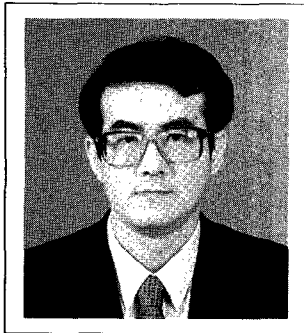


# 차세대원전 기술개발사업 추진현황과 계획

나 기 록

통상산업부 원자력발전과 사무관



정부는 제4차 선도기술개발협의회에서 한국표준형 원전의 후속모델인 차세대원전 기술개발 2단계사업을 G7사업으로 계속 추진키로 최종 확정하였다. 94년까지의 1단계 연구사업에 대하여 주관부처인 통상산업부의 자체평가와 원자력이용개발전문위원회, 원자력안전전문위원회 및 과학기술처 G7 종합평가기획단의 심의를 거쳐 차세대원전 기술개발 2단계사업을 G7사업으로 계속 추진키로 확정된 것이다. 현재 2단계사업인 기본설계를 개발중인 우리나라의 차세대원전 기술개발사업의 추진현황과 향후 추진방향을 알아본다.

**우** 리 인류가 원자력을 평화적으로 이용하기 시작한지 40여년이 지난 오늘날, 원자력은 세계 총전력의 17% 이상을 공급함으로써 에너지 수급안정에 크게 기여하고 있다.

세계 원자력산업은 70년대 1·2차 석유위기에 따른 호황기 이후, 세계 경제의 침체에 따른 전력수요 증가세의 둔화와 TMI(79)·체르노빌(86) 원전사고의 영향으로 최근에는 한

국·일본·프랑스 등 몇몇 국가를 제외하고는 침체국면인 실정이다.

그러나 향후 에너지 수급전망과 점증하는 지구환경문제 등을 고려할 때 앞으로 원자력의 확대이용이 불가피해짐에 따라 21세기에는 원전산업이 다시 활발해질 것으로 예상하고 있다.

## 해외 기술개발 동향

미국·일본·유럽 등 선진 각국에

서는, 확대이용이 불가피한 원자력이 미래의 변화된 사회환경속에서도 계속 안정된 에너지 공급원으로서의 역할을 다할 수 있도록 하기 위하여는 원전 안전규제체도의 합리화와 원전의 안전성 및 경제성 개선 등을 통한 원전사업자의 투자유치가 중요하다고 보고, 기존 원전에 비하여 안전성과 경제성이 대폭 개선된 각국 고유의 신형원전 개발을 추진하고 있다.

해외 신형원전의 개발형태는 기존

경수로의 경험 위에 입증된 신기술을 적용시켜 점진적으로 개량하는 개량형원전(Evolutionary Type)과 증력이나 대류현상 등과 같은 자연의 힘을 이용하여 비상사태에 대응할 수 있는 피동형 안전개념을 도입한 피동형원전(Passive Type)이 있다.

개량형원전은 미국의 ABB-CE사가 개발중인 Sys. 80+이 대표적이며, 그밖에 일본의 APWR(WH사와 합작), 프랑스·독일이 공동개발중인 EPR 등이 있으며, 피동형원전은 미국 WH사에서 개발중인 AP-600 및 GE사의 SBWR 등이 있다(표 1).

### 국내 기술개발 추진배경

부존자원이 부족한 우리나라에서 원자력발전은 70년대 이후 탈석유 전 원정책의 중추적 역할을 수행하면서 깨끗하고 값싼 전력을 안정적으로 공급하여 국가 경제발전에 크게 기여하였다.

그간 국내원전은 대형사고나 방사능누출사고 없이 저렴한 발전원가를 유지하는 등 세계적으로도 우수한 운영실적을 보이고 있다.

국내 원전기술도 정부의 국산화정책, 기술자립 및 표준화정책과 원전 관련 산업체와 연구기관의 꾸준한 기술개발로 거의 자립수준에 도달하였다.

특히 금년 3월에는 한국표준형 원전의 기본모델인 영광 3호기가 성공적으로 상업운전을 개시하여 이제 우

〈표 1〉 해외의 신형원자로 개발현황

원자로명	출력(MWe)	형 식	개발기관	설계수준 (인허가 현황)
AP-600	600	피동형	WH(미)	기본설계 완료 (97. 1 FDA 예정)
SPWR	1,000 1,300	피동형	WH(미) MHI(일) EDF(프)	타당성 조사중
APWR	1,300	개량형	WH(미) MHI(일)	기본설계 완료 (91. 5 PDA 획득)
System 80+	1,350	개량형	ABB-CE(미)	기본설계 완료 (94. 7 FDA 획득)
N4	1,470	개량형	Framatome (프)	건설중(2기)
EPR	1,450	개량형	Framatome(프) Siemens(독)	기본설계 착수

리나라도 우리의 기술에 의한 우리의 원전을 보유할 수 있게 되었다.

