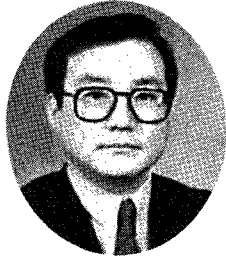


우리나라 原子力技術 自立的 現況과 問題點

한국공공정책학회는 3월20일 서울 힐튼호텔에서 국제정치 학자와 원자력기술 전문가들이 참가한 가운데 「한반도 비핵화 정책 재조명」을 주제로 학술회의를 개최했다. 이 글은 이날 회의에서 발표한 내용이다.



박 군 철
서울대학교 원자핵공학과 교수

역사가 시작된 이래 인류는 에너지원을 확보하기 위해 끊임없이 투쟁하여 왔다. 초기 원시인의 불을 확보하기 위한 싸움에서 최근의 석유를 확보하기 위한 중동 전쟁에 이르기까지 지속되었으며 또한 이를 생산하고 이용하는 기술을 확보하기 위해서도 끊임없이 노력하여 왔다. 왜냐하면 이것이 그들에게 부를 보장하는 원천이기 때문이다.

더욱이 시장의 세계화와 기술의 고도화에 대변되는 현대 산업사회에서는 가히 기술전쟁이라고 불릴 수 정도의 새로운 양상을 띤 경쟁

이 각 나라마다 치열하게 벌어지고 있다. 특히 자원빈국인 우리나라는 비록 그 역사는 짧지만 최근 몇년 사이에 급속한 부의 축적을 바탕으로 국제경쟁력을 키워 선진국의 대열에 서기 위해 각 분야에서 기술을 자립하고 새로운 기술을 개발하고자 안간힘을 쓰고 있다.

우리 원자력계도 70년대를 시작으로 지금까지 급속한 성장을 이루어 국내 전기공급량의 50% 이상을 원자력발전으로 공급하고 있고 1979년 TMI와 1986년 Chernobyl 사고로 세계 원자력계가 침체한 가운데에서도 기술자립을 위한 꾸준한

노력으로 이제는 원자력중진국으로 발돋움하고 있다. 이러한 시점에서 한국전력공사와 정부는 2006년까지 원자력 완전기술자립을 위한 중장기계획이란 마스터 플랜을 수립하였다.

그러나 이러한 중요하고 야심찬 국가적 장기계획도 그간 수없이 겪어온 정책의 불연속성, 건설일변도의 타성에 젖어온 원자력계의 조급성 등에 의해 순조로운 진행 자체도 확신할 수 없지만 무엇보다도 비핵화선언에 따른 절름발이식 핵연료주기 자립, 반핵적 사회분위기에 따른 기술자립후 건설의 어려움 등으로 그 목적을 충분히 달성하지 못할 위험도 결코 배제할 수 없다. 따라서 에너지 기술자립의 중요성을 재조명하고 그간 우리나라의 기술자립 노력과 향후 계획의 문제점을 파악하고자 한다.

에너지 기술자립의 중요성

1973년 제1차 석유파동을 계기로 세계는 에너지의 확보가 국가의 경제사회 발전에 지대한 영향을 미친다는 사실과 에너지자립은 자주국가, 자주경제, 자주국방의 원동력임을 실감하게 되었다.

그러나 이러한 에너지자원은 세계적으로 그 매장이 한정되어 있고 또한 일부 지역에 편재되어 있다. 현재 우리가 사용할 수 있는 에너지원은 가채년수로 석유 35년, 석탄 226년, 천연가스 57년, 우라늄은 80년으로 예상되나 이 중 의존도가 가장 큰 석유는 1970년대 45.7%의 비중에서 2차 에너지 파동

