

제3장 원자력발전소 건설

제1절 원전건설 현황

1. 개요

2002년 12월 한국표준형 원전인 영광 6호기가 성공적으로 상업운전을 개시함에 따라 우리나라의 원자력 설비용량은 15,716MW에 이르게 되었으며, 또한 올진 5, 6호기는 2003년 3월 5호기의 상온수압시험을 완료하였고, 6호기는 2002년 7월 원자로 설치착수, 2003년 3월 초기전원가압을 완료하는 등 건설 공정에 따라 순조롭게 공사를 진행하고 있다.

아울러 최초의 한국표준형 원전인 올진 3, 4호기의 건설경험과 자립기술을 기반으로 추진하고 있는 북한 경수로사업은 2001년 9월에 발전소 본관 기초굴착을 착수하여 2002년 8월 1호기는 최초 콘크리트 타설을 완료하였고 2003년 5월 현재 2호기는 최초콘크리트 타설을 준비 중이다.

원전 입지 정책면에서는 현재 건설 중인 올진 5, 6호기에 추가하여 2015년까지 8기의 원전이 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. 효암·비학지구에 건설예정인 신고리 1.2호기와 봉길리에 건설예정인 신월성 1.2호기는 2002년 8월 주기기공급 및 종합설계용역 계약을 체결하였으며 2003년 상반기 중에 주설비공사 계약을 체결할 예정이다. 신고리 1.2호기는 각각 2008년 9월과 2009년 9월 준공예정이고, 신월성 1.2호기는 2009년 9월과 2010년 9월 준공예

정이다. 또한 신암리 지역에 건설 예정인 신고리 3,4호기는 신형 경수로1400(APR1400) 모델을 적용한 최초의 1400MW급 발전소로서 2003년 상반기 중에 주기기공급 및 종합설계용역계약을 목표로 추진 중에 있다.

추가로 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 건설된 설비용량 100만kW급 가압경수로형(PWR)의 한국표준형원전이다

당초 계획으로는 1995년 12월 착공하여 5호기는 2001년 6월, 6호기는 2002년 6월까지 총공사비 4조 2천억원을 투입하여 건설할 계획이었으나 건축허가 취득이 1996년 9월로 지연됨에 따라 공사착공이 계획대비 10개월 지연됨으로써 5호기는 2002년 5월 21일, 6호기는 2002년 12월 23일 각각 상업운전을 개시하였다.

영광 5,6호기 사업관리체계는 한국수력원자력(주)이 종합사업관리를 수행하고 종합설계 및 원자로계통설계는 한국전력기술(주), 원자로설비 및 터빈발전기 공급은 두산중공업(주), 원전연료공급은 한전원자력연료(주)가 국내 주계약자로 참여하였으며, 기술자립이 진행 중이거나 미자립된 일부 분야를 위해서 외국전문업체가 참여하였고 종합설계는 서전트 앤드 런디(S&L)사, 원자로설비공급 및 원자로계통설계에 웨스팅하우스사(WEC), 터빈·발전기 공급분야에는 제너럴 일렉트릭(GE)사가 참여하였다

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

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 추진하였다. 또한 영광 5,6호기는 현장관리 선진화를 통한 건설관리체계 개선에 따라 선행 울진 3,4호기 보다 건설기간(최초콘크리트~준공)을 4개월 단축한 58개월(영광 3,4호기 : 64개월, 울진 3,4호기 : 62개월) 공기로 건설되었으며, 선행호기 운전과정에서 제안된 설비개선 요구와 원전표준화 2, 3단계 사업결과에 따른 설계개선 사항을 반영하여 안전성, 신뢰성, 보수성 등을 한 단계 더 높인 최신의 발전소이며, 특히 영광 6호기는 외국기술에 의존해 왔던 원자로내부구조물 및 제어봉구동장치의 제작을 국내업체가 수행함으로써 원전건설의 국제경쟁력 향상에 크게 기여하였다.

〈표 2-17〉

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)

2002년도 주요 건설현황으로 영광 5호기는 3월말부터 한 달간 준공대비 간이정비를 수행하고 5월 8일 출력상승시험 완료, 5월 20일 종합 인수성능시험 완료 후 5월 21일자로 산자부에 사업개시

신고함으로써 상업운전에 돌입하였다. 영광 6호기는 1월에 고온기능시험(HFT), 7월 31일 운영허가 취득후 최초 연료장전, 8월에 고온기능시험과 초기임계시험, 저출력 원자로특성시험, 9월 1일 발전소 최초 임계 도달, 9월 10일부터 출력상승시험 및 원자로출력 단계별 성능시험, 12월에 준공대비 중간정비 시행 후 종합성능보증시험을 모두 성공적으로 마치고 12월 23일자로 산자부에 사업개시 신고함으로써 영광 5호기에 이어 상업운전을 개시하였다.



