

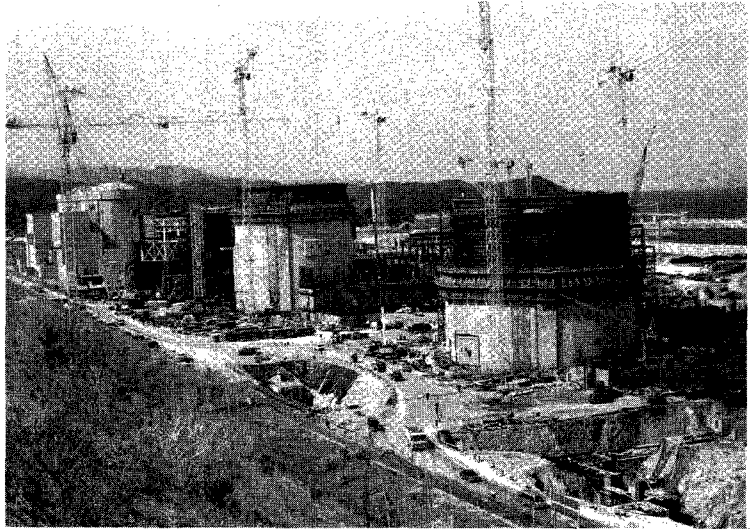
건설
추진

현황과 전망

울진원자력 3·4호기

영 동고속도로를 따라 험준한 대관령을 넘고 코발트빛 동해바다와 기암절벽 사이로 6~7시간 정도 달려가면, 5천여 산업역군들이 한국표준형 원자력발전소 건설이라는 기치아래 땀을 흘리고 있는 울진원자력발전소 건설현장(경북 울진군 북면 부구리)을 만나게 된다.

1861년 X-ray를 처음 발견하고, 1905년 상대성이론을 발표한 이래, 1956년 최초의 원전을 가동할 때의 우리나라 실상과, 지금 세계 각국의 원전관계자가 우리 표준형 원전을 수입하기 위해 울진원전을 방문하는 것을 보면, 우리나라 발전상을 실감할



울진 3, 4호기 건설현장

수 있으며 울진건설의 한 역군으로서 자부심과 함께 책임감도 느끼게 된다.

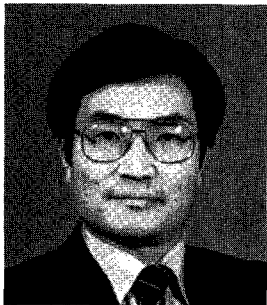
울진 3, 4호기 건설현장 바로 옆에는 프라마툼사에서 공급한 울진원자력 1, 2호기가 '88년부터 가동에 들어가 현재 세계 상위수준의 이용률을 뽐내면서 가동중에 있어, 울진 3, 4호기를 건설하면서도 울진 1, 2호기를 자주 쳐다보는 것은 1, 2호기보다 나은 원자력발전소 건설을 통해 원전의 해외 진출을 모색하고자 하는 온 국민의 바람일 것이다.

우리나라 원자력산업 초창기인

1970년대초 고리 1, 2호기를 건설할 때만 하여도, 우리의 기술과 경험이 일천하여 외국업체들(고리 1, 2호기: W.H., 월성 1호기: AECL)에게 일괄 발주할 수 밖에 없었다.

그러나 1970년대 후반에 착수한 고리 3, 4호기부터는 기술입국을 건설한다는 목표하에 자립계획을 세워, 한전이 주도적으로 사업에 참여 관리 하였다.

외국업체에 분할발주하는 건설방식으로 발전시켜, 점진적으로 국내업체의 참여범위확대와 기술자립을 꾀하였다.



이 중 호

한국전력공사 원자력건설처
사업관리역

한국표준형원전 올진 3, 4호기

올진원자력 3, 4호기는 지금까지 국내에 축적된 기술과 해외의 신기술을 최대한 적용하여 설계하였으며, 각 설비별로 첨단기술을 접목하여 안전도를 증진시켰을 뿐만 아니라, 기기 및 계통의 신뢰도를 증진시키도록 최대한 노력하였다.

특히 북미 핵타결을 위한 북한 경수로 지원과 관련하여 국내외적으로 이목이 집중되고 있는 가운데, 지난 4월 8일 통일 부총리, 지역인사, 국내외 기자 및 관련종사자들의 축복속에 3호기의 원자로를 성공적으로 설치하였다.

앞으로 올진원자력 3, 4호기가 준공되는 1999년 6월부터는 경북지구 전력량(400만 kW)을 올진원전에서 생산되는 전기로서 충당할 수가 있다.

현재 시운전중인 영광원자력 3, 4호기는 국내업체가 주계약자로 참여하고 있으나, 설계는 외국업체와 공동으로 수행한데 반하여, 올진원자력 3, 4호기에서는 설계 및 기기공급을 모두 국내업체가 주도하여 책임수행하고 있다.

영광원자력 3, 4호기 건설과정을 통해 자립된 기술을 올진원자력 3, 4호기를 통해 반복 활용함으로써 원전 건설기술의 정착 및 혁신을 이루게 되어, 준국산에너지원인 원자력발전소를 우리 손으로 건설할 수 있게 되었을 뿐만 아니라, 국내전력 공급의 경

제성을 제고할 수 있게 된 것이다.

올진원자력 3, 4호기는 국내업체들을 주계약자로 선정하고, 외국업체들을 하청업체로 참여토록 계약방식을 채택한 결과 외국업체를 쉽게 통제하게 되었으며, 특히 설계에 있어서는 모든 업무가 국내에서 이루어지도록 하여 기술습득효과를 극대화할 수 있도록 하였다.

최근 국내 원자력발전소의 전력생산량은 전체발전량의 4할 이상을 차지하여 전력생산의 중추적 역할을 하고 있으며, 지구온실효과와 산성비 등 환경문제가 크게 대두되고 있는 상황에서 청정 에너지원인 원자력발전의 필요성은 점점 확산되어 가고 있는 추세에 있다.

그러나 계속 늘어나는 전력수요에 대처하기 위해서는 발전설비를 대폭 증설해야 하는데, 투자비 조달의 어려움 속에서도 원자력발전소를 건설하여야 하기 때문에, 효과적인 건설관리를 함으로써 건설비용을 최소화하고, 신뢰도를 향상시킴으로써 궁극적인 경제성을 확보토록 노력하고 있다.

