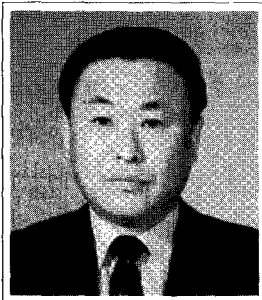


## 울진 3·4호기 건설추진 현황과 계획

최 양 우

한국전력공사 울진원자력본부 건설소 소장



**최**

초의 한국 표준형 원전으로 설계, 기기 제작 및 시공을 모두 국내 업체가 주도하여 국내외적으로 많은 관심을 모은 가운데 지난 92년 5월 착공한 울진 3·4호기는, 95년 4월 주요 설비 중의 하나인 3호기 원자로를 설치하였고, 95년 6월에는 국제원자력기구(IAEA)의 안전성 평가에서 우수성을 국제적으로 공인받게 되어 한국형 표준 원

전에 대한 공신력을 확보한 바 있으며, 지난 7월에는 4호기 핵심 구조물인 원자로 건물 축조를 완료함으로써, 우리의 우수한 기술력과 역량을 다시 한번 입증하게 되었다.

또한 지난 3월에는 한반도에너지개발기구(KEDO)에서 북한에 건설될 원전의 모델 발전소로 울진 3·4호기를 선정함으로써 우리의 책임은 더욱 커지게 되었다.

한편 최근 사회적으로 만연한 3D 기피 현상, 원전 부지의 특성상 오지로 인한 인력난 등의 어려운 여건 속에서도 96년 8월 현재 계획대로 80%의 종합 공정률을 보이고 있는 울진 3·4호기는, 후속 공사도 당초 계획대로 추진되어 98년 6월과 99년 6월에 각각 성공적으로 준공될 수 있을 것으로 확신한다.

이를 위해 모든 건설 종사자들은 세계에서 가장 우수한 성능과 안전성

을 갖춘 최고 품질의 발전소 건설이라는 시대적 사명 의식을 갖고 각자 맡은 바 업무에서 혼신의 노력을 다하고 있다.

### 최초 한국표준형 원전 건설 의의

동해 푸른 바다와 태백 산맥을 건천혜의 관광지로 수려한 자연 경관을 자랑하는 경북 울진에는 관광 단지에 걸맞게 대규모 무공해 에너지를 생산하는 원전 단지인 울진원자력본부가 있다.

현재 이곳에는 2기의 원전이 88년과 89년에 준공되어 세계적인 이용률을 자랑하면서 가동중에 있으며, 인접 부지에 국내외적으로 많은 관심을 모으고 있는 한국 표준형 원전인 울진 3·4호기가 6,000여 산업 역군들이 열심히 땀을 흘리고 있는 가운데 웅장한 모습으로 건설되고 있다.

56년 세계 최초의 원전이 가동되었을 때 우리 나라는 6.25 직후의 폐허터미에서 빈곤과 실업 등으로 경제 사정이 매우 어려웠다.

그러나 우리 나라 산업도 역경을 딛고 성장을 거듭하면서 국가 기간 산업인 전력 사업의 중요성을 인식, 70년대초 고리원자력 1·2호기 건설을 착수하였으나, 외국 업체들(고리 1·2호기 : 미국 WH, 월성 1·2호기 : 캐나다 AECL)에게 일괄 발주할 수밖에 없었고, 70년대 후반에 착수한 고리 3·4호기부터는 외국 업체에 분할 발주하는 건설 방식으로 국내 업체의 참여를 점진적으로 확대시켜 기술 자립을 시도하였다.

80년대 후반 영광 3·4호기를 추진하면서 원전 건설 기술 자립을 통한 에너지 자립을 위해 별도 기술 도입 계약을 체결, 국내 계약자들이 각종 핵심 기술을 도입할 수 있는 기틀을 마련하였다.

울진 3·4호기는 이러한 토대 위에서 축적된 기술과 해외의 신기술을 최대한 적용함으로써 명실공히 한국 표준형 원전으로 탄생하게 되었다.

현재 운전중인 영광 3·4호기는 국내 업체가 주계약자로 참여하였으나 설계는 외국 업체와 공동으로 수행한 데 반하여, 울진 3·4호기는 건설 전분야를 국내 업체가 주도하여 책임 수행하고 있으며, 외국 업체들은 국내 업체의 하도급 및 기술 자문으로 참여하고 있다.