〈그림 2-6〉 영광 5, 6호기 전경

영광 5, 6호기의 사업효과는 준공 후 연간 130억kW의 전력을 생산하게 되어 연간 6억 2천만불의 LNG 대체 효과를 가져와 에너지 해외 의존도를 줄일 수 있게 되었고, 준 국산에너지로서 발전 원가가 저렴하여 전기요금 안정에 기여하게 됨은 물론, 국내산업의 국제경쟁력 향상에 크게 기여할 것이다. 또한 자립된 기술을 바탕으로 설계, 제작, 건설, 운영 등을 우리기술로 수행하여 기술 자립효과를 극대화하게 됨으로써 대북 경수로 원전건설사업(KEDO) 지원은 물론 원자력사업의 해외진출에도 많은 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 동아건설산업(주)/두산중공업(주)/삼성물산(주) 공동수급체와 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 착공하여 5호기는 2003년 6월에, 6호기는 2004년 6월에 각각 준공할 예정이었으나, 1997년말 불어 닥친 IMF 경제환경하의 전반적인 산업활동 위축에 따라 전력수요 증가 추세가 둔화되고 소요자금 조달의 어려움을 감안하여 울진 5, 6호기 준공시기를 연기 조정하는 방안이 검토되었다.

정부는 여러 차례 다각적인 검토를 거쳐 「제4차 장기전력수급계획」을 1998년 8월에 확정 발표하였으며, 울진 5, 6호기 준공시기를 당초계획 보다 15개월 연기된 2004년 9월과 2005년 9월로 각각 조정하였다. 이에 따라 사업추진 일정도 조정되어 5호기 최초콘크리트 타설이 1999년 10월로, 원자로 설치가 2001년 7월로, 연료장전이 2003년 11월로 각각 15개월 연기 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 되

었다.

연기 조정된 사업공정에 따라 사업을 추진하던 중 광양석탄 1,2호기의 건설 인허가를 전라남도가 반려하여 건설이 사실상 무산됨에 따라, 2004년 및 2005년의 설비에비율이 걱정수준 이하로 낮아질 것으로 전망되었다. 따라서 이에 대한 대책으로 올진 5, 6호기의 준공시기를 3개월 앞당기는 방안을 검토하게 되었는데, 설계, 기자재 제작 및 시공일정 변경 없이 성능시험 완료 후 4개월로 계획되었던 신뢰성 운전기간을 1개월로 단축하여 올진 5, 6호기 준공일정을 각각 2004년 6월 및 2005년 6월로 각각 3개월 앞당기는 방안이 가장 타당한 것으로 판단되었다.

정부는 올진 5, 6호기의 준공일정이 2004년 6월 및 2005년 6월로 각각 재조정된 「제5차 장기전력수급계획」을 2000년 1월 확정 공고하였으며, 이에 따라 올진 5, 6호기는 준공목표가 2차례 변경되었다.



〈그림 2-7〉 올진 6호기 원자로 설치

한국표준형 원전의 반복건설로 추진되는 올진 5, 6호기는 선행 호기의 건설과정에서 확보된 기술을 사용하고 핵심기술인 원자로 내부구조물 및 제어봉 구동장치의 설계까지도 국내업체가 수행함으로써 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 반영하고 옥외 매설물을 지하공동구에 설치하는 등 신기술 및 선진 공법을 적용하여 안전성과 신뢰성을 한 단계 향상시키는 물론, 최단공기(최초 콘크리트 타설~인수성능시험 완료 : 56개월)로 건설하게 되어 경제성도 한층 높아지게 될 것이다.

〈표 2-18〉

올진 5, 6호기 건설일정

구분	기본계획 확정	본관 기초굴착	최초 콘크리트	원자로 설치	상온수압 시험	연료 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)

특히, 올진 5, 6호기는 IMF 경제 환경에서의 투자비 배분과 건설자원의 효율적 활용을 위하여 선·후행 호기 공정시차를 12개월로 하는 공정계획을 수립하여 운영 중에 있다.

