

# 왜 북에 한국형이 건설돼야 하나?

양 태 은  
한국전력공사 원자력건설처 부처장

## 1. 머리말

1971년 11월 15일 우리나라 최초의 원자력발전소인 고리원자력 1호기가 건설의 첫 삽을 뜬 이래 우리나라는 지난 20여년간 9기의 원전을 건설하여 가동하고 있으며 7기의 원전을 건설하고 있어 현재 세계 10위의 원전 보유국으로 발돋움했다.

그동안 우리의 원자력발전소 건설방식도 외국업체 일괄 도급형(Turnkey) 건설방식에서 외국업체 분할발주형으로, 또다시 국내업체 주도형으로 변천하였으며 마침내는 한국형 원전의 기본 모델인 영광 3호기가 '95년 3월 준공을 눈앞에 두게 되었다.

한전을 비롯한 국내 원전업체의 능력도 상당한 수준에 이르러 이제는 해외수출을 활발히 모색하고 있는 단계이며, '94년 10월 미, 북한간 핵협상이 타결됨에 따라 북한에 한국형 원자력발전소를 제공할 가능성이 상당히 높아졌다. 이에 따라 우선 북한의 전력사정을 간단히 살펴본 후 한국표준형 경수로발전소에 대해 상세히 설명하고 북한에 한국형이 건설되어야 하는 당위성을 고찰해 보기로 한다.

## 2. 북한의 전력사정

### 가. 발전설비

북한의 총발전설비 용량은 7,140MW 규모로 수력이 60%, 석탄화력이 40%로 구성되어 있으며 석탄화력은 기저부하를, 수력은 첨두부하를 담당하고

있는 바 2000년경까지는 11,000MW 규모로 설비 확장될 것으로 전망된다.

북한의 발전용 원자로 현황은 아래와 같다.

발전소명	원자로형	전기출력	현황
영변 1호기	흑연감속로 (소규모 실험용)	5MWe	'86년부터 가동
영변 2호기	흑연감속로	50MWe	현재건설중 ('95년, 가동예정)
태천 1호기	흑연감속로	200MWe	건설중 ('96년, 가동예정)
신 포	소련형 경수로 (VVER)	635MW×3기	계획단계에서 최소

### 나. 송배전설비

북한의 송전계통은 200kV와 110kV, 배전계통은 60kV, 10kV, 3.3kV이고 주택용 공급전압은 380/220V, 60Hz 시스템을 사용하고 있다.

### 다. 전력수급사정

- 북한 전력산업위원회에 의하면 최소 500MW 이상의 전력이 부족하여 정전과 부하 절체가 자주 발생하여 산업생산 감소의 주원인이 되고 있다고 하며, 전기품질도 매우 나빠 60Hz 기준 주파수에서 57~59Hz까지 주파수가 하락하고 전압 변동도 자주 발생한다고 한다.
- 각 지역의 급전소로부터 전력계통 정보를 효율적으로 받을 수 있는 설비 및 체제가 매우 낙후되어 있어 북한의 중앙전력통제 본부는 전력생산 및 배분 기능을 제대로 발휘하지 못하고 있

으며 또한 각 발전소도 예비 부품 부족, 계측기기의 부정확 및 열악한 유지보수 수준으로 발전소 성능이 계속 악화되고 있는 상태이다.

### 3. 한국표준형 경수로발전소란 ?

최근 매스컴에서 자주 등장하는 “한국형 경수로”란 용어는 그 의미상 전체 원자력발전소중 원자로 부문만을 뜻하며 “한국표준형 경수로발전소”가 정확한 표현이다.

한국표준형 경수로발전소란, 한국전력이 사업주체가 되어 영광원자력 3, 4호기를 모태로 미국의 지원하에 분야별 국내 전문업체를 육성, 개발하고 울진 3, 4호기에 자체 적용한 100만kW급 가압경수로형 원자력발전소를 말한다.

