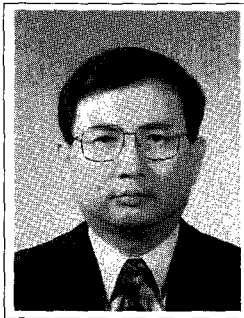


# 울진 원자력 5·6호기 건설 계획

## - 추진 경위 및 주요 설계 내용 -

권 오 결

한전 원자력건설처 사업관리역



**93** 년 「장기 전력 수급 계획」에 따라 시작된 울진 원자력 5·6호기 건설 사업은 96년 11월에 원자로 설비 및 터빈 발전기 공급 계약과 종합 설계 용역에 대한 계약을 한국전력공사와 한국중공업(주) 및 한국전력기술(주) 간에 각각 체결하고, 이어 97년 4월에 주설비 시공 계약을 동아·한중·삼성 공동 수급체와 체결함으로써 사업 추진을 위한 골격이 확정되

었다

경북 울진군 북면 부구리 소재 기존 울진 3·4호기 인접 부지에 1,000MW급 가압 경수로(PWR)로 건설될 울진 원자력 5·6호기는 98년 9월에 착공에 들어갔으며, 5호기는 2004년 9월에, 6호기는 2005년 9월에 각각 준공될 예정이다.

한국 표준형 원전의 반복 건설로 추진되는 울진 원자력 5·6호기는 선행 호기의 건설 과정에서 확보된 설계·제작·시공 및 시운전에 이르기까지 자립된 기술을 사용하고, 아울러 선행 호기에서 외국 기술에 의존해 왔던 원자로 내부 구조물 및 제어봉 구동 장치의 설계까지도 국내 업체가 수행키로 되어 있어 국가 경쟁력 향상에 크게 기여할 뿐만 아니라 차세대 원전 건설의 교량 역할을 하게 된다.

국내 기술진 및 연인원 1,000만명의 건설 인원을 동원하여 건설하게 될 울진 원자력 5·6호기의 사업 특성,

추진 경위 및 향후 추진 일정, 사업 추진 체계, 설계 내용 등을 살펴본다.

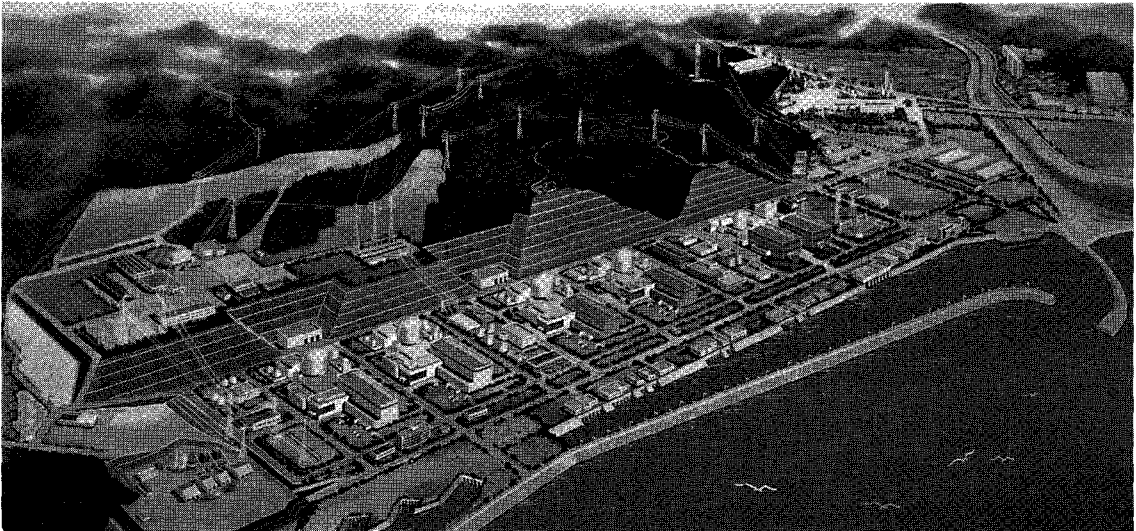
### 사업 특성

우선, 울진 원자력 5·6호기의 사업적 특성을 포괄적으로 살펴본다.

첫째, 국내 최단 공기로 건설되며, 선·후행 호기의 주요 공정 시차를 1년으로 하여 추진된다.