또한 그간의 원전건설 및 운영경험과 자립된 기술을 바탕으로 하여 대북 경수로 지원사업과 중국 등 아시아 지역의 원전시장 진출을 추진하는 등 우리나라의 원전사업은 세계적으로도 괄목할 만한 진전을 보이고 있다.

우리나라의 전력수요는 꾸준한 경제성장 및 냉방 등 국민의 '삶의 질'에 대한 추구 등으로 21세기 초반까지도 높은 증가세가 지속될 것으로 예상하고 있다.

이렇게 늘어나는 전력수요에 대하여 값싸고 깨끗한 전력을 안정적으로 공급하기 위하여는 원자력의 지속적인 확대이용이 불가피할 것으로 보고 있다.

이는 국내의 화석에너지 및 대체에너지의 한계성과 원자력에너지의 상

대적 우수성에 기인한다고 생각한다.

세계 에너지 수급을 주도하고 있는 화석에너지 자원은 개도국들의 빠른 경제성장으로, 늘어나는 세계 에너지 수요에 대하여 부존량의 유한성, 부존 지역의 편재성 및 생산의 비탄력성 등의 본질적인 한계를 지니고 있다.

또한 지구의 온난화를 방지하기 위하여 92년 UN환경개발회의에서 채택되어 94년 3월에 발효된 「기후변화 협약」에 따라 화석에너지 사용에 대한 규제가 강화될 것이기 때문에, 향후 우리나라의 전력수급을 화석에너지에만 의존하기에는 어려움이 예상된다.

한편 태양열·풍력·조력 등 신재생에너지는 국내의 빈약한 부존현황과 기술개발 진행상황을 고려할 때 당분간 상용화 수준의 대용량 전원으로 이용하기에는 곤란할 것으로 보여

진다.

이에 반하여 원자력은 해외의존도가 낮아 기술자립을 통하여 국산화가능한 준국산에너지이며, 공해물질을 배출하지 않는 깨끗한 에너지로서 점증하는 국제환경규제에 대처할 수 있는 현실적으로 유일한 대체에너지이다.

또한 경제성이 우수하고 관련산업에 미치는 기술과급효과가 커서 우리산업의 국제경쟁력을 제고시킬 수 있는 에너지이다.

그러나 이렇듯 국가적으로 필요한 원전사업의 국내 추진여건은 반드시 낙관적이지만은 않다.

최근 국내외의 잇따른 대형사고에 따른 원자력시설의 안전성에 대한 우려와 지역이기주의의 심화 등으로 국가적으로 필요한 원자력 관련사업의 시설부지 확보에 어려움을 겪고 있으며, 이에 따라 원전의 경제성마저도 우려되고 있는 실정이다.

한편 WTO의 발족에 따라 국내 발전시장의 개방이 불가피하며 경제원리에 따른 경쟁체제 도입이 불가피해짐에 따라, 정부의 지원하에 이제 갖 기술자립하여 절음마 단계에 있는 국내 원전산업의 경쟁력 강화가 시급한 과제로 부상하고 있다.

정부는 이러한 국내외의 원자력 여건을 고려하여, 국가적으로 확대이용이 불가피한 원자력을 미래에도 계속 안정적 에너지공급원으로서 이용하기 위하여는, 기존 원전에 비하여 안전성

과 경제성이 대폭 개선된 차세대원전의 개발이 절대적으로 필요하다고 보고, 차세대원전 설계기술 개발사업을 국가선도기술개발사업(G7사업)으로 확정하여(92. 6 종합과학심의회) 통상산업부 주관하에 기술개발을 추진 중이다.

정부는 차세대원전 개발을 통하여 원전의 경제성과 안전성에 대한 국민의 신뢰를 확보하여 앞으로 국가적으로 확대이용이 불가피한 원전사업을 효율적으로 추진하며, 국내실정에 적합한 원전설계로 선진국의 기술보호장벽에 대처하고, 나아가 우리나라가 선진국과 경쟁할 수 있는 기반조성에 일익을 담당할 것을 기대하고 있다.

## 차세대원전 기술개발사업의 주요내용

### 1. 차세대원전의 개념

차세대원전은 기존 원전에 비하여 안전성 및 경제성이 대폭 개선되어 2000년대의 변화된 사회환경속에서도 타원전에 비하여 충분한 경쟁력을 갖는 원전으로서, 장기전력수급계획상 한국표준형 원전 이후부터 고속중식로 등 미래의 획기적 대체원전 상용화 이전까지 국내에서 주종으로 건설될 원전을 의미한다.

### 2. 기술개발 목표

기존 원전에 비하여 안전성과 경제성이 뛰어난 차세대원전의 표준상세설계를 2001년까지 개발하여, 2007

년 이후 준공예정인 차세대원전 건설에 활용함을 목표로 한다.