올진원자력 3, 4호기가 준공되면 연간 약 130억kWh의 전력을 생산하게 되어 연간 400만톤의 유연탄 또는 2,000만배럴의 석유대체효과가 기대될 뿐만 아니라, 건설기간 동안 연인원 약 1천만명의 고용효과가 있어 지역경제 활성화와 지역개발에 기여할 것이 예상된다.

한국전력공사는 「발전소주변지역지

〈표 1〉 올진 3, 4호기 건설사업비

구분		금액(억원)	점유율(%)	
총설계	한기	1,859	5.6	
	S & L	718	2.1	
가	원자력계통설계	한원연	684	2.0
		C E	284	0.9
	원자력공급	한중	2,538	7.6
		C E	1,739	5.2
	터빈발전기	한중	1,731	5.2
		G E	308	0.9
보조기기	국내	5,425	16.2	
	해외	1,728	5.2	
해면표		1,272	3.8	
시공		5,361	16.0	
간접비	건설대차	5,838	17.4	
	기타	3,974	11.9	
계		33,459	100.0	

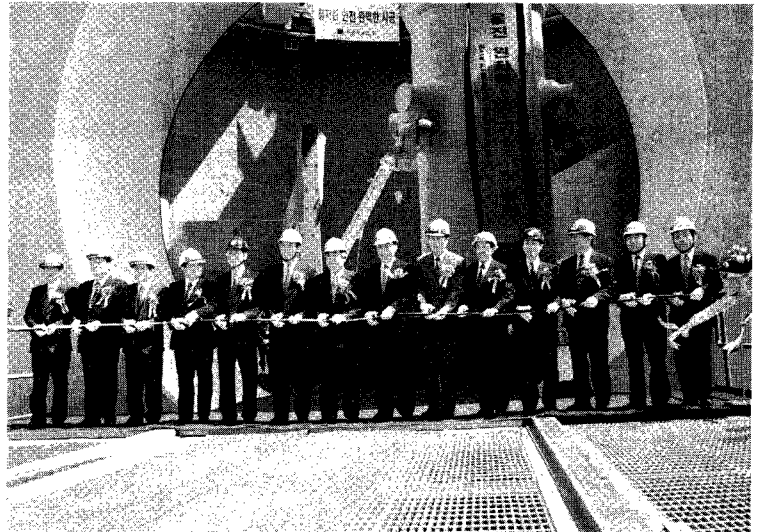
('99. 6 준공년도 경상가 기준)

원에 관한 법률」을 기본으로 하여 주민소득증대사업, 육영사업 등의 지역협력사업을 지속적으로 추진하여 지역주민의 협력을 증진해 나아가고 있으며, 건설공사에 지역업체 및 주민의 참여를 확대하였다.

사업개요

1. 사업내역

- 위치: 경북 울진군 북면 부구리 84-4
- 설비용량: 100만kW×2기
- 원자로형: 가압경수형 원자로(PWR)
- 건설공기: 3호기: '92. 5 ~ '98. 6
4호기: '92. 5 ~ '99. 6 (본관기초굴착 ~ 상업운전)
- 총공사비: 내자 : 2,746,423백만원
외자: 788,834천불
계: 3,345,936백만원 (〈표 1〉 참조)
- 건설단가: 1,609천원/kW (2,117불/kW)
- 사업관리: 사업자(한진) 주도형
- 종합설계: 한국전력기술(주)
- 주기기공급: 한국중공업(주)
- 1차측계통설계: 한국원자력연구소
- 시공: 토건공사—동아건설산업(주)
기전공사—한국중공업(주)



울진 3호기 원자로설치 기념행사(95. 4. 8)

- 시운전 보수공사—한전기공(주)
- 비파괴검사—유양진흥개발(주)
- 종합국산화율: 79.0%

2. 사업특성

가. 한국표준형 원자력발전소로 개발
울진원자력 3, 4호기의 주요한 특성은 한국표준형 원자력발전소라는 것이다.

선행호기보다 국내업체 책임계약하에 건설되고 있는 울진원자력 3, 4호기 주요계통 및 설비의 설계개념은 영광원자력 3, 4호기 사업을 통해 도입된 기술을 활용하고, 최신의 규제요건 및 신뢰성향상을 위한 설계개선사항과 아울러 미국전력연구소(EPRI) 등 연구기관의 개량형 경수로기술을 공기준수 범위내에서 반영토록 하였으며, 설계수명은 40년으로 설계되었다.

핵연료의 열적여유도(Thermal Margin)를 5%이상 증가시키고, 한국인의 체형 및 관행에 맞는 인간공학적 개념을 적용한 최신의 설비들을 채택하여 운전원 실수에 의한 사고율을 극소화 하였다.

또한 주요 안전계통의 개선 및 보안을 통해 노심손상 확률을 낮추어 발전소안전성 및 신뢰성을 증진시켰다.

나. 국내산업체 역할 확대

울진원자력 3, 4호기는 국내업체의 역할, 기술자립 및 설계 등의 분야에서 지금까지 건설된 발전소와는 다른 몇가지 특징이 있다.

종합설계, 주기기 제작공급, 시공분야에서 원전건설 기술자립 분담업체가 영광원자력 3, 4호기 건설사업을 통해 습득한 기술을 울진원자력 3, 4

호기 사업수행중 반복 사용하였다.

이에 따라 자립기술의 활착화 및 기술혁신을 도모하고, 또한 주계약자로서 사업을 주도적으로 수행함으로써 모든 건설분야에서 국내산업체의 역할이 크게 확대되었다.

사업참여업체는 주설비 설치공사 업체를 제외하고 영광원자력 3, 4호기에 참여한 동일업체이다.

그러므로 영광원자력 3, 4호기에서의 설계, 제작, 시공 및 사업관리 경험을 활용하여, 오류를 방지하고 품질을 확보함으로써, 원활한 사업추진과 아울러 국내 관련업체들의 기술발전을 도모하고 있다.

앞으로는 모든 국내업체가 외국기술을 탈피하여 국내기술만으로 설계, 제작, 시공, 시운전토록 하고, 반복건설을 통하여 경제적인 이득을 꾀할 뿐만 아니라, 한단계 앞선 차세대 원전 건설을 위한 국내 관련업체의 기술혁신도 이룩하고자 한다.

다. 원전건설 기술자립 달성 및 혁신

울진원자력 3, 4호기의 외국하도급 계약 공급범위는 국내참여업체의 기술자립도가 향상되어 영광원자력 3, 4호기보다 상당히 감소되었다.

