제3장 원자력발전소 건설

제1절 원전건설 현황

1. 개 요

2002년 5월 한국표준형원전인 영광 5호기가 성공적으로 상업운전을 개시함에 따라 우리나라의 원자력 설비용량은 14,716㎿에 이르게 되었으며, 2002년 12월 준공을 앞두고 있는 영광 6호기 역시 차질 없는 시운전 시험과 마무리 공정을 진행하고 있다. 또한 울진 5, 6호기는 2002년 4월 5호기의 초기전원을 가압하였고, 6호기는 2002년 7월 원자로 설치 후 건설 공정에 따라 순조롭게 공사를 진행하고 있다.

아울러 최초의 한국표준형원전인 울진 3, 4호기의 건설경험과 자립기술을 기반으로 추진하고 있는 북한 경수로사업은 2001년 8월에 발전소 본관 기초굴착을 착수하였고 2002년 8월 발전소 본관 건물 최초 콘크리트를 타설 할 예정으로 작업이 진행되고 있다.

원전 입지 정책면에서는 현재 건설 중인 영광 5, 6호기와 울진 5, 6호기 이외에 2015년까지 8기의 원전이 추가로 건설될 계획임에 따라 8기 추가 건설에 소요될 부지확보를 위하여 월성원전 인근 봉길리는 1995년에 그리고 고리원전 인근 효암·비학지역과 신암리 지역은 각각 1997년과 2000년에 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시하였다. 또한 2016년부터 2030년까지 필요할 것으로 예상되는 8기 규모의 건설을 위하여 필요한 추가 부지중 4기는 기 확보된 부지를 활용하고 4기는 2002년 5월 4일 울진원전 인근 덕천리 지역을 예정구역으로 지정·고시함으로써 부지 확보를 완료하게 되었다.

2. 영광 5, 6호기

영광 5, 6호기는 전남 영광군 홍농읍 계마리에 위치한 영광 1~4호기 인접 부지에 건설되는 설비용량 100만kW급 가압경수로형(PWR)인 한국표준형원전이다

당초 계획으로는 1995년 12월 착공하여 5호기는 2001년 6월, 6호기는 2002년 6월까지 총공사비 3조 2천억원을 투입하여 건설할 계획이었으나 건축허가 취득이 1996년 9월로 지연됨에 따라 공사착공이 계획대비 10개월 지연됨으로써 준공일자가 5호기는 2002년 5월, 6호기는 2002년 12월로 각각 조정되었다. 영광 5, 6호기는 한국수력원자력(주)이 종합사업관리를 수행하고 종합설계 및 원자로계통설계는 한국전력기술(주), 원자로설비 및 터빈발전기 공급은 두산중공업(주), 원전연료공급은 한전원자력연료(주)가 국내주계약자로 참여하고 있으며, 기술자립이 진행중이거나 미자립된 일부분야를 위해서 외국전문업체가 참여하고 있는데 종합설계는 서전트 엔드 런디(S&L)사, 원자로설비공급 및 원자로계통설계에 웨스팅하우스사, 터빈·발전기 공급분야에는 제너럴 일렉트릭(GE)사가 참여하고 있다

원자로설비 및 터빈·발전기를 제외한 보조기기 구매는 발전소설계 , 터빈·발전기를 제외한 보조기기 구매는 발전소설계 및 발전소 건설공정에 맞추어 한국수력원자력(주)이 국내·외 업체로부터 직접 구매하였으며, 시공은 현대건설(주)과 대림산업(주)이 공동도급으로 참여하고 있다

영광 5,6호기는 울진 3,4호기를 참조발전소로 하여 그 안전성과 기술적 건전성이 입증된 표준설계를 기반으로 국내업체의 주도하에 반복 건설함으로써 국내 원전건설 기술기반 확충 및 2000년대에 전개될 서해안 시대의 안정적인 전력공급에 목적을 두고 있다.

또한 영광 5, 6호기 건설공기는 현장관리 선진화를 통한 건설관

리체계 개선에 따라 선행 울진 3, 4호기 보다 건설기간(최초콘크리트~준공)을 4개월 단축한 58개월(영광 3,4호기 : 64개월, 울진 3,4호기 : 62개월)이며, 선행호기 운전과정에서 제안된 설비개선 요구와 원전표준화 2, 3단계 사업결과에 따른 설계개선사항을 반영하여 안전성, 신뢰도, 보수성 등을 한 단계 더 높인 최신의 발전소이며, 특히 영광 6호기는 외국기술에 의존해 왔던 원자로내부 구조물 및 제어봉 구동장치의 제작을 국내업체가 수행함으로써 원전건설의 국제경쟁력 향상에 크게 기여하고 있다.

〈표 2-19〉 영광 5, 6호기 건설일정

구분	기본계획 확정	본관 기초굴착	최초 콘크리트	원자로 설치	핵연료 장전	상업운전
5호기	●('93.7)	●('96.9)	●('97.6)	●('01.1)	●('01.10)	●('02.5)
6호기	●('93.7)	●('96.9)	●('97.11)	●('99.12)	○('02.7)	○('02.12)

2001년도 주요 건설현황으로 영광 5호기는 2001년 1월 상온수압시험(CHT)과 2001년 7월 고온기능시험(HFT)을 완료하였으며, 2001년 10월 원자로운영허가를 취득함으로써 원전연료를 장전하여 출력상승시험 등의 성능시험을 성공적으로 마무리함으로써 2002년 5월 21일 산업자원부의 사업개시 신고와 함께 상업운전을 개시하였다.

6호기는 2001년 9월 상온수압시험(CHT)과 2002년 1월 고온기능시험(HFT)을 완료하고, 최초 연료장전을 위한 시운전시험을 수행하고 있으며, 2002년 12월 준공을 목표로 각종 시운전 및 건설 마무리 공정을 진행 중에 있다.

2002년 5월말 기준으로 영광 5, 6호기의 종합공정율은 98.67%의 실적을 보이고 있다.



〈그림 2-6〉 영광 6호기 최초연료장전

영광 5, 6호기 사업효과는 준공후 연간 130억 kW의 전력을 생산하여 (6억 2천만불의 LNG 대체 효과) 에너지 해외의존도를 줄일 수 있고, 준국산에너지로서 발전원가가 저렴하여 전기요금 안정에 기여하게 됨은 물론, 국내산업의 국제경쟁력 향상에 크게 기여할 것이다. 또한 자립된 기술을 바탕으로 설계, 제작, 건설, 운영 등을 우리기술로 수행하여 기술자립효과를 극대화하게 됨으로써 대북 경수로 원전건설사업(KEDO) 지원은 물론 한국수력원자력(주)이 적극적으로 추진하고 있는 중국 등 원자력사업의 해외진출에도 긍정적인 영향을 미치게 될 것이다.