최초 콘크리트 타설에서 인수 성능 시험 완료까지 국내 원전 건설사상 최단 공기인 56개월로 추진하여 원전 건설 경제성을 크게 제고시키고, 5호기와 6호기 공정을 최초 콘크리트 타설 시점부터 과거 6개월 시차에서 1년 시차로 추진하여 공사 정점(Peak) 분산을 통한 인력 및 장비 활용의 효율성을 증대시키며, IMF 경제 환경하에 초기 투자 억제 및 금융 비용 감소에 의한 공사비 절감을 도모하게 된다.

둘째, 국내 차세대 원전 건설의 교



울진 원자력발전소 1~6호기 조감도. 한국 표준형 원전의 반복 건설로 추진되는 울진 원자력 5·6호기는 선행 호기의 건설 과정에서 확보된 설계·제작·시공 및 시운전에 이르기까지 지원된 기술을 사용하고, 아울러 선행 호기에서 외국 기술에 의존해 왔던 원자로 내부 구조물 및 제어봉 구동 장치의 설계까지도 국내 업체가 수행키로 되어 있어 국가 경쟁력 향상에 크게 기여할 뿐만 아니라 차세대 원전 건설의 교량 역할을 하게 된다.

량 역할을 하게 된다.

우리 나라는 85년부터 국가 차원에서 원전 기술 자립을 위해 기관별로 역할 분담을 하여 추진해온 결과 95년 말 이미 95%의 기술 자립을 이룩하였으며, 그 동안 전적으로 해외 업체에 의존해 왔던 원자로 내부 구조물(Reactor Internal) 및 제어봉 구동 장치(Control Element Drive Mechanism) 등의 원자로 계통 주요 핵심 기기도 선행 호기인 영광 5·6호기 건설을 통해 국내 업체가 제작·공급할 수 있게 되었다.

여기에서 울진 5·6호기에서는 제작뿐만 아니라 설계까지도 국내 업체가 수행키로 되어 있어 명실공히 원자로의 핵심 설계 및 제작 기술을 확보하게 되어 국내 차세대 원전 건설의 중요한 발판 및 교량 역할을 하게 된다.

셋째, 신기술을 적용한 설계 개선을 통해 안전성 및 신뢰성을 크게 향상시켰다.

울진 5·6호기는 장주기 노심 설계의 채택, 증기발생기 세관의 개선, 계측 제어 설비 개선, 강화된 허용 피폭치를 설계에 반영하여 안전하고 신뢰성 있는 발전소 건설을 목표로 하고 있다.

넷째, 국내 기술 기준으로 개발된 전력산업기술기준(KEPIC)을 최초로 사업에 적용하였다.

울진 5·6호기는 주기기 및 보조기기 설계에 KEPIC을 최초로 적용 시킴으로써 국내 기술 기준에 의한 기술 기반 정착과 국내 산업 발전에 많은 기여를 할 것이다.

다섯째, 울진 지역 발전에 큰 기여를 하게 된다.

지금까지 울진 지역 사회 발전을

위해 회센터 건립, 전복 치패 사업 등과 같은 소득 증대 사업, 도서관 건립, 해안 도로의 옹벽 설치 등과 같은 공공 시설 사업, 그리고 육영 사업에서 많은 지원이 이루어졌으며, 울진 5·6호기의 건설로 인해 약 470억원의 특별 지원금이 추가로 지원되어 지원 사업은 보다 규모있게 추진될 것이다.

또한 울진 5·6호기 건설 사업에 많은 지역 업체 및 주민이 참여하게 되어 지역 경제 활성화에 많은 도움이 될 것이다.

**추진 경위**

93년 11월 수립된 장기 전력 수급 계획에 따라 시작된 울진 원자력 5·6호기의 건설 사업은 대내외적으로 사업 추진 환경이 급변하는 시기에

착수되었다.

국내적으로는 국민의 생활 수준이 향상되면서 환경에 대한 관심이 고조되고 지방자치제의 본격 실시에 따라 국민의 욕구가 다양하게 분출되기 시작했으며, 국제적으로는 군사·이념 위주의 세계 질서가 경제·기술력 중심으로 재편되면서 우루과이 라운드(UR) 협상의 타결, 세계무역기구(WTO)의 출범 등으로 개방화·세계화·정보화의 급속한 진전과 함께 국가 경쟁력 강화를 위한 무한 경쟁 시대로 전환되는 시기였다.

