

차세대 원자로 개발 정책방향

전 풍 일

(과학기술처 원자력국장)

1. 머릿말

원자력기술은 세계 제2차 대전을 종식시킨 핵무기, 즉 군사적 이용에서부터 비롯되어 이를 평화적으로 이용하자는 미국 아이젠하워 대통령의 제안에 의해 세계적으로 개발되기 시작하였다. 우리나라도 이와같은 국제조류에 발 맞추어 일찌기 50년대초부터 원자력의 평화적 이용을 위한 정책을 수립·시행하고 있으며 이에따라 1959년에 원자력원을 창설하였고 1962년 2월에 연구용 원자로를 국내에 처음으로 도입 가능하였다. 또한, 1978년에 고리1호기의 상업운전을 개시함으로써 세계에서 21번째로 원자력 발전 국가가 되었으며, 현재 9기의 발전용 원자로를 운전함으로써 원자력발전 용량으로 볼때 世界 10위에 해당하고, 1989년도 우리나라 총 전력생산량중 50.1%를 원자력발전으로 공급하였다. 이와같이 원자력 발전은 전력공급을 위한 국가 기간산업으로서 우리나라 경제발전과 국민복지 향상에 중요한 역할을 담당하고 있으며, 특히 최근의 페르시아만 사태로 인하여 원유가가 급등하는 현실에서 볼 때 원자력발전소의 역할이 큼을 새삼 느끼게 하고 있다.

원자력의 평화적 이용을 위하여 개발된 원자로는 설계 측면에서 볼 때 어떠한 타 산업분야보다 안전도가 월등히 높게 설계되었으나, 미국 TMI 원전사고 및 소련 체르노빌 원전사고이후 원전의 가상사고에 의한 방사성물질의 오염 확산 우려와 반핵운동과 연계된 비판적인 시각이 대두되고 있는 반면에, 페

르시아만 사태이후 원전이 유망한 대체에너지원으로 서 뿐만아니라 기존 화석연료에 의한 환경오염 방지 대책의 일환으로서 원전의 적극적인 활용이 현실적으로 제기되고 있다. 이에따라 원자력기술 선진국들은 원자로의 안전성 문제를 근원적으로 해결할 수 있는 방안을 모색하고 있으며, 기존원자로 보다 안전성과 경제성을 획기적으로 향상시키기 위한 연구 개발 계획을 활발히 추진하고 있다.

한편, 우리나라도 향후 30년간 우리나라의 원자력 이용개발 정책이 나아가 기본방향을 재정립하기 위하여 지난 수년간 원자력 장기 정책연구를 수행한 바 있으며, 그결과 원자력 이용개발 정책의 기본목표와 핵심기술 자립을 위한 중점 추진 전략을 구상한 '원자력 장기발전 계획(시안)'을 마련하였다. 동 계획안은 아주대학교 에너지문제연구소에서 수행한 "2000년대 원자력 전망 및 대처방안 수립에 관한 연구" 보고서와 한국 원자력 연구소에서 수행한 "원자력 기술의 전략적 개발을 위한 심층 조사연구" 보고서를 토대로 작성 되었으며, 최근에 과학기술처와 동력자원부가 협동으로 기획하여 범국가적인 계획으로 조정 수립중이다.

이 계획이 완성되면 최종적으로 원자력위원회에서 확정, 의결하는 절차를 거치게 되며, 우리나라 원자력 이용개발 정책의 기본골격으로서 제시되어질 예정이다. 동 계획(시안)에 나타난 가장 큰 특징은 그동안 연구기관, 산업계 및 학계에서 제시한 원자력 발전 확대의 필요성을 수용하여 오는 2030년까지 원

자력발전소 50기를 추가 건설하여야 하는 당위성에 대한 의욕적인 원자력이용 정책을 전개하고 있으며, 21세기 원자력기술 선진국 진입이라는 기본목표를 정립하는 한편, 중점 추진전략과 실천방안을 제시하고 있는 점이다.

중점추진전략을 살펴보면 크게 핵심기술의 조기자립, 효율적 안전관리대책, 방사성 폐기물의 안전관리 시설확보, 원자력의 국민이해 증진이라는 네가지 방향에서 접근하고 있다. 핵심기술의 자립대책으로서 가장 우선되는 것은 안전성과 경제성이 획기적으로 증진된 차세대 원자로를 본격적으로 개발하고자 하는 것이다. 영광원전 3, 4호기를 통해서 습득된 기존경수로 기술을 인간공학적 관점에 중점을 두어 꾸준히 개량하여 나가는 한편, '90년대에는 피동적 안전설계 개념과 설비자체가 고유안전성을 갖는 차세대 원자로 개발을 추진하게 될 것이다.