3. 울진 5, 6호기

1993년 「장기전력 수급계획」에 따라 시작된 울진 5, 6호기의 건설사업은 1994년 9월에 건설기본계획이 확정되었고, 1996년 11월에는 원자로설비 및 터빈발전기 공급계약이 한국수력원자력(주)과 두산중공업(주)간에 그리고 종합설계용역 계약이 한국수력원자력

(주)과 한국전력기술(주)간에 각각 체결되었다. 이어 1997년 4월에 주설비공사 계약이 동아/두산/삼성 공동수급업체와 체결됨으로써 사업추진을 위한 골격이 마련되었다.

경북 울진군 북면 부구리, 현 울진 3, 4호기 인접부지에 100만 kW급 가압경수로형(PWR)으로 건설되는 울진 5, 6호기는 당초 1997년 10월 착공에 들어가 5호기는 2003년 6월에, 6호기는 2004년 6월에 각각 준공할 예정이었으나, 1997년말 불어닥친 IMF 경제환경하의 전반적인 산업활동 위축에 따라 전력수요 증가 추세가 둔화되고 소요자금 조달이 어려운 점을 감안하여 울진 5, 6호기 준공시기를 연기 조정하는 방안이 검토되었다. 그리고 1998년 8월 확정된「제4차 장기전력수급계획」에 따라 준공시기가 당초계획보다 15개월 연기된 2004년 9월과 2005년 9월로 각각 조정되었다.

울진 5, 6호기는 1998년 5월에 전원개발사업 실시계획 변경 승인을 취득하고, 1998년 6월에 공사계획인가를 취득하여 1998년 9월 기공식과 더불어 부지정지공사를 시작하게 되었으며, 1999년 1월에 본관기초굴착공사 착수, 1999년 10월에 5호기 최초콘크리트를 타설함에 따라 본격적으로 발전소 건물 신축공사를 수행하게 되었다.

연기 조정된 공정 일정에 따라 사업을 추진하던중 광양석탄 1, 2호기의 건설 인허가를 전라남도가 반려하여 건설이 사실상 무산됨에 따라, 2004년 및 2005년의 설비예비율이 적정수준 이하로 낮아질 것으로 전망되었다. 따라서 이에 대한 대책으로 울진 5, 6호기의 준공시기를 3개월 앞당기는 방안을 검토하게 되었는데, 설계, 기자재 제작 및 시공일정 변경 없이 성능시험 완료 후 4개월로 계획되었던 신뢰성 운전기간을 1개월로 단축하여 울진 5, 6호기 준공일정을 각각 2004년 6월 및 2005년 6월로 각각 3개월 앞당기는 방안이 가장 타당한 것으로 판단되었다. 정부는 울진 5, 6호기의 준공일정이 2004년 6월 및 2005년 6월로 각각 재조정된「제5

차 장기전력수급계획」을 2000년 1월 확정 공고하였으며, 이에 따라 울진 5, 6호기는 준공목표가 2차례 변경되었다.

2001년도 주요 건설현황으로 울진 5호기는 2001년 6월 원자로 설치와 2002년 4월 초기전원가압을 성공적으로 수행하여 건설공사 피크단계로 접어들었고 또한 시운전 시험이 착수되었으며, 6호기는 2002년 7월 원자로 설치 후 건설 공정을 진행중에 있다.

2002년 5월말 현재 종합공정률은 75.62%로서 종합설계는 약 92.53%, 원자로설비 제작은 약 93.12%, 터빈발전기 제작은 약 93.00%, 보조기기 제작은 67.28%가 진척되었고, 현장 시공은 2002년 7월에 63.00%의 공정률을 보이고 있다.



〈그림 2-7〉 건설중인 울진 5, 6호기

한국표준형 원전의 반복건설로 추진되는 울진 5, 6호기는 선행호기의 건설과정에서 확보된 기술을 사용하고 핵심기술인 원자로 내부구조물 및 제어봉 구동장치의 설계까지도 국내업체가 수행함로써 국제경쟁력 향상은 물론, 차세대 원전건설의 교량역할을 하게 된다. 또한 선행호기 건설에서 축적된 기술과 경험을 바탕으로

장주기 노심설계 채택, 증기발생기 세관을 Inconel-600에서 Inconel-690으로 개선, 국제방사선방호위원회(ICRP-60)의 권고사항을 설계에 반영, 옥외 매설물을 지하공동구에 설치하는 등 신기술 및 선진 공법을 적용하여 안전성과 신뢰성을 한 단계 향상시킴은 물론, 최단공기(최초 콘크리트 타설~준공 : 56개월)로 건설하게 되어 경제성도 한층 높아지게 될 것이다.

〈표 2-20〉 울진 5, 6호기 건설일정

구분	기본계획 확정	본관 기초굴착	최초 콘크리트	원자로 설치	상온수압시험	핵연료 장전	준공
5호기	● ('94.9)	● ('99.1)	● ('99.10)	● ('01.6)	○ ('03.3)	○ ('03.11)	○ ('04.6)
6호기	● ('94.9)	● ('99.1)	● ('00.9)	● ('02.7)	○ ('04.3)	○ ('04.11)	○ ('05.6)

울진 5, 6호기는 IMF 경제 환경에서의 투자비 배분과 건설자원의 효율적 활용을 위하여 선·후행 호기 공정시차를 12개월로 하는 공정계획을 수립하여 운영중에 있으며, 건설 공사가 점점 확대되어 감에 따라 요즘에는 하루 평균 약 2000명 정도의 지역주민이 공사에 참여하는 등 지역경제 활성화에도 크게 기여하고 있다.

제 2 절 원전기술 발전방향

1. 원전건설 기술자립

가. 추진배경 및 경위

우리의 원전건설 기술자립 추진은 1970년대 두 차례 석유파동을 경험하면서 부존자원의 영향이 적고 경제성이 높은 기술 집약적인 에너지개발에 대한 국민적 공감대가 형성되면서 1983년 7월

원전건설 기술자립을 통한 원전설계 및 기자재 국산화율 90% 달성과 표준형 원전건설에 의한 건설비 절감을 위해 『원전 건설사업 장기 추진방향』을 수립하였다.