원자로설비 공급분야를 보면 계통설계를 한국원자력연구소가 수행하고, 설계개선부문과 최종설계결과물을 컴버스천 엔지니어링사가 검토하도록 하였다.

기기설계분야에서도 원자로, 증기



울진 원자력발전소 1·2·3·4·5·6호기 조감도

울진원자력발전소 1·2·3·4·5·6호기 조감도

발생기, 가압기 등의 한국중공업(주) 공급분 기기의 기기설계를 한국중공업(주)가 담당하도록 하였다.

터빈발전기 공급계약도 터빈제어계통, 발전기여자계통 및 이들 계통과 관련된 계측제어기기 설계를 한국중공업(주)가 수행중이다.

종합설계는 전체설계를 한국전력기술(주)가 수행하고, 분야별로 외국전문업체의 자문을 받도록 하였다.

외국하도계약자의 공급범위가 극히 제한적인 분야에 국한됨에 따라, 이들의 책임한계는 자체 공급범위에 국한되고, 전체 공급범위에 대한 책임은 주계약자인 국내업체에게 있음도 큰 특징이라 하겠다.

그러므로 영광원전 3, 4호기를 통하여 자립된 기술을 이어받아 울진 3, 4호기는 모든 신기술 및 경험을 적용, 새롭게 건설되도록 노력할 뿐만 아니

라, 반복건설의 이점을 살려 '기술혁신'을 꾀하도록 하고 있다.

3. 사업추진경위

울진원자력 3, 4호기는 △ 전원개발계획, 건설기본계획, 사업추진세부계획 수립의 기획단계와 △ 주기기 및 종합설계용역공급자와 토건 및 기전설치공사 계약자를 선정하는 구매입찰단계 △ 환경영향평가서 및 예비안전성분석보고서 작성과 정부인허가기관에 의한 평가와 이에 따른 제한공사 승인 등의 인허가단계를 거쳤다.

1992년 5월 27일 기초굴착공사를 착수한 이래 본격적으로 건설공사가 진행되고 있으며, 지난 4월 8일 3호기 원자로를 당초계획보다 1개월 빨리 설치하였다.

사업추진과정중의 주요 수행업무를 순서대로 정리하면 다음과 같다.

- 1989. 4. 24: 전원개발계획확정(동자부)
- 1989. 5. 2: 건설기본계획확정(한전이사회)
- 1989.10. 13: 원전후속기 관련 토론회 개최
- 1990. 4. 12: 사업추진세부계획 확정
- 1990. 6. 27: 원전 13,14호기 건설추진계획(안)심의회 개최(과기처)
- 1990. 7.19: 울진 3, 4호기 건설추진계획 제225차 원자력위원회 의결
- 1990. 7. 19: 발전설비제조업의 산업합리화기준변경(안) 경제 장관회의 의결
- 1990. 7. 21: 공급제외요청서 발급
- 1990.10. 31 ~ 91. 4: 공급제외서 접수 및 평가
- 1991. 5 ~ 6: 계약협상
- 1991. 6. 7: 부지사용승인 신청(과기처)
- 1991. 7. 22: 주기기 및 종합설계용역계약 체결
- 1991. 8. 30: 주설비공사계약 체결
- 1991. 9. 6: 환경영향평가서(ER) 제출(과기처)
- 1991.10. 31 ~ 11. 1: 울진 3, 4호기 사업착수회의 개최
- 1991.11. 27: 전기설비설치허가 신청(전기사업법)
- 1991.11. 28: 건설허가 신청(원자력법)
- 1992. 2. 25: 제34차 KINS 안전심의회 개최
- 1992. 3. 9: 부지사전승인 조건부승인(과기처)
- 1992. 3. 9: 제한공사승인(LWA) 신청서 제출(과기처)
- 1992. 3. 27: 공사계획인가 취득(동자부)
- 1992. 4. 1: 건축허가 신청(울진군청)
- 1992. 4. 8: 토지형질변경허가 취득
- 1992. 4. 14: 건축허가 취득
- 1992. 5. 6 ~ 5. 9: 제1차 사업추진회의(PRM) 개최
- 1992. 5. 14: 제한공사승인(LWA) 관련 KINS 원자력안전심의회 개최
- 1992. 5. 23: 제한공사승인(LWA) 관련 과기처 원자력안전전문 위원회 개최
- 1992. 5. 25: 제한공사승인(LWA) 취득
- 1992. 5. 27: 울진 3, 4호기 기공식 및 본관기초굴착공사 착공
- 1992.11. 19 ~ 11. 21: 제2차 사업추진회의(PRM) 개최
- 1993. 2. 20 : 종합가공장 이설공사 준공
- 1993. 2. 26 : 철근가공장 이설공사 준공
- 1993. 5. 6 ~ 5. 8: 제3차 사업추진회의(PRM) 개최
- 1993. 6. 10: 건설사무소 신축공사 준공
- 1993. 6. 30: 비파괴검사용역계약체결
- 1993. 7. 16: 건설허가 취득(과기처)
- 1993. 7. 21: 3호기 최초콘크리트 타설
- 1993.11. 1: 4호기 최초콘크리트 타설
- 1993.12. 2 ~ 12. 3: 제4차 사업추진회의(PRM) 개최
- 1994. 6. 6 ~ 6. 10: 제5차 사업추진회의(PRM) 개최
- 1994. 6. 16: 3호기 복수기조립착수
- 1994. 7. 2: 기전공사 착공지시서 발급
- 1994. 7. 29: 3호기 격납건물철판 15단 설치 완료
- 1994. 8. 24: 자재창고(C급) 신축공사 착공
- 1994.10. 17: 3호기 1차보조건물 EL.100' 슬라브 타설 완료
- 1994.11. 16 ~ 11. 19: 제6차 사업추진회의(PRM) 개최
- 1994.12. 17: 3호기 격납건물 외벽 15단 콘크리트 타설 완료
- 1995. 4. 8: 3호기 원자로(Reactor) 설치 완료
- 1995. 5. 18 ~ 5. 20: 제7차 사업추진회의(PRM) 개최
- 1995. 5. 24: 3호기 증기발생기

설치 완료

사업체제

울진원자력 3, 4호기는 한국전력공

사가 종합사업관리를 수행하고, 국내 원자력발전소 건설사상 처음으로 국내업체가 주계약자로 참여하고 있다.