### 3. 단계별 기술개발 목표 및 내용

가. 1단계(92~94) : 노형확정 및 개념설계

- ① 노형의 비교·평가를 통해 차세대원전의 원자로형을 확정
- ② 차세대원전의 성능목표인 설계 및 안전기준요건을 확정

나. 2단계(95~98) : 기본설계

- ① 규제기관의 안전성검증을 위해 필요한 수준의 기본설계 개발
- ② 안전규제 상세요건 개발 및 인허가제도 개선

다. 3단계(99~2001) : 표준상세설계 개발

- ① 기기구매 및 건설이 가능한 수준의 표준상세설계 개발
- ② 안전규제심사지침 개발 및 규제 검증기술체계의 구축

### 4. 기술개발 예산

〈표 2〉 참조

### 5. 기술개발 추진체계

가. 통상산업부

차세대원전 기술개발 총괄 및 추진위원회 운영

나. 과학기술처

차세대원전 기술개발 협조 및 인허가 지원

다. 차세대원전기술개발추진위원회

- ① 기술개발기획 심의·조정·자문

및 평가, 유관기관과 협조강화  
 ② 통상산업부 자원정책3심의관을  
 위원장으로 하여 전문가 13인으  
 로 구성

라. 차세대원전기술개발사업단

- ① 한국전력공사 : 사업총괄관리, 설계검토 및 정보관리체계 개발
- ② 한국원자력안전기술원 : 인허가 기술 개발 및 설계 인허가성 검토
- ③ 한국전력기술(주) : 플랜트 종합 설계
- ④ 한국원자력연구소 : 핵증기공급 계통·핵연료 및 노심설계
- ⑤ 한국중공업(주) : 기기설계 및 검토
- ⑥ 학 계 : 핵심기술 개발
- ⑦ 관련산업체 : 기술개발 추진에 따른 필요 분야 산업체

발 노형, 개발방향 및 설계기본요건 등을 확정하였으며, 국내 원전기술능력조사 등 핵심기술 개발과 안전규제 기술 개발을 수행하였다.

1단계 기술개발사업의 과제별 연구 내용과 주요 추진실적은 다음과 같다.

**1. 기술개발 노형 및 방향설정**

차세대원전기술개발사업단은 1단계 사업기간 동안 「피동형원자로」와 「개량형원자로」에 대해 노형평가작업을 수행하여 왔으며, 국내의 기술기반 활용도, 해외기술 개발수준, 안전성, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 국내 차세대원전 개발노형으로 135만 kW급 개량형원전으로 확정하였으며 이에 따른 기술개발의 방향을 설정하였다.

즉 차세대원전의 핵심부분인 원자로계통 설계는 미국 ABB-CE사에서 기존의 설계인 Sys. 80(한국표준형 원전의 원자로계통의 참조설계)을 근간으로, 미국전력기술연구소에서 요구하고 있는 신형원전의 설계기본요건을 반영하여 개발중인 130만kW급 개량형경수로 Sys. 80+를 참조로 하여, 신연료 등 해외 신기술을 적극 반영하여 개발하고, 터빈발전기 및 보조

계통과 플랜트종합설계는 국내에 축적된 경험과 기술을 반영하여 최적설계를 도모하며, 피동형 설계개념 등 설계개선사항을 적극 반영·개발하기로 하였다.

차세대원전의 주요 계통별 설계개발 방향은 다음과 같다.

가. 핵연료 및 노심

현재의 핵연료와 향후 개발예정인 고연소도연료 및 혼합산화연료를 사용할 수 있도록 설계(18~24개월 장주기 운전이 가능한 수준)한다.

나. 원자로계통

- ① 해외에서 개발중인 열출력 4,000MW급 신형원전의 핵증기공급계통 설계를 참조하고 새로운 설계개념을 적용하여 안전성을 보장한다.
  - ② 격납건물내에 재장전수조 설치, 비상냉각수 주입방식의 단순화, 설비의 다중성 강화 등 개량형 설계개념을 적용한다.
  - ③ 촉매식 수소 점화기외 3건의 피동형 설계개념을 적용한다.
  - ④ 2중 콘크리트 격납건물을 설치하여 중대사고 대처능력을 강화한다.
  - ⑤ 격납건물·기기구조물 설계 등은 국내 원전기술을 근간으로 개발한다.
  - ⑥ 설계과정 중 영광 5·6호기 및 울진 5·6호기의 설계개선사항을 검토하여 반영한다.
- 다. 터빈·발전기계통

**기술개발 1단계 주요 추진실적**

92년부터 94년까지의 1단계 사업기간중 총 200억원의 예산(한전 180억원, 정부 20억원)과 총 422인의 연구인력(한전 67인, 한기 97인, 한원연 139인, 안전기술원 65인, 학계 54인)이 투입되어 차세대원전의 기술개발

〈표 2〉 차세대원전 기술개발예산

(단위 : 억원)

구 분	1단계 (92~94)	2단계 (95~98)	3단계 (99~2002)	계 (92~2002)
정 부	22	57	70	149
한 전	195	1,479	557	2,231
계	217	1,536	627	2,380

- ① 특정 Vendor의 기술사양을 사용하지 않고, 일반적인 135만 kW급 터빈·발전기를 수용할 수 있도록 설계·개발한다.
- ② 설계과정 중 영광 5·6호기 및 울진 5·6호기 설계개선사항을 검토하여 반영한다.