#### 가. 개발배경

1980년대 초반 고리 3, 4호기 및 영광 1, 2호기 건설을 통해 상당한 기술을 축적하고 원전건설에 자신감을 갖게 됨에 따라 1984년 정부의 기술자립 정책을 바탕으로 국내 전문업체를 육성, 기술자립 및 발전소 표준화를 과감히 추진함으로써 원자력 발전소 건설도 외국의존 방식에서 탈피하게 되었다.

그 첫 발전소가 영광 3, 4호기인 바, 영광 3, 4호기 계약추진 당시 미국 원전산업계는 TMI 사고의 한파가 강렬히 몰아 닥쳐 미국내의 원전발주는 전혀 없는 상태였으며 따라서 CE, 웨스팅하우스, 벡텔, S & L 등 세계적으로 우수한 미국내의 원전 공급업체들은 생존을 위해 적극적인 해외진출 전략을 폈다.

이렇게 미국의 원전시장이 침체기에 접어든 시점이었기에 우리나라는 가장 유리한 조건을 제시한 CE사를 원자로설비, S & L사를 플랜트 종합설계, GE사를 터빈발전기 하도급자로 결정할 수 있었다.

여기서 특기할 사항은 그전까지는 외국업체가 주계약자이었으나 영광 3, 4호기 건설사업에서는 국내업체를 주계약자로, 외국업체는 하도급자로 역

할을 변경하여 사업체제를 국내주도형 건설방식으로 획기적으로 개편하였다는 점이다.

영광 3, 4호기 건설사업은 '87년 4월 주계약 체결후에도 의혹의 시비가 계속되는 가운데에도 각종 설계 검증 및 설비의 안전성 확인 과정을 통과하고, 차질없이 계획대로 진행되어 마침내 '94년 9월 영광 3호기의 원자로에 연료를 집어넣고 다음달인 10월 30일에는 최초로 전기를 생산하기 시작했다.

영광 3, 4호기 사업을 통해 국내 전문업체들이 축적한 기술 및 건설경험은 실로 막대하여 이를 바탕으로 미국전력연구소(EPRI)의 새로운 선진 설계요건을 반영하고 본격적인 한국 표준형 경수로 발전소인 울진 3, 4호기 설계가 개발된 것이다.

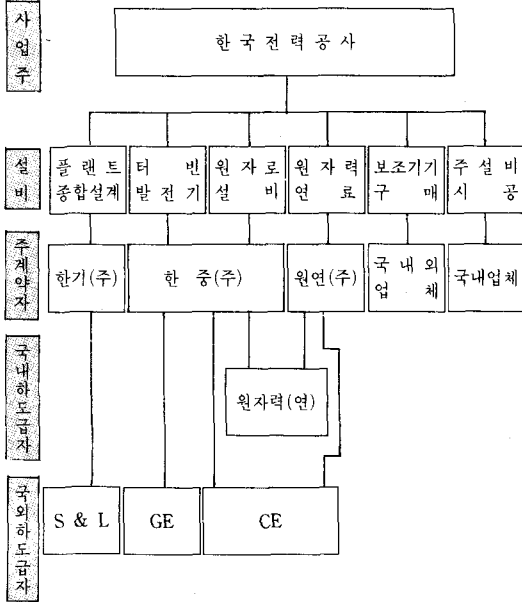
#### 나. 사업체제

영광 3, 4호기 사업에서는 한전의 총괄관리 아래 국내 업체들이 전문분야별로 업무를 분담하여 수행하고 기술축적을 위해 노력함으로써 원전기술자립을 촉진하였으며, 동일한 사업체제를 이용한 울진 3, 4호기 개발과 후속기 반복 건설 사업을 추진하여 참여사들이 동일 업무를 반복 수행토록 함으로써 사업의 경제성 및 기술성 향상을 추구하고 있다(표 1 참조).