이러한 환경 변화 속에서 출발한 울진 5·6호기는 건설 사업에 대한 지역 주민의 설명회를 거쳐 94년 9월 건설 기본 계획이 확정되었으며, 그 해 11월 사업 세부 추진 계획이 수립되었고, 95년 6월에는 원자로 설비, 터빈 발전기 공급 및 종합 설계 용역에 대한 공급 제의 요청서를 발급, 95년 8월 공급 제의서를 접수하여 기술성 평가 및 계약 협상에 착수하게 되었다.

계약 협상 도중인 96년 1월 정부는 원전 사업 체제 조정 작업에 들어갔으며, 아울러 울진 5·6호기의 계약도 정부의 원전 사업 체제 조정과 연계하여 추진하게 되었다.

96년 6월 정부는 제245차 원자력 위원회에서 원자로 계통 설계 업무를 한국원자력연구소에서 한국전력기술(주)로 이관한다는 원자력 사업 추진 체제 조정 방안(안)을 의결하고 원자

력 사업 이관을 위한 실무 작업을 착수하였다.

원자로 계통 설계 수행 주체가 한국원자력연구소에서 한국전력기술(주)로 변경됨에 따라 계약서 내용 검토 및 협상도 이에 발맞추어 변경 수행되었고, 96년 11월 원자로 설비, 터빈 발전기 공급 및 종합 설계 용역에 대한 계약이 한국전력공사와 한국중공업(주) 및 한국전력기술(주)간에 각각 체결되기에 이르렀다.

이어 97년 4월 주설비 시공 계약을 동아·한중·삼성 공동 수급체와 체결하여 사업 추진을 위한 골격을 확정하고 본격적인 사업을 진행하던 중에 우리 나라는 경제적으로 어려운 시기를 맞이하게 되었다.

97년 말 불어닥친 IMF 구제 금융 체제하의 전반적인 산업 활동 위축에 따라 전력 수요 증가 추세가 둔화되고 소요 자금 조달의 어려움을 감안하여 울진 5·6호기의 준공 시기를 연기 조정하는 방안이 검토되었다.

정부는 여러 차례 다각적인 검토를 거쳐 제4차 장기 전력 수급 계획을 98년 8월에 확정·발표하였으며, 울진 5·6호기의 준공 시기를 당초 2003년 6월 및 2004년 6월에서 2004년 9월 및 2005년 9월로 각각 15개월 연기 조정하였다.

이에 따라 사업 추진 일정도 조정되어 5호기 본관 기초 굴착을 99년 1월로, 5호기 최초 콘크리트 타설을 99년 10월로, 5호기 원자로 설치를

2001년 7월로 연기하는 등 주요 공정도 각각 15개월 연기 조정되었다

그 동안의 울진 원자력 5·6호기 사업 수행 내용을 순서대로 정리해보면 <표 1>과 같다

울진 5·6호기는 산업자원부로부터 전원 개발 사업 실시 계획 변경 승인 및 공사 계획 인가를 98년 5월 및 동년 6월에 각각 취득하고, 과학기술부로부터 건설 허가를 99년 5월에 취득하는 등 제반 인허가를 모두 취득하였으며, 특히 정부는 전원 개발 사업을 효율적으로 시행하기 위하여 「전원개발에 관한 특례법」을 개정하였는데 울진 5·6호기는 97년 5월 개정·공포된 전원개발에 관한 특례법에 따라 「전원개발사업 실시계획 변경승인」을 신청·취득하여 23개 법률에 의한 43개 인허가가 의제되어 보다 효율적으로 건설 사업을 추진할 수 있게 되었다.

개정된 전원개발에 관한 특례법에 의제되는 인·허가에는 건축법에 의한 건축 허가, 전기사업법에 의한 전기 설비 설치 허가가 추가로 포함되어 있다.

현장 공사에 필요한 인허가를 모두 취득함에 따라 앞으로 주요 구조물 공사 등이 본격적으로 진행될 전망이다. 울진 5·6호기의 99년 6월 말 현재 종합 누계 공정률은 22.68%로서 설계 63.12%, 원자로 설비 제작 53.11%, 터빈 발전기 제작 22.16%, 보조 기기 구매 38.36%, 시공 7.92%의 공정률

을 보이고 있다.

울진 5·6호기는 최초 콘크리트 타설부터 성능 시험 완료까지의 건설 기간을 56개월로 추진하고 있는데, 이는 표준 공정보다 4개월이 단축되고, 선행 호기인 영광 5호기보다 2개월이 단축된 공정이다. 주요 일정은 <표 2>와 같다.

