

특
집

차세대원자로 기술개발 과제 수행에서의 신형원자로 연구센터의 역할

1. 시작하는 글

국가 선진기술 개발 사업(G-7 프로젝트)의 하나인 차세대 원자로 기술개발 과제가 한국전력공사의 주관아래 한국원자력연구소, 한국전력기술주식회사, 한국과학기술원, 신형원자로 연구센터, 및 한국 원자력안전기술원의 산, 학, 연 공동 사업으로 1992년 12월부터 착수되어 성공적으로 수행되어지고 있다. 한국과학재단 산하 우수공학연구센터의 하나로 지정된 한국과학기술원 신형원자로 연구센터는 국내 8개대학 약 40여명의 교수가 참여한 가운데 1991년 3월부터 학제간 공동연구를 수행하고 있으며 특히 차세대원자로 기술개발 사업에 1992년 12월부터 참여하여 국가 선진기술 개발에 일익을 담당하고 있다. 본 글에서는 먼저 신형원자로 연구센터와 차세대원자로 기술개발 과제를 차례로 간략히 소개하고 이어서 차세대 기술개발 과제에 있어서 본 센터의 역할을 소개하고자 한다.



성 풍 현
한국과학기술원
원자력공학과 교수
신형원자로 연구센터
G-7 과제 총괄실장

특집

2. 신형원자로 연구센터

전술한 바와 같이 신형원자로 연구센터는 한국과학재단 산하 38개 우수연구센터(1995년 3월 현재, 공학관련 21개 센터, 과학관련 17개 센터)의 하나로 지정되어 1991년 3월부터 시작되어 만 4년째 운영되고 있다. 신형원자로 연구센터의 설립 목적은 현재의 원자력 발전소보다 경제적으로나 안정성 면에서 획기적으로 개선된 신형원자로 개발에 필요한 개념설계, 시스템설계 및 안전성 해석을 위한 소프트웨어 개발, 실증실험 등에 대한 핵심적인 기초연구를 수행함으로써 신형원자로 기술개발을 뒷받침하고자 하는 것이다. 이러한 목적을 수행하기 위해 국내 8개 대학 약 40여명의 교수가 참여하고 있으며 센터소장 아래 6개 연구실과 3개의 연구지원실을 두고 있다(그림1). 또한 각 연구실에서 수행하는 업무는 <표1>에 요약되어 있다. 신형원자로 연구센터의 연구비 출처는 크게 한국과학재단에서 매년 지급되는 연구비와 차세대원자로 개발 관련으로 정부(실제적으로는 한전)에

서 지급되는 연구비로 크게 나눌 수 있는데 지난 4년간 총 연구비로는 약 30억원 정도 되었고 과학재단과 한전에서 받은 연구비는 대략 1:1 정도가 된다.

한국과학재단에서 받는 연구비는 일부 센터 운영비를 제외하고는 참여 교수들에게 대략 균등히 분배되어 현재 차세대 원자로 개발사업에서 목표로 하는 원자로형보다 한단계 더 진보적인 피동형 원자로(또는 차세대 원자로라고도 할 수 있음. 안전계통이 차세대원자로의 경우 대부분 능동형으로 구성되어 있으나 피동형원자로는 안전계통이 주로 피동형으로 구성되어 있다)의 개념설계, 소프트웨어 개발 및 데이터 베이스 구축, 2007년(2005년으로 앞당겨 질 수도 있음)부터 가동될 1300MWe급 차세대 원자로 기본설계, 상세설계에 필요한 핵심기술 개발에 쓰여진다. 이 차세대관련 연구는 신형원자로 연구센터의 정식 멤버가 아니라도 필요에 따라 참여 할 수 있고 또한 신형원자로 연구센터 멤버라고 모두 참여하는 것은 아니다.