- 한전 : 종합사업관리(공정, 공사비, 자재구매, 품질, 시공관리 등)
- 한국전력기술(주) : 플랜트 종합설계
- 한국중공업 : 주기기 제작(원자로 설비 및 터빈발전기)
- 원자력연구소 : 원자로 계통설계
- 원전연료 : 연료제조

#### 다. 설계특성

- 한국표준형 경수로발전소는 최신 안전규제요건과 기술을 적용하여 현재 미국에서 가동중인 어떤 등급의 발전소보다 안전성이 우수하다.
- 중대 사고시 원자로가 녹을 확률이 참조 발전소인 미국 팔로버디 발전소의 1/10 수준에 불과



- 발전소 외부 정전사고 발생시도 발전소가 안전하게 정지 가능토록 별도의 비상 디젤발전기 보유
- 가압기 용량을 크게 하여 가동중에 운전원의 대처능력을 향상시키고 안전감압계통 추가
- 각종 안전설비를 다중화하고 물리적으로 격리시켜 배치하여 화재나 안전사고로 한쪽 설비가 고

장나더라도 다른쪽 설비는 안전하게 기능을 발휘하도록 설계되었다.

- 염분을 함유한 해수취급설비들은 최대한 바닷가에 인접하게 배치하여 설비의 유지보수가 용이하게 하였다.
- 영광 3, 4호기 사업을 통해 얻은 경험과 외국의 새로운 기술을 접목시켜 올진 3, 4호기에서는 약 230건에 달하는 항목을 설계개선하였는 바, 그중 주요사항은 표 2와 같다.

### 라. 원전 기술수준

- 종합사업관리분야는 수십년간의 축적된 발전소 건설 및 운영 경험과 기술능력을 바탕으로 한전이 독자적으로 총괄관리할 수 있는 체제를 구축하였다. 특히 공정, 자재관리, 공사비관리 등에 대해서는 전산에 의한 건설관리 체제를 완비하고 효율적인 건설관리를 수행하고 있다.
- 플랜트 종합설계, 원자로계통설계 및 핵연료설계 등은 거의 대부분을 국내업체가 자체기술로 수행할 수 있다. 다만 신기술적용, 안전설비의 사고해석, 피로해석 및 설계상 특수문제 발생시 해결 등은 아직 외국자문을 필요로 한다.
- 원자로설비, 터빈발전기 등 발전소 기자재의 약 80% 이상이 국내에서 생산가능하다. 또한 핵연

〈표 2〉 한국표준형 주요 설계 개선사항

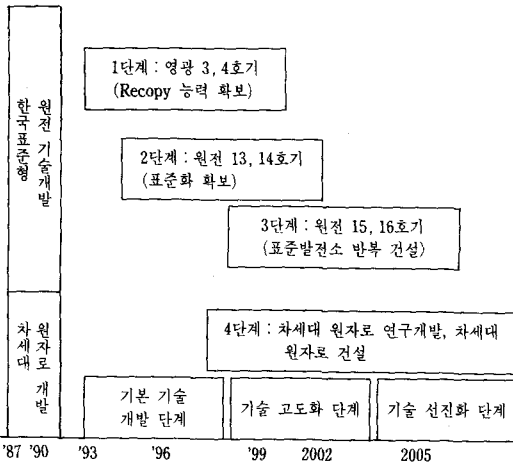
항 목	참조발전소(영광 #3,4)	한국표준형(울진 #3,4)
○ 정냉각계통 성능향상	○ 설계압력(입구/출구) : 485/750 Psig	○ 설계압력(입구/출구) : 900/900 Psig
○ 노심감시기능강화	○ 격납건물 살수계통과 열교환기를 공용	○ 격납건물 살수계통 전담 열교환기 설치
○ 파단전 누설개념의 적용 확대	○ 주냉각재 배관, 일부지관 및 가압기 Surge Line에만 적용	○ COLSS의 일부 알고리즘 개선
○ 화학 및 체적제어 계통 성능향상	○ 왕복동 충전펌프 3대 설치	○ 주중기배관을 제외한 10인치 이상의 배관에 적용
○ 터빈제어계통개선	○ DEHC(DCM)	○ 왕복동 충전펌프 4대 설치
○ 발전설비 건물 및 기기 배치 개선	○ 남북으로 길게 출입통제 건물 배치	○ DEHC(Mark-V)
○ 작업자 피폭저감	○ 350 MAN-REM/Yr	○ 터빈건물에 평행하게 기본 배치변경
○ 주제어실 개량	○ Conventional	○ 비안전 등급 가스 터빈발전기 건물 신축
○ 제어계통 개량	○ 원격 신호 다중화방식 미적용	○ 100 MAN-REM/Yr
○ 격납건물 안전기능 개량	○ Microprocessor의 부분 적용	○ 개량 주제어실 설계
○ 주제어실 공기조화계통 성능향상	○ 격납건물 냉각팬은 안전/비안전기능 공유	○ 비안전급계통에 원격신호 다중화 방식 적용
	○ 사고시 격납용기 누설률 0.1% 적용	○ 2차 계통에 완전 적용
		○ 격납건물 살수계통만으로 안전기능 담당
		○ 사고시 격납용기 누설률 0.2% 적용