**사업 추진 체계**

울진 원자력 5·6호기는 한국전력 공사가 종합 사업 관리, 건설 관리 및 시운전을 수행하고 분야별로 국내 업체가 주계약자로 참여하고 있다.

국내 업체들의 분야별 참여 내용을 살펴보면 종합 설계는 한국전력기술(주)가, 원자로 설비 및 터빈 발전기 공급은 한국중공업(주)가 참여하고 있는데, 한국중공업(주)가 공급하는 원자로 설비 중 계통 설계를 한국전력기술(주)가 하도급 계약으로 참여하고 있다.

선행 호기의 경우 한국원자력연구소가 원자로 계통 설계를 수행하였으나 정부의 원전 사업 체제 조정에 따라 울진 5·6호기부터 한국전력기술(주)가 원자로 계통 설계의 수행 주체가 된 것이다.

보조 기기 구매는 발전소 설계 및 건설 공정에 맞추어 한국전력공사가 국내의 업체로부터 직접 구매하게 되며, 원전 연료는 한전원자력연료(주)가 계약자로 선정되어 사업을 수행하

**<표 1> 울진 5·6호기 사업 수행 일정**

일 자	사업 수행 내용
1993. 11. 24	장기 전력 수급 계획 확정(정부)
1994. 8. 26	건설 사업 지역 주민 설명회 실시
1994. 9. 16	건설 기본 계획 확정(이사회)
1994. 11. 15	건설 세부 추진 계획 확정
1995. 6. 10	기기 공급 제의 요청서 발급
1995. 8. 29	주기기 공급 제의서 접수
1995. 12. 21	환경 영향 평가 주민 공청회 개최
1996. 4. 29	환경 영향 평가서 정부(통산부) 제출
1996. 6. 25	원전 사업 체제 조정(제245차 원자력위원회)
1996. 11. 22	주기기 공급 및 종합 설계 용역 계약 체결
1997. 4. 16	주설비 시공 계약 체결
1997. 12. 30	부지 사전 승인 취득
1998. 5. 6	전원 개발 사업 실시 계획 변경 승인 취득
1998. 6. 20	공사 계획 인가 취득
1998. 8. 25	제4차 장기 전력 수급 계획 확정(정부)
1998. 9. 11	기공식 및 부지 정리 공사 착수
1999. 1. 4	본관 기초 굴착 착수
1999. 5. 17	건설 허가 취득

**<표 2> 울진 5·6호기 주요 공정**

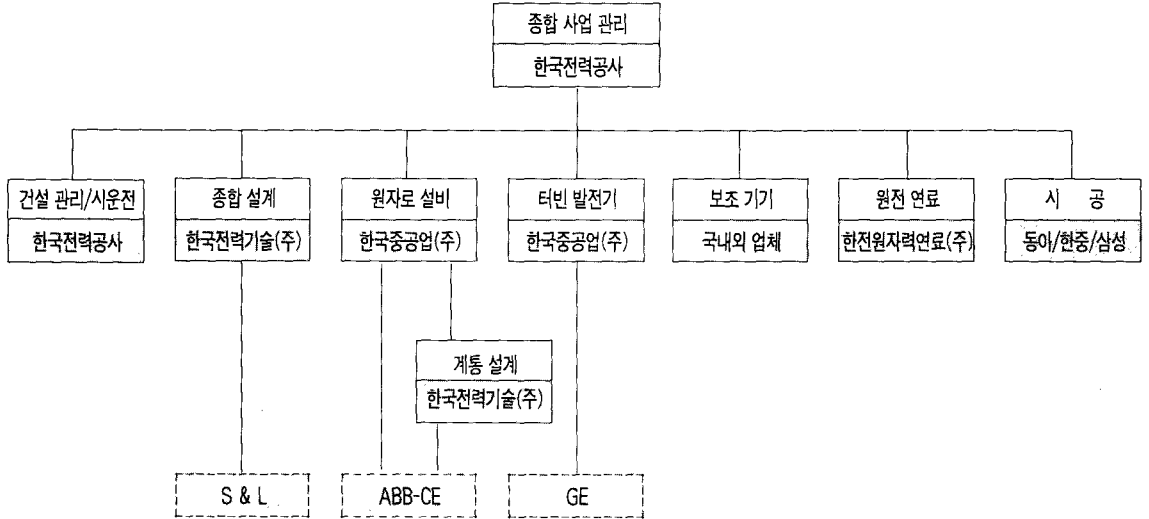
구 분	기본 계획 확정	본 관 기초 굴착	최 초 콘크리트	원자로 설 치	핵연료 장 전	성능 시험 완 료	준 공
5호기	● (94.9)	● (99.1)	○ (99.10)	○ (01.7)	○ (03.11)	○ (04.5)	○ (04.9)
6호기	● (94.9)	● (99.1)	○ (00.10)	○ (02.7)	○ (04.11)	○ (05.5)	○ (05.9)

고 있다.