이어 1984년 7월 기술자립 촉진항목이 포함된 『원자력발전 경제성 제고방안』이 정부 정책으로 확정되어 기술자립 추진기반을 마련하였다. 1987년초 착수된 영광 3,4호기 건설사업과 연계하여 원전건설 기술자립 추진을 도모하였으며 이를 위해 국내 역할 분담사와 외국기술보유사(CE, GE, S&L)간에 기술도입계약을 체결하여 기술자료의 도입, 교육훈련의 수행 등 체계적이며 종합적인 원전건설 기술자립을 추진하였다.

나. 기술자립 목표

영광 3, 4호기와 동일 기종의 원전을 주어진 공기 및 예산 내에서 품질요건에 맞게 독자설계, 제작, 건설할 수 있는 기술능력의 95%를 1995년까지 확보하는 것을 목표로 하였다.

다. 기술자립 역할분담

기술자립 달성기간의 단축 및 국내 기술인력, 설비 등 제한된 자원의 효율적인 활용 등을 위해 관련사별 역할을 분담하여 추진하게 되었다.

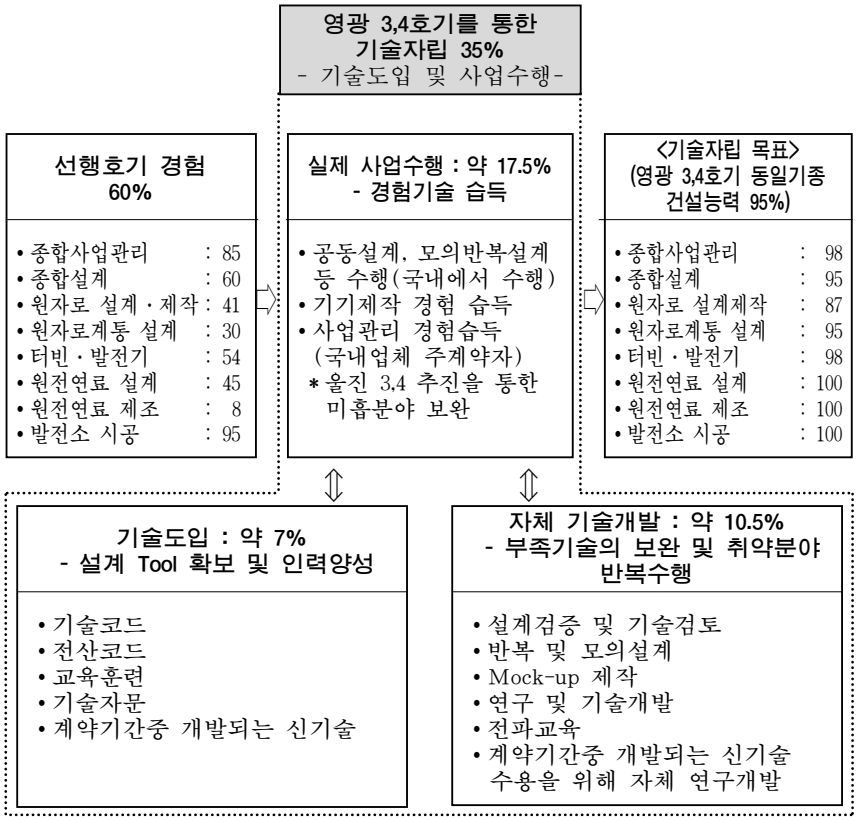
〈표 2-21〉 기술자립 역할분담

구 분	담 당 분 야	비 고
한국전력공사	종합사업관리	현, 한국수력원자력(주)
한국전력기술(주)	플랜트 종합설계	
한국중공업(주)	주기기 설계 및 제작	현, 두산중공업(주)
한국원자력연구소	원자로계통 설계 및 초기노심 설계	현, 한국전력기술(주)
한국원전연료(주)	원전연료 제조	현, 한전원자력연료(주)
국내 시공업체	발전소 시공	

주) 산업자원부 『원자력발전의 경제성 제고 방안』('84.7)

라. 추진 방법

기술도입계약을 통해 원전건설에 필요한 모든 전산코드 및 기술자료를 도입하고 국내외 교육훈련을 통해 기술인력을 양성하여 영광 3,4호기 설계, 구매, 제작 및 시공업무를 직접 수행함으로써 도입기술의 소화, 흡수 및 축적을 도모토록 하였으며, 사업수행만으로 습득이 어려운 분야 및 취약 기술분야는 자체 기술개발 업무를 통해 극복하였다.



〈그림 2-8〉 원전건설 기술자립 추진체계

마. 추진실적

본격적으로 원전건설 기술자립 추진을 시작한 1986년말 원전건설 기술에 대한 자립률은 약 60%정도였으나 1995년말 기준으로 기술자립률 95%를 달성하게 되었다.

주요업무 추진실적을 살펴보면, 원전건설에 필요한 모든 기술자료와 전산코드를 확보하였으며, 국내·외 교육훈련을 통한 기술인력 양성도 계획대로 완료하였다. 그리고 도입된 기술자료와 양성된 기술인력을 활용하여 우리나라 원전건설 사상 최초로 국내업체가 건설업무 전반을 주도하였으며, 이에 따른 경험기술도 충분히 습득하였다. 또한, 부족기술의 보완을 위해 추진한 설계검증 및 기술 검토, 반복 및 모의설계, 시제품 제작 등은 물론 지속적인 연구개발을 통해 Know-how 수준을 높여 복제설계를 자체적으로 수행할 수 있게 되었다.

이러한 성공적인 기술자립을 기반으로 최초의 한국표준형원전인 울진 3, 4호기를 지난 1998년과 1999년에 각각 성공적으로 준공하였으며, 최근에는 한국표준형원전의 기본설계개념 및 안정성을 유지하면서 경제성과 운전·보수성을 향상시킨 개선형 한국표준원전(KSNP+)의 설계를 완료하여 건설 준비중인 신고리 1, 2호기(2008, 2009년 준공 예정) 및 신월성 1, 2호기(2009, 2010년 준공 예정)에 적용 예정이며, 또한 국가 선도기술개발사업(G-7 Project)의 일환으로 개발된 1,400㎿급 차세대원자로는 신형경수로1400(APR1400)으로 명명하고 2002년 5월 정부로부터 표준설계인가를 취득하였으며, 역시 건설 준비 중인 신고리 3, 4호기(2010, 2011년 준공 예정)에 적용할 예정이다.

