리 나라의 주요 발전원으로 중추적인 역할을 하게 될 것이다. 부존자원이 부족한 우리나라로서 준국산에너지원인 원자력발전의 역할 확대는 에너지 소비분야에서 국제수지 개선은 물론 안정적인 전력공급을 통하여 경제 재도약의 확실한 발판 역할을 하게 될 것이다.

둘째, 한국표준형 원전 건설사업의 지속적인 추진을 위한 발판이 성공적으로 마련되었다. 현재 울진 3, 4호기와 같은 한국표준형 원전으로서 영광 5, 6호기 및 울진 5, 6호기가 건설중에 있다. 울진 3, 4호기의 성공적인 건설과 운영을 통해 후속사업에 대한 국내외의 신뢰성이

더욱 공고해 짐으로써 계속되는 한국표준형 원전의 건설은 물론 그 뒤를 이을 차세대 원전의 개발 및 건설에도 더욱 박차를 가할 수 있는 계기가 될 것이다.

셋째, KEDO 원전사업에 대한 신뢰성을 공고히 하고, 한국표준형 원전의 세계 진출 기반을 확립시켰다. 함경남도 금호지구에 건설중인 KEDO 원전의 참조 발전소인 올진 3, 4호기가 모두 성공리에 완공됨에 따라 한국표준형 원전 건설을 통한 우리의 원전 기술력을 세계 각국에 확고히 인식시키게 되었으며, 또한 우리의 원전 기술이 중국 등 해외국가로 진출할 수 있는 완전한 준비를 갖추게 되었다.

## 5. 한국표준형 원전 사업의 미래

우리 나라 전력수급에 있어 기저부하 전원으로서 원자력이 담당하는 역할을 감안할 때, 기존원전의 안전운영은 물론, 적정 수준의 신규원전 건설을 지속적으로 추진할 필요가 있다. 또한 환경규제, 에너지공급 안정성 등을 고려할 때에도 원자력발전의 전체발전량에 대한 적정 구성비 유지는 필수적이라 할 수 있다. 특히 지구온난화 방지 협약 등 국제적인 이산화탄소 저감 노력에 부응할 수 있는 저탄소배출형 전원으로서 원자력발전은 많은 주목을 받고 있다.

한국의 원자력발전은 단기적으로는 한국표준형 경수로(1,000MW급)를 반복 건설하되, 장기적으로는 타전원 대비 경쟁력 확보와 해외시장 진출을 위하여 1,400MW급 차세대원자로 개발을 추진하고 있다.

2000년 1월 산업자원부에서 확정공고한 제5차 장기전력수급계획에 따른 원자력발전소 건설계획을 살펴보면, 2015년도를 기준으로 총 26기, 총시설용량 2605만kW의 원전을 운영함으로써, 우리 나라 총전력공급 시설 중에 설비용량 기준으로는 33.0%, 발전량 점유율로는 44.5%를 차지할 것으로 전망된다.

이미 건설에 들어가 있는 영광 5, 6호기, 올진 5, 6호기 외에도 향후 2010년도까지 4기의 1,000MW급 신규원전이 건설될 예정이다. 신규로 건설될 한국표준형 경수로(1,000MW급)에 대하여는 설계개선 사업 및 경쟁확대 등 계약구조개선을 통하여 지속적으로 원전의 안전성과 경제성 증진에 힘쓸 것이다. 설계개선사업은 발전소 배치, 설계최적화, 경제성 향상, 신기술/신공법 적용, 운전 및 보수성 향상에 중점을 두어 추진되고 있다. 또, 계약구조개선은 WTO 및 OECD 체제 하의 국제시장 개방압력에 대응하고, 국내원전의 기술수준 향상을 바탕으로 계약시 공개경쟁 확대를 통한 공사비 절감 유도에 중점을 두고 있다.

한편, 안전성과 경제성을 더욱 향상시킨 차세대원전(1,400MW급)은 2010년 최초호기 건설을 목표로 추진하고 있으며 이후로는 차세대원전을 지속적으로 건설할 예정이다. 차세대원전의 개념설계는 1995년에 완료되었으며, 현재 2001년 완료예정으로서 표준상세설계를 개발중에 있다. 이 과정에서 신 설계기술(Advanced Design Feature: ADF) 및 일부 피동형 안전 설비(Passive Design Feature: PDF)를 적용 반영하였으며 기타 안전성과 경제성을 강화하기 위한 신개념 및 신기술이 지속적으로 반영되고 있다.

원전 건설사업의 성공은 관련 종사자들의 성실한 임무 수행뿐만 아니라, 지역주민을 비롯한 국민 전체의 신뢰가 함께 할 때 비로소 가능하다. 전세계적으로 환경문제가 부각되면서 국민들의 원전에 대한 관심도 점점 커지고 있다. 그러나 아직도 많은 국민들이 원전에 대한 피상적인 지식만으로 원전의 안전성과 신뢰성에 대한 일말의 의구심을 버리지 못하는 것이 현실이다. 이럴 때일수록 이 글을 읽는 전기인들을 비롯한 많은 전문가들이 원전에 대한 바른 이해를 일반 국민들에게 널리 알림으로써 우리 나라가 21세기 원전선진국으로 도약하는데 힘을 보태주시기를 바라는 바이다.