차세대 원자로 설계개념은 기존의 원자로 설계개념보다 100배정도 안전성이 향상된 고유안전 피동형 원자로 개념으로서 최근의 국제연구개발 동향과 우리나라 여건을 분석검토하여 국내·외 수요에 가장 적합한 노형 및 설계목표를 설정하여 추진될 것이다. 신형안전로는 오는 '91년부터 국제연구개발 과제로 개발에 착수하며, 2001년에 기본설계를 완성하고 2006년까지 실증로 형태로 건조하여, 단계적으로 상용화하는 목표로 추진될 예정이다. 새로 개발될 신형안전로는 안전성 향상 뿐만 아니라 경제성향상도 함께 고려할 수 있는 방안의 하나로, 원전건설기간의 단축을 도모할 수 있는 모듈형 해상 원전 개념으로의 추진도 고려하고 있다.

더불어 2000년대초에는 기존원자로 보다 우라늄 자원의 활용효과를 60배이상 향상시킬 수 있는 고유안전 고속증식로의 개발을 본격적으로 추진하여 2025년경 실용화를 목표로 추진할 것이다. 고속증식로가 실용화될 2025년까지는 개량 경·중수로와 신형안전로가 우리나라의 원자로형이 될 것이다.

또한, '90년대에는 원자력의 이용을 전력생산외에도 지역난방으로 활용하기 위한 지역난방 원자력의 개발도 신형안전로 개발계획과 병행하여 추진될 것이다. 지역난방원자로의 개발개념은 10MW급 규모의 소형원자로를 먼저 대덕연구단지내에 1기를 개발 설치하여, 안전성과 경제성을 입증한 후, 원자력 이용에 관한 국민 이해기반을 조성한 다음 본격적으로

공장밀집지역 또는 대단위 수요자에 공급하는 방안을 모색하고 있다.

이와 같이 우리나라가 21세기에는 선진국의 요건이라고 할 수 있는 원자력 기술자립국가로 도약하기 위하여 그간의 원자력 기술개발 및 원전건설, 운영 경험을 바탕으로 원자력의 이용에 대한 사회성과 경제성이 합리적으로 제고된 차세대원자로 개발 정책을 범 국가적인 연구개발 체제로 단계적으로 추진하여 나갈 것이다.

2. 신형안전로 개발

2.1 개발현황 및 배경

1989년 12월 현재 전세계에는 425기의 발전용 원자로가 운전중에 있으며, 102기가 건설중이다. 그러나 원자력 산업이 꾸준히 안정적으로 성장해온 것만은 아니며, 반핵운동과 원자력발전에 대한 비판적인 시각으로 인하여 미국과 구라파 일부국가에서 원전 건설에 대한 신규 투자가 거의 이루어지지 않고 있다. 더우기 미국 TMI원전사고와 소련 체르노빌 원전사고로 말미암아 원전의 가상 사고 발생가능성에 대한 우려가 단순한 우려만이 아니었다는 점이 원전에 대한 비판적 시각을 대두시킨 요인이 되었다고 보겠다.

이와같이 원전에 대한 비판적인 시각이 크게 대두하게 된 원인은 국가별로 다양하게 분석될 수 있으나, 원전설비 자체의 불안전성에 있다고는 볼 수 없으며 주로 원자력기술에 대한 국민이해 기반이 취약하여 가상사고에 대한 지나친 우려와 과도한 안전규제 정책으로 인하여 건설기간의 장기화에 따른 경제성 상실에 기인하는 것으로 요약 할 수 있다. 특히 민주주의 체제의 특징인 공청회 제도등을 통하여 주요정책에 대한 결정권한이 전문가가 아닌 일반주민에게 주어짐으로써 원자력 안전 설계개념에 대한 이해부족과, 국가적으로 안전의 필요성을 인식하나 자기 지역에는 곤란하다는 NIMBY(Not In My Back Yard)의식의 팽배가 큰 요인으로 작용하였다고도 보겠다.

한편, 화석연료사용에 따른 산성비 문제와 지구의 온실효과의 심각성으로 원전에 대한 최근의 시각으로는 화석연료에 의한 환경파괴 요인을 오히려 원전

으로 극복할 수 있다는 논리가 크게 대두되고 있으며, 최근의 페르시아만 사태이후에는 환경 보호자원 뿐만 아니라 전원 수급 정책차원에서 보다 안전성이 증진된 원전 산업의 육성이 제기되고 있다.

이러한 여건에서 최근 미국과 프랑스, 일본등은 원자로의 안전도를 보다 개선 향상 시키는 연구개발을 활발히 진행하고 있으며, 연구개발 동향을 크게 분류하면 기존 경·중수로의 설계를 개선함으로써 안전성을 증진시키고자 하는 방향과 고유안전 피동형 설계개념을 갖는 신형안전로의 개발 방향으로 나눌 수 있다.