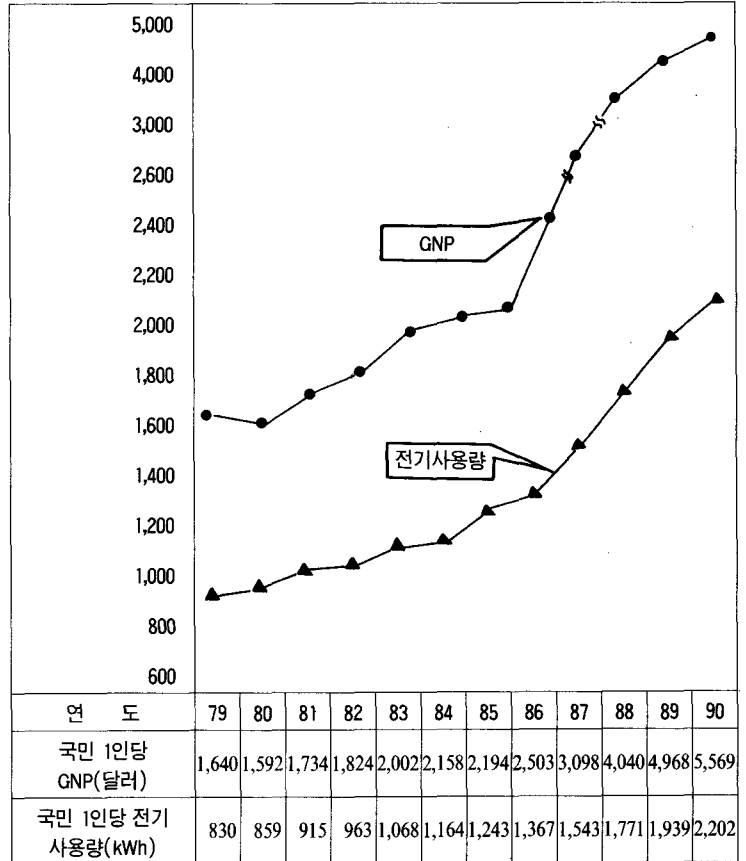
이후 각국의 소비절약 노력으로 지금은 40% 이하로 떨어지기는 했지만 그래도 상당 기간 주종에너지원의 위치를 지속할 것으로 예상되어 향후 부존자원의 부족은 더욱 심각하리라 본다. 더욱이 이들 자원은 세계 일부 지역에(석유는 중동 몇개국에 총 매장량의 절반 이상, 석탄은 미국, 中國 및 옛 소련에 60% 정도) 편재되어 향후 에너지전쟁의 확률은 더욱 높아가고 있다.

이에 비해 우리나라는 국내 부존 자원이 빈곤하고 따라서 에너지원의 다변화는 국가경제를 위해 무엇보다도 절실한 실정이다. 특히 최근 몇년간 급속한 경제성장에 따라 우리의 에너지사용은 <표 1>과 같이 급격히 증가하고 있다. 이는 다른 나라도 마찬가지이며 특히 선진국은 원자력을 포함한 대체에너지 개발과 자국의 경제력 향상을 위한 첨단기술 개발을 경쟁하고 이를 보호하기 위해 중요 분야를 전략산업화함으로써 기술전쟁을 선포하고 있다.

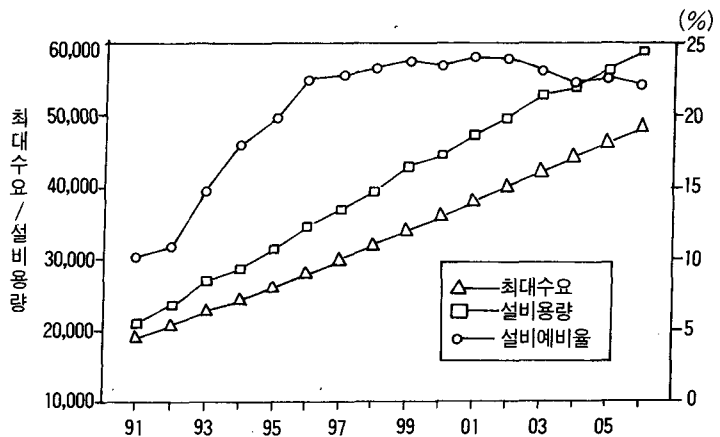
예를 들면 미국은 1991년 국가안보에 필수적인 신소재, 공정기술, 정보통신, 생명공학, 항공운송 및 에너지환경분야 등 6개 분야에서 22개 기술을 전략기술(Critical Technology)로 선정하였고 EC는 1987년 이후 개별 국가의 연구지원능력의 한계를 극복하기 위해 범유럽 차원의 공동연구인 Framework 프로그램을 수립하여 건강 및 환경, 정보통신, 생명공학, 산업기반기술 향상 및 에너지분야의 연구를 추진하고 있다. 그리고 日本도 자주적이고 독창적인 기술개발을 위해 차