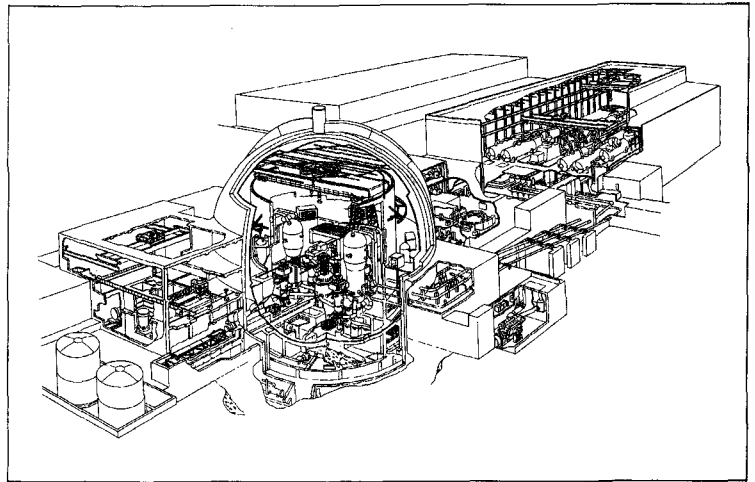
라. 인간-기계 연계계통

컴퓨터를 통한 운전정보 제공과 기기제어가 이뤄지며, 인간공학원리를 적용하여 운전원 1인이 운전가능토록 첨단제어실을 개발하고, 디지털 계측제어기술 등 혁신기술을 반영한다.

2. 설계기본방침 확정

기술개발 노형이 확정됨에 따라 차세대원전 개념설계가 조기착수되었는데, 차세대원전 설계개발을 효율적으로 추진하기 위하여 다음과 같은 설계기본방침을 확정하였다.

- 전기출력 135만kW급 원전 2기 기준 설계
- 포괄 부지 특성치 적용 및 최적화설계 도모
- 설계문서는 영어작성을 원칙(필요시 한글 사용)
- 영미단위계 사용을 원칙(MKS 단위 병행사용)
- 국내 인허가 획득을 원칙(필요시 미국 인허가 획득)
- 규제기관이 요구하는 Code & Standard를 사용
- 설계원칙 : 단순화, 입증기술 사



미국 ABB-CE사가 개발중인 개량형원전 System 80+ 구조도

용, 설계여유 확보

한편 피동형원자로는 전기공급이 중단되거나 펌프 등 기계장치가 고장이 났을 경우에, 중력이나 자연대류현상을 이용하여 비상안전조치를 할 수 있는 신형원자로로 미국 웨스팅하우스사 등에서 개발하고 있다.

그러나 기술개발국의 인허가 일정이 불투명하고 아직까지 실용성 입증에 부족하며, 국내의 축적된 기술활용 측면에서 불리하여 개발노형에서 제외되었다.

이에 따라 피동형원전에 관한 연구개발은 원자력연구개발중장기계획상의 일반 정부주도 과제로 수행중이다.

3. 설계기본요건 확정

차세대원전의 설계 기본요건은 향후 차세대원전이 갖추어야 할 발전소

의 설계 및 성능에 대한 기본적인 토대로서 국내외의 기술수준, 기술개발전망, 그리고 정책적 판단을 고려하여 1단계 과정중 42개 항목의 설계기본요건을 확정하였다.

현재 해외에서 개발중인 신형원전의 기본요건은 미국의 EPRI ERD와 유럽의 EUR을 들 수 있는데, 이번에 설정된 차세대원전의 설계기본요건은 미국 및 유럽의 설계기본요건과 비교할 때 동등한 수준으로 평가되고 있다.

4. 단위과제별 주요 추진실적

가. 노형평가기술

- ① 목 표 : 차세대원전 설계개념 설정에 필요한 핵심기술을 개발
- ② 수행기관 : 신형로센터·한국전력기술(주)·한국원자력연구소
- ③ 주요 연구결과

