

김 종 신 실장

〈 특 집 〉 차세대 원자로의 기술개발

次世代원자로의 기술개발개요

국가선진기술개발사업(G7프로젝트)의 하나로 추진

김 종 신

한국전력공사 기술연구원 원자력연구실 실장

完成되는 2000년에는 原電기술 선진국 수준
安全性 확보, 운전원 Error 방지 등에 근원전 대책

원자력 발전은 60년대 초반 상용화된 이래 선진국을 중심으로 급속히 발전해 왔다.

70년대의 두 차례에 걸친 석유파동 이후 에너지원이 부족한 선진공업국에서는 화석연료에 대한 의존도를 감소시키기 위해 에너지 다원화정책을 추진하게 되었으며 이를 계기로 원자력 에너지는 석유 대체 에너지원으로서 역할을 담당하게 되었다.

또한, 최근 세계적으로 대두되고 있는 Green Round 및 지구온실효과(Green House Effect)는 범세계적 관심사로 등장하게 되었으며 청정연료(淸淨燃料) 확보 및 환경보호 관점에서 원자력에너지의 이용이 다시 각광받기 시작하였고 앞으로도 계속 강조될 전망이다.

우리나라도 78년 4월 고리 1호기를 시발점으로 하여 원자력 발전에 대해

끊임없이 노력하여 지금은 9기가 운전중이고, 7기가 건설중에 있다.

원자력발전 기술은 현재 고도의 자동화 및 안전성 확보를 목표로 하여 제 2의 도약을 위한 연구개발이 진행중에 있다.

2000년대는 原電이 대량 보급되어 보편화되는 상황이 도래할 것으로 예상되며 이러한 상황에서는 고도의 자동화된 원자력발전소가 필요하리라

개량형 경수로에 첨단계측설비 확충하고

신형경수로가 갖는 피동형 안전성(Passive Safety), 고유안전성(Inherent Safety) 등 加味, 자동물리현상응용, 설비단순화

예상된다.

또한 TMI, Chernobyl 등의 사고 원인 분석 결과 운전원의 실수가 주원인이었음을 감안할 때 자동화된 원자로는 이러한 사고에 대한 근원적인 대책이며 안전성 확보의 최우선 과제이기도 하다.

原子爐의 自動化 방안에는 두 가지 방안이 있다.

하나는 개량형 경수로로서 기존의 원전에 첨단 계측제어(計測制御)설비를 활용하여 자동화 범위를 확대하는 것이며 또 하나는 신형 경수로로서 피동형 안전성(Passive Safety), 고유 안전성(Inherent Safety) 등 원전의 안전성 확보에 자동적 물리(物理)현상을 응용함으로써 설비를 단순화하고 운전원조치요건 그 자체를 최소화하는 방안이다.

개량형 경수로로는 그동안 사용 경험이 풍부하기 때문에 신뢰도가 높은 장점이 있으며 신형 경수로로는 개념적으로 우월한 장점이 있다.

세계 각국은 현재 연구개발의 진로 결정에 부심하고 있으며 일본, 프랑스 등은 개량형 경수로로, 그리고 미국

은 상기 두 가지 노형에 대한 동시 개발을 추진하고 있다.

우리나라에서는 지난 91년 8월 종합과학심의회에서 최근의 경제 난국을 타개해 나아가기 위한 방안으로 첨단제품 기술개발에 중점을 둔 「G-7 프로젝트」를 추진키로 하고 과기처 산하에 「G-7 프로젝트」를 구성, 4개 제품기술과 7개 기반기술 분야 등 11개 과제를 선정하였다.

차세대원자로 기술개발 과제는 G-7 프로젝트(국가선진기술개발사업) 11개 과제중 7개 기반기술 분야중의 하나로 추진중에 있으며 '92년 12월 제 1단계 연구를 착수하여 '94년 말까지 1단계 연구완료를 목표로 추진중에 있다.

I. 추진체계와 개발 목표

차세대원자로(次世代原子爐) 기술개발은 한국전력공사를 주관연구기관으로 하고 한국原子力研究所, 한국電力技術株式會社, 한국科學技術院의

신형원자로 연구센터, 그리고 한국原子力安全技術院을 협동연구기관으로 하고 있다.

이 협동연구기관은 세부 추진계획을 수립하여 '92년 12월부터 본격적인 기술개발에 착수하여 현재 1단계 업무를 추진중에 있으며 연구개발 추진 체계는 그림 1과 같다.

차세대원자로 기술개발 사업의 연구목표는 2000년대 이후의 국내 원자력발전소에 대한 건설수요를 충족하기 위하여 보다 안전하고 경제성(經濟性)이 있으며, 국내 실정에 적합한 차세대 원자력발전소의 표준 상세설계(標準詳細設計)를 2001년까지 개발 완료하는데 있다.