<표 1> 우리나라 전기사용량 추이

단위 : 국민 1인당 GNP(달러), 전기사용량(kWh)



자료 : 한전 「90년도 원자력발전소 운영현황」



<그림 1> 2006년까지의 예상 전력 최대수요/ 설비용량

세대 산업기반기술 개발, 대형 공업기술 개발, 의료복지기기기술 개발 및 에너지자원기술 개발과 같은 대형 과제는 국가적 차원에서 추진하고 있다.

따라서 우리나라도 안정적인 에너지 수급과 대외영향을 감소하고 환경문제를 완화시키기 위해서는 원자력의 이용을 확대하여야 하고 이럴 경우 경제성 향상을 위한 기술자립과 안전성 확보를 위한 기술개발은 필수적이다. 또한 늘어나는 원전의 안전성 증진 및 폐기물처리에 대한 독자적인 연구도 지속되어야 할 것이다.

원자력 기술자립의 추진현황

그간 우리나라는 원자력의 중요성과 기술개발의 필요성을 인지하여 이에 대한 노력을 1950년대부터 시작하여 100kW급의 연구로인 T RIGA MARK - II를 1959년에 기공하여 1962년에 초임계에 도달시켜 현재에도 교육용으로 사용하고 있고 그후 1972년에는 2MW급의 TRIGA MARK - III를 준공하여 이 분야의 기초연구를 수행하였으며 현재는 기초연구 및 실험 뿐만 아니라 핵연료 및 노재료 성능 시험을 위해 30MW급의 다목적연구로 KMRR을 1994년 준공 예정으로 건설중이다.

또한 원자력이용 및 원자력발전 기술자립을 위해 1967년 원자력청 산하 원자력연구소는 원자력이용연구계획을 성안하였고 이를 1968년 제126차 원자력위원회의 의결을 거쳐 다음해 1969년 제127차 원자력

위원회에서 수정, 재확정하였다. 그 내용은 국산 원자로 개발과 핵연료 및 노재료 개발에 관한 것이다. 이에 따라 1971년 우리나라 최초의 원자력발전소인 고리 1호기(587M We)를 건설하기 시작하여 1978년 처음으로 상업운전을 개시함으로써 우리나라도 원자력의 불을 갖게 되었다.

그후 우리나라 원자력산업은 비약적 발전을 거듭하여 현재는 총 운전중인 9기와 건설중인 5기를 합쳐 모두 14기가 운전 혹은 건설중이고 이들에 의해 생산되는 전력은 총 전력의 50% 이상을 점유하고 있다. 그러나 향후 전력수요는 계속 증가할 것으로 예상되어 한국전력공사는 장기전력수급계획으로 2006년까지 13기를 추가 건설할 계획으로 1992년 원자력증장기연구개발계획을 수립하였다.

이러한 우리나라 원자력산업의 역사를 통해 그 동안 기술자립에 대한 추진과정을 살펴보면 우선 대학과 한국원자력연구소에서 수행된 국내 기반기술 연구 및 개발과 원자력발전소 건설을 통한 설계국산화로 대별할 수 있다. 원자력 기반 기술에 대해서는 인식부족, 빈약한 연구비 그리고 원전설계 및 건설의 우선으로 대부분 외국 기술에 의존함으로써 지금에 이르러 기술자립에 가장 큰 걸림돌이 되고 있다. 그러나 원전 설계기술에 대해서는 그간 다음과 같은 3단계 과정을 거쳐 상당 부분 자립하였음을 인정받고 있다.