한전이 전체사업을 직접 관리하고, 종합설계, 주기기 제작, 시공 등을 국

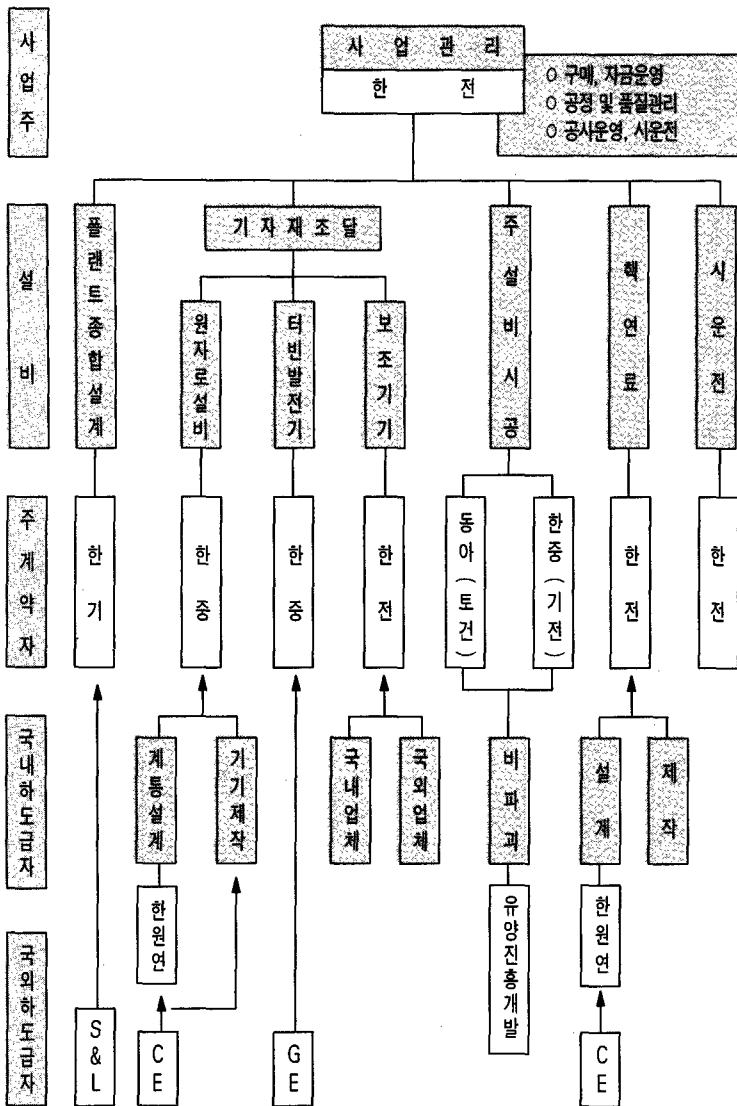
내업체 책임하에 수행하고는 있으나, 일부 기술이 취약한 일부 분야에 대하여는 기술자립 목표하에 외국전문업체의 자문을 받도록 효율적인 사업체제를 운영하고 있다.

분야별로 국내업체의 역할을 살펴 보면, 종합설계는 한국전력기술(주), 원자로설비 및 터빈발전기공급은 한국중공업(주), 핵연료공급은 한국원전연료(주), 보조기기는 국내외 업체, 토건공사는 동아건설산업(주), 기전설치공사는 한국중공업(주)가 수행하며, 원자로설비중 계통설계와 원전연료공급중 원전연료설계는 한국원자력연구소가 한국중공업의 하도급계약자로 참여하고 있다.

일부 분야에 외국전문업체가 참여하고 있는데, 설계업무분야를 보면 종합설계에 서전트 앤드 런디(S&L)사, 원자로계통설계와 핵연료설계에 컴버스천 엔지니어링(CE)사가 참여하고 있으나, 참여범위가 자문업무에 국한되어 울진원자력 3, 4호기부터 국산화된 표준 원자력발전소라고 말할 수 있다.

설비공급분야를 보면, 원자로설비 공급분야에 컴버스천 엔지니어링사, 터빈발전기 공급분야에 제너럴 일렉트릭(GE)사가 한국중공업(주)의 하도급업체로 참여하고있으나, 그 공급범위도 영광 3, 4호기보다 축소되었다.

울진원자력 3, 4호기 건설사업체제의 구성은 <그림 1>과 같다.



(그림 1) 울진 3, 4호기 건설사업체제

주요 설계내용

1. 설계개요

선행호기인 영광 3, 4호기는 미국의 ABB-CE사가 Paloverde에 공급하여, '86년부터 운전중인 System 80 (1,300MW) 노형을 기준으로 우리나라 전력망 실정에 맞게 1,000MW로 축소하고, 중대사고율 배제와 인간공학 적 개선과 같은 안전성 강화를 위한 설계개선을 더해 건설하고 있으며, 1995년 3월 31일부터 3호기가 상업 운전중에 있다.

울진원자력 3, 4호기는 영광 3, 4호기를 참조발전소로 하여, 건설과정에서 제안된 설계개선사항과 원전표준화 2, 3단계 사업결과에 따른 설계개선사항을 반영하여 설계하고 있다.

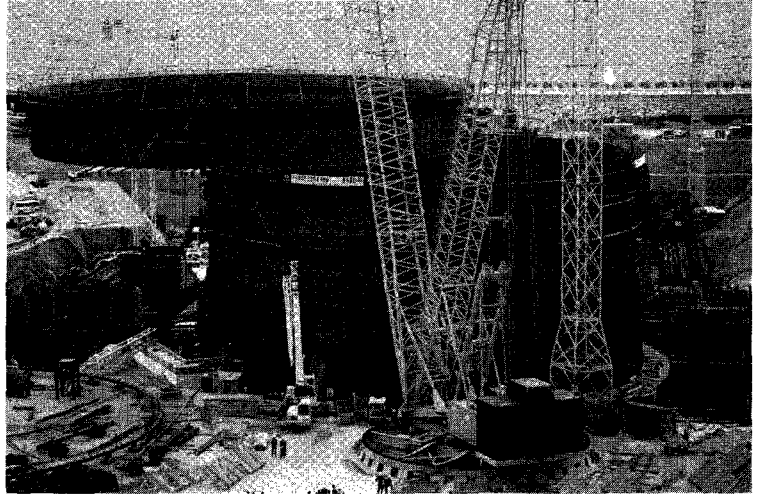
또한 현재의 울진부지 내에 총 6기를 수용한다는 전제하에 기존 부지 및 공용설비를 최대한 활용할 수 있도록 설계하였다.