시공은 동아·한중·삼성이 공동 도급으로 참여하고 있는데 신규 참여 업체의 건설 경험 확대 및 시공 관리의 효율성 제고를 위하여, 동아는 5호기 본관 토건 공사, 5호기 2차측 기전 공사 및 6호기 1차측 기전 공사를 주로 수행하고, 한중은 5호기 1차측 기전 공사, 6호기 본관 토건 공사

및 6호기 2차측 기전 공사를 주로 수행하며, 삼성은 5호기 1차측 기전 공사 및 옥외 설비 공사를 주로 수행토록 업무가 조정되었다.

미자립된 일부 설계 분야를 위해서 외국 전문 업체가 자문 역할로 참여하고 있는데, 종합 설계는 서전트 앤드 런던(S&L)사가, 원자로 계통 설계는 컴버스천 엔지니어링(CE)사가



(그림) 울진 5·6호기 사업 추진 체제

참여하고 있으며, 설비 공급 분야에는 원자로 설비 공급 분야에 컴버스천 엔지니어링(CE)사가, 터빈 발전기 공급 분야에 제너럴 일렉트릭(GE)사가 참여하고 있다.

울진 원자력 5·6호기 사업 추진 체제는 <그림>과 같다.

**주요 설계 내용**

울진 5·6호기는 영광 5·6호기를 참조 발전소로 하되 부지 특성은 울진 3·4호기를 참조로 하고, 선행 호기의 설계 개선 사항과 원전 설계 표준화 3단계 사업 결과에 따른 설계 개선 사항을 반영하여 설계하고 있으며, 설계가 진행되는 중에도 울진 5·6호기에 적용 가능한 설계 개선 사항을 적극 도출하여 설계에 반영할

예정이다

울진 5·6호기의 주요 설계 기준과 설계 개념을 살펴보고 선행 호기 대비 개선된 설계 내용을 소개하고자 한다.

**1. 설계 기준**

**가. 설계 목표**

울진 원자력 5·6호기는 다음의 설계 목표를 만족할 수 있도록 설계된다.

- ① 원자로 출력 및 발전소 전출력을 전 수명 기간 동안 유지
- ② 안전하고 신뢰성이 있으며 경제적으로 전력을 생산
- ③ 운전 및 정지시 정비 및 검사 용이
- ④ 폐기물 저장·처리 및 처분 요건을 충분히 만족

⑤ 안전 정지 지진 및 단일 고장(Single Failure)을 전제로 하여 외부 전원 공급 없이 발전소 안전 정지가 가능

⑥ 사고의 가능성 및 사고 후 영향, 특히 방사선 물질의 방출을 일으킬 수 있는 사고의 가능성과 사고의 영향을 최소화

⑦ 발전소 주변 환경 영향(온배수 등)을 최소화

⑧ 각 호기당 비상 노심 및 20년간 교체분의 사용후 연료 저장 가능

⑨ 발전소 설계 수명은 정상 출력 운전 상태에서 40년

⑩ 소내 부하 운전(House Load Operation)이 가능

⑪ 발전소 가동률은 80% 이상(18개월 장주기시 87% 이상)