1. 제1단계: 원자력발전소 건설 (Turn - Key)을 통한 기술축적

2. 제2단계: 원자력발전소 설계에 직접 참여(고리 3, 4, 영광 1, 2)

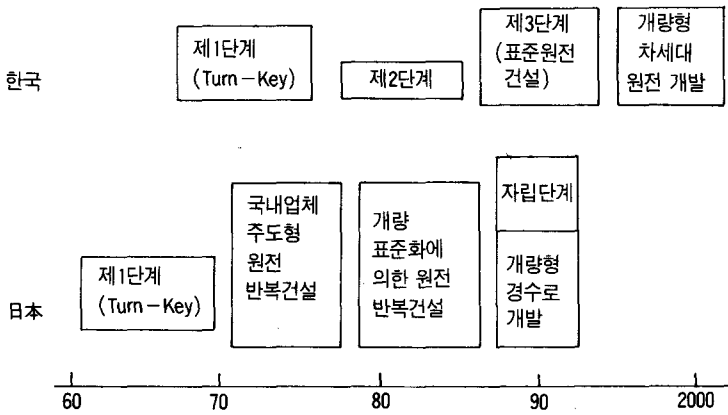
3. 제3단계: 표준화에 의해 국내 업체를 주계약자로 선정(영광 3, 4, 울진 3, 4)

이러한 단계를 거쳐 최종적으로 2006년까지 개량형 및 차세대원전을 독자설계함으로써 기술자립화를 완성하고자 한다.

그러나 이러한 우리의 기술자립 과정은 <그림 2>와 같이 일본의 경우와 비교할 때 상당한 차이가 있음을 금방 알 수 있다. 즉 우리가 처음은 약 10년 가량 늦게 시작하였지만 갈수록 그 격차는 벌어져 급기야 이제 그들은 원전자립에서 개량형 및 차세대원전의 독자설계를 진행중이다.

물론 그들은 2차대전을 통해 충분한 기반기술을 갖춘 상태에서 출발하였지만 그러나 무엇보다도 그들은 꾸준한 의지와 일관된 정책으로 평화이용 3원칙(공개, 자주, 민주)을 바탕으로 한 연구개발을 지속하였기 때문이다. 예를 들면 1956년 1차 장기계획에서의 고속증식으로, 1961년 2차 장기계획에서의 원자력선 그리고 1972년 3차 장기계획에서의 농축 및 재처리시설 건설 등이다.

다음은 핵연료 국산화과정을 알아보자. 상기 언급한 1969년 제127차 원자력위원회의 의결에 따라 핵연료 및 노재료 개발을 위해 <표 2>와 같이 핵연료재처리사업의 도입을 외국과의 협력사업으로 추진하려고 시도하였다. 이에 따라 1973년 한국원자력연구소는 민영화되면서 핵연료주기기술 개발에 필



〈그림 2〉 日本과의 원자력기술 자립비교 연도표

〈표 2〉 핵연료연구시설의 도입 추진과정

1967	원자력청 산하 원자력연구소 원자력이용연구계획 성안
1968	제126차 원자력위원회 의결
1969	제127차 원자력위원회 수정, 재확정 ○ 국산원자로 개발부분 ○ 핵연료 및 노재료 개발부분
1971	원자력청 산하 원자력연구소 재처리사업계획서 작성, 제출(1974~1980년 건설, 경남 온산, 연 300톤 규모)
1972	민간업체 핵연료재처리 합작사업서 작성 ○ 영남화약, Skelly Oil(미), NFS, 미쓰비시 합작 ○ NFS 미국 정부 승인 불획득
1973	한, 불(CERCA), 한, 영(BNFL) 협력교섭 ○ 프랑스 SGN社를 시험용 재처리시설 도입선으로 결정
1973. 3	1975년 4월 시설건설을 위한 기술용역 및 공급계약 체결
1974. 1	벨기에의 BN社와 혼합핵연료 가공시험시설 도입교섭(1975. 11 개념설계 용역계약)
1974. 5	인도 핵실험
1976. 1	재처리사업 보류
1977. 11	제2 핵연료가공사업 보류

요한 연구시설사업을 전담하는 부서를 만들어 핵연료가공연구, 재처리기술연구, 폐기물처리연구 등을 추진하였다. 그리고 1976년 한국핵연료개발공단을 한국원자력연구소로부터 독립시켜 설립하였고 원자력기술 개발에 관한 국제정세 변화 〈표 2〉에 따라 일부 시설의 도입이 중단되어 우라늄정련 및 변환시설,

조사후시험시설, 폐기물처리시설로 대체하여 핵연료주기기술 개발을 지속하였다.

