

한국 표준형 원전의 실체를 밝힌다

(자료 : 이달의 원자력발전, '95.5, 6)

북한의 핵무기 개발 위협으로부터 조성된 국제적인 긴장은 한국 표준형 원전으로 그 실마리를 찾아가고 있다. 어느날 갑자기 스포트라이트를 받으면서 세계뉴스의 전면에 부상한 한국 표준형 원전. 그러나 대부분의 사람들은 그 개념, 특성과 차이점을 잘 알지 못하고 있는 것이 현실이다. 독자 여러분의 궁금증을 풀어드리기 위하여 한국 표준형 원전의 실상을 2회에 걸쳐 소개한다.

-편집자·주-

한반도에서 마주친 원자력의 두 얼굴

작년 여름 북한의 핵무기 개발 의혹으로 시작된 국제적인 긴장이 최고조에 달하여 전쟁의 공포에 시달릴 때 일부에서는 우리는 이제까지 무엇을 해 왔는다는 비판이 있었다. 북한이 영변에 대규모의 핵시설을 만들어 소위 핵카드로 강대국을 좌지우지할 때까지 우리는 원자력으로 무엇을 해 왔는다는 반문인 셈이다.

여기서 우리는 원자력이 전쟁과 평화, 파괴와 번영이라는 상반된 두 얼굴을 가졌다는 것을 새삼 인식하게 되며 불행하게도 전 세계인들이 주시하는 가운데 한반도에서 이 두 얼굴이 마주치게 된

아이러니를 보게 된다.

북한이 원자력으로 핵무기 개발에 진력한 반면 우리나라는 일찍부터 원자력의 평화적 이용에 많은 관심을 기울여 왔다. 아이젠하워 당시 미국 대통령이 1953년 12월 유엔총회에서 원자력의 평화적 이용을 제안한지 불과 3년후인 1956년에 문교부에는 원자력의 연구, 개발과 이용을 위한 원자력과가 신설되었으며 1958년에는 원자력법을 제정하여 원자력원을 발족시켰고 1962년에는 연구용 원자로인 트리가 마크 II를 도입하여 인력양성과 기술을 축적하여 왔다.

우리 손으로 원전을 건설하겠다는 기술 자립의 야망

이를 발판으로 우리나라는 원전을 건설하기 위한 준비에 착수하여 1970년 원전 건설에 착수하였으며 1978년 4월 28일 고리원자력 1호기를 준공하여 세계 21번째로 원자력발전시대를 열었다. 경험과 기술 그리고 재원 등 어느것 하나

갖고 있지 못한 상태에서 시작한 초기 우리의 원전사업은 외국의 주계약자가 착공부터 시공까지 모든 책임을 지는 일괄발주방식(Turn-Key)이었다. 이와 같은 방식으로 건설된 고리 1, 2호기와 월성 1호기는 우리의 참여분야가 부지조성, 토건

자재 공급, 단순 노무인력 공급에 국한되는데 불과하였다. 80년대에 들어오면서 한전은 그동안의 건설 경험을 바탕으로 한전이 사업을 주도하고 설계, 기자재 공급, 시공 등 분야별로 전문업체에 맡기는 방식인 분할발주방식(Non-Turnkey)으로 변경하였으며 국내기업은 하도급형태로 참여하게 하여 기술과 경험을 축적하도록 하였다. 이때 건설된 원전이 고리 3, 4호기, 영광 1, 2호기, 울진 1, 2호기 등 6기의 원전들이다.

9기에 이르는 원전건설에 자신을 얻은 한전은 1984년 7월 원전건설 자립을 위한 계획을 수립하고 “95 IN '95”, 즉 1995년까지 건설기술 자립률 95% 확보를 목표로 정하고 영광 3, 4호기를 그 모델로 선정하였다.