료는 원자재를 제외하고는 전부 국내에서 제조할 수 있다. 앞으로 WTO 체제출범에 따라 국내조달 시장이 개방될 경우에 대비하여 가격경쟁력을 제고하기 위해서는 적극적인 기술개발투자를 통해 산업기술 수준을 향상시켜야 되리라고 판단된다.

### 마. 원전기술 개발전략

- 1000MW급 경수로인 한국표준형 경수로발전소를 주종으로 하고 700MW급 중수로 발전소를 보완 노형으로 계속 건설하되 단계별로 설계개발 및 기술개발을 통해 원전기술을 선진화하고 해외수출을 적극 추진한다(표 3 참조).
- 1단계 : 기본기술자립
  - 영광 3, 4호기 사업을 통해 발전소 복제 건설 능력 확보
- 2단계 : 표준 경수로형 발전소 설계 개발
  - 울진 3, 4호기 사업을 통해 표준설계 확보 및 건설기술자립
- 3단계 : 표준 경수로형 발전소 건설기술 고도화
  - 울진 3, 4호기를 포함, 최소한 6기를 반복건설함으로써 경제성을 제고하고 신기술 개발능력을 확보하여 기술선진화 및 해외수출을 적극 추진

〈표 3〉 원자력발전소 기술 개발전략



### ○ 4단계 : 차세대 원전건설

- 한국표준형 경수로발전소 건설경험을 바탕으로 선진 원전기술을 완전 소화하고 독자적인 차세대 노형을 개발, 차세대 원전을 건설함.

## 4. 왜 한국형을 제공하는 것이 좋은가?

### 가. 사업관리 및 인력운영 측면

- 건설, 운영 및 품질관리 등을 위해서는 약 1000여종의 절차서가 필요한 바, 한글 절차서를 그대로 사용할 수 있으므로 효율적인 사업관리가 가능하다.
- 원전건설에는 약 2,000명 이상의 기술인력이 소요되는 바 한국표준형 경수로발전소를 한국 주도로 건설할 경우에는 북한과 한국 기술자간의 의사소통이 원활한 반면 외국주도로 건설을 추진할 경우에는 의사소통상 많은 문제점이 예상된다.

### 나. 설계, 엔지니어링 측면

- 방대한 설계자료, 도면, 시방서들을 대부분 복제 활용함으로써 설계비가 절감될 수 있다.  
설계자료 : 약 300만매  
도면 : 약 20,000매  
시방서 : 약 260종
- 발전소 안전성 해석 및 설계를 위한 각종 전산 프로그램 및 안전성 입증자료의 대부분을 활용할 수 있다.

### 다. 기자재 공급측면

- 기자재 국산화율은 약 75%로서 대부분의 기자재를 국내업체가 제작공급하므로 미국 등 외국업체가 조달할 경우에 비해 수송기간의 대폭 단축 및 기자재 적기조달이 가능하다.
- 발전소는 수백만개의 부품으로 구성되어 주요부품 하나만 고장나도 가동이 곤란하나, 한국형을

건설하면 남한에 건설중인 6기의 한국표준형 발전소와 예비부품을 상호 교환사용할 수 있어 발전소 이용률을 향상시킬 수 있다.