신형경수로1400은 안전성과 경제성을 대폭 개선하여 한층 경쟁력을 갖는 원전개발을 목표로 추진되었으며, 용량을 140만kW급으로 격상하고 국내·외의 최신 신형원자로 설계요건을 반영하였으

며, 특히 안전성을 향상시키기 위하여 노내냉각설비를 채택하고, 원자로공동침수계통, 피동수소재결합기 등 중대사고 대처설비를 대폭 강화하였다.

바. 향후 전망

한국표준형 원전은 최신 설계와 기술을 적용하고, 우리나라의 특성 및 한국인의 운전 관행에 맞도록 100여가지 이상의 설계를 개선, 반영하여 안전성과 경제성에서 기존 원자로에 비해 많은 발전을 이룬 것이 큰 특징이다. 또한 설계개선에 따라 원자로의 노심 손상확률을 기존 운영중인 원전보다 1/10 수준으로 감소시키고 방사선 피폭량을 1/3 수준으로 낮추게 되었으며, 건설기간도 대폭 단축시킴에 따라 건설비도 저렴해질 전망이다.

〈표 2-22〉 국내 원전 호기별 건설공기

구 분	영광 #3,4	울진 #3,4	영광 #5,6	울진 #5,6
공 기	64개월	62개월	58개월	56개월

주) 건설공기 : 최초 콘크리트 타설~준공

이러한 우리의 원전건설 능력과 그동안 축적된 운영기술이 국제적인 인정을 받아 지난 1993년에는 중국 광동원전의 운영 및 정비기술 지원용역을 수주하는 등 해외진출의 교두보를 마련하였으며, 최근에는 중국 진산원전 시운전요원 훈련용역 사업 및 기술인력지원 사업 등 원전 운영기술의 수출에 활기를 띠고 있다.

또한, 중국의 신규 원전건설을 비롯한 베트남, 루마니아 등의 원자력발전사업의 참여를 적극 추진 중에 있으며, 현재 KEDO를 통해 북한에 제공하는 발전소도 울진 3, 4호기를 모델로 한 한국표준형원전으로서 2001년 9월 발전소 본관 기초굴착을 착수하였

고 2002년 8월에는 발전소 본관건물의 최초 콘크리트 타설을 준비하고 있다. 아울러, 현재 건설 준비 중인 개선형 한국표준원전(KSNP+)인 신고리 1, 2호기 및 신월성 1, 2호기와 신형경수로 1400 원전인 신고리 3, 4호기의 건설이 완료되면 우리나라 전력수요의 안정적인 공급뿐만 아니라, 우리의 선진 원전기술을 세계에 알리는 계기가 될 것이다.

2. 원전기술 고도화 계획

가. 추진배경

WTO체제의 출범과 국제적 무한경쟁시대의 도래로 기술경쟁력 우위가 기업생존의 요체라는 인식뿐만 아니라 선진국의 기술보호주의의 심화로 독자적인 기술개발에 대한 관심이 고조되어 가는 추세하에서 국가기간산업으로서 원자력산업의 국제경쟁력 확보가 국가경쟁력 향상의 근간이 된다는 차원에서 국내 원전기술 고도화의 필요성이 대두되었다.

또한, 기존 기술자립 계획은 건설분야에만 초점을 맞추어 복제기술능력 향상을 목표로 추진하였으나, 가동 원전 수가 증가하고 특히, 국내업체가 주계약자로 참여하여 건설한 원전이 가동됨에 따라 운영기술 및 방사선관리 기술분야 등을 포함한 원전 전 분야에 걸친 기술향상을 통한 핵심기술의 독자 운용능력 확보로 원전 수출기반 조기 구축이 필요하게 되었다.

이를 위해 원전기술 고도화를 위한 정책수립 연구를 수행하여 한전을 비롯한 전력그룹사를 주축으로 국내 원자력 전 기관의 참여하에 추진하는 원전기술 고도화 추진전략을 마련하였으며, 또한 정부에서도 제247차 원자력위원회('97.6) 의결을 통해 원전기술 고도화 추진을 결정하였다. 이에 따라 정부의 추진방침 및 전력그룹사의 추진전략을 반영하여 원전기술 고도화 기본계획(안)을 수립

('97.9)하였으나, 국내 경제의 여건 변화 및 공기업 구조조정 과정에 맞춰 기본계획을 수정·보완하여 원전기술 고도화계획을 정부계획으로 확정('99.3), 추진하게 되었다.

나. 추진 경위

○ '95. 12 : 원전건설 기술자립 최종평가시 원전기술 고도화 필요성 제시

○ '96. 4～'97. 1 : 원전기술 고도화 추진전략 수립을 위한 연구용역 시행

○ '97. 9 : 한전, 원전기술 고도화 기본계획(안) 제출

○ '97.11～'98.12 : 경제여건 변화 및 공기업 구조조정 작업 진행에 맞춰 고도화계획 재검토·수립

- 참여기관간 Task Force Team을 구성하여 재기획 수행
- 원전기술현황 상세조사를 통해 계획의 실효성 제고

다. 기술고도화 목표

고도화는 원전 건설·운영 기술을 원전 선진국 수준으로 향상시키는 과정이며, 고도화의 목표는 「2006년까지 원전건설 및 운영분야의 핵심기술 개발을 통하여 국제경쟁력 있는 독자 기술능력을 확보」하는 것을 기본목표로 하고 이를 달성하기 위해 단계별, 부문별 목표를 설정하였다.

먼저, 단계별 목표를 보면, 1999년부터 2002년까지를 1단계 핵심기술의 개발단계로서 취약기술을 확보, 보완하고 보유기술의 개선, 개량을 통하여 핵심기술을 배양할 예정이며 2003년부터 2006년까지를 2단계 핵심기술의 고유화 단계로 하여 개발된 핵심기술을 고유화 함으로써 국제경쟁력 있는 독자기술능력을 확보할 예정이다.

분야별 기술수준 목표는 다음과 같으며 2006년말까지 달성할 예정이다.

· 종합설계	: 90.8% → 91.0%	· 계통설계	: 73.0% → 90.5%
· 노심설계	: 82.9% → 96.6%	· I&C국산화	: 60.0% → 72.0%
· 원전운전	: 85.7% → 93.3%	· 원전정비	: 92.4% → 94.4%
· 원전연료	: 72.5% → 82.7%	· 폐기물관리	: 72.0% → 88.0%

라. 추진 방법

정부, 한수원(주), 전력그룹사 및 산·학·연 등 참여기관별 역할을 분담하여 추진하고 있으며, 개발방법은 전력그룹사가 주도하여 개발하는 자체개발, 한수원(주)이 전력그룹사와 함께 수행하는 공동개발, 참여기관간 재원 분담 하에 개발하는 협동개발, 국가원자력정책의 수행, 대형 핵심기술, 기술적 파급효과가 큰 기술 등의 확보를 지원하는 전문기관 기술개발 사업으로 구분하여 추진한다.