2. 설계기준

가. 설계목적

울진원자력 3, 4호기는 아래와 같이 안전성, 신뢰도, 기기접근성 및 보수성향상, 작업자의 방사선피폭량 및 방사선산란효과저감 등을 설계목표로 하였다.

- (1) 신기술 적용 및 설비개선
 - 세계 원전중 가장 최신기술과 안전성이 강화된 원전
 - 한국인의 운전 및 보수관행이 조



울진 4호기 건설공사 현장

- 화된 원전
 - 원자로출력 및 발전소전출력의 전수명기간동안 유지
 - 선행호기 운전경험을 최대한 반영한 설비 개선
- (2) 안전성 강화
 - 안전정지지진(SSE) 및 단일고장(Single Failure)을 전제로 하여 외부전원공급 없이 발전소 안전정지가 가능
 - 방사선방호설비는 합리적최소도 달방사선피폭(ALARA) 기준
 - 확률론적안전성평가(PSA) 수행으로 발전소의 안전성을 종합평가하며 중대사고(Severe Accident) 대처능력 확보
 - 소내부하운전(House Load Operation)이 가능하도록 설계
- (3) 운전 편의성
 - 정상운전조건 하에서의 발전소

- 설계수명은 40년
 - 운전 및 정지시 보수와 검사의 용이
 - 각 호기의 초기노심 및 10년간 교체분의 사용후핵연료 저장
 - 발전소가동을 단주기채택시 80% 이상, 장주기채택시 87% 이상
- (4) 경제성
 - 외국 원전과 비교시 경제성 확보
 - 국내 산업수준에 맞추어 국내 생산기자재 사용 최대화
 - 반복 건설에 의한 공사비 절감

나. 설계등급분류 및 적용기준
 울진원자력 3, 4호기 설계등급분류 및 적용기준은 다음과 같다.

- (1) 내진설계범주의 분류: 국내 관련법규 또는 미국의 10 CFR 100 및 RG 1.29 적용
- (2) 품질그룹: RG 1.26 적용

(표 2) 원전 설계특성 비교

내 용	SYSTEM 80	영광 3, 4호기	울진 3, 4호기(표준형)
○ 노형 및 용량	가압경수로, 1,300MWe	가압경수로(PWR), 1,000MWe	가압경수로(PWR), 1,000MWe
○ 노심 열출력	3,817MWt	2,825MWt	2,825MWt
○ 방사선 피폭 저감	350 Man-Rem/yr	190 Man-Rem/yr 이하	190 Man-Rem/yr 이하
○ 기술기준 적용시점	1973. 12월	1985. 12월	1989. 12월
○ 재장전 주기	12개월	초기노심: 15개월 교체노심: 12개월	초기노심: 15개월 교체노심: 12-24개월
○ 노심 용융확률	8.1×10^5	7.58×10^6	$< 7.58 \times 10^6$
○ 파단전누설개념(LBB)	불채택	주냉각재배관, 지관일부 및 가압기밀림관 적용	주냉각재배관, 지관일부 및 가압기밀림관 적용
○ 증기발생기 -관폐쇄 여유도	2%	8%	8%
《장차냉각계통(SCC)》			
○ 설계압력	485 psig 650 psig	입구: 535 psig 출구: 750 psig	입구: 900 psig 출구: 900 psig
○ 열교환기	-	CSS와 공유	별도설치(SCC용)
○ Mid-Loop 운전	Mid-Loop 운전 미반영	Mid-Loop운전관련 요건일 부 반영	Mid-Loop운전관련 요건완 전 반영
《안전감압계통》			
○ SDS 설치	불채택	가압기 상부에 2-Train의 안 전감압밸브 설치	가압기 상부에 2-Train의 안 전감압밸브 설치
《화학·체적제어계통》			
○ 충전펌프 종류 및 수량	왕복동펌프: 3×44GPM	왕복동펌프: 3×44GPM	왕복동펌프: 3×44GPM
《비상전원계통》			
○ 디젤발전기	2대 설치	3대 설치	3대 설치

- (3) 품질등급: Q, T, R, S 등급으로 분류
 - (4) 원자력안전등급: 국내 관련법규 또는 ANSI/ANS 51.1 적용
 - (5) 품질보증기준: 국내 관련법규, 미국의 10CFR50 App-endix B 및 한전 품질보증규정 적용
- 다. 인허가 기준

인허가요건은 1989년 12월 31일 현재 유효한 국내 및 미국의 법규 및 규제지침을 적용하며, 국내와 미국의 규제지침이 상충되는 경우에는 국내 법규 및 규제지침을 우선 적용한다.

라. 인허가 조건

울진원자력 3, 4호기는 영광 3, 4호기 설계 및 건설경험과 국내의 가동

중인 원전에서 입증된 개량기술을 확대 적용하였고, 국내 원전설계 표준화 사업결과 및 외국의 개량형경수로 설계특성을 참조하여 중대사고 예방 및 완화설비의 보강으로 인해 중대사고 대처능력이 크게 향상 되었다.

다만 심층적인 안전성 확인을 위하여 별도의 실증시험이 요구되거나 추가설비의 설치 필요성이 제기된 일부 현안 문제들에 대하여는 정부의 건설허가 발급시 다음과 같은 조건사항을 부과하였다.

첫째, 발전소 정지냉각시 잔열펌프의 건전성 확보를 위한 임계수위 실증시험을 수행하고, 그 결과를 반영한 부분충수운전(Mid-Loop Operation)의 안전성 입증자료를 제출하여 평가 받을 것.

둘째, 중대사고시 격납건물 내부의 국부수소농도 분석결과를 근거로 한 수소제어능력의 확보방안(수소점화기 설치 등)을 제출하여 평가 받을 것.

따라서 부분충수운전 건전성은 울진원자력 3, 4호기 시운전 기간중 실증시험을 통하여 입증할 예정이다.

또한 중대사고를 대비한 수소점화기 추가설치 필요성과 관련해서는 중대사고시 격납건물 내부의 국부 수소농도 분석결과를 근거로 한 수소제어능력을 확보할 예정이다.

이밖에 울진원자력 3, 4호기 건설과정중 상세분석 또는 설계보완을 통하여 안전성 확인이 필요한 항목은 적절한 시점에 규제기관에 보완자료를 제

출하여 안전성 확인을 받을 예정이다.