그래서 1978년 프랑스의 CERCA社와의 계약으로 10톤 규모의 핵연료성형가공시설을 완공하였고 이를 토대로 중수로형 핵연료 자체 기술개발에 의한 핵연료국산화사업 기본구상안을 수립하여 1979년 제

26차 경제장관회의에 보고함으로써 1980년대 CANDU형 핵연료국산화기술 개발을 본격화하였다. 중수로형 및 경수로형 핵연료 국산화의 자세한 과정은 〈표 3〉과 같다. 그러나 이는 농축 및 후행핵주기기술의 배제로 결국 가장 중요한 기술개발이 빠진 절름발이식 국산화임을 부인할 수 없다.

후행핵주기기술에는 사용후연료 저장 및 수송, 사용후연료 재처리, 폐기물 처리기술 등이 있다. 사용후연료 저장기술에 대해서는 우리나라는 원자력발전소에서 배출된 핵연료를 재처리하기 전에 임시저장하는 소내습식저장방식(윙슬은 건식 저장인 Concrete Silo)을 택하고 있기 때문에 국제재처리정책이 불투명하고 정부의 정책미정(Wait and See)에 따라 저장용량의 포화가 임박하게 되었고 이에 따라 그간 몇 차례 저장용량확장방안에 관한 연구가 수행되어 적용하였으나 그래도 이제 조만간 완전포화되어(예를 들면 고리 1999년, 영광 1997년, 울진 1999년) 90년대 말까지 중앙집중식 저장시설을 건설하지 못하면 원자력발전을 중단해야 할 위기에 봉착하고 있다. 또한 중앙집중식 저장을 대비하여 한국원자력연구소는 수송시 방사선차폐, 핵연계, 충돌, 낙하 및 화재를 고려한 수송용기(37톤, 5.6 × 1.2m의 KSC-4)를 자체 개발하여 놓고 있다.

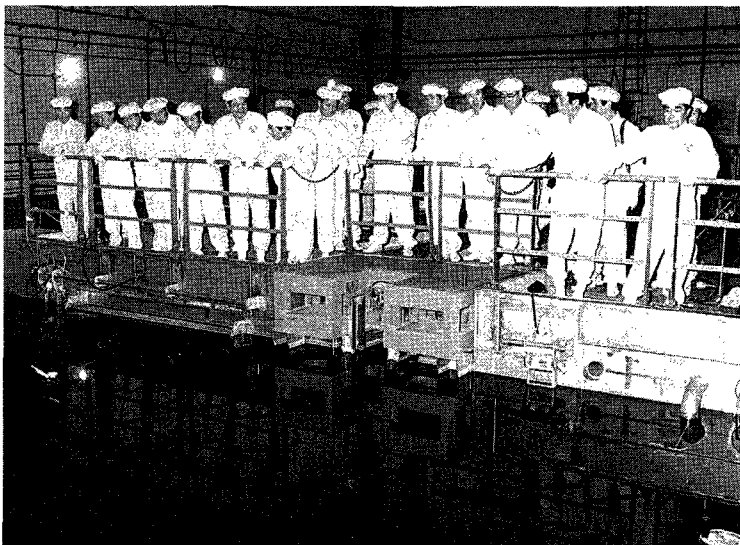
그러나 사용후연료 재처리기술 개발에 대해서는 이것이 국제적으로 매우 민감한 사항이라 현재는 혼합핵연료에 대한 개념적 연구만이 수행되고 있다. 특히 정부의 비

〈표 3〉 중수로 및 경수로형 핵연료 국산화 연혁

중수로형	경수로형
1981~1983 중수로 핵연료제조기술 확립	1981. 7 제31차 경제장관회의
1983. 9 최초 국산핵연료 24개 월성 장전	1985. 8 KWU 기술도입 및 기기공급계약
1983~1986 연 10톤 규모를 100톤 규모로 양산체제	1986. 11 성형가공공장 기공
	1988. 12 성형가공공장 준공
	1989. 7 국산핵연료 출하(고리 2호기)
	1990. 2 국산핵연료 장전(연간 200톤 규모)
	1993. 3 재변환공장 생산개시