〈표 3〉 기존원전과 차세대원전 비교

항 목	기존원전(울진 3·4호기)	차세대원전
〈경제성 및 성능관련〉		
발전단가	석탄대비 3% 우위	석탄대비 20% 우위
설비용량	100만kW급	135만kW급
설계수명	40년	60년
건설공기	62개월	48개월
가동률	87%(93년 평균)	90%
불시정지	연간 1~2건	연간 0.8건 미만
부하추종운전능력	없음	일일부하추종능력 보유
핵연료교환주기	12~18개월	18~24개월
계측제어방식	아날로그방식	디지털방식
작업자 피폭선량	연간 1인당 5렘 미만	연간 1인당 2렘 미만
연간 폐기물발생량	3,400드럼(설계기준)	250드럼(설계기준)
〈안전성 관련〉		
노심 손상빈도	1만년에 1회 미만	10만년에 1회 미만
격납건물 손상빈도	10만년에 1회 미만	100만년에 1회 미만
설계기준	설계기준사고	설계기준 + 중대사고
내진설계	0.2g	0.3g
핵비등 여유도	8% 수준	10~15%
운전원 조치시간	10분	30분
전원상실시 대처시간	4시간	8시간
격납건물	단일 격납건물	이중 격납건물
비상노심냉각방식	2Trains 직접주입	4Trains 저온관주입
SG 세라믹소재여유도(재질)	8% 여유도(Inconel 600)	10% 여유도(Inconel 690)

〈표 4〉 최종보고서 목록

- 차세대원전 기본요건
- 해외개발노형 비교
- 해외개발노형 확률론적 안전성 평가
- 해외개발노형 격납용기 성능분석 평가
- 해외개발노형 경제성 분석평가
- 피동형원자로 용량격상 가능성 검토
- 경수로에의 피동안전개념 적용성 검토
- 중대사고
- 설계수명
- 핵안전여유도
- 증기발생기 안전여유도
- 격납용기 설계
- 방사선방호 설계
- 부하추종능력
- 모듈화 설계기법
- 안전설비 비교평가
- 첨단계측제어
- 주제어실
- 디지털 분산제어
- MMIS
- 설계/정보관리 전산프로그램
- 국내 원자력기술능력 조사
- 안전규제기술 개발
- 차세대원전 설계개념
- 차세대원자로 기술개발(Ⅱ) 연구기획
- 차세대원전 예비개념 설계평가
- 정보관리체계 개발

- 차세대원전 개발에 필요한 기술로서 국내 기술능력이 부족한 분야에 대한 기초연구 수행
- 설계기본요건에 대한 평가요소 및 지침개발

나. 차세대원자로 기술개발

- ① 목 표 : 차세대원전 노형결정
- ② 수행기관 : 한국전력공사·한국전력기술(주)·한국원자력연구소
- ③ 주요 연구결과

- 설계기본요건 개발
- 노형 비교평가 및 우수설계인자 도출
- 차세대원전이 갖추어야 할 기본설비(IRWST, 4-Train Safety Injection, DVI, 이중격납용기) 결정
- 차세대원전에 적용 가능한 피동안전개념(2차측 피동응축계통, 축매식 수소점화기, 피동원자로 공동 침수계통 안전주입탱크에 Fluidic De-

vice) 적용 등

다. 차세대원전 설계개발

- ① 목 표 : 차세대원전 설계개념 제시
- ② 수행기관 : 한국전력기술(주)·한국원자력연구소
- ③ 주요 개발결과
  - 차세대원전 계통구성 및 GA 개발
  - 차세대원전 2단계 세부 추진 계획 수립
  - 차세대원전의 설계개념 타당

성 종합평가

라. 안전규제기술 개발

- ① 목 표 : 차세대원전 안전기본  
요건 개발
- ② 수행기관 : 한국원자력안전기술  
원
- ③ 주요 개발결과
  - 안전규제기술요건 체계구축
  - 핵심 안전현안·쟁점 도출
  - 안전기본요건 설정

마. 정보관리체계 개발

- ① 목 표 : 원자력기술개발 지원  
정보 데이터베이스 개발
- ② 수행기관 : 한국전력공사
- ③ 주요 개발결과
  - 원전기술자료 수집 및 전산화
  - CMP(Configuration Management Program) 개발
  - IMS(Information Management System) 개념확립

바. 총 27종의 최종보고서 발간  
(표 4) 참조

**5. 차세대원전 설계개념 예비평가**

차세대원자로기술개발사업단은 1 단계 사업기간 동안 수행된 연구결과를 바탕으로 차세대원전의 안전성과 경제성에 대하여 예비평가를 수행한 바 있다.

가. 안전성

차세대원전은 기존원전 대비 약 10 배 정도 안전성이 향상될 것으로 평가 되었다.

이는 비상노심냉각방식의 개선, 중

(표 5) 차세대원전의 안전성

구 분	영광 3·4호기	CE사 Sys. 80+	차세대원전
노심 손상빈도 (전출력·내부사고) 기준	8.4E-6/R (12만년에 1회)	1.7E-6/R (59만년에 1회) 5배 안전	1.1E-6/R (91만년에 1회) 8배 안전
격납건물 손상빈도 기준	1.65E-6/R (60만년에 1회)	1.8E-7/R (5,6백만년에 1회) 9배 안전	4.7E-8/R (21백만년에 1회) 35배 안전

(표 6) 차세대원전의 경제성

구 분	유연탄화력	기존원전	EPRI URD	차세대원전
설비용량	50만kW 2기	100만kW 2기	120만kW 2기	135만kW 2기
건설단가 (천원/kWe)	1,023	1,567	1,501	1,241
발전원가 (원/kWh)	33.93	32.61	31.50	26.37
질 감 률	기 준	3.89%	7.16%	22.23%

대사고완화요건 적용, 피동안전개념 적용 및 이중격납건물 채택 등에 따른 효과로 분석되었다(표 5).