2002년 12월말 현재 종합공정률 79%로서 종합설계는 95%, 원자로설비 공급은 97%, 터빈발전기 공급은 98%, 보조기기 공급은 78%, 시공은 78%, 시운전은 16%의 공정률을 보이고 있다. 건설현장에서는 2003년 11월 5호기 연료장전을 목표로 건설공사와 시운전시험을 활발하게 진행 중에 있다.

4. 신고리 1,2호기

신고리 1,2호기는 부산광역시 기장군 장안읍 효암리 및 울산광역시 울주군 서생면 신암리, 현 고리원자력본부 인접 부지에 건설되는 설비용량 100만kW급 가압경수로형(PWR) 개선형 한국표준형원전이다.

2000년 1월 정부가 확정 공고한 「제5차 장기전력수급계획」에 의거 발전소 건설 계획에 반영 되어 있는 신고리 1,2호기는 오는 2008년 9월 및 2009년 9월 각각 준공을 목표로 건설하여 2000년대 후반의 전력공급에 만전을 기하게 된다. 이에 따라 2000년 8월 건설기본계획을 확정하고, 2002년 8월에는 두산중공업(주)와 원자로 설비 및 터빈발전기 공급계약을 체결하였으며, 동시에 한국전력기술(주)와 종합설계용역 계약을 체결하였다. 2003년 5월 현재 주설비공사의 시공계약체결을 추진중에 있으며 계약이 체결되면 사업추진을 위한 중요한 사업체제가 완성되게 된다.



〈그림 2-8〉 신고리 1,2호기 조감도

신고리 1,2호기는 한국표준형원전(KSNP)인 울진 5,6호기를 참조발전소로 하여 한수원의 20여년 원전 건설, 운영 및 보수경험과 설계사인 한국전력기술(주)의 설계경험을 토대로 3년간의 한국표준형원전 설계개선 1,2단계 사업을 통해 일체형원자로상부구조물, 복합건물 등 97개의 개선사항이 반영된 개선형 한국표준원전으로서 한국표준형원전 대비 안전성과 경제성의 향상은 물론이고 원전 종사자의 운전편의성과 방사선피폭 저감을 도모하는 한편, 합성구조 등 신공법의 적용을 통해 건설공기의 단축도 기대된다.

특히 이러한 설계최적화외에도 전사적자원관리시스템(ERP)을 건설에 적용하여 건설에 필요한 모든 자원을 실시간 관리하는 선진화된 업무 프로세스 적용으로 원전건설의 궁극적인 목표인 설비의 신뢰성과 안전성확보를 추구할 계획이다

또한 신고리 1,2호기의 기기냉각용 해수의 배수 형식은 국내원전으로는 처음으로 심층배수 방식을 도입하여 온배수에 의한 영향을 최소화 하는 등 환경친화적인 발전소를 건설할 계획이다.

〈표 2-19〉 신고리 1,2호기 건설일정

구분	기본계획 확정	본관 기초굴착	최초 콘크리트	원자로 설치	상온수압 시험	핵연료 장전	준공
1호기	● 0.08	○ (03.8)	○ (04.2)	○ (05.10)	○ (07.5)	○ (08.1)	○ (08.9)
2호기	● 0.08	○ (03.8)	○ (05.2)	○ (06.10)	○ (08.5)	○ (09.1)	○ (09.9)

지속적으로 증가가 예상되는 2000년대 후반의 전력수요에 대비할 신고리 1,2호기는 건설 및 운전시 현지주민을 우선 채용토록하고 소규모 부대공사에 대해서는 지역 업체의 참여를 확대하여 지역경제의 활성화는 물론 지속적인 품질관리와 기술혁신 노력으로 세계 최고의 신뢰도를 자랑하는 원자력발전소로서 국가경제 발전

과 기술능력 향상에 크게 기여할 것이다.

5. 신월성 1,2호기

신월성 1,2호기는 경북 경주시 양북면 봉길리, 현 월성원자력본부 인접 부지에 건설되는 설비용량 100만kW급 가압경수로형(PWR) 한국표준형원전이다.