〈표 4〉 각국의 후행핵주기정책

국명	관리정책	비고
프랑스	재처리	· La Hague 재처리시설(800톤 규모 2기) · 혼합핵연료 경수로에 순환사용
영국	재처리	· Sellafield 재처리시설
일본	재처리	· 도카이무라 Pilot 재처리시설 · 영국 및 프랑스에 재처리 위탁 · 록카쇼무라 상용재처리시설(800톤/년)
독일	위탁재처리 및 중간저장	· 영국 및 프랑스에 재처리 위탁 · 혼합핵연료 경수로에 순환사용 · Gorleben 영구처분장 운영예정
스웨덴	중간저장후 처분	· 3,000톤 규모 습식중간저장시설 운영중 · 2020년 처분장 개설목표
미국	중간저장후 처분 또는 재처리	· Yucca Mountain 영구처분부지 추진중 · 상용재처리는 중단(1977년)



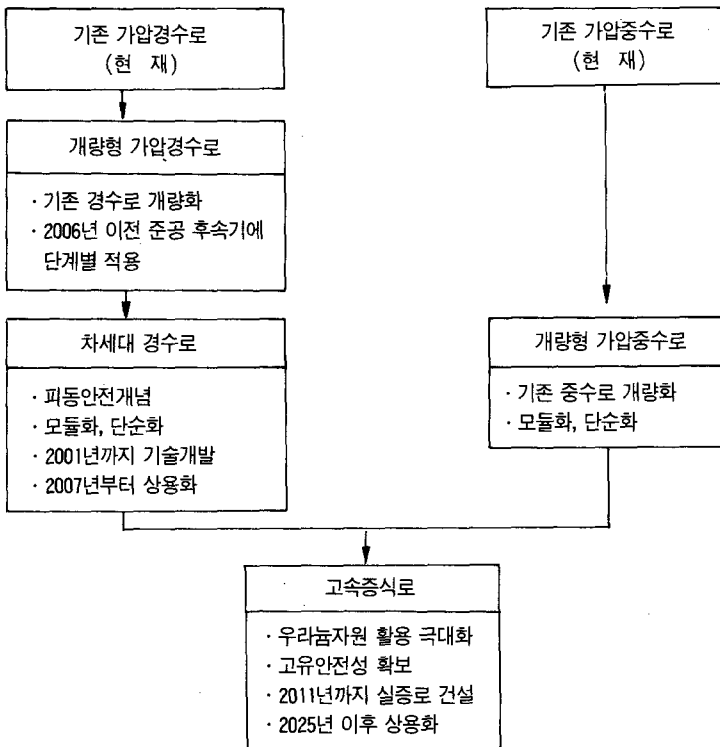
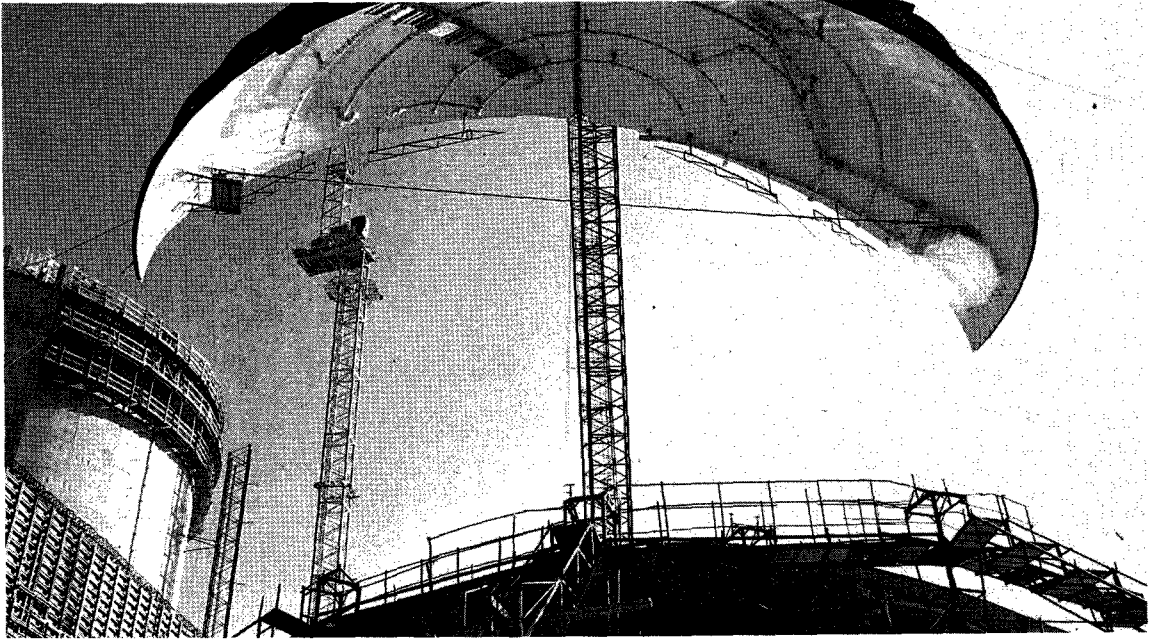
핵화선언에 따라 재처리기술이 사용후연료 재처리에 의한 폐기물 감소 및 우라늄 이용도 증진 등에 크게 활용될 수 있는데도 불구하고 기초적 연구 분위기마저 침체시키고 있는 실정이라 크게 우려되는 바이다.