영광 3, 4호기를 원전 건설기술 자립의 모델로 정한 한전은 주계약자를 국내업체로 하고 외국업

체는 일부 분야에 한정하여 하도급으로 참여시키는 국내 주도형으로 전환하였으며 본 계약과는 별도로 기술도입계약을 체결하여 기술자립을 위한 준비를 하여 왔다. 영광원자력 3, 4호기의 기술도입선은 원자로 설계·제작기술은 컨버스천 엔지니어링사, 터빈과 발전기 설계·제작기술은 제너럴 일렉트릭사, 플랜트 종합설계기술은 서전트 엔지니어링사로 당시로서는 최신의 기술을 유리한 조건으로 도입하기로 하였다.

이와 같은 기술자립은 한전이 종합관리를, 한국전력기술(주)가 프랜트종합설계를, 한국중공업(주)가 원자로 및 터빈·발전기 설계·제작을, 한국원자력연구소가 원자로 계통 및 원전연료 설계를, 한국원전연료(주)가 원전연료 분야에서 그리고 국내 시공업체는 시공분야에서 각각 역할을 분담하도록 추진하였다.

한국 표준형 원전의 모델 “영광 3호기” 성공적인 상업운전

한 전이 기술자립과 병행하여 추진하여 온 또 하나의 과제는 원전 표준화사업이었다. 계속적인 원전 건설이 불가피한 현실에서 우리 실정에 맞는 고유모델의 설계가 필요하였으며 설계, 건설기간의 단축과 기자재의 질을 높여 보다 경제적이고 품질좋은 원전 건설이 가능하다는 점과 운영면에서도 유리하다는 점이 표준화 추진의 주된 이유가 되었다.

지난 3월 31일 영광 3호기가 상업운전을 성공적으로 시작하였다. 언론이나 일반 국민들에게는 별로 알려지지 않았지만 기술자립과 표준화의 모

델이 된 영광 3호기의 상업운전은 우리나라 원전사에 역사적인 전환점이라고 할 수 있다.

영광 3호기는 국내업체가 최초로 주계약자로 참여하여 건설 전반에 대한 책임을 지고 건설된 원전이며, 10여년전에 야망을 가지고 추진한 원전 건설기술 자립 95% 달성의 상징으로서 우리 손으로 원전을 건설한 수 있다는 것을 전세계에 선언한 것으로 평가할 수 있기 때문이다. 무엇보다도 영광 3호기는 한국 표준형 원전의 모델로 알려져 있어서 세계 원전사업자들로부터 많은 관심을 끌어 왔던 터였다.

우리 실정에 맞는 최신키종 “한국 표준형 원전”

한 국 표준형 원전이란 미국 팔로버디 원자력 발전소의 System-80을 참조모델로 한 영광

3, 4호기에 그동안 축적된 선진기술과 운영 경험 그리고 자체 개발한 최신 기술을 반영하여 우리

실결과 여건에 맞도록 설비를 개량시킨 100만kW 급 경수로발전소를 말한다.

한국 표준형 원전은 기기와 계통을 단순화하고 설계 여유도를 높여 안전성과 경제성을 높이고 입증된 기술을 적용하면서 원전사고에서 드러난 문제점을 설계에 반영시켰다. 이와 함께 안전성관련

*** 한국 표준형 원전의 설계 개념**

기기/계통의 단순화
 기능적 검토를 통한 기기 수를 감소하고 계통간 간섭과 의존도를 최소화

설계 여유도의 부여
 비상시 조치를 위한 시간을 제공하고 기기와 계통의 안전을 위한 여유도 확보

시공성 향상
 개량기법을 활용하고 전 건설조직이 전체적인 공정 확인 가능

안전성 향상
 추가 설계 여유 및 계통설계로 사고를 예방하고 방사선 쏙임 최소화

입증기술의 적용
 기존 원전 및 산업에서 충분히 입증된 개량기술을 적용

계통을 분리시키고 주제어반을 인간공학을 고려한 설계로 편의성을 추구하는 한편 안전감압계통(Safety Depressurization System)설치, 증기발생기 설계를 개선하는 등 신기술을 반영하였다. 이와 같이 한국 표준형 원전은 기본 모델이 된 미국의 팔로버디 원전 설계를 100가지 이상 개량하여 한국 고유의 원전을 탄생시킨 것이다.