2000년 1월 정부가 확정 공고한 「제5차 장기전력수급계획」에 의거 발전소 건설 계획에 반영 되어 있는 신월성 1,2호기는 오는 2009년 9월 및 2010년 9월 각각 준공을 목표로 건설하여 2010년 이후 전력공급에 만전을 기하게 된다. 이에 따라 2000년 12월 건설기본계획을 확정하고, 2002년 8월에는 두산중공업(주)와 원자로 설비 및 터빈발전기 공급계약을 체결하였으며, 동시에 한국전력기술(주)와 종합설계용역 계약을 체결하였다. 2003년 5월 현재 주설비공사의 시공계약이 추진중에 있으며 계약이 체결되면 사업추진을 위한 중요한 사업체제가 완성되게 된다.



〈그림 2-9〉 신월성 1,2호기 조감도

신월성 1,2호기의 원자로형은 설계개선사업을 통하여 기존 울진 원자력 5,6호기보다 안전성과 경제성을 더욱 향상시키고, 국내 선행호기와 동일로형으로 반복 건설에 따른 부수적인 이점 등을 최대한 활용하였다. 주요설비는 한국표준형원전 선행호기(울진 3,4/5,6호기, 영광 5,6호기)를 기본으로 하고 신고리 1,2호기를 참조하여 안전성과 경제성 측면에서 향상된 설계개념을 적용하였으며, 시공 및 운전편의성 향상을 위한 설계 최적화, 신기술 및 공법을 확대 적용하였다. 신월성 1,2호기의 기기냉각용 해수의 취배수 형식은 기존원전이 채택하고 있는 직접순환방식을 적용하며 기기냉각 효율을 향상시킬 수 있도록 해안에서 약 850m, 수심 20m에서 저온의 냉각수를 취수하고, 주변지역 온배수영향 저감을 위해 해안에서 약 570m, 수심 15m에서 온배수를 방류하는 심층취배수 방식을 채택하였다. 아울러, 신고리 1,2호기와 더불어 4개호기 동시발주에 따른 이점을 최대한 활용하기 위해 주기기 동시계약 체결, 보조기기의 통합발주/동시발주 및 주설비공사 동시 입찰 등 경제성 제고의 노력을 충실히 수행하여 경제성과 효율성에 입각한 사업추진이 가능하게 되었다.

〈표 2-20〉 신월성 1,2호기 건설일정

구분	기본계획 확정	본관 기초굴착	최초 콘크리트	원자로 설치	상온수압 시험	핵연료 장전	준공
1호기	● 00.12	○ (04.4)	○ (05.2)	○ (06.10)	○ (08.5)	○ (09.1)	○ (09.9)
2호기	● 00.12	○ (04.4)	○ (06.2)	○ (07.10)	○ (09.5)	○ (10.1)	○ (10.9)

최근 한국수력원자력(주)는 디지털 경영환경에서 회사의 인적·물적의 모든 유무형 자산을 최적으로 활용하여 시간과 공간의 제약없이 실시간(realtime)으로 공유 유통되게 하는 전사적자원관

리시스템(ERP)을 구축하여 시행하고 있다. ERP 시스템 구축으로 공사비·공정관리, 시공·부대공사·시운전관리 등 건설관리 부문의 사업관리를 온라인상에서 실시간으로 관리하고 건설과정에서 수반되는 엄청난 양의 서류를 대체하는 Paperless 건설공사의 구현 등 건설기술의 신기원을 열게 되었다.

2010년 이후 우리나라 경제에 산업원동력을 제공하게 될 신월성원자력 1,2호기는 지속적인 품질관리와 기술혁신 노력으로 세계 최고의 신뢰도를 자랑하는 원전으로서 국가경제 발전에 크게 기여할 것이다.

제2절 원전기술 발전방향

1. 원전건설 기술자립

가. 추진배경 및 경위

우리나라의 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 기술

자료의 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 1995년 말까지 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