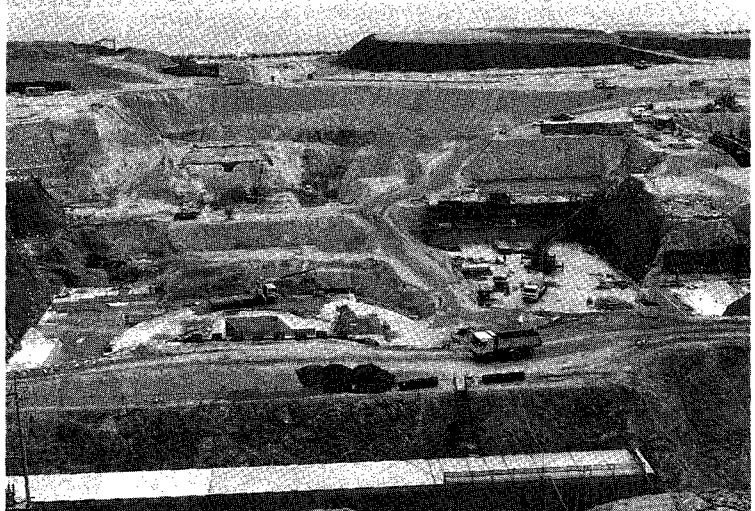
나. 설계 등급 분류 및 적용 기준

울진 원자력 5·6호기의 구조물·계통 및 기기에 대한 설계 등급 분류 및 적용 기준을 살펴보면, 내진 설계 범주의 경우 국내 관련 법규에 의거하여 분류하되 불명확할 경우에는 미국의 10CFR50, 10CFR100과 RG1.29에 의거 분류한다.

품질 그룹 분류는 증기·물 및 방사선 물질을 포함하는 계통 및 기기의 경우 RG1.26을 따르고, 품질 등급은 모든 구조물·계통 및 기기를 대상으로 안전성 관련 품목(Q), 안전성 영향 품목(T), 신뢰성 관련 품목(R) 및 일반 산업 품목(S)으로 분류한다.

안전 등급은 국내 관련 법규(파기처 고시 제 94-10호) 및 기술 기준에 따라 분류하되 불명확할 경우에는 ANSI/ANS 51.1에 의거 분류하고, 품질 보증 기준은 국내 관련 법규, 미국의 10CFR50 Appendix B 및 한국전력공사 품질 보증 규정을 따른다. 인허가 기준

인허가 기준은 94년 12월 31일 현재 유효한 국내 및 미국의 법규 및 규제 지침을 적용하고, 국내 및 미국의 인허가 요건이 상충되는 경우에는 국내 인허가 요건을 우선 적용하되 필요시 미국 인허가 요건을 상호 보완적으로 적용하며, 아울러 94년 12월 31일 이후 개정 또는 신규 제정된 인허가 요건에 대해서도 적용 여부를 검토한 후 설계에 반영할 계획이다.



울진 원자력 5·6호기 건설 공사 현장. 울진 5·6호기의 99년 6월 말 현재 종합 누계 공정률은 22.68%로서 설계 63.12%, 원자로 설비 제작 53.11%, 터빈 발전기 제작 22.16%, 보조 기기 구매 38.36%, 시공 7.92%의 공정률을 보이고 있다.

특히 울진 5·6호기에는 국내 최초로 국내 기술 기준으로 개발된 전력산업기술기준(KEPIC)을 가능한 한 설계에 적극 반영할 계획이다

라. 안전성 관련 계통 설계 요건  
안전성 관련 계통은 안전 기능의 작동 가능성을 운전중에 확인할 수 있도록 하며, 운전원의 실수를 최소화할 수 있도록 하고, 또한 충분한 다중성과 독립성을 갖도록 하며, 한 호기의 고장이 다른 호기에 영향을 미치지 않도록 설계한다.

2 주요 설계 개선 사항

울진 원자력 5·6호기는 선행 호기의 설계·건설·운전중에 도출된 설계 개선 사항과 새로운 안전 규제 기준을 반영하였다.

아울러 건설 기간 동안 새로이 개선이 요구되는 사항에 대해서도 사업에 큰 영향이 없는 한 지속적으로 검토하여 반영 조치할 계획이다

가. 장주기 노심 설계 채택

노심 설계를 선행 호기의 12개월, 4Batch 단주기 노심에서 초기 노심 15개월, 평형 노심 18개월의 3Batch 장주기 노심 설계로 개선하였다. 이의 개선을 통해 종사자의 방사선 피폭 및 폐기물의 발생량이 저감되고 발전소의 이용률이 크게 향상될 것으로 기대된다.

나. 증기발생기 세관 개선

증기발생기 세관 재질을 Inconel-600에서 내부식 특성이 강한 Inconel-690으로 변경하여 내구성과 안전성을 향상시켰다.

다. 연간 피폭 제한치를 강화한 국제방사선방호위원회(ICRP-60)의 권고 사항을 설계에 반영  
방사선 연간 피폭 제한치를 50mSV에서 20mSV로 강화한 국제방사선방호위원회의 권고 사항을 설계에 반영하여 안전성을 제고시키고 발전소 종사자의 방사선 피폭을 최소화하였다.