나. 경제성

경제성은 차세대원전의 발전원가가 기존의 유연탄화력에 비하여 약 20% 정도 저렴할 것으로 평가되었다.

이는 용량격상, 건설공기 단축, 가동률 향상, 설계수명 연장, 표준설계, 설계단순화 등에 따른 효과로 분석되었다(표 6).

미래의 유연탄화력의 경우, 용량의 대형화 및 기술진보에 따른 비용절감 요인도 있으나, 연료비 상승 및 환경규제 강화 등 비용상승요인도 있음을 고려할 때, 차세대원전은 미래의 유연탄화력에 비하여도 경쟁력을 유지할

수 있을 것으로 본다.

**차세대원전의 안전설계특성**

차세대원전의 설계기준요건이 확정됨에 따라 원전의 안전성이 획기적으로 개선될 것으로 예상되는데 그 주요 내용은 다음과 같다.

**1. 사고방지를 위한 안전설계특성**

차세대원전의 설계상 주된 목표는 하나의 초기 사건이 심각한 사고를 초래할 확률이 무시할 수 있을 정도로 안전하게 설계하는 것이다.

발전소 과도상태를 제한하고 사고를 방지할 목적으로 다음의 주요특성 등을 반영하였다.

가. 가압기 용량증대

원자로 단위출력당 가압기 용적을 증대시켜 과도상태에 대해 그 심각성을 완화시킴과 동시에, 운전원으로 하여금 충분한 여유시간을 확보하게 된다.

나. 증기발생기 용량증대

증기발생기 내부 2차측 급수용량을 증대시켜 과도상태에 대해 그 심각성을 완화시킴과 동시에, 급수상실사고 까지의 시간을 증가시켜 운전원에게 충분한 조치시간을 갖게 한다.

다. 정지냉각계통 및 격납건물 살수계통 펌프의 기능적 상호보완

원자로정지냉각계통과 격납건물 살수계통은 각각 독립적으로 설계되었으나, 기능적으로 상호보완이 가능하게 하여 두계통이 높은 신뢰도를 갖게 된다.

라. 4-트레인 안전주입계통 및 원자로 직접 주입

냉각재상실사고(Loss of Coolant Accident) 및 ATWS(Anticipate Transient Without Scram)와 같은 사고시, 100% 용량 고압펌프 4대에 의한 전기적 2-Division, 기계적 4-Train 방식으로 봉산수 주입을 수행하며, 이 계통의 신뢰도를 향상시킨다.

또한 기존 배관주입방법으로 인한 냉각수 유실을 방지하기 위해 원자로 용기 노즐을 통한 노심으로 직접 주입시킨다.

마. 안전감압계통

증기발생기 및 정지냉각계통을 통

해 붕괴열제거기능이 상실되었을 때, 냉각재계통의 급속감압을 제공하여 수동안전주입을 실현시킨다.

또한 압력용기의 과압파손으로 인한 격납건물 직접가열현상을 방지하게 된다.

바. 피동 2차측 응축계통

비상급수계통 기능을 보완하기 위한 계통으로서 교류전원 없이 증기발생기를 통한 노심붕괴열제거기능을 수행하게 된다.

사. 2대의 디젤발전기+에비 가스 터빈발전기

기존 2대의 안전등급 비상디젤발전기 외의 비안전등급 가스터빈발전기를 통한 소내 대체교류전원을 확보하여 발전소 정전사고에 대응할 수 있게 된다.

아. 격납건물내 재장전수조

핵연료 재장전수조를 격납용기 내부에 설치하여, 비상노심냉각수 공급의 신뢰성을 높이고 과압방지계통 작동시의 열제거원으로 작용하게 된다.

2. 사고완화를 위한 안전설계

차세대원전은 사고방지 측면 뿐만 아니라 사고완화 및 사고관리를 개선시키기 위한 독특한 특성을 갖고 있다.

사고완화특성의 전체적인 목표는 노심이 용융되었을 때 조건부 격납건물 손상확률의 0.1 이하가 되게 감소시키거나 초기 격납건물 손상사건의 기여도를 최소화시키는데 있다.

가. 더욱 크고 강한 이중격납건물

차세대원전의 격납건물 체적은 기존원전에 비하여 훨씬 크며, 보다 높은 압력하에서도 그 건전성을 유지할 수 있도록 설계되며, 초기사건(수소연소, 격납용기 직접가열 등)과 관련된 격납건물 부하는 ASME Factor Load Catagory 값 이하가 되도록 한다.