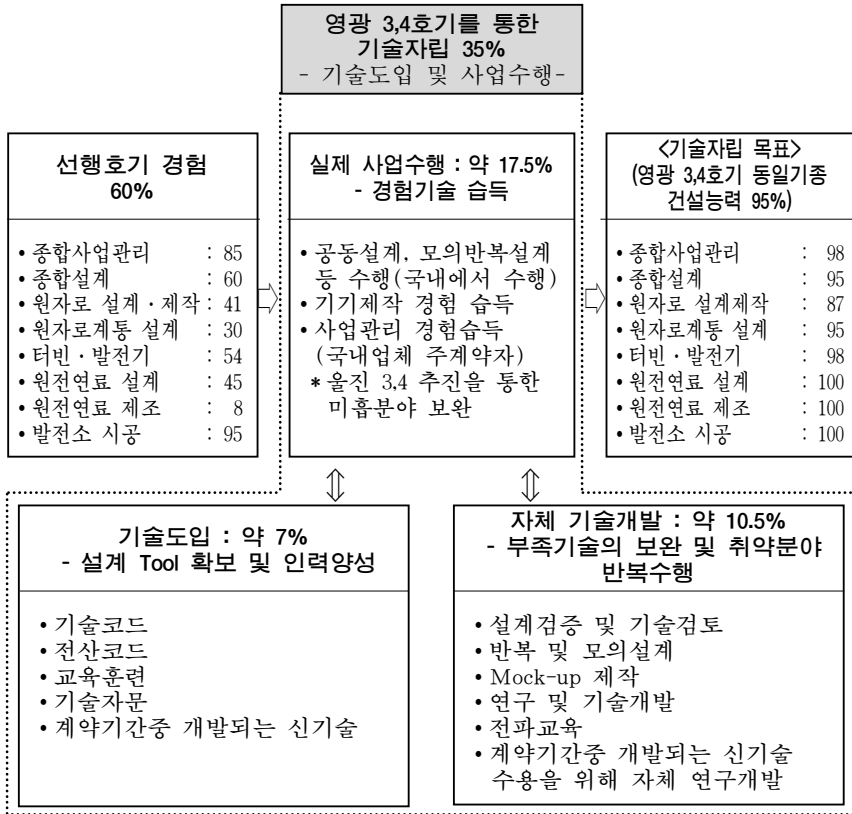
구 분	담 당 분 야	비 고
한국전력공사	종합사업관리	현, 한국수력원자력(주)
한국전력기술(주)	플랜트 종합설계	
한국중공업(주)	주기기 설계 및 제작	현, 두산중공업(주)
한국원자력연구소	원자로계통 설계 및 초기노심 설계	현, 한국전력기술(주)
한국원전연료(주)	원전연료 제조	현, 한전원자력연료(주)
국내 시공업체	발전소 시공	

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, 사업수행만

으로 습득이 어려운 분야 및 취약 기술분야는 자체 기술개발을 통해 극복하였다.



〈그림 2-10〉 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 기술자

료와 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 1,400MW급 차세대 원자로는 신형경수로 1400(APR1400)으로 명명하고 2002년 5월 정부로부터 표준설계인가를 취득하였으며, 역시 건설 준비중인 신고리 3, 4호기(2010, 2011년 준공 예정)에 적용할 예정이다.

신형경수로1400은 안전성과 경제성을 대폭 개선하여 한층 경쟁력을 갖는 원전 개발을 목표로 추진되었으며, 용량을 140만kW급으로 격상하고 국내·외의 최신 신형원자로 설계요건을 반영하였으며, 특히 안전성을 향상시키기 위하여 노내냉각설비를 채택하고, 원자로공동침수계통, 피동수소재결합기 등 중대사고 대처설비를 대폭 강화하였다.

바. 향후 전망

한국표준형원전은 최신 설계와 기술을 적용하고, 우리나라의 특

성 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 원전의 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 그 동안 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 기술 인력지원 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 한국 표준형원전으로서 2001년 9월 발전소 본관 기초굴착을 착수하였고 2002년 8월에는 1호기 본관건물의 최초 콘크리트 타설을 완료하였다. 아울러, 현재 건설 준비중인 개선형 한국표준형원전(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.

제3절 북한원전 건설 추진

1. 사업개요

한전은 북한원전 건설사업의 주계약자로서 북한의 함경남도 금호지구에 한국표준형 원전인 1,000MW급 경수로 2기를 한반도에너지개발기구(KEDO)와의 계약에 의해 일괄도급방식(Turn-key basis)으로 건설하고 있다. 이에 소요되는 재원은 KEDO가 조달할 예정이며, 한전은 2003년 8월에 본공사 최초콘크리트 타설을 수행하였다.

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 내용 간에 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 마련되었다는 데 있다고 볼 수 있다.

〈표 2-23〉 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 「한반도 에너지개발기구」(The Korean Peninsula Energy Development Organization : KEDO)가 1995년 3월 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, 우즈베키스탄 등 9개국의 일반회원국으로 구성되어 있다.