개량형 경수로의 개발은 표1에서 보는 바와 같이 미국을 비롯하여 스웨덴, 영국, 프랑스, 일본에서 추진되고 있으며, 개량형 중수로는 캐나다에서 개발되고 있다. 고유안전 피동형 설계개념에 의한 신형안전로의 개발은 표2에서 보는 바와같이 미국을 중심으로 활발히 추진되고 있으며 금년부터 국제원자력기구(IAEA)에서는 신형안전로 개발 및 보급을 도모하고자 "사용자 요구조건을 제시하는 국제적 기준"을 개발하기 위한 공동작업에 착수한 바 있다.

표 1. 개량형 경수로 연구개발현황

국명	원자로형 및 명칭	개발 업체명
미국	System 80+APWR	CEWH
스웨덴	BWR 90	ABB-ATOM
영국	Sizewell B	CEGB
프랑스	N4	Framatome
일본	HSBWR TOSBWR-900P SPWR	Hitachi Toshiba JAERI

표 2. 신형안전로 연구개발현황 (단위 : MWe)

국명	원자로형 및 명칭	용량	개발업체명	비고
미국	AP-600	600	W	개념설계단계
미국	SIR	300	CE	개념설계단계
미국	SBWR	600	GE	개념설계단계
미국	MHTGR	540	GA	개념설계완료
독일	THTR	300	KWU	운전중
스웨덴	PIUS	600	ABB-ATOM	개념설계완료

중·소형 신형안전로 개발 배경은 몇가지 면에서 고려할 수 있다. 즉, 지금까지 원전은 용량의 대형화를 통한 경제성을 기대하여 왔으나, 전력수요에 대응하기 위한 수단으로서 대용량 원전과 중·소형 원전이 균형을 이루도록 하고 중·소형이면서도 경제성 있는 원전의 개발이 필요하게 되었다.

또한, 기술적으로 매우 이해하기 어려운 안전성에 대한 국민의 이해를 요구하기 보다는 새로운 개념의 신형안전로 개발이라는 대안을 제시함으로써 국민적 합의를 확보하는 방법이 바람직한 것으로 판단하게 되었으며, 에너지자원 활용면에서 원자력에너지가 지역난방, 열병합, Process Heat 등 그 이용범위가 점차 확대될 것으로 예상되는 만큼 원자로가 소형이고 구조가 간편하고 운영이 편리하여야 하기 때문이다. 특히, 21세기에 원전 수출을 목표로 하고 있는 우리나라의 경우, 수출 대상국이 전력 계통규모가 작은 동남아 지역국이 주요 대상국이라고 볼 때 이와 같은 중·소형의 신형안전로가 적합한 것으로 판단된다.

2.2 신형안전로의 특성

신형안전로의 특징으로서 가장 중요한 것은 안전성의 획기적인 증진이다. 기존 가압경수로보다 100배이상의 안전성을 증진시키는 것이 최근의 신형안전로 설계 개념이며, 안전설계개념은 주로 원자로 정지계통과 잔열제거 계통의 설계개념을 토대로 논의되고 있다.

신형안전로의 안전설계개념으로서 고려되는 개념으로는 피동안전성(Passive Safety), 고유안전성(Inherent Safety), 또는 유사시 운전원의 조치없이도 원자로의 안전성이 유지되는 개념(Walk-Away Safety)등이 있다. 피동안전성은 사고시 안전계통의 기기 작동이 외부전원이나 강제력에 의하지 않고 자유낙하, 자연대류등의 자연적인 물리현상으로 저절로 동작되는 개념이며, 고유안전성은 원자로자체의 설계구조에 의하여 열출력제어의 안전성이 고유하게 유지되도록 하는 개념으로 통용되고 있다.

또한, 신형안전로의 개발 방향은 경제성을 제고할 것을 전제하고 있으며 그 방안으로서 계통의 단순화와 표준화이다. 계통의 단순화는 경제성 측면뿐만 아니라 안전성 측면에서도 매우 중요한 것으로서 능

표 3. 신형안전로의 주요특성

내 용	기존 기압경수로	신형안전로
1. 안전성 · 노심 손상 확률 · 비상조치 가용시간 · 전 전원 상실 사고시 자동 대처시간 · 안전계통 · 인간 공학적 요소	년 10 ⁻⁴ 이하 20분 약 2시간 능 동 형 아나로그식 계측제어로 미비	년 10 ⁻⁵ 이하 72시간 무 한 피동형 디지털 방식으로 극대화
2. 인허가	개별적 적용으로 장시간 소요	일괄적용으로 인허가 용이
3. 성능 · 이용율 · 수명 · 불시 운전정지 빈도	80% 40년 연간 약 10회	87% 60년 연간 1회이하
4. 노심주기 · 핵연료 교체주기	1년	2년
5. 경제성 · 건설기간 · 계통 단순화	55개월 100%(기준)	36개월 50%이하

동기기의 사용을 최소화하고 불필요한 계통이나 기기들을 배제하는 개념이다.