특히 설계 분야는 모든 업무를 국내에서 수행함으로써 기술 습득 및 관련 분야 인재 양성 극대화로 원전 건설 기술의 정착과 혁신을 이루게 되었다.

울진 3·4호기는 건설 기간 동안 연인원 약 1,000만명의 고용 효과로 지역 경제 활성화와 주민 생활 수준 향상에 기여하고 있으며, 준공 후에는

연간 약 130억kWh의 전력 생산으로 연간 400만톤의 유연탄 또는 2,000만배럴의 석유 대체 효과와 환경 보호에도 한몫을 할 것으로 기대된다.

**울진 3·4호기의 장점 및 설계특성**

**1. 장 점**

가. 세계 원전 중 가장 최신 기술과

(표 1) 원전 설계 특성 비교

내 용	시스템 80	영광 3·4호기	울진 3·4호기(표준형)
노형 및 용량	가압 경수로 1,300MWe	가압 경수로 1,000MWe	가압 경수로 1,000MWe
노심 열출력	3,817MWt	2,825MWt	2,825MWt
방사선 피폭 저감	350man-rem/y	190man-rem/y 이하	190man-rem/y이하
기술 기준 적용 시점	73. 12.	85. 12.	89. 12.
재장전 주기	12개월	초기 노심 : 15개월 교체 노심 : 12개월	초기 노심 : 15개월 교체 노심 : 12~24개월
노심 용융 확률	$8.1 \times 10^{-5}$	$7.58 \times 10^{-6}$	$< 7.58 \times 10^{-6}$
파단전 누설 개념(LBB)	불채택	주냉각재 배관, 지관 일부 및 가압기 밀림관 적용	주냉각재 배관, 지관 일부 및 가압기 밀림관 적용
증기발생기 관폐쇄 여유도	2%	8%	8%
정지 냉각 계통(SCS) 설계압력	485psig 650psig	입구 : 535psig 출구 : 750psig	입구 : 900psig 출구 : 900psig
열교환기 mid-loop 운전	- mid-loop 운전 미반영	CSS와 공유 mid-loop 운전 관련 요건 일부 반영	별도 설치(SCS용) mid-loop 운전 관련 요건 완전 반영
안전 감압 계통 SDS 설치	불채택	가압기 상부에 2-train의 안전 감압 밸브 설치	가압기 상부에 2-train의 안전 감압 밸브 설치
화학·체적 제어 계통 충전 펌프 종류 및 수량	왕복동 펌프 : 3×44gpm	왕복 펌프 : 3×44gpm	왕복동 펌프 : 4×44gpm
비상 전원 계통 디젤 발전기	2대 설치	3대 설치	3대 설치

기준에 맞는 원전

나. 한국인의 운전 및 보수 관행에 맞게 조화시킴

다. 기존의 어느 원전보다 안전성이 강화됨

라. 국내 산업 수준에 맞추어 국내 생산 기자재 사용 최대화

마. 외국 원전과 비교시 경제성 우수

바. 복제 건설에 의한 경제성 확보

2. 설계 특성

〈표 1〉 참조

울진 3·4호기 사업 개요

1. 사업 추진 경위

울진 3·4호기는 92년 5월 27일 기초 굴착 공사를 착수한 이래 어려운 여건 속에서도 구조물 공사와 기전 공사를 순조롭게 진행, 3·4호기의 원자로 설치 및 격납 건물 축조 완료 등을 적기에 달성하였고, 현재는 3호기의 원자로 내장품 설치 공사를 3개월 정도 단축을 목표로 추진중에 있으며, 4호기의 전원 가압을 당초

계획보다 10일 앞당겨 96년 9월 20일 달성하였다.

사업 추진 과정중의 주요 수행 업무를 순서대로 정리하면 다음과 같다.

