

21세기 초 차세대 핵융합장치 개발 국제공동연구 동등참여 자격 확보

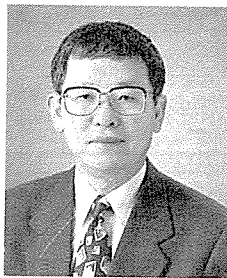
우리는 5년 후로 다가온 21세기를 맞이하면서 국민 개인소득 3만달러의 시대를 열 준비를 하고 있다. 이렇게 고도 문명 사회로의 전환에서 에너지는 가장 중요한 요소이며 부존자원이 빈약한 우리나라의 경우는 더욱 그러하다.

21세기 이괄 주요 요소기술

최근에 발간된 사이언티픽 아메리칸 (Scientific American) 잡지의 1백50주년 기념 특별호인 1995년 9월호에서는 21세기 요소 기술(Key technology of 21st century)로서 에너지 분야에서 핵융합과 태양에너지를 소개하고 있다. 우리나라에서도 이러한 차세대 에너지 요소기술인 핵융합 연구가 그동안 꾸준히 진행되어 왔으나 체계적이 못되고 개별적인 형태가 주종을 이루고 있었다.

최근 과거처에서는 중간진입 자문위원회의 논의를 거쳐 국가 핵융합 연구 기본계획을 성안하여 범 부처적 추진 계획으로 기획중이며 지난 8월과 10월 두차례에 걸쳐 상기 계획안에 대하여 내용을 설명하고 의견제시 및 토론을 거치는 전문가 및 일반 공청회를 개최한 바 있다.

이러한 범 국가적 차원의 핵융합 연



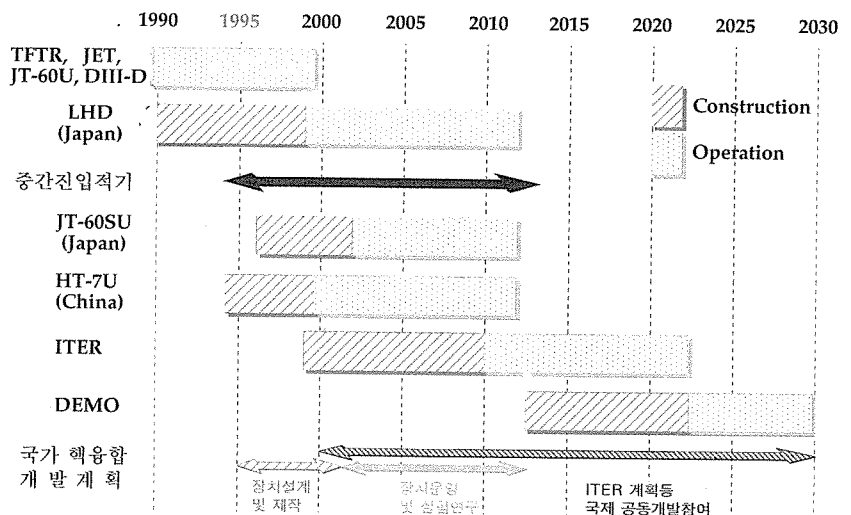
崔 德 隣
〈기초과학지원연구소 소장〉

구개발 사업의 추진은 현재의 세계적인 핵융합 연구의 여건에 배경한 것으로 이것은 70년대 중반에 있었던 석유 파동의 결과로 선진국들에 의해 건설이 시작되어 80년대 초반에 가동에 들

어간 대형 핵융합 실험장치인 미국의 TFTR, 유럽연합의 JET, 일본의 JT-60 등 전자석을 이용한 세계 3대 토카막이 21세기 초에는 그 수명이 끝나고 초전도자석의 국제 열핵융합실험로(ITER) 장치도 2010년경에 본격 가동에 들어가도록 된 것을 말한다. 이러한 국제 연구여건으로 비추어 볼 때, 2001~2010년 사이가 바로 우리가 핵융합 연구의 본류 진입의 절대적 기회인 '타임 윈도우(Time Window)' 이기 때문이다.

기본계획의 연구개발 목표는 첫째로는 중간진입 전략을 활용하여 21세기 초까지 세계 수준의 '차세대 초전도 토

〈그림 1〉 핵융합 기술개발 연표



카막 핵융합장치'를 국제 공동협력을 통해 국내 기술로 건설하여 선진국 수준의 핵융합 연구능력을 확보한다는 것이다.