기기 및 계통을 표준화시키고 Module화 개념을 도입함으로써 건설공기도 아울러 대폭 감축시키고자 시도하는 것이며, 현재까지 추진되고 있는 신형안전로의 주요특성중 대표적인 사항을 요약하면 표3과 같다. 세계적으로 불태 현재까지 고유안전 피동형 원자로로서 그 개념이 공개된 것은 약 20여종이 있으나, 상용화를 위하여 개발가능성이 높은 중·소형 신형안전로는 앞서 언급한 표2와 같으며, 우리나라에서 신형안전로를 개발하는데 있어서 국내 실정에 가장 적합한 노형은, 국내의 기압경수로 중심의 설계·건설·운영 경험을 토대로 할때 AP-600과 SIR과 같은 경수로형 신형안전로가 유망할 것으로 전망된다.

특히 AP-600은 600MWe급 루프형(Loop-Type) 기압경수로로서 정상운전시에는 증기발생기에 부착된 Canned Motor Pump에 의한 강제순환으로 原子爐心을 냉각시키고, 원자로 정지후 급수계통이 동작하지 않을 경우에는 피동적인 잔열제거 열교환기(Primary Residual Heat Removal HX)를 통과하는 자연순환으로 붕괴열을 제거하도록 되어있다.

이 잔열제거열교환기는 원자로보다 높은 위치의 격납용기내장 핵연료 재장전수 저장탱크(IRWST; In-containment Refueling Water Storage Tank)내에 위치하여 이곳에 붕괴열을 전달한다. 안전주입은 2개의 노심보충탱크(CMT; Core Makeup Tank), 2개의 Accumulator 및 1개의 IRWST로부터의 중력을 이용한 피동적인 주입에 의해 이루어지는데 여기서 CMT는 주로 소형원자로 냉각재 상실사고시에, Accumulator와 IRWST는 대형 원자로냉각재 상실

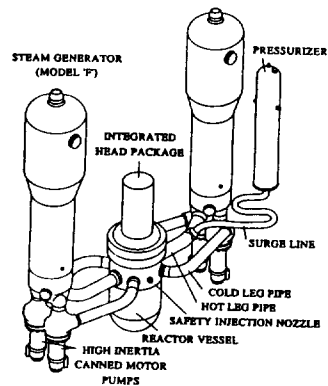


그림 1. AP-600 원자로 냉각재계통

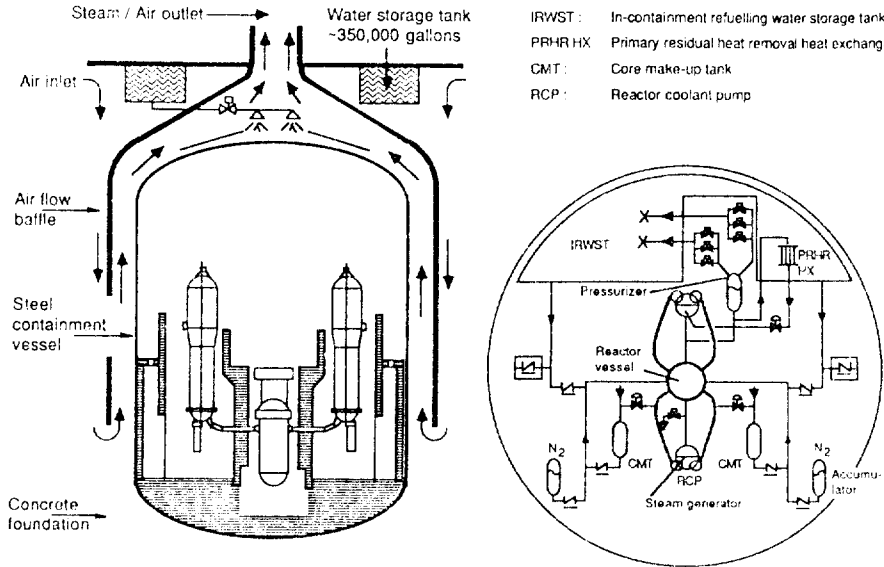


그림 2. AP-600의 피동안전개념

사고시에 원자로에 비상노심 냉각수를 공급한다. 또한 강철제 격납용기의 냉각은 외부에서의 피동적인 냉각수 주입 및 대기의 자연 순환에 의해 이루어지며, 격납용기 내부의 대기냉각 및 방사능 물질 제거를 위해 피동적인 격납용기 살수계통이 구비되어 있다.

2.3 목표 및 개발전략

영광원전 3,4호기를 통해 습득된 기술을 중심으로 한 원전 표준화 계획에 의하여 국내주도 후속기 건설은 울진 3,4호기를 기본으로 하여 고속증식로가 상용화될 2025년까지 반복적으로 지속될 것이다. 한편, 2000년경에는 안전성과 경제성이 획기적으로 증진된 신형안전로가 국제적으로 상용화될 것으로 전망됨에 따라 우리나라에서도 신형안전로의 개발을 위한 연구개발 계획을 과기처가 특정연구개발사업의 일환으로 내년도 부터 추진할 계획이며, 이 계획의 기본골격은 2001년에 기본설계를 완성하고 실증로를 건설하여 2006년에 완공하는 목표를 설정하고 있다.