또한 이와 함께 기관별 주도분야의 기술개발에 대한 실적관리 체제를 강화하고 매년 고도화 대상기술을 신규 발굴함은 물론 기술적·사회적 환경변화 및 전력산업 구조개편에 대응하여 추진계획을 수정·보완하고 고도화 대상과제의 성격에 따라 적절한 개발방식을 선택하여 개발기관간 중복투자 방지 및 활용도를 극대화하기 위해 노력하고 있다.

마. 기대효과

그 동안 우리나라 원자력 산업계는 원전건설 기술자립 계획에 따른 체계적인 기술자립 추진으로 한국표준형원전을 탄생시킬 수 있었으며, 이러한 기술자립을 바탕으로 원전건설은 물론 가동중인 원전의 안전성 및 신뢰성 확보와 더불어 세계적으로도 우수한 운

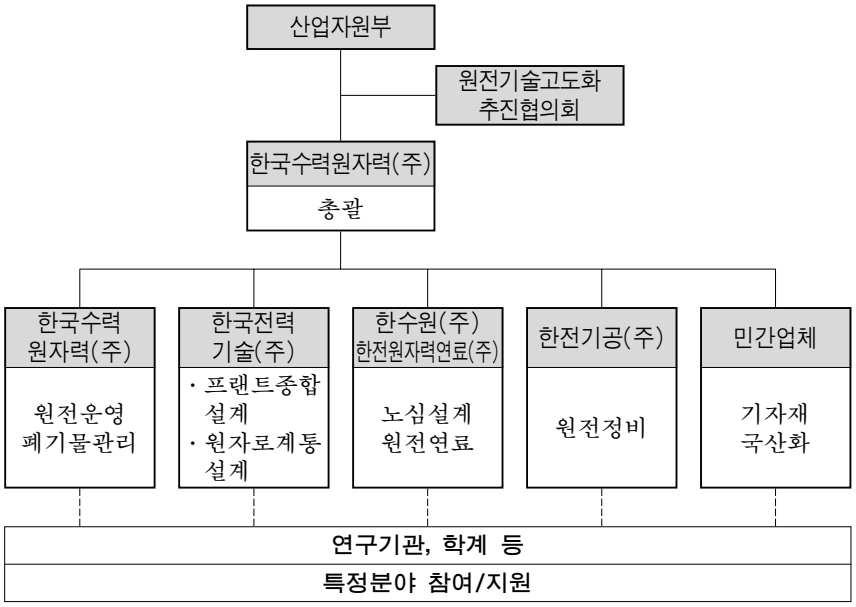
영기술 보유국으로 도약할 수 있었다.

그러나 이러한 괄목할만한 성장에도 불구하고 아직도 일부 핵심기술에 대해서는 기술을 활용할 능력(Know-how 기술)은 보유하고 있으나 기술을 원천적으로 개선·응용할 수 있는 능력(Know-why 기술)이 미흡한 실정이다.

따라서 Know-why 중심의 일부 핵심기술을 확보하고 기술능력을 더욱 높이기 위한 「원전기술 고도화 계획」을 수립, 추진중에 있다.

또한 핵심기술의 독자 운용능력이 확보되면 자원에너지 수입국에서 기술에너지 수출국으로의 위상 정립은 물론 명실공히 첨단 기술산업인 원자력산업분야에서 세계적 기술선도국으로 도약이 가능할 것으로 기대된다.

〈표2-23〉 기술개발 추진체계



제 3 절 북한원전 건설 추진

1. 사업개요

한전은 북한원전 건설사업의 주계약자로서 북한의 함경남도 금호지구에 한국표준형 원전인 1,000MWe급 경수로 2기를 한반도에너지개발기구(KEDO)와의 계약에 의해 일괄도급방식(Turn-key basis)으로 건설하고 있다. 이에 소요되는 재원은 KEDO가 조달할 예정이며, 한전은 금년 8월 본공사 최초콘크리트 타설에 앞서 본관기초굴착 공사를 수행중에 있다.

2. 추진경위

가. 북한 핵문제의 대두와 미-북 기본합의문 채택

북한 핵문제는 1992년 1월 북한이 국제원자력기구(IAEA)의 안전조치협정에 서명한 이후 동 협정을 근거로 실시된 사찰결과와 북한이 사전에 동 기구에 신고한 내용간에 중대한 불일치가 발견되어 북한의 핵개발 의혹이 국제적인 문제로 대두되었다. 이러한 불일치 문제를 해결하기 위하여 IAEA는 규정에 따라 특별사찰을 요구하였고, 이에 북한이 반발하면서 핵비확산조약(Non-Proliferation Treaty:NPT) 탈퇴를 선언('93.3)함에 따라 국제적 긴장과 불안이 고조되기 시작하였다. 이에 따라 유엔 안전보장이사회는 의장성명('93.4) 및 결의안 채택(825호, '93.5)을 통해 북한의 NPT복귀와 IAEA 안전조치협정 이행을 요구하였고, 모든 유엔 회원국들의 해결노력을 촉구하였다. 이러한 유엔 안보리 결의에 기초하여 핵비확산체제를 주도해 온 미국이 북한과 핵문제 해결을 위한 협상을 시작하였다.

1993년 6월부터 3단계의 협상을 거쳐 1994년 10월 21일 미국과 북한은 「제네바 기본합의문」을 채택·서명하였는데 제네바 기본합의의 가장 큰 의의는 무엇보다도 북한 핵문제의 근원적 해결을 위한 토대가 마련되었다는데 있다고 볼 수 있다.