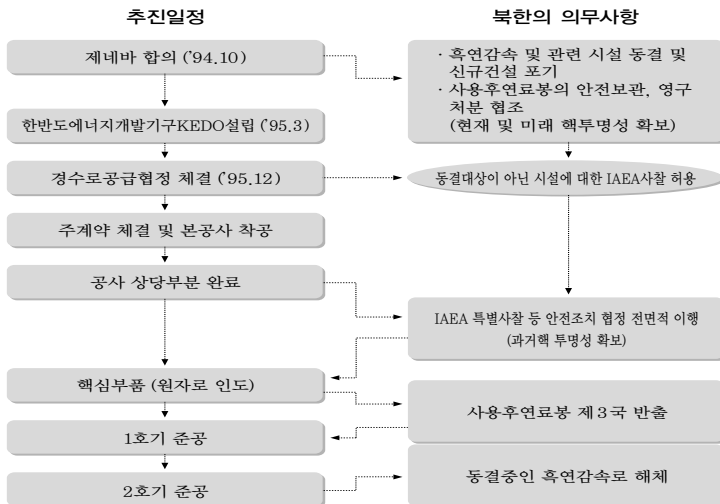
다. KEDO-북한간 경수로 공급협정 체결

제네바 합의 후 1년여에 걸친 협상결과 KEDO와 북한은 1995

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 궁극적으로 관련시설 해체
- 이행구조
 - KEDO는 주계약자를 선정하고, 주계약자와 상업공급계약 체결
- 사업추진에 필요한 사항에 대한 북한협조 규정
 - 효율적인 통행로 보장, 보안이 유지되는 독자 통신수단 설치
 - KEDO, 계약자 및 하청계약자와 파견인원에 대한 신변안전과 재산 보장 등

제네바 합의에 따른 경수로사업 기본구도



년 12월 15일 한국표준형 원전의 공급과 한국의 중심적 역할 수행 등을 주요내용으로 하는 경수로 공급협정을 체결하였다.

이 협정의 체결은 북한의 핵활동 동결 및 해체 등 제네바 기본 합의라는 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 「주계약자 지정 합의문」을 채택함으로써 한전이 일괄도급방식으로 대북 경수로 공급사업을 전반적으로 수행해 나갈 주계약자로 공식 지정되었으며, 1999년 12월 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 본공사에 대한 협력사업을 승인하였다. 이로써 한전은 국내법적으로도 북한과 경수로 건설사업을 추진해 나갈 수 있는 자격을 획득하게 되었다.

마. 경수로 사업을 위한 재원조달

1999년 12월 주계약을 체결하면서 계약금액을 40억 8천만 달러로 하였지만 이는 97년 1월 가격 기준으로 앞으로 실제비용은 더 늘어날 것이며 1998년 11월 KEDO와 한·미·일 3국은 예상사업비(물가상승률 2.1% 환율 1천1백원 기준)를 46억 달러로 계산하고 재원분담협정을 맺었다. 이 중 한국은 소요공사비의 70%인 32억2천만 달러(3조5천4백30억원)를 원화로 기여하며, 일본은 10억

달러(1천1백65억엔) 상당을 엔화로 기여하며 나머지 부족분은 미국의 주도적 역할아래 조달기로 한 바 있다.

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. 원전부지의 환경 및 생태계 등에 대한 사전조사 수행

한전은 1996년 1월 KEDO와 사업전용역 계약을 체결한 이후 7차례의 추가계약을 체결하여 본공사 착수 이전에 수행해야할 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 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 4계절 조사도 마쳤다. 상기 외에도 해양특성분석 및 기초지반 적합성평가 등 발전소 건설을 위해 필요한 사전 조사 필요사항에 대한 역무를 수행 완료하였다.

나. 각종 의정서 및 절차서 체결

경수로 공급협정에서 KEDO와 북한은 공급협정의 세부사항들을 이행하기 위한 후속 의정서를 단계적으로 체결해 나가기로 하고, 그 중 경수로사업 추진을 위해 우선적으로 필요한 우리측 근로자의 특권면제, 신변안전 및 자유로운 통행·통신보장 그리고 부지(270만평)의 배타적 사용권 및 자체 질서유지권 확보 등에 필요한 5개의 의정서를 1996년 7월부터 1997년 1월 까지 우선 타결하였다.