신형안전로를 개발하기 위하여 우선적으로 관련 정부부처·연구기관·산업체·학계등의 국내 전문가

로 구성된 연구기획조정위원회를 사전에 구성하여 전반적인 연구개발계획을 대책과제로서 치밀하게 기획하고자 한다. 연구기획조정위원회는 기술의 최종 수요자를 포함한 산·학·연 전문가로 구성하되, 그 기능은 분명한 연구목표의 설정, 세부연구과제의 합리적 기획, 능률적 연구팀의 구성, 연구결과 활용 목적의 구체화, 연구개발 추진 현황의 점검 및 연구개발 진로를 조정하기 위한 것이다.

연구개발을 성공적으로 추진하기 위해서는 유관기관의 밀접한 협조가 전제되어야 할 것이며, 한국원자력 연구소, 한국전력(공), 한국전력기술(주), 한국중공업(주) 등 산업체 및 각 대학의 전문인력이 가능한 한 참여하도록 유도하고 모듈형 해상원전 건설을 유도하기 위하여는 관련 산업체의 참여를 최대한 도모하는 등, 그간의 국내 원전건설 및 운영경험과 연구개발 능력을 최대한 결집하고자 한다. 이에 따라 동 연구개발 계획 추진은 범 국가적인 대책과제로서 『연구개발 사업단』을 구성하여 추진하고자 한다. 연구개발 성과는 연차별로 뚜렷한 목표를 정량적으로 설정하여 자동 평가될 수 있도록 추진함으로써 소요된 연구자금과 투입된 전문인력을 효율적이고 합리적으로 운영하게 될 것이다.

앞으로 신형안전로 기술개발 정책은 기존의 습득된 가압경수로 엔지니어링 기술을 대부분 그대로 활용하도록 하되 최신 응용기술에 대하여는 미국을 중심으로한 선진국의 연구개발 동향 정보를 심분 활용할 수 있도록 국제공동연구 형태로 추진해 나가는 것도 바람직한 것으로 판단되는 한편, 2000년대 신형안전로의 수출을 감안할때에는 국내 유일한 신형안전로 개념의 독자적 추진도 바람직할 것이다.

또한, 동 계획에 소요되는 막대한 자금은 정부의 연구개발 자금만으로는 어려운 실정이므로 전력사업자 및 원자력산업체등의 연구자금 출자를 적극 유도하고, 건설이 본격화 될 때에는 국제 원전 기자재 제작업체 및 건설업체의 참여를 모색하여 모듈형 해상원전 건설개념과 아울러 전력사업의 경제성을 제고하고, 수출산업으로 육성하도록 추진할 방침이다. 이와같이 범 국가적으로 유관기관이 긴밀히 협력하여 추진하는 협동연구체계를 구성함으로써 개발 성과에 대한 이익을 공유하게 될 것이다.

3. 고유안전 고속증식로 개발

3.1 세계각국의 고속증식로 개발 현황

1948년 미국의 CLEMENTINE 실험로 이후, 세계각국들은 고속증식로를 꾸준히 개발, 건설하여 운전하고 있다. 특히 우리나라와 같이 에너지자원이 부족한 일본과 유럽(프랑스, 이탈리아, 독일, 벨기에, 영국)은 대책연구과제로 막대한 예산과 인력을

투입하여 고속증식로에 대한 연구개발을 계속추진하고 있다.

현재 운전중인 고속증식로로서 기술개발이 가장 앞선 실증로는 프랑스의 1,200MWe급 Superphenix-1이며, 1968년 12월 부터 가동하기 시작하였으나 기존 경수로에 비해 건설단가가 2.8배 높은 것으로 분석되어 본격적인 상용화 보급에는 시일이 걸릴 것으로 예상되고 있다.

세계각국의 주목할만한 고속증식로 개발현황은 표 4에서 보는 바와 같으며, 1978년 미국 TMI 원전사고 이후 혁신적인 기술개발이 이루어지고 있다. 지금까지 취급하기 어렵게만 여겨왔던 액체금속인 소듐(Na)을 냉각재로 사용하고 세계의 대부분 국가에서 Loop형 보다는 Pool형을 채택함으로써 열적관성을 증대시킬 수 있었으며, 금속핵연료를 사용하는 소형노심을 채택함으로써 고속증식로의 고유안전성을 확보할 수 있게 되었다.