따라서 한국 표준형 원전은 100만kW급 원전으로 전 세계적으로 최선의 기종으로서 안전성과 경제성이 가장 뛰어난 원전으로 평가받고 있다.

*** 설계 특성(System-80과 주요한 설계 차이)**

- 드리마일 원전사고 취약점 보강
- 안전성관련 계통의 지역적 분리 배치
- 공기조화계통 소형 경량화
- 본관건물내 해수유입 배제
- 해수 특성을 고려한 냉각수계통설계
- 인간공학을 고려한 주제어반 설계
- 표준화 영역 및 운전, 보수경험의 반영
- 설계모델 사용으로 최적 설계유도
- 신기술 반영
 - 안전감압계통 설치, 증기발생기 설계 개선, 원자로 용기 재질 일부교체
 - 음향누설 감시계통 등 I & C 분야 신기술 반영

자랑스럽게 내세울 수 있는 “한국표준형 원전”

한 국표준형 원전의 수용여부를 놓고 미·북한 간 협상이 진행되고 있을 때 북한언론들은 일제히 한국표준형 원전이 실체가 없는 것으로 미국에서 들여온 원전을 짜깁기하여 만들어 놓은 것에 불과하다는 주장을 하였다. 뿐만 아니라 국내외 일부 반원전인사들도 이같은 주장에 동조하는 듯한 발언을 하기도 했다. 어찌보면 상당한 설득

력이 있는 것 같은 이 말은 우리나라 원전기술 수준이나 한국표준형 원전의 실상을 잘 알지 못하는 데서 오는 오해에서 비롯된 것이다. 물론 원전의 기본기술 뿐만 아니라 경수로형 원전도 미국이 개발하여 보급한 것은 사실이다. 그러나 다른 원자로형보다 경제성과 안전성이 뛰어나서 세계 상업용 원전의 80% 가량을 점유하고 있는 경수로형

원전은 독일, 프랑스, 일본 등 선진국들도 우리와 같이 미국에서 기술을 도입, 이를 자체적으로 개량하여 각 국가 고유의 모델을 개발하는 과정을 밟았다.

그렇다고 이들 국가에서 현재 건설, 운영중에 있는 이 원자로형을 미국형이라고 부르지는 않는다. 독일형, 프랑스형, 일본형 등으로 알려져 있는 것이다. 예를 들어 자동차 제작기술을 미국에서 도입하였다고 하여 자기나라에서 설계, 제작, 조립한 자동차를 미국형 제품이라고 하지 않는 것과 같다.

우리가 울진에 건설중인 울진 3, 4호기가 한국 표준형 원전이라고 할 수 있는 뚜렷한 이유는 다음 몇가지로 요약할 수 있다.

첫째, 우리의 기술로 건설한다는 것이다. 한국

표준형 원전은 미국의 기본모델에 우리나라의 기후, 해양 및 지질의 특성, 한국인의 체형, 운전 편의성 등 무려 100여가지 이상의 설계 개선 사항을 반영한 신제품으로 설계, 제작, 시공 등 전반적인 건설과정에서 우리의 기술자립도가 95%에 달하여 사실상 우리 기술로 건설하게 된다.