여기서 언급해야 할 중요한 내용은 신

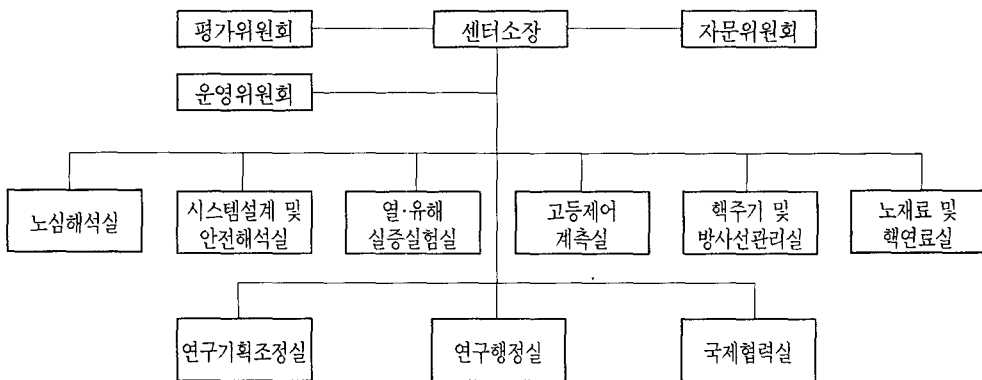


그림1. 신형원자로연구센터 조직도

표1. 각 연구실 세부연구분야

- 노심해석실
 - 신형원자로 노심핵특성 연구
 - 장주기 핵연료 관리기법
 - 보론 없는 노심설계
 - 정지 여유도의 분석 및 증대
 - 노심설계 해석 코드 및 데이터 뱅크 구축
- 시스템 설계 및 안전 해석실
 - 한국형 신형원자로의 개념설계
 - 피동안전성 연구
 - 설계 최적화 기법(단순화, 우수 설계 인자 검토 및 반영)
 - 안전 및 중대사고 해석코드 및 데이터 뱅크 구축
- 열, 유체 실증실험실
 - 과도 및 자연순환시 임계 열유속실험
 - 피동 격납용기 냉각계통 실증실험
 - 피동안전주입계통 실증실험
 - 신형원자로의 운전조건에 적합한 열수력
 - 상관식의 개발을 위한 실험
 - 자연대류 실험
- 고등제어계측실
 - 고등 주제어실 및 제어판 설계
 - 진보된 제어 및 보호계통 설계
 - 제어 및 훈련용 시뮬레이션 개발
 - 진보된 신호 처리 및 전달 체계
- 핵주기 및 방사선 관리
 - 고등 방사선 관리 기법 개발
 - 수질관리 및 제염기법 혁신
 - 방사선오염물 처리시스템 및 사용 후 핵연료 저장기술 개발
 - 신형안전로의 환경 영향평가
- 노재료 및 핵연료실
 - 설비재료 장수명화에 따른 건전성 실험, 열화 진단 및 대책연구
 - 장주기 핵연료의 성능 및 건전성 증대
 - 비상노심냉각수의 직접주입에 따른 원자로용기의 건전성 실험
 - 내방사성 내부식성 신재료 개발연구

형원자로 연구센터에는 우리나라에서 원자력관련 학과가 있는 6개 대학(한국과학기술원, 서울대, 한양대, 경희대, 조선대, 제주대)과 포항공대, 인하대학교에서 원자력 공학 관련 교수들이 대부분 참여하여 공동연구를 수행하고 있다는 사실이며 신형원자로 연구센터가 차세대원자로 개발사업 관련으로 주관기관인 한전이 학계 연구인사들을 참여시키는 유일한 기관이라는 사실이다.

3. 차세대원자로 개발사업

현재 우리나라에는 9개의 원자력 발전소(8개는 가압형 경수로 발전소, 1개는 가압형 중수로 발전소)가 가동중이며 이들 9개의 원자력발전소에서 생산해내는 전력량이 우리나라 전체 전력량 생산에 50% 가까이 된다. 또한 현재 건설중인 원자력 발전소가 7개이며(4개는 가압형 경수로 타입, 3개는 가압형 중수로 타입) 전원개발 계획에 의하면 2006년까지 추가로 지어서 가동시킬 원자력 발전소가 7개이다(6개는 가압형 경수로 타입, 1개는 가압형 중수로 타입). 즉 2006년 말 이 되면 우리나라에 가압형 경수로 발전소가 18개, 가압형 중수로 발전소가 5개로 총 23개의 원자력 발전소가 가동하게 될 예정이다.