미국은 1970년대에 FFTF 건설, 운영이후 1980년대에 들어서서 고속증식로 상용화계획의 무기연기와 상용재처리 계획의 취소정책으로 고속증식로 개발이 주춤한 상태이나, 미국 정부는 1988년에 들어서서 GE사가 개발한 PRISM(Power Reactor, Inherently Safe Module) 원자로 개발계획과 알곤 국립 연구소의 IFR(Integral Fast Reactor)계획을 재정적으로 지원하고 있다.

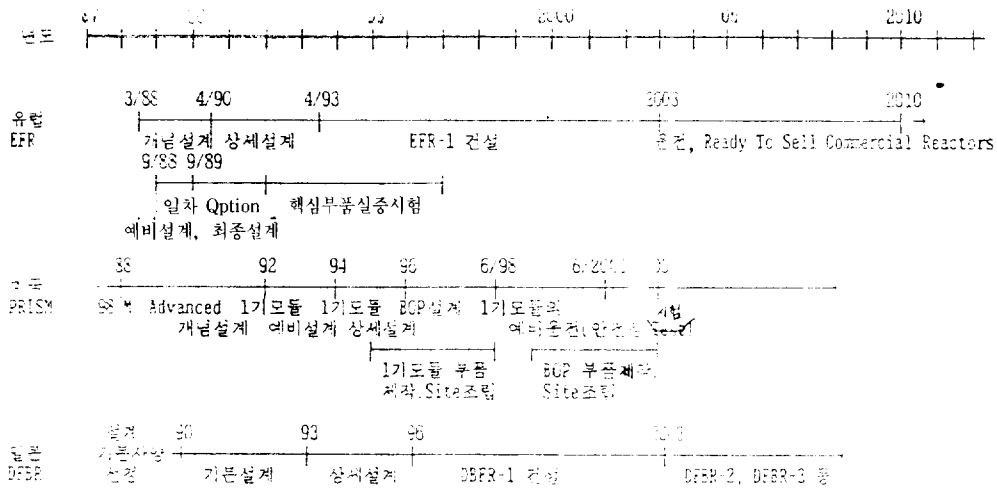
소련은 일찍부터 고속증식로 기술개발을 추진했던 나라로서, 1980년부터 BN-600을 가동하고 있는 한편, 현재 BN-600을 개량한 4개 Loop형태의 BN

표 4. 세계 각국에서 개발되고 있는 고속증식로

(단위 : MWe)

국 명	원자로형 및 명칭	출 력	비 고
프랑스, 이탈리아, 서독, 벨기에, 네덜란드	SUPER PHENIX-1	1,200	프랑스 표준경수로형과 비교할때 건설비 2.8배
프랑스, 영국, 이탈리아, 서독, 벨기에	EFR	1,520	프랑스 표준경수로형과 비교할때 건설비 1.9배, 연속건설시 1.25배
미 국	PRISM	155	미국 신형경수로형과 비교할때 건설비 약 1배
소 련	BN-800	800	—
일 본	DFBR	1,000	—
일 본	Double Pool	300	일본Monju와 비교할때 건설비 1/6배, 연속 건설시 1/12배
일 본	SSSS	50	—

표 5. 세계의 고속증식로 개발 추진 계획



-800을 건설중에 있다.

한편, 유럽의 정부간 협력으로 프랑스의 Superphenix-2, 영국의 CDFR, 서독의 SNR-II를 취합하여 각국의 설계 장점만을 이용한 새로운 유럽형 공동설계 EFR을 도출하기 위한 연구개발계획을 추진하고 있다.

또한, 일본은 100MWt급의 실험용 고속증식로 Joyo를 1977년부터 가동하고 있으며 280MWe급의 원형로 Monju는 1992년 완공예정으로 있는 한편, 1,000MWe급의 실증시험로 DEBR을 계획중에 있다.

유럽 5개국(프랑스, 영국, 이탈리아, 서독, 벨기에)이 개발하고 있는 1,520MWe급 EFR과, 일본이 개발하고 있는 실증로인 1,000MWe급 DFBR은 대형로에 해당되며, 미국의 155MWe급 PRISM과 일본의 300MWe급 이중 풀형원자로는 중·소형에 해당된다. 특히 일본은 기존 대형 고속증식로의 개발을 계속하면서, 동시에 경제성과 안전성을 높이기 위하여 여러가지 형식의 소형 고속증식로를 개발하고 있다.

세계각국의 고속증식로 개발계획에 의하면 표5에서 보는 바와 같이 2003년 경에 새로운 노심 개념의 실증 고속증식로를 건설완료하고, 2010년경에 상용 고속증식로를 개발완성하는 계획으로 있다.

3.2 우리나라의 고속증식로 개발 전망

고속증식로는 설계개념상 고유안전성을 갖고 있으며, 기존 경수로와 비교할때 경제성면에서 아직은 불리한 입장이지만 원전 수요확대에 따라 우리나라의 고갈이 예상되므로 우리나라가격 상승에 따라 경쟁력이 충분히 회복될 수도 있는 한편, 경제성보다는 에너지공급 안정성 면에서 더욱 역점이 주어질 수 있는 것으로 판단되고 있다.