3. 주요계통 및 기기설계 개념

울진원자력 3, 4호기의 주요계통 및 기기는 참조발전소인 영광원자력 3, 4호기의 설계개념을 준용하고, 인허가요건변경사항, 공업규격 및 표준 변경사항, 기존호기 및 원전표준화 2, 3단계 사업결과에 따른 설계개선사항, 부지특성 등을 최대한 반영하여 설계하였다.

4. 건물 및 기기배치 개념

울진원자력 3, 4호기의 건물배치개념은 영광원자력 3, 4호기의 건물배치를 반영하여 수정 보완한 것으로, 건물간 상호연관관계 및 운전, 보수성을 고려하여 배치하였다.

울진원자력 3호기와 4호기는 평행 이동형 배치개념(Slide Along Concept)으로 설계하였다.

5. 구조물설계 개념

구조물은 내부에 설치되는 시스템이나 기기의 안전성 및 중요성에 따라 내진범주 1급 구조물과 비내진범주 1급 구조물로 구분하여 설계되었다.

6. 선행호기대비 설계개선 내용

울진원자력 3, 4호기는 선행호기의 운영경험에 의한 개선필요성, 원전표준화 2, 3단계 사업의 결과, 인허가요건의 변경, 시공공법개선 등에 의해 설계가 개선되었다.

이중 Paloverde의 System 80,

영광 3, 4호기와의 주요특성 비교는 <표 2>와 같으며 그 중 몇가지 만을 살펴보기로 한다.

가. 안전감압계통 신설

기존 원자로냉각수기체방출계통(Reactor Coolant Gas Vent System)과는 별도로 신속한 안전감압기능을 추가한 설비로서, 가압기상단에 2 Train의 Series Bleed Valve를 설치하여 급수완전상실사고시와 같은 중대사고시 Feed and Bleed방식의 노심냉각을 할 수 있도록 하여 신속 감압 및 잔열제거를 할 수 있도록 한다.

나. 화학 및 체적제어계통 개선

기존의 설비에는 왕복동충전펌프가 3대였으나, 신뢰도향상을 위하여 1대를 증설하였다.

다. 보조급수계통 개선

펌프용량을 키우고 펌프형태를 변경하여 신뢰도를 향상시켰다.

○ 터빈구동펌프: 100%×2대

○ 전동기구동펌프: 100%×2대

선행호기에서는 터빈구동펌프 대신에 디젤구동펌프를 설치하였다.

(모든 펌프 용량은 각각 50%임).

라. AAC 디젤발전기 설치

소내비상전원(Emergency Diesel Generator)을 Back-up하고 발전소 정전(Station Black Out)시 필요한 전기부하에 교류전력을 공급하기 위해 3, 4호기 공용으로 1대의 Alternate Alternating Current 디젤발전

기(7,000kW)를 설치한다.

마. PSA에 Level II 도입

NUREG/CR-2300에 정의된 Level II 확률론적안전성평가(Probabilistic Safety Analysis)를 수행함으로써, 발전소의 안전성을 종합적으로 평가하여 설계개선방안을 제시하고, 중대사고시의 발전소 고유취약점을 도출하여 이에 대비한 대처방안을 제시하여 설계에 반영한다.

7. 주요설비 개요

가. 원자로용기(Reactor Vessel)

(1) 구조: 원자로용기는 단조 제작된 플랜지

(2) 대수: 1대

(3) 주요제원

○ 내경: 4,115 mm

○ 외경: 5,385 mm

○ 전체높이: 14,451 mm

○ 중량: 351 ton

(4) 재료

○ 재질: 압력용기용 탄소합금 단조강(SA-508 CL.3)

○ 내부피복: 오스테나이트 스테인레스강(Ni-Cr-Fe & SST)

(5) 설계압력 및 설계온도

○ 압력: 176 kg/cm²(2500 psia)

○ 온도: 343℃(650°F)

(6) 냉각재, 감속재 및 반사체의 종류: 경수

나. 증기발생기(Steam Ge-

nerator)

- (1) 형식: Vertical U-Tube W/Economizer
- (2) 대수: 2대
- (3) 사용재료
 - 동부: 압력용기용 탄소합금 단조강 (ASME SA-508 CL.3)
 - 관: Ni-Cr-Fe Alloy (SB-163)
- (4) 주요제원
 - 동외경: 상부-5.66 m
하부-4.27 m
 - 전체높이: 20.861 m
 - 냉각재 입구온도: 327℃ (621°F)
 - 냉각재 출구온도: 296℃ (565°F)
 - 최대출구 습도: 0.25%
 - U-Tube 수: 8,214개(대당)
 - 중량: 542 ton (Empty)

다. 냉각재펌프(Reactor Coolant Pump)

- (1) 형식: Vertical, Single-Stage Centrifugal Pump
- (2) 대수: 4대
- (3) 중량: 72,521kg (Pump), 53,750kg (Motor)
- (4) 설계유량: 19,396 m³/hr (대당)
- (5) 설계수두: 105.1 m
- (6) 설계압력 및 설계온도
 - 압력: 176 kg/cm²(2500

psia)

- 온도: 343℃(650°F)
 - (7) 전체높이: 11.15 m
 - (8) 모타전압: 13,200 Volt
- 라. 가압기(Pressurizer)
- (1) 형식: 2 Phase Water & Steam 가압기
 - (2) 대수: 1대
 - (3) 압력제어방식: 전열 및 스프레이(Electrical Heater and Spray)
 - (4) 설계압력 및 설계온도
 - 압력: 176 kg/cm² (abs) (2500 psia)
 - 온도: 343℃(650°F)
 - (5) 히타수: 36개
 - (6) 사용재질
 - 재질: 압력용기용 탄소합금 단조강 (ASME SA-508 CL.3)
 - 내부피복: 스테인레스강 (308 SS)

마. 터빈(Turbine)

- (1) 종류: 텐덤 콤파운드(Tandem-Compound), 6 Flow
- (2) 보증출력: 1,050,819 kW
- (3) 대수: 고압터빈-1대
저압터빈-3대
- (4) 주증기 정지밸브 입구의 압력 및 온도
 - 압력: 72.8 kg/cm² (abs)
 - 온도: 287.1℃

(5) 급수가열단(Stages of Feed-water Heating): 7단

- (6) 배기압력: 1.5 in Hg
- (7) 회전수: 1,800 RPM
- (8) 총 팽창단수 및 최종단의 날개 치수
 - 단수: 56단
 - 날개치수: 1,092 mm

주설비공사

1. 개요

울진원자력 3, 4호기 주설비공사는 주설비 토건, 기전설치, 시운전보수공사 및 비파괴검사로 크게 구분하여 단계별로 발주하였다.