마지막으로 폐기물 처리기술로는 중, 저준위 및 고준위 폐기물에 대한 Volume Reduction 방안이 연구되고 있고 1988년 7월22일 제220차 원자력위원회에서 1997년말 소외중앙집중식 중간저장시설을 건설하여 사용후연료 관리에 대한 최종국가정책 결정시까지 중간저장관리를 의결하였으나 안면도사건 이후 건설에 상당한 차질을 빚고 있고 그후 관련기관은 뚜렷한 대안을 제시하지 못하고 있는 실정이라 보다 신뢰할 수 있고 책임있는 행정이 시급히 요구되고 있다. 참고로 〈표 4〉는 각국의 후행핵주기정책을 보여주고 있다.

기술자립의 문제점

이상과 같이 그간 우리나라는 급속한 원자력산업의 성장과 더불어 관련기술의 자립화에 대한 많은 노력을 기울여 왔다. 그러나 기반기술의 자립을 도외시키고 조직적이고 미래지향적인 장기계획 없이 건설에만 급급하다 보니 닥치는 시안마다 외국의 기술전수나 기술자문을 운운하는 우를 범하고 있다. 따라서 그간 우리의 기술자립과정이나 자세의 문제점을 정리해 보면 다음과 같다.

1. 기초기술연구에 대한 투자 미



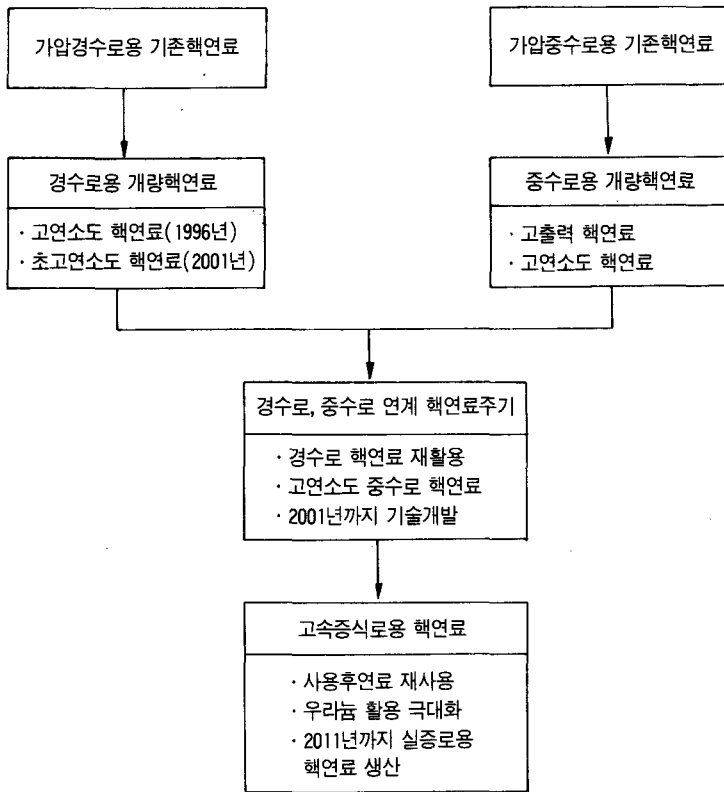
흡

2. 건설공기를 맞추기 위해 기술 자립 등한
 3. 기술자립을 위한 국가적 장기 정책이 결여
 4. 제조기술보다는 소프트웨어적 연구에 치중
 5. 관련 R&D를 통한 사용후연료 관리기술의 자립이 시급
 6. 비핵화선언에 따라 재처리기술이 군사적 이용으로 오도
- 마지막으로 기술자립의 완성을 위해 한국전력공사와 정부가 마련한 원자력중장기계획을 소개하고자 한다.

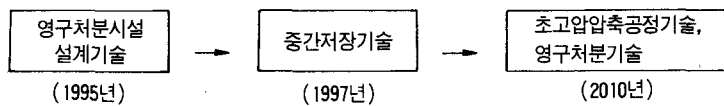
기술자립추진계획

1980년대에 이르러 우리나라 경제는 비약적인 발전을 하였고 이에 따라 전력수요도 급격히 증가하여

〈그림 3〉 원자력기술개발추진계획



〈그림 4〉 핵연료기술개발추진계획



〈그림 5〉 방사성폐기물관리기술개발추진계획