그러나 이 같은 의정서가 발효되어 경수로사업 추진을 위한 최소한의 조치는 마련되었지만 우리측의 많은 건설인력과 물자, 장비가 경수로 건설현장에 투입되기 위해서는 남북관계 특수성으로 볼 때 입출국 및 해상수송절차, 공로이동절차, 세관통관절차 등 많은 세부 절차가 상호 합의되어야하므로 KEDO와 북한은 1997년 4월부터 전문가를 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 KEDO와 북한은 발전소 운영인력에 대한 교육훈련 및 발

전소 품질보증 및 성능보장에 관한 협상을 진행하여, 2000년 10월 및 2001년 12월에 각 각 타결하고, 인도일정의정서, 핵사고책임의 정서 및 제반 현안사항에 대한 고위급전문가 협상을 계속 진행하였으나, 2002년 10월 북한 핵 사태로 인해 북측과의 협상은 현재 잠정 중지상태에 있다.

〈표 2-24〉 의정서 체결 현황

의 정 서 명	체 결 목 적	비 고
특권·면제 및 영사보호	KEDO의 법적지위, KEDO계약자 인원에 대한 신변보장 등	'96. 7. 11 발효
통 행	KEDO인원의 부지접근(자유로운 입출국 절차) 및 효율적 통행로 개설	'96. 7. 11 발효
통 신	KEDO인원의 사업부지 내외로의 효율적인 통신수단 확보위한 세부절차	'96. 7. 11 발효
부 지	부지인수 및 부지접근·사용에 관련된 세부사항	'97. 1. 8 발효
서비스이용	북한 노동·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
인도일정	북한의 핵동결, 해제조치 및 경수로 공급일정	미합의
상환 조건	경수로발전소 건설대금의 상환금액 및 조건	미합의
사용후연료	사용후연료의 안전한 보관관리 및 제 3국 이전에 관한 세부사항	미합의
핵안전 및 규제	경수로발전소 완공후 정기 안전 점검을 위한 절차와 일정	미합의
핵사고시 책임	핵사고시 보장장치에 관한 세부사항 규정	미합의

다. 초기현장공사 및 기반시설공사 수행

위와 같이 현장공사에 필요한 제반절차가 마련됨에 따라 초기 현장공사 착공을 위한 준비가 본격화되었다. 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 8월에는 역사적인 초기현장공사 착공식이 남북분단의 벽을 넘어 함경남도 금호지구 건설현장에서 거행되었다.

발전소 건설공사는 원래 KEDO-한전간의 일괄도급계약(Turn-key Contract)이 체결된 후 시작되는 것이 정상적이나, 계약체결에 장시간이 소요되고 현장의 제반 기반시설이 미비함에 따라 본공사 대비한 준비공사만을 우선 착수기로 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 초기현

장공사를 여러 차례 연장하여 수행 완료하였으며, 1999년 10월 기반시설공사 계약을 합동시공단과 체결하여 취수방파제 및 물양장 공사 등을 2002년 5월에 수행 완료하였다.

라. 본공사 착수 체제로의 돌입

한전은 경수로 건설사업의 총체적인 책임을 지고 있는 일괄도급계약(Turn-Key Contract)의 주계약자로서 발전소를 건설, 시험 완료후 북한운영자에게 인계해야할 책임이 있다. 이를 위해 1999년 12월 15일 주계약 체결 이후 본격적인 본공사 착공을 위한 준비를 진행하여, 한전은 1999년 12월에 한국전력기술(주)와는 종합설계용역계약을, 두산중공업(주)와는 원자로설비 및 터빈발전기공급계약을, 한전원자력연료(주)와는 핵연료공급계약을, 2000년 5월과 6월에는 관련사와 보험가입 및 수송계약을, 2000년 12월에는 현대, 대우, 동아, 한국중공업(현 두산중공업) 등 4개사가 콘크리트 어업을 구성한 합동시공단과 주설비공사계약을 각각 체결하였다.

이후 2001년 9월에는 북한당국으로부터 건설허가를 취득하여 본관 기초굴착 공사를 착수하였고, 2002년 8월에는 최초콘크리트 타설로 경수로 사업을 본격적인 발전소 건설 체제로 전환하면서 기념행사를 개최하였다. 이 행사에는 장선섭 경수로기획단장 등 한·미·일 정부대표, 카트만 사무총장 등 KEDO 관계자 및 회원국 대표, 강동석 한전사장 및 관련사 대표 등 건설인력 600여명이 참석하였고, 북측에서도 김희문 경수로대상사업국장 등 20여명이 참석하였다. 이 기념행사에는 한·미·일·EU 언론 취재단이 전세계에 중계하는 가운데 진행되었다.