○ 89. 4. 24 : 전원 개발 계획 확정(동력자원부)

○ 89. 5. 2 : 건설 기본 계획 확정(한국전력공사 이사회)

○ 90. 4. 12 : 사업 추진 세부 계획 확정

○ 90. 7. 19 : 울진 3·4호기 건

제1세대(70년대)	외국 업체 주도 일괄 도급 발주형 (turn-key)	고리 1·2호기, 월성 1호기
제2세대(80년대)	한전 주도 외국 업체 분할 발주형 (component approach)	고리 3·4호기, 영광 1·2호기 울진 1·2호기
제3세대(90년대)	한전 주도 국내 업체 분할 발주형 (component approach)	영광 3·4호기, 울진 3·4호기 영광 5·6호기, 울진 5·6호기

→ 국내 사업 주도로 '한국 표준형 원전' 건설 능력 확보

〈그림 1〉 국내 원전 건설 사업 발전 단계

표준화 기본 개념 정립	1단계	해외 자료 조사	설계 개선 사항 연구	기술 도입 플랜트 종합 설계 원자로 설비(계통) 초기 노심(설계) 원자로 설비(기기) 원전 연료 터빈 발전기
영광 3·4호기 설계	2단계	해외 신기술 개발		
표준 원전 설계 요건 및 표준 원전 안전성 분석 보고서 개발	3단계			
울진 3·4호기 기본 및 상세 설계 표준 원자력발전소 설계 확보	4단계			
후속 사업 활용				

〈그림 2〉 한국 표준형 원전 개발 경위 및 설계 개념

설 추진 계획 제225차 원자력위원회 의결

○ 90. 7. 19 : 발전 설비 제조업 산업 합리화 기준 변경(안) 경제장관 회의 의결

○ 90. 7. 21 : 공급 제의 요청서 발급

○ 90. 10. 31~91. 4 : 공급 제의 서 접수 및 평가

○ 91. 5~6 : 계약 협상

○ 91. 6. 7 : 부지 사용 승인 신청 (과학기술처)

○ 91. 7. 22 : 주기기 및 종합 설계 용역 계약 체결

○ 91. 8. 30 : 주설비 공사 계약 체결

○ 91. 9. 6 : 환경 영향 평가서 (ER) 제출(과학기술처)

○ 91. 10. 31~11. 1 : 울진 3·4 호기 사업 착수 회의 개최

○ 91. 11. 27 : 전기 설비 설치 허가 신청(전기사업법)

○ 91. 11. 28 : 건설 허가 신청(원자력법)

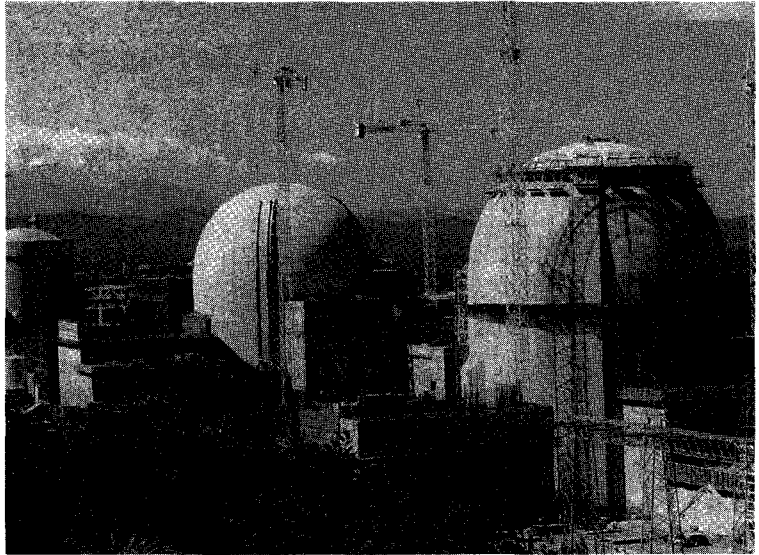
○ 92. 2. 25 : 제34차 한국원자력 안전기술원 원자력안전심의회 개최

○ 92. 3. 9 : 부지 사전 승인 조건부 승인(과학기술처)

○ 92. 3. 9 : 부지 사전 승인 (LWA) 관련 신청서 제출(과학기술처)

○ 92. 4. 1 : 건축 허가 신청(울진 군청)