이러한 목표를 달성하기 위하여 안전을 주축으로 하는 차세대원자로 기술개발 사업단(次世代原子爐技術開發事業團)에서는 연구단계를 3단계로 구분하고 단계별로 세부 목표를 설정하여 추진중에 있다.

3단계로 나눈 단계별 추진목표는 표 1과 같다.(16면)

II. 연구개발 방향

'92년 12월부터 착수한 제 1단계 연구는 차세대원자로 기술개발의 노형을 선정하기 위해 세계 각국에서 수행하고 있는 개량형(改良型) 경수로, 피동형(被動型) 경수를 비교, 평가하여 우리 실정에 맞는 노형을 선정하는 것이다.

차세대원자로 기술개발 사업단에서는 지난 1년동안 개량형 경수로(Evolutionary Type)와 피동형 경수로(Passive Type)에 대해 기술성, 안전성, 경제성 및 기타 분야에 대해 비교, 분석 및 평가를 실시해 왔다.

중간 연구결과 차세대원자로 기술개발은 개량형 경수로로 추진하는 것

이 가장 유리하다는 판단하에 향후 연구방향은 개량형 경수로로 추진하되 안전성 제고를 위해 피동형 안전개념(Passive Design Features)을 반영하고 국내 기술과 최대한 연계가 가능하도록 설계할 예정이며 설계개발 목표는 표 2와 같다.

차세대원자로 기술개발 사업은 기존 경수로보다 안전성이 탁월하고 경제성이 뛰어난 원자력발전소를 건설한다는 목표를 가지고 지난 92년 12월에 착수했다.

지금까지 원전 설계기본요건개발, 선진외국의 개발노형 비교평가, 국내 원전 기술능력조사 및 안전규제 기술개발 등 여러분야에 대한 연구, 조사를 진행하였으며 그 결과 차세대원자로 기술개발 방향을 설정하고 본격적인 기술개발 단계로 접어들게 되었다.

지금까지의 연구결과를 토대로 차

세대원자로 기술개발 방향을 살펴보면 다음과 같다.

① NSSS 분야는 개량형 경수로로 추진하되 촉매식 수소점화기 등 피동형안전개념을 최대한 반영하여 기존 경수로에 비해 안전성을 제고한다.

② 터빈 등 BOP(Balance of Plant) 분야에 대한 설계는 올진 #3, 4 등 기존의 경수로에 대한 기술을 최대한 반영하여 설계하도록 한다.

③ 또한 계기 및 제어반 설비는 인간공학적인 측면을 최대한 고려한 MMIS(Man-Machine Integration System)을 도입할 예정이다.

④ 한편 원전 연료에 대한 설계 또한 신연료 사용이 가능하도록 하여 명실상부한 차세대 원자로로서 손색이 없도록 추진할 예정이다.

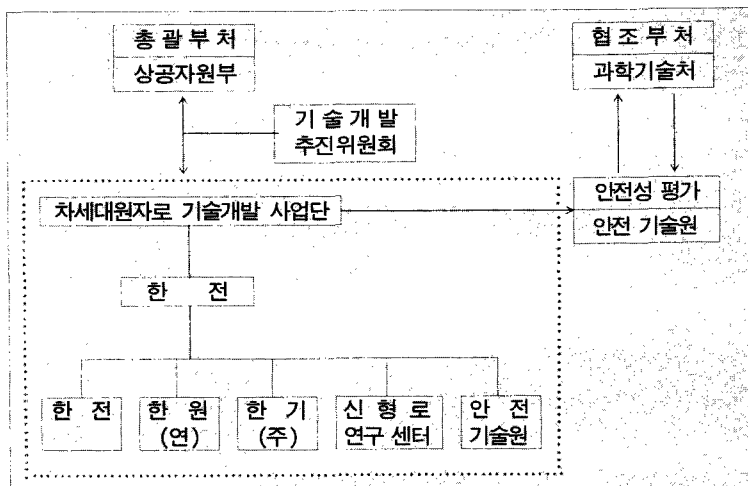
III. 주요 연구내용

차세대원자로 기술개발 연구(技術開發研究)는 政府·産·學·研이 함께 추진하는 과제로 다음과 같이 크게 다섯개 과제로 구분하여 연구를 수행하고 있다.