〈표 2-24〉 제네바 기본합의문 주요내용

□ 북한 흑연감속 원자로의 경수로 발전소로의 대체 - 2003년을 목표시한으로 총 발전용량 약 2,000MW의 경수로 제공 - 북한의 흑연감속 원자로 동결에 따른 연간 50만톤의 중유 제공 등 □ 미·북 관계개선 및 한반도 비핵화노력 등

나. 한반도에너지개발기구(KEDO) 설립

북한에 건설될 경수로의 공급과 재원조달을 담당할 국제기구인 「한반도에너지개발기구」(The Korean Peninsula Energy Development Organization : KEDO)가 1995년 3월 9일 한·미·일 3국의 주도하에 설립되었다. KEDO는 최고 의사결정기구인 집행이사회와 이를 실무적으로 뒷받침하는 사무국 및 모든 회원국 대표로 구성되는 총회로 구성되어 있다. 집행이사회는 원회원국인 한·미·일 각 1인씩 3인의 집행이사로 운영되어 오다 1997년 9월 유럽연합(EU)이 가입하여 4개국으로 확대되었다. 회원국은 집행이사국 4개국과 캐나다, 뉴질랜드, 호주, 인도네시아, 칠레, 아르헨티나, 폴란드, 체코, 우즈베키스탄등 9개국의 일반회원국으로 구성되어 있다.

다. KEDO-북한간 경수로 공급협정 체결

제네바 합의후 1년여에 걸친 협상결과 KEDO와 북한은 1995년 12월 15일 한국표준형 원전의 공급과 한국의 중심적 역할 수행

등을 주요 내용으로 하는 경수로 공급협정을 체결하였다.

〈표 2-25〉 경수로 공급협정 주요내용

□ 공급범위
- 2개의 냉각재 유로를 가진 1,000MW 용량의 가압경수로 2기

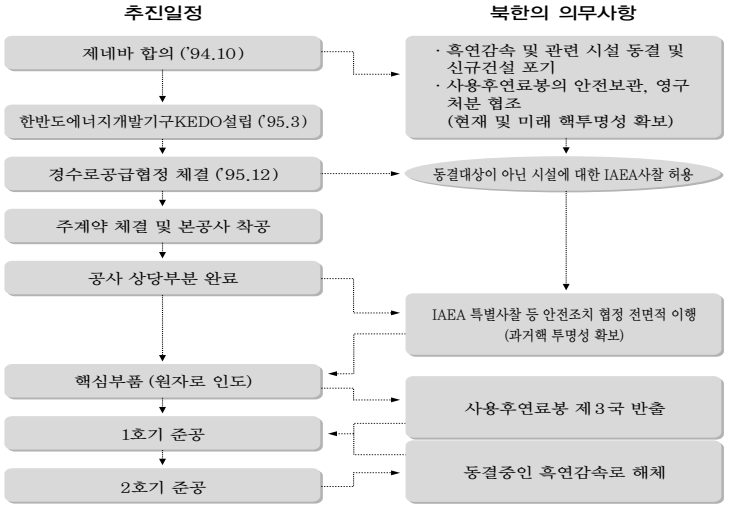
□ 상환조건
- 북한은 각 호기별 3년 거치기간 포함, 20년간 무이자 연 2회 분할상환

□ 인도일정
- KEDO는 2003년 완공을 목표로 인도일정 수립
- 북한은 경수로사업 진전에 따라 핵동결을 유지하고 궁극적으로는 관련시설 해체

□ 이행구조
- KEDO는 주계약자를 선정하고, 주계약자와 상업공급계약 체결

□ 사업추진에 긴요한 사항에 대한 북한협조 규정
- 효율적인 통행로 보장, 보안이 유지되는 독자 통신수단 설치
- KEDO, 계약자 및 하청계약자와 파견인원에 대한 신변안전과 재산 보장 등

〈표2-26〉 제네바 합의에 따른 경수로사업 기본구도



이 협정의 체결은 북한의 핵활동 동결 및 해체 등 제네바 기본합의라는 미-북간의 정치적 약속을 국제법적인 조약의 성격을 갖는 법적의무로 전환하는 중요한 의미를 지니고 있으며, 통행·통신, 신변안전 등 경수로사업의 원활한 이행에 필수적인 권리확보의 근거를 제공하게 되었다.

라. KEDO와 한전간 주계약 체결

KEDO와 한전은 1996년 3월 20일 「주계약자 지정 합의문」을 채택함으로써 한전이 일괄도급방식으로 대북 경수로 공급사업을 전반적으로 수행해 나갈 주계약자로 공식 지정되었으며, 1999년 12월 15일 KEDO와 한전간 본 공사 착수를 위한 주계약(Turn-Key Contract : TKC)이 체결되었다.

한편 우리 정부는 1996년 7월 '남북교류협력에 관한 법률'에 의거하여 한전을 대북 경수로지원사업을 추진하는 남북협력사업자로 승인하였으며, 1997년 8월에는 초기현장공사에 대한 협력사업을 승인한데 이어 1999년 12월 15일 본공사에 대한 협력사업을 승인하였다. 이로써 한전은 국내법적으로도 북한과 경수로 건설사업을 추진해 나갈 수 있는 자격을 획득하게 되었다.

마. 경수로 사업을 위한 재원조달

1999년 12월 15일 주계약을 체결하면서 계약금액을 40억 8천만 달러로 하였지만 이는 1997년 1월 가격 기준으로 앞으로 실제비용은 더 늘어날 것이며 1998년 11월 KEDO와 한·미·일 3국은 예상사업비(물가상승률 2.1% 환율 1천1백원 기준)를 46억달러로 계산하고 재원분담협정을 맺었다. 이 중 한국은 소요 공사비의 70%인 32억2천만달러(3조5천4백30억원)를 원화로 기여하며, 일본은 10억달러(1천1백65억엔) 상당을 엔화로 기여하며 나머지 부족분은 미국의 주도적 역할아래 조달키로 한 바 있다.

〈표 2-27〉 경수로 재원분담 합의내용

□ 한국 : 총 사업비의 70%를 원화로 분담
- 중심적 역할(Central Role)에 해당하는 최대분담금 기여
- 현 46억불 기준으로 원화 35,420억원 분담

□ 일본 : 10억불에 상응하는 금액을 엔화로 기여
- 상당한 역할(Significant Role)에 해당하는 분담금 기여
- 총 1,165억엔('98.10.20 환율 기준) 기여

□ 유럽연합(EU): 5년간 총 1억 EUR기여
- 5년간('01~05) 매년 2,000만 EUR씩 기여
- 실질적이고 지속적인(Substantial and Sustained) 기여

□ 미국 : 상기 총 예상사업비와 집행이사국의 분담금액과 차액 확보에 주도적인 역할
- 한국 및 일본 기여분은 총 예상사업비의 91.7%(42.2억불) 임
- 미국은 동 차액 3.8억불(8.3%) 확보에 주도적 역할

3. 사업추진현황

가. 원전 부지의 환경 및 생태계 등에 대한 사전 조사 수행

한전은 1996년 1월 5일 KEDO와 사업전 용역 계약을 체결한 이후 7차례의 추가계약을 체결하여 본공사 착수 이전에 수행해야 할 조사 및 설계업무 등을 수행 완료하였다.