또한 격납건물의 체적증대와 고압 대응능력은 후반 격납건물 고압손상 사건시 방출시간을 지연시킬 수 있게 된다.

차세대원전의 격납건물은 내부 Prestress-concrete와 외부 Reinforced-concrete로 구성되고, 환형공간에는 정화계통이 설치되어 있어 설계기준사고 및 중대사고시 핵분열 생성물의 대기방출을 감소시키는 역할을 수행하게 된다.

나. 안전감압계통

이 계통은 사고방지기능과 동시에 사고완화기능을 갖고 있다.

원자로 압력용기 고압에 의한 파손 전에 냉각재를 IRWST(In-containment Refueling Water Storage Tank)로 방출시킴으로써 감압기능을 수행하게 된다.

이때 스파처를 통해 IRWST로 압력방출을 시킴으로써 격납건물로 방출되는 핵분열 생성물의 양을 감소시키는 역할을 동시에 수행하게 된다.

다. 원자로 수조설계

직접 격납용기 가열, 용융노심-냉각수 반응, 용융노심-콘크리트 반응현상 등에 직면한 위험을 최소화하기 위



해 특별한 설계특징을 원자로 수조설계에 반영한다.

라. 수소점화계통

차세대원전은 격납건물의 수소농도를 10% 이하가 되도록 유지하기 위한 수소점화계통으로, 전원공급을 요하는 Glow Plug Igniter와 전원을 요구치 않는 Catalytic Igniter로 구성되어, 수소폭발에 의해 야기될 수 있는 격납건물 손상위험을 최소화시킬 수 있게 된다.

마. 격납건물 살수 및 비상대체계통  
사고시 격납건물 압력과 온도를 조절하는 격납건물 살수계통에 이상발생시에 대비하여 비상 격납건물 살수 대체계통이 추가로 설치된다.

**차세대원전 기술개발 추진방향**

**1. 기술개발 2단계사업 개요**

가. 사업기간

95. 1~98. 2

나. 기술개발 목표

인허가 가능한 차세대원전의 기본설계 개발

다. 부문별 기술개발 내용

- ① 핵심기술 개발 : 원전 설계코드 특성분석 등 11개 단위 과제
- ② 설계세부요건 개발 : 설계지침으로 사용할 설계세부요건 개발
- ③ 기본설계 개발 : 설계완성률 20% 수준의 기본설계 개발 (3,700항목) 및 인허가 관련자료 작성

④ 정보관리체계 개발 : 원자력 설계정보 관리체계의 전산화

⑤ 안전규제기술 개발 : 안전규제제도 개선, 규제지침서 개발

라. 추진체계

① 기본적으로 1단계 추진체계와 동일한 체계로 운영

② 사업단 조직에 한국전력공사 원자력건설처와 한국중공업(주)를 추가

③ 참여인력 : 총 1,231명(한전 387명, 한원연 357명, 한기 487명)

마. 2단계 예산

〈표 7〉 참조

**2. 기술개발사업 추진방향**

앞으로 국가적으로 확대이용이 불가피한 원전사업을 효율적으로 추진하기 위하여 추진중인 차세대원전 기술개발사업은, 1단계 사업의 성공적인 수행으로 향후 차세대원전 기술개발의 기틀을 마련하고, 현재 본격적인 2단계 기본설계를 개발중이다.

정부는 동 사업을 성공적으로 수행하기 위하여 국내에 축적된 원전기술을 최대한 활용하며, 국내 원자력산업계 및 학계의 역할을 효율적으로 분담하여 국내 보유자원의 활용을 극대화

하고, 현재 추진중인 원전기술자립계획·원전표준화계획 및 중장기원자력연구개발계획과 연계하여 국내주도로 개발할 계획이다.

세계화시대에 대비하여 국제경쟁이 가능도록 최신 국제규격 및 입증된 신기술을 적용하여 개발하고, 개발된 설비는 국내는 물론 미국의 인허가도 추진할 계획이다.

또한 차세대원전 기술개발의 효율성을 높이기 위하여, 차세대원전 건설사업과 연계하여 기술개발 사업관리능력을 강화하고, 개발된 기술의 실용화를 촉진할 계획이다.

이를 위하여 기술개발의 결과가 차세대원전 건설에 적기에 반영될 수 있도록 기술개발 일정관리를 철저히 하며, 기술개발 성공의 관건인 유능한 설계경험인력이 적극적으로 참여할 수 있도록 유도하고, 기술개발 총괄기관의 종합사업관리 및 설계정보 관리능력을 강화시킬 계획이다.

또한 개발된 설계의 인허가 안정성이 매우 중요하므로, 규제기관의 안전규제기술 개발을 적극 지원하고 규제제도 합리화도 적극 추진할 계획이다.