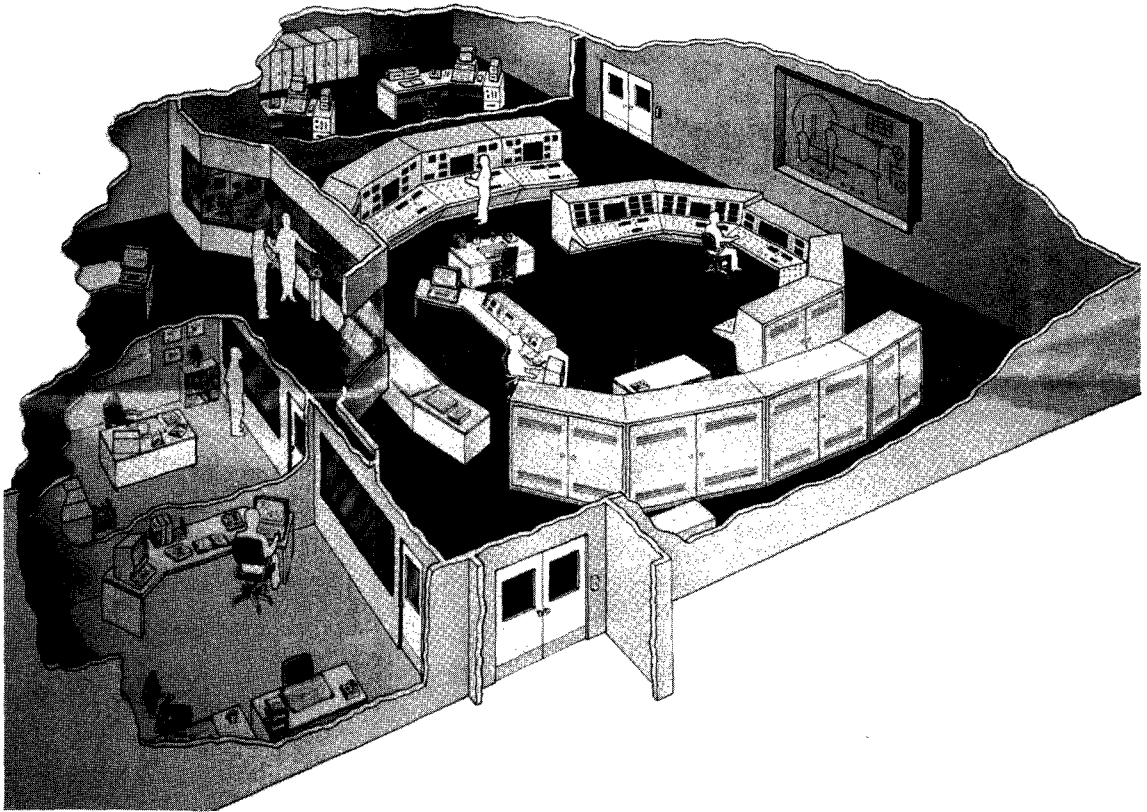
- 핵심 기술연구
- 차세대원자로 개발
- 차세대원자로 설계개발
- 정보관리체계 개발
- 안전규제 기술개발

이들 다섯개 과제에 대한 연구내용

그림 1 : 연구개발 추진체계



〈 次世代원자력발전소의 중앙제어실 개념도 〉



을 개략적으로 살펴보면 다음과 같다.

핵심 기술연구

- 연구기간 : '92년~2000년
- 참여기관 : 한전, 한원연, 한기주, 신형로연구센터
- 연구목적
 - 개발노형 확정을 위한 노형평가 기술개발('92년~'94년)
 - 원자로 개발에 필요한 요소기술 개발 및 신기술 적용연구

연구범위

- 중대사고, 설계수명, 계측제어기술 등 차세대원자로 개발에 필요한 주요 핵심 기술개발
- 주기적인 Technical Census를 통해 대상기술 조정 및 선정

차세대원자로 개발

- 연구기간 : '92년~'94년
- 목 적 : 차세대원자로 개발노형 확정 및 개발방향

설정

- 참여기관 : 한전, 한원연, 한기주
- 연구범위
 - 차세대원자로 기본요건
 - 노형평가기준 수립 및 노형별 평가
 - 차세대원자로 선정개념에 대한 타당성 검토
 - 차세대원자로 개발노형 확정
 - 차세대원자로 설계개발방향 설정

특집 : 次世代원자로의 기술개발

차세대원자로 설계개발

- 연구기간 : '94년~2000년
- 목 적 : 설계에 대한 인허가 획득 및 표준 상세설계개발(FOAKE 수준)
- 참여기관 : 한전, 한원연, 한기주, 신형로 연구센터
- 연구범위
 - 설계 인허가 획득(DC 인증)
 - 건설비용 및 건설 소요기간 산정
 - 표준 상세설계 개발(부지관련사항 제외)