부지조사는 일차적으로 경수로건설 후보지가 발전소 부지로 적합한지를 조사하였는데 그 결과 북한의 금호지구는 원전건설 예정지로서 적합한 것으로 평가되었고 이에 따라 북한은 1997년 7월 21일 부지인도증을 KEDO에 발급하였다. KEDO가 북한으로부터 정식으로 부지를 인수받음에 따라 KEDO가 경수로 부지내 모든 질서유지를 책임지게 됨으로써 우리측 건설인력이 안심하고 건설에 전념할 수 있는 여건이 마련되었다고 할 수 있다.

또한 발전소의 설계 및 건설의 인허가 취득을 위한 예비안전성 분석보고서(PSAR)와 환경영향평가보고서(ER) 작성을 위해 발전소 건설부지 및 인근해역의 해양, 기상, 환경, 생태계 등에 대한 4

계절 조사도 마쳤다. 상기 외에도 해양특성분석 및 기초지반 적합성평가 등 발전소 건설을 위해 필요한 사전 조사 필요사항에 대한 역무를 수행 완료하였다.

나. 각종 의정서 및 절차 체결

경수로 공급협정에서 KEDO와 북한은 공급협정의 세부사항들을 이행하기 위한 10여개의 후속 의정서를 단계적으로 체결해 나가기로 명시하였고, 그 중 경수로사업 추진을 위해 우리측 근로자의 특권면제, 신변안전 및 자유로운 통행·통신보장 그리고 부지(270만평)의 배타적 사용권 및 자체 질서유지권 확보 등에 필요한 5개의 의정서가 '96.7부터' 97.1 까지 우선 타결되었다.

〈표 2-28〉 의정서 체결 현황

의 정 서 명	체 결 목 적	비 고
특권·면제 및 영사보호	KEDO의 법적지위, KEDO 계약자 인원에 대한 신변보장 등	'96. 7. 11 발효
통 행	KEDO 인원의 부지접근(자유로운 입출국 절차)및 효율적 통행로 개설	'96. 7. 11 발효
통 신	KEDO 인원의 사업부지 내외로의 효율적인 통신수단 확보위한 세부절차	'96. 7. 11 발효
부 지	부지인수 및 부지접근·사용에 관련된 세부사항	'97. 1. 8 발효
서비스이용	북한 노무·물자·시설과 기타 서비스 공급조건	'97. 1. 8 발효
미지급시 조치	상환의무 불이행시 벌칙금 산정 및 부과에 관한 세부사항	'97. 6. 24 발효
훈 련	발전소 운전 및 유지보수를 위한 북한인력의 훈련계획	'00. 10. 20 발효
품질보장 및 보증	경수로 발전소 품질 및 성능보장	'01. 12. 3 발효

그러나 이같은 의정서가 발효되어 경수로사업 추진을 위한 최소한의 조치는 마련되었지만 우리측의 많은 건설인력과 물자, 장비가 경수로 건설현장에 투입되기 위해서는 남북관계 특수성으로 볼 때 입출국 및 해상수송절차, 공로이동 절차, 세관통관 절차 등 많은 세부 절차가 상호 합의되어야하므로 KEDO와 북한은 1997년 4월부터 전문가 협상을 가졌다.

이 협상에서는 남북한 전문가들이 직접 참여하여 제반문제를 협의하였으며, 그 결과 KEDO와 북한은 1997년 7월초 뉴욕에서 통신·우편, 입출국 및 해상수송절차, 통관 및 검역절차, 환자치료, 후송대책, 북한 노동력과 물자 이용조건 및 가격 등 19개 분야에 관한 합의서를 채택하였다.

이후 KEDO-북한은 계속 협상을 진행하여 현재까지 모두 8개의 의정서가 타결되었으며, 경수로의 원자력 사고시 법적·재정적 보장을 위한 원자력 손해배상 책임의정서는 협상중에 있다.

다. 초기현장공사 및 기반시설공사 수행

위와 같은 제반절차가 마련됨에 따라 초기현장공사 착공을 위한 준비가 본격화 되었다. 기 합의된 바지선 해로의 안전성과 경제성을 평가하기 위한 바지선 시험운항('97.7.15), 분단 반세기만의 남북간 공식적인 우편물 교환서비스 개시(국내-북한 금호지구간, '97.7.24), 기자재 수송선 첫 출항('97.7.25), KEDO 금호사무소 개소('97.7.28)에 이어 북한 금호지구 건설현장과 한전간 업무연락을 위한 전용통신망이 민간차원에서는 최초로 개통('97.8.4)되어 전화, 팩스 등 통신서비스도 시작되었다. 그리고 KEDO-한전간 초기현장공사 계약이 체결('97.8.15)됨에 따라 한전 금호원자력건설본부가 개소('97.8.16)되었다.

이러한 준비과정을 거쳐 1997년 8월 19일 역사적인 초기현장공

사 착공식이 남북분단의 벽을 넘어 함경남도 금호지구 건설현장에서 거행되었다. 행사에는 장선섭 경수로기획단장 등 한·미·일 정부대표, 보스워스 사무총장 등 KEDO관계자, 이종훈 한전 사장 및 시공업체 대표, 현장 건설인력 등 200여명이 참석하였고, 북측에서도 원자력총국장, 경수로대상사업국장, 허종 대사 등 80여명이 참석하였다. 착공식은 한·미·일 언론 취재단이 착공식 진행 모습을 전세계에 중계하는 가운데 진행되었다.

발전소 건설공사는 원래 KEDO-한전간의 일괄도급계약(Turnkey Contract)이 체결된 후 시작되는 것이 정상적이나, 계약체결에 장시간이 소요되고 현장의 제반 기반시설이 미비함에 따라 본공사에 대비한 준비공사만을 우선 착수키로 하였다. 이에 따라 본공사 기간 중 국내인력이 주로 이용할 숙소, 식당, 사무실, 통신, 도로 등 기반시설을 확보하고 일부 부지정지를 위한 공사에 착수하였는데, 시공은 국내에서 원전시공 경험이 있는 현대, 동아, 대우, 한국중공업(현 두산중공업)으로 구성된 공동수급체인 합동시공단이 맡았다.