2003년 3월말 현재 현장에는 의료진을 포함한 한전, 시공단 등 국내인력 700여명, 북한인력 100여명 및 제3국 인력(우즈베키스탄) 450여명 등 약 1,200여명이 투입되어 매일 함께 공사에 임하고 있다. 초기현장공사 착공이후 지금까지 투입된 물자는 차량,

중장비, 컨테이너, 공사용자재, 생활용품 등 약 450,000CBM (191,000톤)에 이르며 북한과 합의한 동해상의 해상수송 경로를 통하여 115차례에 걸쳐 수송을 하였다.

또한 인력 및 물자수송은 통상 해상을 통해 이루어지나, 금호현장의 긴급 자재 및 환자수송을 대비한 항공로 개설 필요성을 절감하여, 한전 및 KEDO는 북한과의 적극적인 협상을 통해, 2002년 1월 평양에서 개최된 수송전문가회의에서 남측의 양양공항과 북측의 선덕공항을 잇는 남·북 직항로를 개설기로 북측과 합의하였으며, 2002년 5월 북측의 전문가(10명)들이 남측의 양양공항을 방문하여 공항시설 등을 점검하였으며, 이후 2002년 7월에는 드디어 양양-선덕간 최초 남·북 직항로 운항이 성공적으로 이루어지게 되었다. 이로써 경수로 사업은 인원 및 물자를 보다 안정적으로 수송할 수 있는 대체수단을 확보하게 되었다

한편 북한 원전 운영 기술자를 양성하기 위한 교육훈련 프로그램의 하나로써 2001년 12월에 고위정책자 19명을 국내로 초청하여 2주 동안 강의와 병행하여 올진원자력 본부를 포함한 원자력 관련기관을 견학하게 하였고, 2002년 5월에는 발전소 운영요원 제 1차 훈련생 129명을 선발하여, 이중 123명을 대상으로 2002년 6월부터 10월까지 국내에서 파견된 교수진에 의한 강의실 교육이 사상 처음으로 금호현장에서 실시되었으며, 2002년 7월에는 원전 안전 규제기술 분야 기술자 25명을 대상으로 국내의 한국원자력안전기술원에서 교육이 실시되었다.

현재 현장에는 식당, 숙소, 사무실, 통신, 도로 등이 설치되어 우리 근로자들이 초창기 북한시설 이용에 따른 어려움에서 벗어나 안정적으로 일 할 수 있는 여건이 마련되었다. 특히 우리 근로자들이 외로움을 달래고 건전한 여가를 선용할 수 있는 복지시설도 대부분 설치되었다. 29개채널(KBS, MBC, SBS, CNN-FN, NHK, STAR, 국내 CATV 등)의 위성TV 수신장치가 설치되어 북한 땅

에서 국내TV를 마음껏 시청할 수 있게 되었고 독서실, 체력단련실, 비디오상영실, 테니스장 등 체육시설 설치도 완료되었다. 그리고 자체 의무실에서 국내에서 파견된 의료진이 근로자들의 건강관리를 해왔으나, 이를 더욱 확대하기 위해 2002년 7월에는 종합병원을 개원하였다.

4. 경수로사업의 의의

한반도 문제는 민족 내부의 일인 동시에 국제사회와도 불가분의 관계에 놓여있다. 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



〈그림 2-11〉 북한원전 조감도

(NPT) 탈퇴에 따른 핵무기 개발 위협속에서 북한과 미국이 지난 1994년 체결한 북·미 제네바 합의가 구체적 실천단계로 진입했다는 의미도 있다.

경수로 사업은 북한의 핵 개발 의도를 원천적으로 막기 위한 것으로, 최근의 북한 핵사태가 원만히 해결되어 당초 약속대로 경수로 사업이 진행된다면 한반도와 동북아 안전의 최대 위협요소인 북한 핵 문제의 해결과 함께 공사 추진 과정에서 필수적으로 수반되는 빈번한 인적 및 물적 교류와 남북 근로자들의 공동작업은 양측에 불신의 벽을 허물어 내리는 역할을 할 수 있을 것이다. 이러한 과정을 통해 남북한은 교류와 협력을 바탕으로 민족공동 발전에 이바지 할 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 기술의 우수성을 널리 알림으로써 원전의 해외수출 기반이 조성될 수 있을 것으로 판단된다.

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

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