현재 경제성면에서 볼 때 기존경수로보다 건설비가 1.3-2.5배가 비싼것으로 예상되므로 향후 고속증식로의 개발은 경제성향상에 주력하게 될 것이며, 고속증식로의 경제성이 경·중수로와 비슷하게 되는 시점이 되어야 고속증식로의 상용화가 본격적으로 추진가능할 것으로 전망된다.

우리나라에 건설될 원자로 형은 원전표준화 사업에 의하여 개발된 한국형 표준형인 개량형 경수로가 2000년대 초반까지 지속될 것이며, 2006년에 개발될 신형안전로와 함께 2025년까지는 주요 원자로형으로 되는 한편, 보완노형으로서 개량형 중수로가 활용되어야 할 것으로 전망된다.

따라서, 본격적인 고속증식로 기술개발은 2000년대 초반에 추진할 것을 고려하고 있으며, 이에앞서 90년대에는 연구개발 기반을 조성하기 위하여 고속증식로에 관한 데이터베이스 구축과 고속증식로 및 소듐(Na)특성에 관한 기술축적을 위한 소듐 루프실험 설비를 갖추어 나가는 한편, 고속증식로 개발에 관한 선진국의 국제공동연구에 적극 참여하여 기술

개발 동향과 기초기술의 습득에 역점을 두고자 한다.

4. 지역난방원자로 개발

4.1 개발의 필요성

기존의 화석연료에 의한 난방방식은 산성비, 오존층파괴, 온실효과등의 환경파괴 요인이 되고 있으며, 자원의 유한성으로 말미암아 대체에너지원의 개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다. 더우기 우리나라는 부존자원이 지극히 미미한 여건에서 에너지 해외의존도가 매우 높은 경제구조를 형성하고 있으며, 경제성장에 따라 에너지 수요가 향후 더욱 증가될 전망이다. 특히, 우리나라는 기후 조건과 인구밀집, 대단위 공장등의 사회적 여건이, 단위밀집지역에 대한 온수공급 또는 난방에 이용해야 할 열원의 수요가 매우 큰 실정이다.

앞서 언급했듯이 원자력발전을 국가 기간산업으로 육성하면서 원자력기술은 이제 우리나라의 주요한 산업기술로서 터를 닦았으며, 원자력발전 플랜트의 종합설계, 핵연료 및 주요기자재의 설계제작등 주요 핵심기술을 자립하는 단계에 이르렀으므로, 그간 축적되어온 원자력기술을 발전용도 뿐만아니라 난방 또는 열병합등의 용도로 개발, 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

현재 세계적으로 원자력에너지 이용확대 측면에서 실용화가 이루어졌거나 연구개발중인 원자력분야는

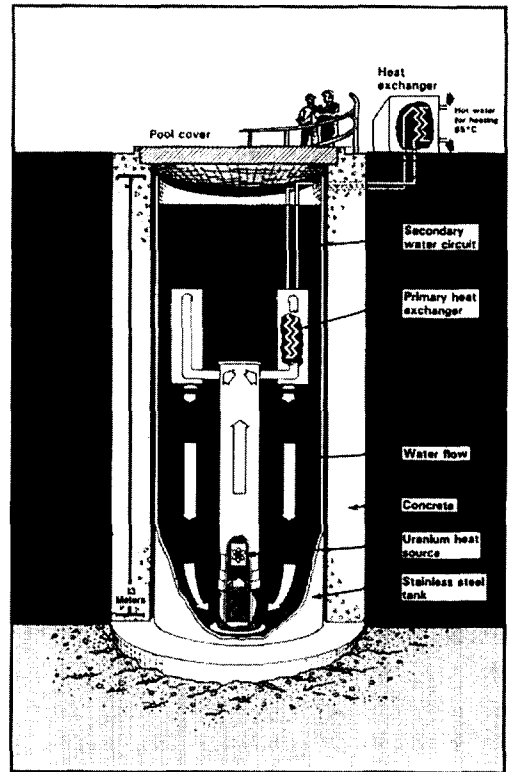


그림 3. SLOWPOKE 에너지 계통

발전뿐만 아니라 증기공급, 지역난방, 중유회수, 석탄액화, 담수화, 선박추진, 우주선 동력등이 있으나, 지역난방원자로에 관한 국제적 연구개발 현황은 표6에서 보는 바와 같다.