2007년부터는 전술한 바와 같이 현재의 1000MWe 보다 훨씬 용량이 크고 경제성과 안전성이 뛰어난 차세대원자로를 건설 완료하여 가동시킬 목표로 차세대원자로 개발사업을 추진중이다(계획이 앞당겨져 2005년, 2006년에 건설 완료될 발전소부터 이 차세대 원자로가 이용될 가능성도 크다). 이를 위해 1992년 12월부터 2001년까지 3단계로 나누어 설계를

특집

표2. 연구개발 추진단계별 목표

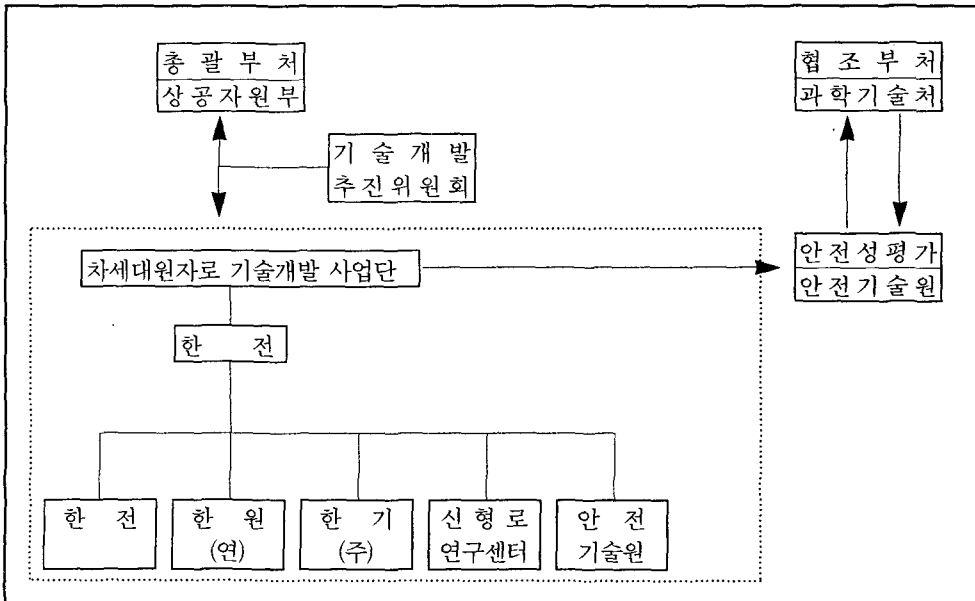
단 계	단 계 별 목 표
제1단계 (’92~’94)	<ul style="list-style-type: none"> 차세대원자로 노형확정 및 개념설계 <ul style="list-style-type: none"> - 발전소 기본요건 확정 - 차세대원자로 개발노형 확정 - 발전소 기본요건에 적합한 설계개념 확정 - 차세대원전 개념설계 착수
제2단계 (’95~’98)	<ul style="list-style-type: none"> 차세대원자로 설계개발 <ul style="list-style-type: none"> - 확정된 노형에 대한 개념/기본설계 (DC Engineering수준)개발 - 표준 안전성 분석보고서(SSAR)작성
제3단계 (’98~2001)	<ul style="list-style-type: none"> 차세대원자로 설계개발 <ul style="list-style-type: none"> - 차세대원자로 표준상세설계(FOAKE Engineering수준)개발

체계와 참여 연구기관은 <그림 2>에 나타나 있다.