그간 계속된 발전소 건설에도 불구하고 최근 여름이면 전력불안에 떨고 있다. 이러한 전력수요 증가는 〈그림 1〉에서 보듯이 향후 계속 증가할 것으로 예측하여 한국전력공사는 장기전력수급계획을 수립하여 2006년까지 13기를 추가 건설할 계획으로 1992년 원자력증장기연구개발계획을 수립하였다. 그리고 차

제에 TMI 및 Chernobyl 사고에 의해 고조되고 있는 원전 안전성의 불안을 불식시키기 위해 안전성을 극대화시킬 수 있는 G7 과제의 차세대원전을 포함한 개량형 원전건설과 원전기술의 완전자립을 목적으로 〈그림 3〉, 〈그림 4〉, 〈그림 5〉와 같은 세 분야의 기술개발을 추진하고 있다.

결론

그간 우리나라 원자력기술 개발은 너무 소프트웨어적인 면에 치우침으로써 제조를 위한 기초기술 축적에 미흡하였고 또한 사용후연료 관리에 대한 독자적인 최종국가정책이 부재(Wait and See)하였기 때문에 근본적인 기술자립이 원자력산업의 고도성장에 비해 뒤따라오지 못하고 있었다.

이제 TMI 및 Chernobyl 사고와 반핵분위기의 어려움에도 불구하고 한국전력공사와 정부는 2006년까지 원자력 완전기술자립을 위한 중장기계획이란 마스터 플랜을 수립한 마당에서 지금까지의 시행착오를 극복하고 명실공히 그 목적을 달성하기 위해서는 원자력사업의 투명성 보장 아래 원자력의 평화적 이용에 대한 국제적 신뢰성을 확보하고 결정권자의 강력한 의지로써 기술개발을 위한 관련분야의 지속적인 국가지원이 뒤따라야 할 것이다.

그리고 향후 과학정책 수립에는 사전에 충분한 전문가의 의견수렴을 통해 정치, 경제, 외교, 과학분야의 긴밀한 협조체제가 구축되어야 하며 또한 관련정책의 일관성이 유지되어야 할 것이다. 이런 면에서도 자칫 원자력산업이 오도될 수 있는 비핵화선언 등은 재조명되어야 함이 바람직하다.

마지막으로 기술자립만이 기술패권주의 사회에서 살아남을 수 있는 유일한 길임에 안정된 국가 에너지자립기반이 확보되어야 함을 재강조하는 바이다. ▣