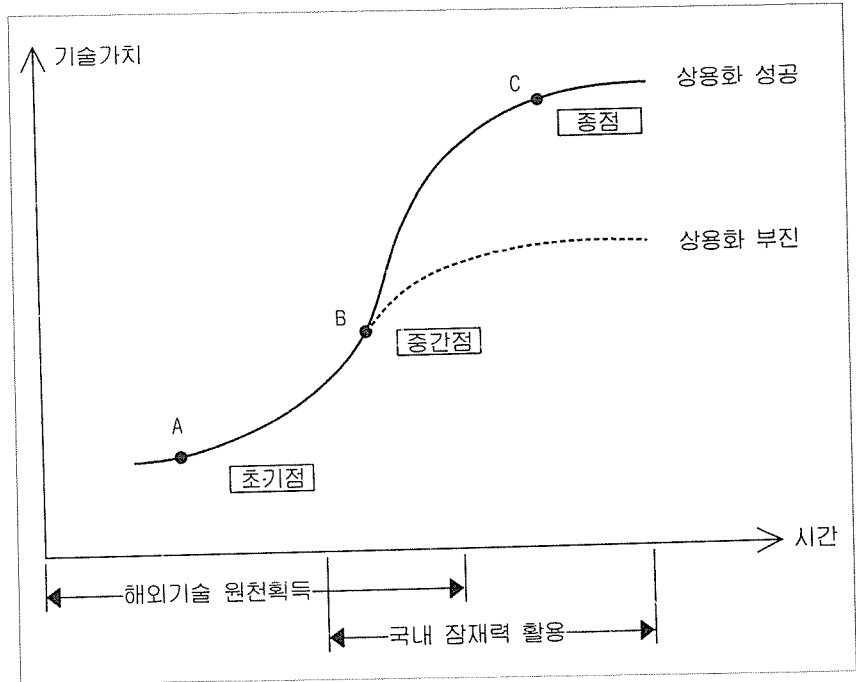
여기서 중간진입 전략이란 <그림2>의 개념도에서 볼 수 있듯이 취약한 국내 연구개발 능력과 자원을 고려하여 국제 경쟁력있는 첨단 기술제품을 개발, 세계시장을 선점하기 위해 상업화 이전 단계에 있는 첨단 과학기술의 기초 기술 개발과정과 상업화 단계의 중간점에 진입, 필요한 기술을 선별적으로 획득, 개발하여 실용화를 촉진하는 전략을 말한다.

세계적으로 현존하는 토카막장치는 거의 전부가 전자석을 이용한 것으로 플라즈마 유지 시간이 수초에 그치고 있다. 그러나 융합로의 요건은 수백초 또는 그 이상을 요구하고 있어서 전자석이 아니라 초전도 자석이여야 한다. 따라서 '차세대'라 함은 다른 요건도 있으나 초전도임을 뜻하며 여기서는 그렇게 정의하기로 한다.

또 외국에서 계획되고 있으며 일부 건설되고 있는 대형장비를 피해서 우리 국력으로 가능한 최소규모의 장치를 구상하고 있다. 연구개발비 면에서도 1/10내지 1/5의 비용이 예상되고 있으나 이 장치가 21세기 초에 가동될 때, 세계적 핵융합 연구계에서 주목의 대상이 됨과 동시에 핵융합기술개발에 기여할 그러한 기종을 설계중이며 그것이 가능할 것으로 기대되고 있다. 차세대 초전도 토카막의 개념도는 <그림3>과 같다.

그림에서 보듯이 토카막은 토로이달, 폴로이달 및 중심솔레노이드의 세가지 자석으로 구성된 장치에 플라즈마를 가두어 가열하는 용기로서 플라즈마

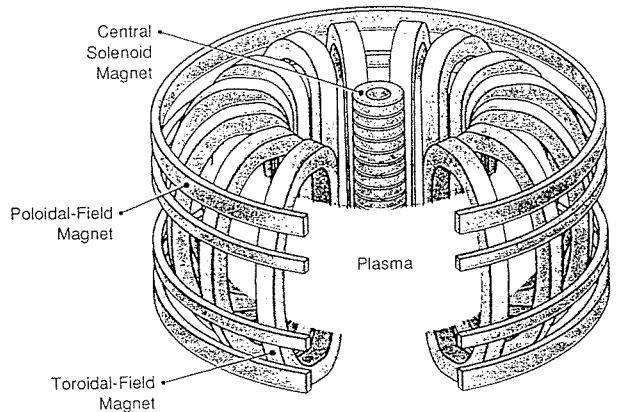
<그림2> 중간진입전략 개념도



내부의 자체 전류와 외부로부터 다른 장비를 이용한 가열이 수행된다.