주설비 토건공사는 1991년 8월 30일 동아건설산업(주)를 계약자로, 기전설치공사는 한국중공업(주)를 계약자로 선정하였다.

이와는 별도로 시운전보수공사, 비파괴검사의 계약에 대해서는 각각 한전기공(주)[예정] 유양진흥개발(주)와 계약을 체결하였다.

주설비 시공계약자는 건설자재의 관리, 공사수행, 건설시험 등에 대한 책임이 있으며, 모든 현장작업은 계약자가 작성제출하여 한전이 승인한 작업절차서에 따라 수행되고 있다.

또한 현장 품질관리(QA, QC) 활동을 강화하여 철저한 시공과 감독으로 원자력발전소 안전성과 신뢰성 확보를 위해 노력하고 있다.

건설공기 준수를 위해 새로운 공법

의 적용과 함께 설계변경사항의 신속한 반영으로 공기를 촉진하고 있으며, 특히 기전설치공사의 배관, 배선 등 대량자재(Bulk Material)의 전산화는 정확한 소요물량 파악과 함께 작업진도 및 공사비 관리에 많은 도움이 되고 있다.

2. 계약별 공사범위 및 항목

가. 주설비 구조물신축 및 콘크리트 생산공사

- (1) 콘크리트 생산공사
 - 종합공장 설치, 골재생산설비, 콘크리트 생산 및 운반
- (2) 본관 기초공사 굴착공사
 - 건물 및 구조물 기초굴착
- (3) 건물 및 구조물 신축공사
 - 원자로건물, 터빈건물, 1,2차 보조건물
 - 핵연료건물, 폐기물처리건물 등
- (4) 옥외매설물 설치공사
 - 옥외매설배관
 - 매설접지시설
- (5) 기타 건물 및 구조물 설치공사

나. 주설비 기전공사

- (1) 핵증기 공급설비 설치공사
 - S/G, RCP, PZR
 - PZR Relief Tank, Accumulator 등
- (2) 터빈발전기 설치공사
 - TBN/GEN 등 설치
- (3) 복수기 설치공사

- 복수기 Shell 조립 및 설치
- (4) 보조기기 설치공사

본 공사는 Main Power Block내의 핵증기발생설비, 터빈발전기, 전기기기, 복수기, 공기조화설비 등을 제외한 모든 옥내 보조기기를 설치하는 공사이다.

 - (5) 공기조화설비 설치공사
 - HVAC Sys.와 기기설치
 - 전 Ductwork의 가공 및 설치 등
 - (6) 현장조립탱크 설치공사
 - 탱크설치를 위한 기초 손질
 - 탱크의 설치 및 시험
 - 자재조달(용접봉)
 - 조립설치후 현장시험
 - (7) 배관공사
 - 각종 배관설치
 - 배관지지물 제작,가공설치
 - (8) 보온공사
 - 모든 배관과 보조기기를 위한 보온재 조달 및 설치
 - 한전이 조달한 보온재 설치
 - (9) 전기기기 설치공사
 - 변압기 설치
 - Generator Bus 설치 등
 - (10) 케이블 포설공사
 - 전기, 계측, 제어계통의 전선 포설
 - 전선결선
 - (11) 계장설비 설치공사
 - 계장설비를 위한 모든 Board,Rack 및 Panel 설치

- 계측장치 설치
- (12) 건설시험 및 시운전지원공사
 - 시운전기간동안 수행되는 각종 시험 및 시운전업무지원 또는 수행
 - 건설인수시험
- (13) 도장공사
 - 건물 및 토건구조물을 제외한 기기,배관 등 표면처리 마감도장공사임
 - 표면처리
 - 도장작업 등

다. 시운전 보수공사
시운전기간중 보수업무

라. 비파괴검사
본 공사는 Power Block 내의 모든 기계적인 공사에 대하여 비파괴시험을 시행하는 공사이다.

주요공정계획

울진 3, 4호기는 지난 '92년 5월 기초굴착을 시작으로 현재 격납용기 마감공사 및 보조설비 구조물공사가 활발히 진행중에 있으며, '95년 5월 말 현재 51.92%의 전체 종합공정을 보이고 있다.

사업추진 주요일정은 <그림 2>와 같다.

3호기의 경우 '93년 7월 최초콘크리트를 타설한 이후, 지난해 12월 원자로건물외벽 축조공사를 완료하고

원자로건물 천정크레인(POLAR CRANE) 설치 및 시험을 거쳐 지난 4월 8일 원자력발전소의 핵심설비인 원자로용기를 성공리에 설치하였다.

터빈건물은 철골구조물 설치공사가 거의 마무리 단계에 있어, 오는 8월부터 터빈발전기 설치공사에 착수할 예정이다.

이어 연내로 시운전 전원가압을 수행하여 조기에 시운전용 전원을 확보함으로써 시운전업무를 적기에 원활히 수행할 수 있도록 할 예정이다.

이후 주요공정은 아래와 같이 추진할 예정이다.

- 터빈발전기 설치: '95. 8. 1
- 상온수압시험(CHT): '97. 3. 1
- 고온기능시험(HFT): '97. 7. 1
- 핵연료 장전(F/L): '97.11. 1
- 상업운전(COD): '98. 6.30