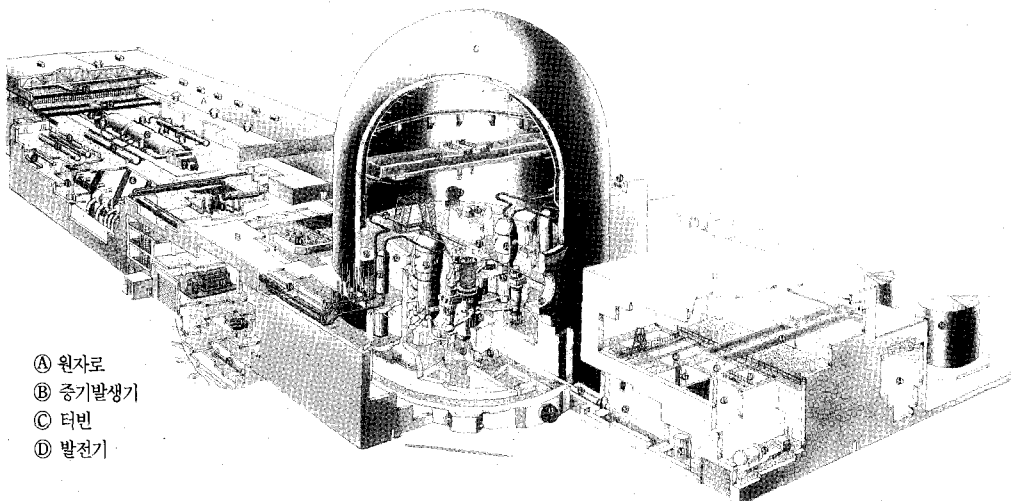
둘째, 우리의 책임아래 건설된다는 것이다. 한국표준형 원전은 성능이나 안전성 측면에서 모든 책임과 보증을 국내회사가 지고 설계, 제작 및 시공 등을 우리 기술진이 직접 수행하고 있다.

셋째, 기술의 소유권이 우리에게 있다는 점이다. 한국표준형 원전을 건설하는 모든 기술은 한국이 소유권을 갖고 있다. 따라서 한국표준형 원전을 독자적으로 외부에 수출할 수도 있고, 그 경우 로열티도 우리나라의 소유가 된다.

안전도 100% 수준, 경제성도 높아

한 국표준형 원전이 다른 나라의 원전보다 우수하다는 것은 가장 최선의 기술로 설계, 건설되기 때문이다. 모든 첨단 기술의 집합체라고 할 수 있는 원전은 끊임없는 기술의 진보에 따라

계속 안전성과 경제성이 향상되어 왔다. 따라서 최선의 선진 기술과 축적된 운전경험 그리고 우리의 특성에 맞도록 개량시킨 한국표준형 원전이 다른 어느 원전보다도 뛰어난 것은 당연하며, 이는



- ① 원자로
- ② 증기발생기
- ③ 터빈
- ④ 발전기

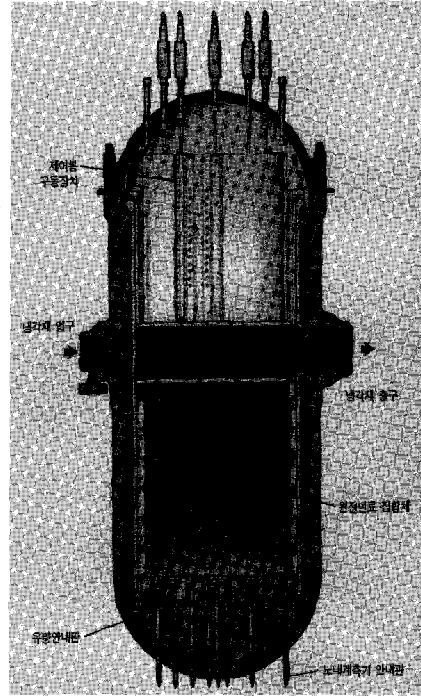
한국표준형 원자력 발전소

참조 모델로 알려진 영광 3호기가 상업운전에 돌입하여 전력 생산에 성공함으로써 확인되고 있다.

안전성이 향상된 부분을 살펴보면 사고 발생시 원자로 잔열을 제거하고 압력을 서서히 낮추는 첨단설비인 안전감압설비(SDS)를 세계 최초로 채택하여 안전도를 기존원전에 비해 10배 이상 높였으며 냉각수 유량 및 압력을 조절하는 증전펌프를 기존의 3대에서 4대로 늘리고 격납용기 전용 열교환기 2대를 추가 설치하는 한편 10인치 이상의 모든 배관에 예지기능(배관이 파열되는 사고의 경우 사전에 증기 등이 누설돼 대형사고를 사전 예방하는 기능)을 도입하는 등 신뢰도 향상을 위해 79항목을 설계에 반영했다.