- 연구기간 : '92년~2000년
- 목 적 : 설계개발에 필요한 기술정보/자료의 체계적 관리
- 참여기관 : 한전, 한기주
- 관리대상
 - 한원(연), 한기(주) 등 기술자립 참여업체가 확보한 기술자료
 - 국제협력 및 해외주재원 수집 정보/자료
 - 관련 R&D 자료(중장기 R&D 과제 및 신형로센터 R&D 과제 등)
 - 차세대원자로 기술개발사업에서

생산된 자료

- 연구범위
 - 기존 설계자료 확보정리
 - 설계정보관리체계 개발

안전규제 기술개발

- 연구기간 : '92년~2000년
- 목 적 : 규제제도 개선 및 개발된 기술의 안전성 평가/승인으로 설계인허가의 안정화 도모
- 참여기관 : 안전기술원
- 연구범위
 - 안전규제제도 개선방안연구 및 개선지원(One Step Licensing 등)
 - 개발된 단위기술의 안전성 평가(Topical Report 발행)
 - 차세대원자로 안전성 평가기술 개발

정보관리체계 개발 운영

표 1. 추진단계별 목표

단 계	단 계 별 목 표
제 1 단계 (*92 ~ *94)	<ul style="list-style-type: none"> • 차세대원자로 노형확정 및 개념설계 <ul style="list-style-type: none"> - 발전소 기본요건 확정 - 차세대원자로 개발노형 확정 - 발전소 기본요건에 적합한 설계개념 확정 - 차세대원전 개념설계 착수
제 2 단계 (*95 ~ *98)	<ul style="list-style-type: none"> • 차세대원자로 설계개발 <ul style="list-style-type: none"> - 확정된 노형에 대한 개념/기본설계 (DC Engineering 수준) 개발 - 표준 안전성 분석보고서(SSAR) 작성
제 3 단계 (*98 ~ 2001)	<ul style="list-style-type: none"> • 차세대원자로 설계개발 <ul style="list-style-type: none"> -차세대원자로 표준상세설계(FOAKE Engineering 수준) 개발

IV. 맺음말

次世代原子爐 기술개발은 앞에서 설명한 바와 같이 3단계로 구분하여 단계별로 추진하고 있다.

95년부터 수행하는 제 2단계 설계 개발은 안전규제 기관으로부터 설계 인증(DC : Design Certification)을 받을 수 있는 정도의 개념 및 기본설계를 완료하는 것이다.

98년부터 착수할 예정인 제 3단계

설계가 완료되면 Site Specific을 제외한 상세설계를 완료할 예정으로 있으며 이는 기존 원자력발전소 설계를 기준으로 볼때 상세설계를 사실상 완료하는 수준인 것이다.

次世代원자로 기술개발은 우리나라 과학기술을 한 차원 끌어올리는 선도 기술 개발사업이며 연구결과를 바로 적용하여 차세대 원자력발전소를 건설하여야 하는 특징을 가지고 있는 연구사업이다.

이러한 연구사업이 성공적으로 완수되면 기존경수로에 비해 약 10배나

안전성이 향상된 원자력발전소를 건설할 수 있게 된다.

이를 위해 한전을 비롯하여 차세대 원자로 개발사업단에 종사하고 있는 모든 연구기관은 한치의 차질도 없이 연구업무를 수행되도록 혼신의 힘을 다하고 있다.

차세대원자로 기술개발이 완료되는 2000년도에는 우리나라의 원자력기술은 선진국과 어깨를 나란히 함은 물론 다른 사업분야에도 지대한 영향을 미칠 것이며 국가기술발전에 크게 기여할 것으로 의심치 않는다.

次世代원자로 기술개발 사업단에서는 지난 1년동안 개량형 경수로(Evolutional Type)와 피동형 경수로(Passive Type)에 대해 기술성, 안전성, 경제성 및 기타 분야에 대해 비교, 분석 및 평가를 실시해 왔다.

중간 연구결과 차세대 원자로 기술개발은 개량형 경수로로 추진하는 것이 가장 유리하다는 판단하에 향후 연구방향은 개량형 경수로로 추진하되 안전성 제고를 위해 피동형 안전개념(Passive Design Features)을 반영하고 국내 기술과 최대한 연계가 가능하도록 설계할 예정이다.

표 2. 설계개발목표

내 용	차세대 원자로 설계목표
1. 안전성	
• 노심손상확률	년 10E-5V 이하
• 설계기준 사고시 운전원 대처시간	30분 이상
• 전 전원상실사고시 노심손상 대처시간	~8시간
• 계기	디지털 방식
2. 성능	
• 이용률	90%
• 수 명	60년
• 불시 운전정지빈도	1회/년
3. 노심주기	
• 핵연료 교체주기	1.5년