### 라. 시공 및 시운전 측면

- 건설공정에 따른 시공기술 인력의 탄력적인 이동 및 현장 건설장비 및 특수공구 등의 신속조달이 가능하다.
- 숙달된 우리 시운전 경험 인력(2기당 약 300명 소요)이 시운전을 전담 수행하며, 시운전과 병행하여 북한 인력을 훈련시킴으로써 향후 북한측으로의 발전소 인계를 원활히 할 수 있다.

### 마. 운영 및 보수측면

- 한글 사용으로 운전원에 대한 교육이 쉽고, 남한의 각종 교육시설 및 훈련용 모의제어반을 이용한 비상 사태에 대한 대응 훈련 등 운전원 양성도 용이하다.
- 우리의 우수한 운영, 보수기술을 전수함으로써 발전소 신뢰도를 확보하고 이용률을 향상시킬 수 있다.
  - 우리 원전의 이용률은 87.2%('93년 기준)로 세계평균 69.4%보다 월등히 우수
  - 노심 관리, 비상대응절차, 가동중 검사기술 등 고난도 기술보유
- 각종 기기고장 및 사고 발생시 우리 전문인력 및 보수장비를 신속히 투입하여 효율적으로 유지보수를 지원할 수 있다.

### 바. 안전성 측면

- 한국표준형은 ABB-CE의 System 80를 참조하여 개발한 노형으로써 System 80는 미국 Palo-Verde 원전에서 22년간(Reactor-Year) 가동되며 기술성 및 안전성이 실증된 노형이다. 우리는 이 기술을 기본으로 영광 3, 4호기 설계를 개발한 바, 영광 3호기는 다년간의 철저한 안전성 검증과정을 통과하고 정부의 운영허가를 받았으며, 마침내 '94년 9월 연료장전을 한뒤 현재 전

기를 생산하고 있으므로 한국과 미국에서 안전성이 입증된 발전소라 할 수 있다.

### 사. 경제성 측면

- 한국표준형 원전의 반복 건설로 외국에 비해 건설비 절감이 가능하다.

건설단가: \$/kWe

한국(울진 #3,4)	독 일	일 본	미 국
2,000	3,000	3,200	2,500~4,000

## 5. 맺음말

'94년 10월 북·미 합의로 남북간 긴장완화 및 상호 협력의 제일 큰 걸림돌이었던 북한 핵문제가 일단 해결됨에 따라 북한에 2,000MW 상당의 원전 2기를 건설해주는 것이 남북간의 첫 대규모 협력사업으로 부상했다.

앞으로 남, 북간 상호 신뢰감을 조성하고 서로 협력하여 원전사업을 성공적으로 추진하는 것이 향후 남북경협을 확대할 수 있는 중요한 계기가 될 것이다.

또한 이왕 발전소를 건설해 줄 바에야 타국형을 제공하는 것보다 같은 민족으로서 같은 언어를 쓰고 같은 문화의 뿌리를 갖고 있는 우리 한국에서 개발한 한국표준형을 제공하는 것이 향후 통일에 대비해서도 최선의 선택이라 판단된다.

더욱이 우리가 상당한 자금을 부담해야 할 뿐더러 우리 원전수준이 상당한 수준에 이르러 우리가 주도적 역할을 할 수 있는데도 굳이 타국에 의존할 필요는 없으며 북한측 입장으로도 타국형에 비해 기술적으로나 경제적 측면에서 유리한 한국형을 거부할 명분이 없을 것이다.

다만 한가지 짚고 넘어가야 할 점은 북한의 전력계통은 매우 취약하여 2000년경에야 발전설비용량이 1100만kW에 달할 전망이다 바 대용량 발전소인 한국표준형이 제대로 북한전력수급 안정에 기여하기 위해서는 북한 전력계통을 개선하고 남북한 전력계통 연계도 적극 추진해야 할 것이다.