○ 92. 4. 8 : 토지 형질 변경 허가



98년 6월과 99년 6월에 준공될 예정인 울진 3·4호기의 건설 모습

취득

○ 92. 4. 14 : 건축 허가 취득

○ 92. 5. 6~5. 9 : 제1차 사업추진회의(PRM) 개최

○ 92. 5. 14 : 제한 공사 승인 (LWA) 관련 한국원자력안전기술원 원자력안전심 의회 개최

○ 92. 5. 23 : 제한 공사 승인 (LWA) 관련 과학기술처 원자력안전 전문위원회 개최

○ 92. 5. 25 : 제한 공사 승인 (LWA) 취득

○ 92. 5. 27 : 울진 3·4호기 기공식 및 본판 기초 굴착 공사 착공

○ 92. 11. 19~11. 21 : 제2차 사업추진회의(PRM) 개최

○ 93. 5. 6~5. 8 : 제3차 사업추진회의(PRM) 개최

○ 93. 6. 30 : 비파괴 검사 용역

계약 체결

○ 93. 7. 16 : 건설 허가 취득(과학기술처)

○ 93. 7. 21 : 3호기 최초 콘크리트 타설

○ 93. 11. 1 : 4호기 최초 콘크리트 타설

○ 93. 12. 2~12. 3 : 제4차 사업추진회의(PRM) 개최

○ 94. 6. 6~6. 10 : 제5차 사업추진회의(PRM) 개최

○ 94. 7. 2 : 기전 공사 착공 지시서 발급

○ 94. 11. 16~11. 19 : 제6차 사업추진회의(PRM) 개최

○ 95. 4. 8 : 3호기 원자로 설치

○ 95. 5. 18~5. 20 : 제7차 사업추진회의(PRM) 개최

○ 95. 5. 29~6. 9 : 울진 3·4호

기 국제원자력기구(IAEA) 안전성 평가

○ 95. 9. 15 : 3호기 터빈건물 오버헤드 크레인(250톤) 설치

○ 95. 10. 31 : 3호기 돔 콘크리트 타설 완료

○ 95. 11. 23 : 4호기 원자로 설치

○ 95. 12. 13~12. 15 : 울진 3·4 제8차 사업추진회의(PRM) 개최

○ 96. 1. 21 : 3호기 주제어반(MCB) 설치 착수

○ 96. 3. 20 : 3호기 시운전 상시 전원 설비 가압

○ 96. 4. 12 : 울진 3·4호기 시운전 지원 및 정비 공사 계약 체결

-공사 기간 : 96. 4. 12~99. 6. 30

-시공사 : 지원 공사-한국중공업(주) 정비 공사-한전기공(주)

○ 96. 5. 15 : 최종 안전 분석 보고서(FSAR) 작성 및 운영 허가 신청

○ 96. 5. 20~5. 23 : 울진 3·4호기 제9차 사업추진회의(PRM) 개최

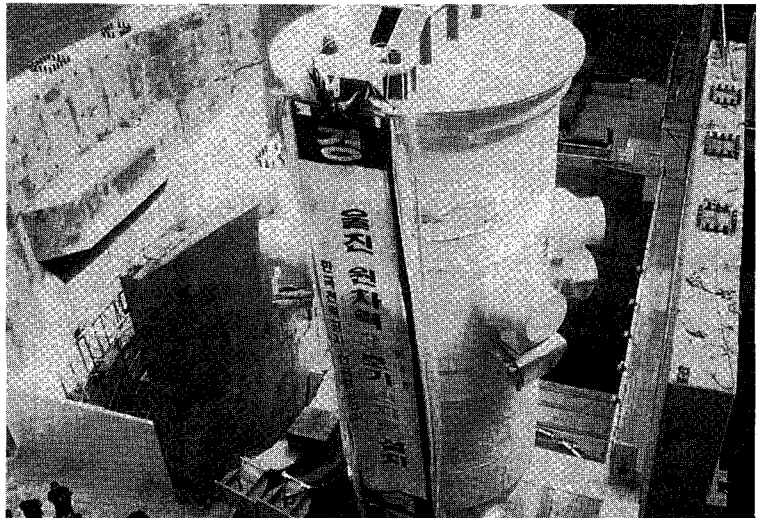
○ 96. 6. 3 : 3호기 취수 구조물 통수

○ 96. 7. 19 : 4호기 원자로 건물 축조 완료 기념 행사

○ 96. 8. 21 : 3호기 노심계측기(ICI) 튜브 용접 완료

## 2. 사업특성

가. 한전이 종합 사업 관리 수행 한국전력공사 주도로 원전 기술 자



울진 3호기 원자로 설치(95. 4. 8)

립 능력을 확보하여 원자력발전소의 설계, 기자재 제작 및 시공 분야의 기술 정착을 적극 추진하면서 원전 사업 추진의 핵심인 사업 종합 관리를 직접 수행하고 있다.