대략적으로 각 참여기관의 역할을 살펴보면 한전(산)은 연구개발을 주관하고 원자력연구소(연)는 원자력발전소 NSSS(핵 수증기 공급 시스템)설계를 맡고 한국전력 기술주식회사(산)는 BOP(Balance of Plant) 설계를 맡고 신형원자로 연구센터(학)는 핵심기술 개발을 맡고 한국 원자력 안전기술원(정부 산하기관)은 규제기술개발을 맡는다. 즉 산, 학, 연 및 정부기관이 차세대원자로 개발사업을 공동으로 참여하여 상호 협력하여 추진하고 있으며 각 기관의 실무 위원들이 자주 실무회의를 갖고 있다. 현재 차세대원자로 개발사업 1단계 업무(차세대원자로 노형선정 및 개념설계)를 마치고 1995년 4월초에 평가회의를 가진 후에 곧 2단계(차세대원자로 기본설계)

완료하고 <2001년>부터 건설에 착수한다는 목표이다<표 2>. 또한 연구개발 추진

그림2. 연구개발 추진체계 및 참여기관



로 진입할 예정이다.

4. 차세대원자로 개발사업에서의 신형 원자로 연구센터의 역할

차세대원자로 개발사업의 1단계 목표는 차세대원자로를 어떤 원자로로 할 것인가를 결정하는 일이 주된 목표였다. 따라서 신형원자로 연구센터는 1단계 기간 중에 중대사고 분야, 설계수명 분야, 노심 분야, 제어계측 분야, 방사선 방호 분야 등에서 차세대원자로는 어떤 설계요건을 만족시켜야 하는가를 결정하는 연구업무에 참여하였고 이러한 요건을 개발한 후 차세대 원자로 후보로 부각되는 여러 원자로를 개발된 요건을 기준으로 비교 평가하는 일을 수행하였다. 결정된 설계요건의 일부를 소개하면 우리나라 형편상 대용량(1300MWe급)이어야 하고 방사선 누출빈도가 현재의 매년 10^{-4} 에서 매년 10^{-6} 으로 100배 감소해야 하고 수명이 60년이상이어야 하며 제어계측 시스템은 입증된 디지털 기술을 최대로 적용하여야 한다는 내용 등이다. 이러한 사항들은 학술적인 연구내용을 근거로 제시된 사항들이다. 또한 이외에도 원자로 설계에 필요한 기술들이 무엇이 있는지를 파악하고 각각의 기술들에 대한 우리나라와 선진국의 기술수준은 어떠하며 앞으로 우리가 중점적으로 개발해야 할 기술분야는 어떤 분야인가를 결정하는 국내원자력 기술능력조사(Technical Census)도 신형원자로 연구센터에서 수행하였다.

2단계에서는 설계에 필요한 핵심기술 개발을 목표로 총 20개 소과제(또는 11개 중과제)를 수행할 계획을 갖고 있다.

현재 완전히 결정되어서 계약이 끝난 상태가 아니어서 일일이 그 연구과제 내용과 예상하는 연구비를 밝힐 수는 없으나 몇개 예를 들면, 신연료 노심설계 타당성 및 안전성 평가연구, 이차 응축계통 성능평가 기술개발 및 RCS 보호계통 열수력 설계평가, 원자력 발전소 디지털 제어 시스템 소프트웨어 확인 및 검증 기법 개발 등이 있다. 또한 총 연구비도 1단계 때보다 몇배 증가한 금액이 되리라 예상하고 있다. 98년부터(또는 앞당겨서 97년부터) 시작될 3단계, 즉 상세 설계 단계에서도 신형원자로 연구센터는 계속적으로 핵심기술 개발에 참여할 예정이다.

5. 요약 및 맺는 글

현재 차세대원자로 기술개발 사업에는 산, 학, 연이 공동으로 참여하여 성공적으로 업무를 수행해 나가고 있다. 신형원자로 연구센터는 국내 학계 원자력전문가를 대부분 참여시켜 한국과학재단에서 받은 연구비로 차세대 원자로에 대해 공동연구를 수행하고 있으며 차세대원자로 개발사업에는 학계를 대표하여 단일 창구를 맡아 연구개발 사업을 제안하고 연구비를 배정받아 설계 핵심기술 사업을 성공적으로 수행해 나가고 있다.

신형원자로 연구센터가 여러 대학 여러 교수들로 구성되어 있어서 내부적인 갈등이 전혀 없는 것은 아니나 점차 조직화되어 가면서 상호 협력적인 관계를 유지하고 있으며 특히 산업체와 연구소 및 정부기관과의 공동업무 수행을 효율적으로 수행하고 있다.