우리나라 실정에 응용할 수 있는 지역난방원자로

표 6. 지역난방원자로 연구개발현황

국 명	원자로명	열 출력(MWt)	온 도(°C)	비 고
캐나다	SLOWPOKE-2 SLOWPOKE-3 SLOWPOKE	2KWt 2 10	90	시험완료 시험완료 설계완료
스웨덴	SECYRE-H	400	190	개발중
프랑스	THERMOS	100	139	개발중
소련	AST-500	500	150	건설완료 (불확실)
미국	TRIGA P. S.	15	130	개념설계
독일	NHP	200	198	설계중
중국	—	5	—	'89년도 임계도달

형으로는 캐나다의 SLOWPOKE(Safe Low Power Critical Experiment)와 스웨덴의 SECURE-H(Safe and Environmentally Clean Urban Reactor-Heat)를 고려할 수 있다. 각국의 지역난방원자로는 제각기 나라마다 독특한 여건에 맞추어 개발되고 있으며, 궁극적으로 환경오염이 전혀없으며 경제성이 입증되어야 상용화될 것이다. 또한, 특수목적의 원자로 개발은 그나라의 산업구조와 산업구조내에서의 특수사업이 차지하고 있는 비중에 따라 결정되어야 할 것이다.

지역난방을 위한 원자로 개발에 있어서는 캐나다의 선두주자라고 할 수 있으며, 이미 2MWt급 고유안전성 개념의 SLOWPOKE를 운전하고 있으며 10 MWt급 실증로의 건설을 계획하고 있다. 지역난방 원자로도 발전용 신형안전로와 같이 고유안전성 개념을 설계에 반영하고 있으며, 지역난방이라는 사용목적상 인구밀집지역과 근접하여 건설되어야 하기 때문에 운전원 없이도 운전이 가능하도록 개발목표를 설정하고 있다.

4.2 목표 및 개발전략

지역난방원자로 개발 계획의 목표는 1996년에 10 MWt급 규모의 지역난방로 1기를 한국원자력연구소 부지내에 설치, 완공하여 안전성을 입증하고 소형원자로를 이용한 난방에너지원으로서의 사회적 수용가능성을 개척하는 일이다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 우선적으로 세계 각국의 지역난방원자로 개발 동향을 분석하여 원자로형, 출력규모, 안전계통 및 활용용도등 우리나라 여건에 가장 적합한 설계 개념을 설정하고 원자력 지역난방에 대한 국민적 지지를 획득하고자 한다.

그 방법의 일환으로서 지역난방원자로의 기본 설계와 상세설계를 완료한 후, 정밀한 모형을 제작하여 '93년도 대전 무역박람회를 통하여 홍보함으로써 우리나라의 원자력기술 수준과 난방에의 원자력 응용가능성을 국민에게 소상히 제시하고 기술개발의 성과와 미래 에너지원에 대한 국민적 지지기반을 확보하는 계기를 갖도록 한다. 그후 실증로를 건설하

여 안전성과 경제성을 입증한 후, 대덕연구단지내의 주거지역 (약1만세대)에 보급하거나 대단위 공장 또는 공장밀집지역 등지의 수요자에게 보급하는 계획을 추진하고자 하며, 상용화 단계에서의 난방원자로 보급은 기존의 지역난방업체 또는 기자재 공급업체 등의 민간업체에 기술을 전수하여 추진하는 것으로 구상하고 있다.

지역난방원자로의 설계는 한국원자력(연)이 주관 하되, 상세설계 및 모형제작은 원자력분야의 유일한 종합엔지니어링 업체인 한국전력기술(주)의 전문가팀이 참여하도록하고 기기제작 및 건설 업무는 원자력발전소 건설 및 기자재제작 공급경험이 많은 업체를 선정하여 추진할 방침이다.

5. 맺음말

새로운 원자로를 우리자체의 역량으로 개발하는데에는 막대한 자금과 인력, 그리고 장기간이 소요되고 관련 산업계에 미치는 영향도 지대하므로, 각계 의견을 최대한 수렴하여 단계적으로 추진 하여야 할 것이다. 우선 전반적인 연구개발 계획의 수립을 위하여 연구기획 조정위원회를 구성하고 연구개발 단계별 목표와 수행체계를 신중히 설정하고자 한다. 특히, 연구개발계획의 최종목표 달성 여부를 입증할 수 있는 실증로의 개념을 Prototype Reactor으로 할 것인지, 또는 Demonstration Reactor로 할 것인지를 신중히 결정해야 할 것이다.

또한, 전문인력 수급 차원에서 현재 추진되고 있는 원전 표준화 사업을 고려하여 연구개발 계획에 의한 소요인력 집중 시기를 조정할 수 있어야 할 것이다.

한편, 우리나라 원자력 기술기반은 주로 가압경수로 기술로서 차세대 원자로 기술개발에 무리없이 연계될 수 있겠으나, 새로운 기술개념에 대한 기술확보를 위하여 국제적인 연구개발계획에 가급적 적극 참여하여야 할 것이며, 차세대 원자로 개발계획을 통하여 우리나라 원자력계에 종사하는 산·학·연 전문가 모두의 지혜와 잠재력이 결집될 수 있는 계기가 될 것을 바라마지 않는다.