나. 국내 업체가 주계약자로 참여 국내 원전 건설 사상 처음으로 국내 업체가 전분야에 주계약자로 참여, 원전의 성능이나 안전성 측면의 모든 책임과 보증을 국내 업체가 지고, 설계·제작 및 시공 등 건설 전반을 우리 기술진이 책임지고 수행하며, 외국 업체 참여 범위를 하도급으로 제한, 자문 업무 등 극히 일부에 국한시켰다.

다. 국내 산업체 건설 참여 확대 국산화율 제고로 국내 산업 기술 수준을 향상시켰고, 외자 의존도의 대폭 감소로 경제성 제고와 원전 건

설 참여를 통한 국내 산업의 국제 경쟁력 제고에 이바지하였다.

라. 해외 수출 기반 구축 선형 호기의 경우 외국 계약사가 공동으로 성능을 보장하나, 울진 3·4호기의 경우 국내 업체가 성능 보증 등 기술 소유권을 확보하였다.

89년 12월 31일 현재 유효한 국내 및 미국의 법규와 국제 지침을 적용하고, 92년 7월 안전성 확인 후 건설 허가를 취득하고, 세계에서 건설중인 100만kW급 원전 중 가장 최신 기술 기준을 적용하는 등 국내외 최신 기술 기준 및 인허가 기준을 적용하였다.

## 3. 주요 공정 적기 달성

울진 3·4호기는 최초 콘크리트 타설에서 3호기 상업 운전 개시까지

62개월의 공사 기간으로 영광 3·4호기보다 2개월 단축된 공정이다.

그러나 최근 사회적인 3D 기피 현상과 원전 부지 특성상 오지로 인한 기능 인력 확보난 등의 어려운 여건에도 불구하고 모든 종사자의 헌신적인 노력 결과, 당초 계획대로 공사를 진척시켰다.

토건 공사는 4호기 구조물 공사가 거의 완료 단계에 있으며, 기전 공사 또한 기기 설치 및 배관 공사가 한창 진행되어, 96년 8월말 기준 80%의 종합 공정률을 보이고 있다.

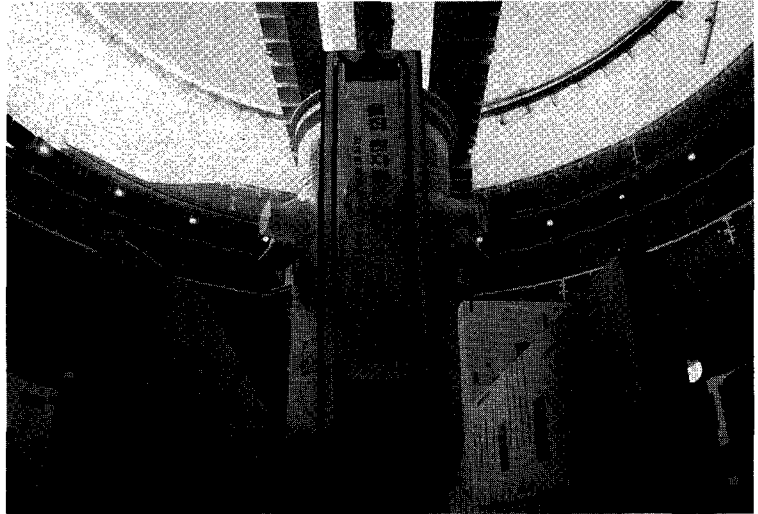
사업 추진 주요 일정은 <표 3>에 나타내었다.

3호기의 경우 93년 7월 최초 콘크리트를 타설한 이후 95년 4월에는 원자로 용기를 설치하였고, 96년 5월 발전기 회전자를 설치 착수하는 등 기전 공사가 활발하게 진행되어 공사가 완료된 계통은 시운전중에 있으며, 97년 3월 상온 수압 시험을 적기에 수행하기 위해 인계 받은 계통의 점검과 시험에 최선을 다하고 있다.

향후 주요 공정은 다음과 같이 추진할 예정이다.