초기현장공사는 당초 1997년 8월부터 1998년 8월까지 1년 예정으로 착수되었다. 그러나 1998년 8월 북한의 로켓발사사건 등으로 KEDO 집행이사국간의 재원분담 결의안 채택 및 주계약 체결이 지연됨에 따라 공사의 중단을 방지하기 위해 불가피하게 초기현장공사를 여러 차례 연장하여 수행 완료하였으며, 1999년 10월 기반시설공사 계약을 합동시공단과 체결하여 취수방파제 및 물양장공사 등을 2002년 5월에 수행완료하였다.

2002년 6월말 현재 현장에는 의료진을 포함한 한전, 시공단 등 국내인력 770명, 북한인력 100여명 및 제3국 인력(우즈베키스탄) 630여명 등 약 1,500여명이 투입되어 매일 함께 공사에 임하였으며 초기현장공사 착공이후 지금까지 투입된 물자는 차량, 중장비, 콘테이너, 공사용자재, 생활용품 등 약 347,000CBM(191,000톤)에

이르며 북한과 합의한 동해상의 해상수송 경로를 통하여 100차례에 걸쳐 수송 완료하였다.

현재 현장에는 식당, 숙소, 사무실, 통신, 도로 등이 설치되어 우리 근로자들이 초창기 북한시설 이용에 따른 어려움에서 벗어나 안정적으로 일할 수 있는 여건이 마련되었다. 특히 우리 근로자들이 외로움을 달래고 건전한 여가를 선용할 수 있는 복지시설도 대부분 설치되었다. 28개 채널(KBS, MBC, SBS, CNN-FN, NHK, STAR, 국내 CATV 등)의 위성TV 수신장치가 설치되어 북한 땅에서 국내 TV를 마음껏 시청할 수 있게 되었고 독서실, 체력단련실, 비디오상영실, 테니스장 등 체육시설 설치도 완료되었다. 그리고 자체 의무실에서 국내에서 파견된 의료진이 근로자들의 건강관리를 돕고 있으며, 이를 더욱 확대하기 위해 2002년 7월에는 종합병원을 개원하였다.

라. 주계약 체결로 본공사 착수 체제로의 돌입

한전은 경수로 건설사업의 총체적인 책임을 지고 있는 일괄도급계약(Turn-Key Contract)의 주계약자로서 발전소를 건설, 시험완료후 북한 운영자에게 인계해야 할 책임이 있다. 이를 위해 1999년 12월 15일 주계약 체결 이후 본격적인 본공사 착공을 위한 준비가 진행되어 왔다. 지난 1999년 12월 28일에는 한전이 한국전력기술(주)와는 종합설계용역계약을, 두산중공업(주)와는 원자로 설비 및 터빈발전기 공급계약을, 한전원자력연료(주)와는 핵연료 공급계약을, 2000년 5월과 6월에는 보험가입 및 수송계약을 관련사와 각각계약을 체결하였다.

2001년 9월에는 북한당국으로부터 건설허가를 취득하여 본관 기초굴착공사를 착수하였고, 2002년 8월에 최초콘크리트 타설과 함께 본격적인 발전소 건설 체제로 전환될 예정이며, 국내에서는 작년에 이어 주기기 설계와 주요 기자재 제작, 핵연료 설계 및 종

합설계가 계속되고 보조기기구매가 본격화 되고 있다.

한편 북한 원전 운영 기술자를 양성하기 위한 교육훈련 프로그램의 하나로서 2001년 12월에 고위정책자 19명을 국내로 초청하여 2주 동안 강의와 병행하여 울진원자력본부를 포함한 원자력 관련 기관을 견학하게 하였고 발전소 운영요원을 대상으로 한 강의실 교육이 사상처음으로 국내에서 파견된 교수진에 의해 금호현장에서 2002년 6월에 착수되었으며, 2002년 7월에는 원전안전 규제기술 분야 기술자를 대상으로 국내의 한국원자력안전기술원에서 교육을 실시하였다.

4. 경수로 사업의 의의

한반도 문제는 민족 내부의 일인 동시에 국제사회와도 불가분의 관계에 놓여 있다. 이러한 관점에서 북한 경수로 사업은 여러 가지 대내외적인 의미를 갖고 있다 하겠다.

한반도에너지개발기구(KEDO)와 한전간의 북한 원전 주계약 체결은 경수로 건설을 위한 본공사의 본격적인 착수를 뜻한다. 이는 북한에 경수로를 제공키로 한 본래의 목표를 달성할 수 있는 기초가 마련되었음을 뜻함과 동시에 북한의 핵확산금지조약(NPT) 탈퇴에 따른 핵무기 개발 위협 속에서 북한과 미국이 지난 1994년 체결한 북·미 제네바 합의가 구체적 실천단계로 진입했다는 의미도 있다. 이러한 조치는 북한에 경수로 공급이 북한의 핵 개발 의도를 원천적으로 막기 위한 것으로 당초 약속대로 공급됨으로써 한반도와 동북아 안전의 최대 위협요소인 북한 핵문제를 해결할 수 있을 것이다.

다음은 남북관계 개선과 상호 신뢰조성에도 상당한 기여를 할 것이다. 공사 추진 과정에서 필수적으로 수반되는 빈번한 인적 및 물적 교류와 남북 근로자들의 공동작업은 양측에 불신의 벽을 허

물어 내리는 역할을 할 수 있을 것이다. 이러한 과정을 통해 남북한은 교류와 협력을 바탕으로 민족공동 발전에 이바지할 수 있는 발판이 마련되었다는 점에서 역사적 의의가 있다.

또한 남·북한간 표준화된 원전 공유로 경제적, 기술적 공존공영의 기반이 구축될 수 있는 기회가 될 것이며, 한국표준형 원전



〈그림 2-9〉 북한원전 조감도

기술의 우수성을 널리 알림으로써 원전의 해외수출 기반이 조성될 수 있을 것으로 판단된다.

새 천년의 개막과 함께 남북 정상회담으로 남북간 화해와 협력이 강조되고 있으며, 평화와 안정의 상징인 북한 원전건설사업이 본 궤도에 오르면서 남북한간 대규모 인적, 물적 교류가 활발해져 남북관계에 있어 새로운 전환점이 될 것으로 기대한다.

전 세계의 관심 속에서 진행되는 북한경수로 건설사업은 우리 민족의 번영을 위한 국가적 사업으로 국민의 적극적인 협조와 아낌없는 성원이 절대적으로 필요하다.



〈그림 2-10〉 북한원전 최초 콘크리트 타설장면