한편 원전기술자립계획의 성공적인 수행으로 영광 3·4호기와 동종의 100만kW급 한국표준형 경수로원전

〈표 7〉 차세대원전 2단계 예산(추정치)

(단위 : 억원)

구 분	핵심기술 연구	설계세부 요건개발	설계개발	정보관리 체계개발	안전규제 기술개발	계
예 산	58	31	1,328	62	57	1,536

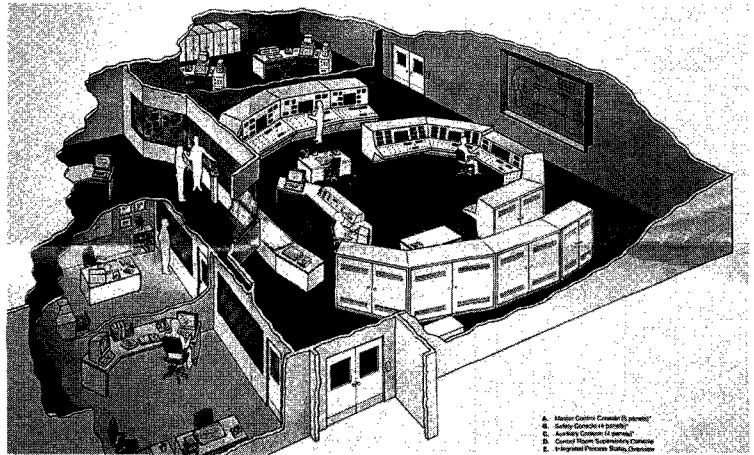
의 설계기술은 자립단계에 있으므로 (95년도말 95% 달성), 동 기술을 체계적으로 활용하고 설계경험인력을 기술개발사업에 투입할 경우, 135만 kW급 차세대원전의 설계기술의 확보도 가능할 것으로 판단되었으나, 1단계 사업기간 동안 현재 우리나라의 원자력기술수준이 복제설계(Replication) 수준으로 해외 신행로 개발국 수준과는 어느 정도 기술격차가 있어 이에 대한 보완이 필요한 것으로 평가되었다.

이에 따라 신기술 적용분야에 대한 국내 설계능력 보완과 실제 건설될 원전의 설계로서 안전성과 신뢰성 확보를 위하여, 각 설계분야별 업무특성에 따라 해외기술자문 및 국제공동연구 등 국제협력사업을 병행하여 기술개발을 추진할 계획이다.

### 결 론

차세대원전은 고속증식로의 상용화가 예상되는 2030년 이전까지 전력생산을 주도할 발전원으로서, 기존원전에 비하여 현저한 안전성 향상과 아울러 경제성 향상을 목표로 정부·산·학·연의 기관별 역할분담에 의거, 말은 분야에 대하여 최선의 노력을 기울이고 있다.

94년 12월에 완료한 1단계 연구수행 주요사항으로는 차세대노형 선정, 차세대원전 개념설계, 안전규제요건 개발, 원전기술개발정보관리시스템



차세대원전 중앙제어실 개념도

개발로서 2단계 기술개발의 기틀을 마련하였으며, 1단계 사업결과에 대해서도 우수성을 입증받았다.

정부는 동 차세대원전의 상세설계를 2001년까지 마치고 건설에 착수하여 2007년 1호기 가동을 시작한다는 차세대원전건설계획을 금년말 확정되는 장기전력수급계획에 반영할 예정으로 되어 있어, 차세대원전기술개발사업은 단순한 연구개발 차원을 넘어 국가적으로 중요한 사업으로서의 성격을 띠게 되었다.

에너지 부존자원이 극히 빈약한 우리나라의 경우 원자력의 확대이용이 불가피하므로, 기존 원전에 비하여 안전성과 경제성이 대폭 개선된 차세대원전의 개발을 성공적으로 완수하기 위하여 최선의 노력을 해야겠다.

마지막으로 차세대원전의 기술개발을 위한 선진국과의 협의과정에서 느낀 점을 소개하며, 이 글을 맺고자

한다.

선진국에서는 처음에 우리나라와의 협력가능성에 대하여 부정적이였다.

물론 기술적인 문제도 있었지만, 이미 한국의 원전기술이 상당한 수준에 도달하여 미래의 경쟁국과 협력을 할 수 없다는 것이 주된 이유였다.

그러나 선진국에서도 나중에는 긍정적으로 돌아섰는데, 그 이유에 대하여 관계자는, 한국에서 개발중인 차세대원전이 왜 'World Standard' 가 될 수 없느냐는 반문이었다.

비록 우리나라가 미국·일본·프랑스 등 선진국에 비하여 신행원전 기술개발 시점이 약간 뒤쳐져 있지만, 우리나라는 확고한 차세대원전기술개발계획과 건설계획을 갖고 있으며, 국가적 사명감으로 넘치는 연구 및 기술개발인력이 있기에 선진국과의 기술개발경쟁에서 우리가 앞설 수 있다고 믿는다. ☉