- 상온 수압 시험(CHT) : 97. 3. 1
- 고온 기능 시험(HFT) : 97. 7. 1
- 핵연료 장전(FL) : 97. 11. 1
- 상업 운전(COD) : 98. 6. 30

4호기의 경우 핵심 구조물 공사인 격납 건물 돔 콘크리트 타설을 지난 7월에, 전원 가압을 9월에 각각 완료



울진 4호기 원자로 설치(95. 11. 23)

<표 2> 울진 3·4호기 사업 내역

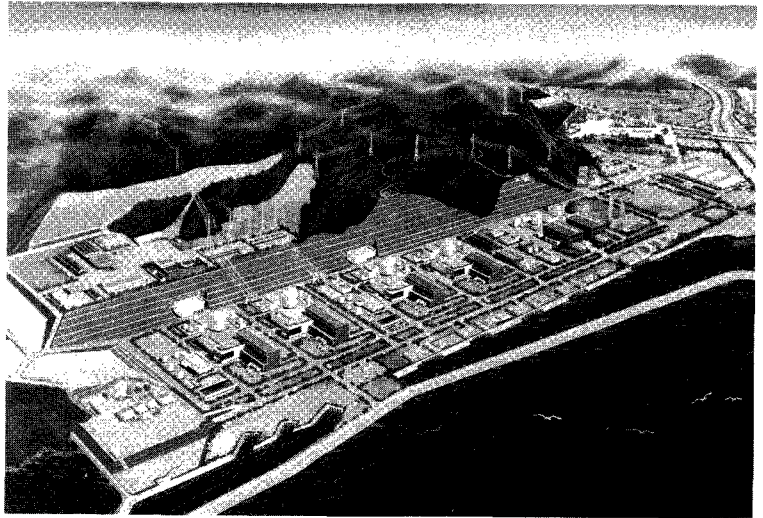
구 분	울진 3호기	울진 4호기	비 고
위 치	경북 울진군 북면 부구리 84-4		
설 비 용 량	100만kW×2기		
원 자 로 형	가압 경수형 원자로(PWR)		
건 설 공 기	92. 5~98. 6	92. 5~99. 6	본관 기초 굴착~상업 운전
총 공 사 비	3,345,000백만원 (내자 : 2,746,000백만원, 외자 : 788,000달러)		
건 설 단 가	1,600천원/kW(2,100달러/kW)		
사 업 관 리	한국전력공사(사업자) 주도형		
종 합 설 계	한 국 전 력 기 술(주)		
주 기 기 공 급	한 국 중 공 업(주)		
1 차 계 통 설 계	한 국 원 자 력 연 구 소		
공 사	토 건 공 사	동 아 건 설 산 업(주)	
	기 전 공 사	한 국 중 공 업(주)	
	시운전지원공사	한 국 중 공 업(주)	
	시운전보수공사	한 전 기 공(주)	
	비 파 과 검 사	유 양 진 흥 개 발(주)	

하였고, 현재는 각종 기기 설치 및 배 이후 주요 공정은 다음과 같이 추진 관 공사를 계획대로 진행중에 있으며 할 예정이다.

- 상온 수압 시험(CHT) : 98. 1. 1
- 고온 기능 시험(HFT) : 98. 5. 1
- 핵연료 장전(FL) : 98. 9. 1
- 상업 운전(COD) : 99. 6. 30

4. 최고 품질의 원전 건설

울진건설소에서는 전 종사자들이 하나가 되어 최고의 품질과 안전성을 갖춘 원전을 건설하겠다는 각오로 노력한 결과, 95년 6월 국제원자력기구(IAEA)의 안전성 평가에서 울진 3·4호기 안전성을 국제적으로 공인받게 되었으며, 특히 현장 관리 및 청결



울진 원자력발전소 1~6호기 조감도

(표 3) 울진 3·4호기 사업 추진 주요 일정

연 도	91	92	93	94	95	96	97	98	99
상업 운전								○ (6)	◇ (6)
핵연료 장전							○ (11)	◇ (9)	
고온 기능 시험							○ (7)	◇ (5)	
상온 수압 시험							○ (3)	◇ (1)	
전원 가압					● (12)	◆ (9)			
원자로용기설치					● (4)	◆ (12)			
최초콘크리트타설			● (7)	◆ (11)					
건설허가취득			● (7)						
기초굴착착수		● (5)							
계약체결	● (7)								
종합공정률(%)	6.3	18.1	30.0	45.0	64.3	85.4	96.3	99.2	100

범  
례 ○ : 3호기 및 공용  
◇ : 4호기

도와 프로젝트 관리면에서 세계적 수준이라는 평가를 받음으로써 우리의 수준 높은 원자력 안전 문화를 세계에 자랑할 수 있는 계기가 되었다.