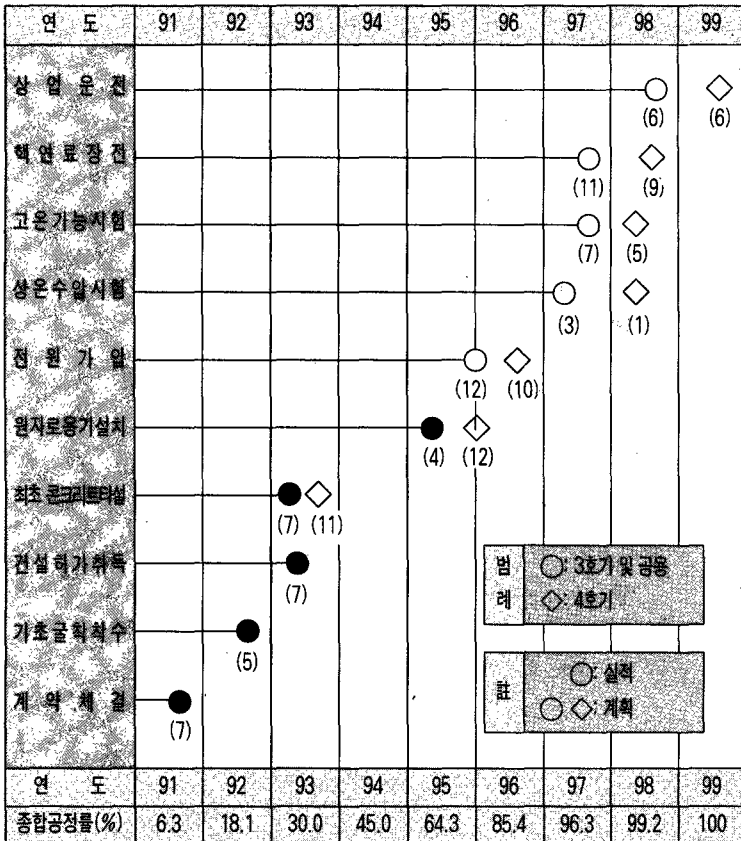
4호기의 경우 현재 원자로건물의 외벽 및 내부 구조물축조공사가 활발히 진행중에 있으며 '95년10월까지 원자로건물 천정크레인(POLAR CRANE) 설치 및 시험을 완료하여

오는 12월초 원자로건물 내에 원자로 용기를 설치할 예정이다.

또한 터빈건물은 '95년 9월까지 철골설치를 완료하고 내년 2월부터 터빈발전기 설치공사에 착수할 예정이다.

이후 주요공정은 아래와 같이 추진할 예정이다

- 터빈발전기 설치: '96. 2.28
- 상온수압시험(CHT): '98. 1. 1
- 고온기능시험(HFT): '98. 5. 1
- 핵연료 장전(F/L): '98. 9. 1
- 상업운전(COD): '99. 6. 30



(그림 2) 울진 3, 4호기 사업추진 주요일정

기술자립현황

'80년대초 부터 기술자립 추진전략을 바탕으로 한전 및 관련기업이 원전 건설 및 기술자립 추진에 있어 주도역할을 담당하고 있으며, 한전이 국내 관련사의 기술자립 비용을 전액 지원하는 체제로 각사가 합심 노력하여 탄생시킨 울진 3, 4호기는, 국내 기술자립에 의하여 설계, 건설됨으로써 대외적인 수출 경쟁력을 확보하였을 뿐만 아니라, 우리나라 특성에 맞으며 안전성과 신뢰성이 크게 향상되는 등 여러 가지 장점을 갖고 있다.

기술자립 추진현황을 분석하여 보면, '80년대 초부터 추진된 원전표준화 사업을 통한 기술자립은 '95년도에는 자립도 95%에 달하게 되었다. (<표 3> 참조).

울진 3, 4호기의 국산화율은 금액대비 75% 수준(<표 4> 참조)으로 운영

(표 3) 원전 기술자립 추진율

(단위 : %)

기술자립분야		주관	'95년 목표
사업관리		한국전력	98
설계	플랜트종합설계	한기(주)	95
	원자로계통설계	한원연	95
	원전연료설계	한원연	100
제작	원자력설비제작	한중(주)	87
	터빈발전기제작	한중(주)	98
원전연료제조		한국원전연료	100
시공		국내건설업체	100
계			95

(표 4) 원전 국산화율 비교

(단위 : %)

분야		고리 3, 4호기	영광 1, 2호기	울진 1, 2호기	영광 3, 4호기	울진 3, 4호기	영광 5, 6호기
설계	원자로설비	0	0	0	76.3	70.7	83.6
	원전연료설계	0	0	0	70.5	83.9	91.7
	플랜트종합설계	37.0	44.0	46.0	65.8	72.1	85.2
기자재	모조기기	33.2	42.1	-	74.5	80.1	84.4
	원자로설비	9.8	18.9	-	63.1	60.5	63.4
	터빈발전기	10.5	30.0	-	94.0	85.7	88.4
총합		29.4	34.8	40.2	74.1	74.9	78.6
원전연료제조		0	0	0	100.0	100.0	100.0
시공		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
계		28.7	34.6	35.7	78.4	79.0	85.3

* 원전연료는 성형기공 계약기준

기술(Know-How)을 확보하여 기존 기술을 활용하는 데는 큰 무리가 없다.

하지만 아직 창의적 신기술 개발과 기술혁신을 위하여 필수적으로 갖추어야 할 원천기술(Know-Why)까지 모두 확보하였다고 말하기에는 어려운 실정이다.

그러나 지속적인 연구개발과 꾸준한 기술개선 노력으로 선진기술을 하루속히 따라 잡도록 하여야 하겠다.

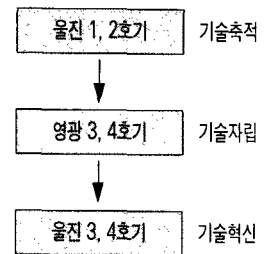
향후 후속기 건설시에도 울진 3, 4호기를 표준 모델로 하여 최신 기술기준 및 개발된 신기술을 반영토록 함으로써, 보다 안전성이 확보되고 경제적이며, 이용률이 높은 발전소를 건설하도록 힘쓰고자 한다.

기술혁신

'80년대초에는 우리가 기술축적에

급급하였으나 영광 3, 4호기부터 기술자립 추진전략에 의거, 95%의 기술자립 수준에 이르게 되었다.

울진원자력 3, 4호기에서는 자립된 기술을 바탕으로 지속적인 기술발전을 추진함으로써 기술혁신을 도모하고 있다.



기술혁신은 공사비, 품질관리, 공정관리, 인허가, 구매, 제작, 시공 등 모든 분야에 대하여 추진되고 있다.

이를 효율적으로 연계추진 하기 위하여 새롭게 개발되고 있는 정보처리 기술을 적용하여 Reengineering을 펼칠 뿐만 아니라, 관련업체와 연계되는 D/B를 구축하여 서로의 정보를 신속, 정확하게 전달할 수 있도록 하고자 한다.

1단계 사업으로 '95년 6월부터 PC 영상 통신망을 설치, 운영하고 각 분야별로 기술혁신 계획을 수립, 추진토록 함으로써 원천기술(Know Why) 확보 뿐만 아니라, 창의적인 신기술 개발을 도모함으로써 차세대 한국표준형 원자력발전소 개발에 견인차 역할을 하고자 한다. ☞