라. 발전소 주요 건물에 방문자 통행로 신설  
울진 원자력 5호기의 핵연료 건물 내부·주 제어실·터빈 발전기 건물의 내부를 연속적으로 관람할 수 있는 통행로를 신설하여 원전 운영의 투명성을 확보하였다.

마. 원자로 보호 계통 설계 개선  
발전소 보호 계통을 디지털화 기반 신기술을 채택하고 발전소 감시 계통의 컴퓨터 설비를 개선하여 발전소 안전성과 운전성을 향상시켰다.

바. 옥외 매설물을 지하 공동구에 설치  
울진 5·6호기는 현장 부지 여건이 협소하기 때문에 이를 효율적으로 활용할 수 있는 방안의 하나로 지하 공동구를 설치, 옥외 매설물 공사를 본관 건물 공사와 중첩되지 않도록 할 예정이다.

또한 기자재 반입 도로의 조기 가포장으로 기자재 통행을 원활하게 하여 시공성을 향상시키고, 건설 현장을 청결하게 하여 품질 향상과 작업능률의 향상을 도모하며, 건설 완료 후 운전 및 보수 점검이 용이하도록

하였다.  
사. 발전소 난방 방식 변경  
선행 호기의 경우 터빈 건물만 전기 난방 방식을 적용하고 있으나 울진 5·6호기는 발전소 전체를 온수 난방에서 전기 난방 방식으로 변경하여 계통 설비의 단순화를 통한 협소 공간 문제 해소 및 유지 보수를 편리하게 하였고 계통 제어를 용이하게 하여 운전성을 향상시켰다.

이외에도 증기발생기 계통의 접근 및 검사 편의 설비 설치, 1차 보조 건물의 승강기 접근 통로 확장 등 많은 설계 개선 내용이 있다.

**맺는 말**

90년대 들어 전력 수요가 10%대 성장을 유지하다가 최근 외환 위기와 경기 침체로 전력 수요 증가율이 둔화되기는 했으나, 금년 들어 경제가 회복되는 추세에 있어 앞으로 전력 수요는 지속적으로 성장할 전망이다. 그러나 화석 에너지 자원은 한계가 있고 지역적으로 편재되어 있으며, 국민의 생활 수준 및 환경 의식 향상에 따라 전력 설비에 대한 기피 및 보상 요구 등으로 전원 입지 확보에 어려움이 따르고, 낮은 전기 요금 수준으로 인한 자원 조달의 어려움과 환경 규제의 강화 등으로 전력 사업 추진에 어려움이 가중되고 있다.

또한 에너지 산업을 둘러싼 여건에도 많은 변화가 있을 것으로 예상된다.

국민들의 쾌적한 환경에 대한 욕구가 강해지면서 가스·전기 등 상대적으로 깨끗한 에너지로의 전환이 빠르게 진행될 전망이다.

이러한 여러 가지 상황을 고려해 볼 때 경제 발전과 국민 생활 향상을 뒷받침하기 위한 에너지의 안정적 공급은 대단히 중요한 과제이며, 깨끗하고 경제적인 원자력발전소의 지속적인 건설은 절실하게 필요한 실정이다.

특히 세계에서 가장 역동적인 성장을 구가하고 있는 아시아 지역 개발도상국들은 늘어나는 전력 수요 충당을 위해 원전 건설에 깊은 관심을 보이고 있는데, 이들 국가들은 짧은 기간 동안 원전 산업을 일정 궤도에 올려놓은 우리 나라를 성공한 모델 국가로 보고 있으며 우리의 경험과 기술의 습득에 상당한 흥미를 가지고 있다.

따라서 원전 산업의 해외 진출 여건은 상당히 호전되어 우리 나라가 세계 시장에 본격적으로 진출하는 날도 멀지 않을 전망이다.

끝으로 2000년대 안정적 전력 공급을 담당하게 될 울진 원자력 5·6호기의 사업 전반에 대해 간단하게나마 소개하게 되어 매우 기쁘게 생각하며, 울진 원자력 5·6호기 건설 사업이 순조롭게 진행되도록 협조해 주신 여러분께 감사의 말씀을 지면을 통해 전함과 동시에 앞으로도 성공적인 사업 수행을 위해 지속적인 협조와 격려를 부탁드립니다. ☞