우리 건설 요원들은 이에 만족치 않고 지속적인 품질 개선과 깨끗한 건설 현장 조성을 위해 다음과 같이 노력하고 있다.

가. 품질 경영 시범 사업소 운영

최근 국제적으로 적용이 확산되고 있는 ISO 9000 제도와 기업 환경 변화에 능동적으로 대처코자 품질을 중시한 경영 혁신 활동인 품질 경영을 시범 운영하고 있다.

이의 구현을 위해 '최고 품질의 원전 건설'을 사업소 목표로 추진, 예방 품질 활동과 품질 개선을 활발히 전개함으로써, 지금까지의 규제 준수 차원에서 벗어나 전 종사원이 품질 업무를 책임지고 수행하는 체계

를 정립해 가고 있다.

나. 원전 건설 모델 사업장 운영

안전 문화 정착 기반 조성 및 부실 공사 방지로 시공 품질을 확보하기 위해 전종사자들이 적극 참여하는 원전 건설 모델 사업장 추진 계획을 수립, 다음과 같이 운영중에 있다.

- 깨끗한 건설 현장 조성
- 부실 공사 방지 및 시공 품질 확보
- 원전 건설 정보 처리 기술 혁신
- 작업장 개선
- 환경 친화 사업장 추진

울진 본부가 동해안의 관광 단지임을 감안하여 발전소를 주변 경관과 조화를 이루는 지역의 상징물로 만들 어짐으로써, 지역 주민은 물론 국민들의 원전 배타감이 해소될 수 있도록 환경 친화형 원전으로 탈바꿈시키기 위해 다음 사항을 추진하고 있다.

〈표 4〉 원전 기술 자립 추진 현황

(단위: %)

기술자립분야		주 관	95년 목표
설 계	사업관리	한국 전력 공사	98
	플랜트종합설계	한국전력기술(주)	95
	원자로계통설계	한국원자력연구소	95
	원전 원료 설계	한국원자력연구소	100
제 작	원자력설비제작	한국 중 공 업(주)	87
	터빈발전기제작	한국 중 공 업(주)	98
원전연료제조		한국원전연료(주)	100
시 공		국내 건설 업체	100
계			95

〈표 5〉 울진 3·4호기 기자재 국산화율

(단위: %)

원자로설비	터빈발전기	보조기기	-종 합
61	86	80	75



울진 원전 건설 종사자들이 울진 4호기 원자로 건물 돔에 올라가 울진 4호기 원자로 건설 속도 완료를 축하하는 환호를 터트리고 있다.

- 발전소 색채 디자인
- 발전소 진입부 공원화
- 외곽 울타리 및 법면 개선
- 전체 부지 환경 친화적 시설 정비 및 공간 조성

업을 더욱 발전시키고 세계 시장 진출을 확대하기 위해서는 지속적인 연구와 꾸준한 기술 개발 노력이 있어야 할 것이다(표 5).

앞에서 살펴본 바와 같이 최초의 한국 표준형 원전인 울진 3·4호기는 좋은 평가를 받고 있으나, 우리 건설 요원들은 이에 만족치 않고 세계에서 가장 우수한 성능과 안전성을 갖춘 한국 표준형 원전을 건설하는 데 혼신의 노력을 쏟을 것이다.

비록 기능 인력 확보난, 사업 추진 복잡성 등 어려운 여건이지만 98년 6월에 3호기를, 99년 6월에는 4호기를 적기에 준공, 다가오는 2000년대 전력난 해소에 크게 기여하리라 확신한다.

5. 기술자립 현황 및 향후 계획

기술 자립 추진 현황을 분석해 보면, 80년대초부터 추진된 원전 표준화 사업을 통한 기술 자립은 95년 기준으로 95%에 도달하게 되었다(표 4).

울진 3·4호기 기자재 국산화율의 경우 금액 대비 75% 수준으로, 우리의 원자력 산