또한 격납용기내 공동조(空洞槽)를 확장하는 등 국제적으로 새롭게 제시된 43개 규제사항도 채택하고 있다. 이와 함께 중요설계는 반드시 실증시험으로 확인하였고, 미국 공인기관인 아이다호 국립연구소의 특별보고서도 안전성을 확인함으

로써 국제적으로 안전성을 평가받았다. 경제성 측면에서도 건설비용이 kW당 2천달러 수준으로 원



원자로 모형

<표 1> 주요 설계내용 비교

설 계 항 목	System 80	한국표준형 원전
○발전기 출력(만 kW)	130	100
○설계 수명(년)	40	40
○중사가 방사선 쏘임(MR/년)	350 이하	190 이하
○연료 교체주기(개월)	12	12~24
○노심 손상 확률(년)	$\frac{8}{100,000}$	$\frac{4}{100,000}$
○안전감압계통	미적용	적용
○비상 발전기(대)	2	3
○중대사고 요건	미적용	부분적용
○원자로 용기 제작	원통 shell용립	단조제작
○증기 발생기 튜브 plugging 여유(%)	2	8
○증기 Dry time(분)	20	30
○계통 제어방식	아날로그	아날로그+디지털
○노심감시	SPDS	CFMS
○격납 건물 Free Volume(10(3)m ³)	76.5	77.3

원 표준화의 대표적 국가인 프랑스와 비슷하며 독일이나 일본원전의 3천달러보다 훨씬 적게 든다. 공사기간 역시 복제건설과 표준화 개념에 따른 건

설방식으로 외국기술에 의한 경우보다 건설기간이 5~10개월 정도 짧게 소요되어 경제성을 갖추고 있다.

원전 수출의 길을 열게 될 한국표준형 원전

원전은 건설에 10년, 설계수명이 40년에 이르러 건설, 운영에 장기간이 소요되는 사업으로써, 북한에 한국표준형 원전이 건설될 경우 남북한 교류, 협력의 상징적인 사업이 될 것으로 보인다.

한국표준형 원전이 북한에 건설될 경우 그 이점을 살펴보면 한국표준형 원전이 지난 안전성과 경제성 이외에도 건설, 운영과정에서 큰 장점이 있다.

첫째, 복제건설로 건설비용이 절감되고 건설기간이 단축된다는 점이다. 울진원전의 예상 건설비 3조3천4백억원의 약 40%를 차지하는 설계비, 건설이자, 기타 간접비중 상당액이 절감될 수 있으며, 무엇보다 준공시기가 빨라져 전력난으로 고통받고 있는 북한경제에 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

둘째, 운영비 절감 등 운영의 효율화를 기할 있다는 점이다. 원전운영에 필수적인 각종 절차서, 설계서, 도면 등이 한글로 표기되어 업무수행이 용이함은 물론 각종 기자재 및 부품의 상호 교환

이 가능하고 울진원전에 설치되어 있는 모의제어반을 활용하여 운전요원의 교육훈련을 시킬 수 있어 운영비가 크게 절감되는 한편 우리의 오랜 운영기술과 경험을 이전 받음으로써 운전운영의 효율화를 기할 수 있다.

한국표준형 원전은 원전건설이 활기를 띠고 있는 동남아시아에 가장 적합한 원전으로 인기있는 수출 모델이 될 것이다. 현재 동남아시아는 경제개발이 급속하게 이루어지고 있어 가장 전망좋은 원전시장이 되고 있다. 한국표준형 원전은 동양인의 체형에 맞고 용량도 100만kW급으로 동남아시아에 적합하며 지리적이거나 문화적으로도 가까워 여러 면에서 호조건을 갖추고 있다. 미국의 유수한 ABB-CE사나 중수로 분야에서 독보적인 기술을 가지고 있는 캐나다 원자력공사가 한전과 해외 동반진출 협정을 맺은 것이 이를 반증하고 있다. 한국표준형 원전이 세계 원전시장에서 각광받게 될 날도 멀지 않았다.