이러한 고온 플라즈마가 충분히 긴 시간동안 밀폐되면 핵융합 반응이 일어나게 된다. 중간진입 전략이 성공한 예로서는 일본 핵융합 연구가 후발주자로부터 일약 선진국으로 도약한 미국-일본간의 국제협력을 꼽는다. 1977년 후쿠다수상이 '10년간 10억달러' 국제공동연구 프로젝트를 제의하여 성사된 것으로 일본의 실험연구인력을 대량 훈련시켰으며 현재의 세계적 토카막인 JT-60U 등 최첨단급 실험장치 운영을 주도적으로 하고 있는 일본의 핵융합 연구인력이 이러한 국제협력으로부터의 결과중 하나이다.

<그림3> 차세대 초전도 토카막



발전속도 반도체 칩보다 빨라

연구개발의 두번째 목표는 국제 열핵융합 실험로 (ITER) 장치 가동시까지 세계수준의 핵융합 기술을 확보하여 핵융합 에너지 개발을 위한 대형 국제공동연구에 동등한 자격으로 참여할 수 있는 연구기반을 확보한다는 것이다. <그림2>에서와 같이 선진국들에서는 과거 20년동안 핵융합연구에서 1천 만배에 달하는 연구성과를 올렸으며

이것은 최근 국내외에서 각광을 받고 있는 최첨단 반도체 칩 발전속도보다 빠르다고 평가되고 있다(미국 대통령 과학기술 자문위원회 1995년 6월 16일 보고자료 참조).

또 95년 9월 미국 물리학회에서 발간된 Physics Today지가 이 위원회 보고서 내용을 요약 보도한 바에 따르면, 미국의 재정적자로 인한 연구 투자감소 추세에도 불구하고 미국 정부의 핵융합 에너지 개발투자는 미래 에너지 개발을 위해 필수적인 중요한 투자이며 현재 미국의 핵융합 연구개발 투자규모는 사회 전체로 보아도 효용성이 높다고 결론내리고 있다. 그러나 상업화 되기까지는 그림에서 표시된 것과 같이 2030년에 처음 가동이 예상되는 DEMO(Demonstration Power Plant)에서 그 첫발을 디딜 예정이다.

그 이전에 미국, 유럽 연합(EU), 일본 및 러시아의 선진 4개국이 공동으로

같은 지분을 갖고 참여하는 ITER 프로젝트가 연구되고 있다. 이 장치는 1988~1990년에 1단계로 개념 설계가 완료되었고, 1992~1998년에 2단계로 상세 설계가 진행중이다. 3단계로 2010년까지 건설을 완성하여 가동하기 시작할 것으로 기대되고 있으며 핵융합 발전로를 위한 실증 실험로 역할을 할 것이다.

ITER의 재원은 대형으로서 충분히 여유있게 크게 계획되고 있으며 그 후 설계 가동될 핵융합 발전로에서 제기될 수 있는 모든 과학적, 공학적 문제점들을 해결하고 연구할 수 있도록 설계되어 있다. 따라서 전형적 발전설비보다 고가로서 70억달러로 예상되고 있으나 이웃 일본을 비롯하여 독일과 미국(캐나다 지역에 유치희망) 등이 물밑 유치 경쟁에 나서고 있다.

1995년 8월 1일 일본 신문들에 의하면 우리의 전국 경제인연합에 해당하는 「경단련」에서 일본 정부에게 ITER

일본유치를 정식 요청하였다는 소식이 있다. 이에 따르면 ITER는 미래 에너지 기술의 확보는 물론 극한 첨단기술의 복합체로서 일본 기술력의 향상과 경제계 활성화에 크게 도울 것이라는 결론에 따른 것이라는 보도이다. 따라서 우리의 목표는 최소한의 비용으로 기술력을 키워 'ITER 계획'으로 상징되는 핵융합 기술 선진국 그룹에 반드시 동반자적 참여를 하여야 한다는 결심이다. 플라즈마 - 핵융합연구는 1958년 이후 가장 모범적인 국제 협력 연구로서 개방적이고 협조적 학술활동으로 이루어져 왔다.

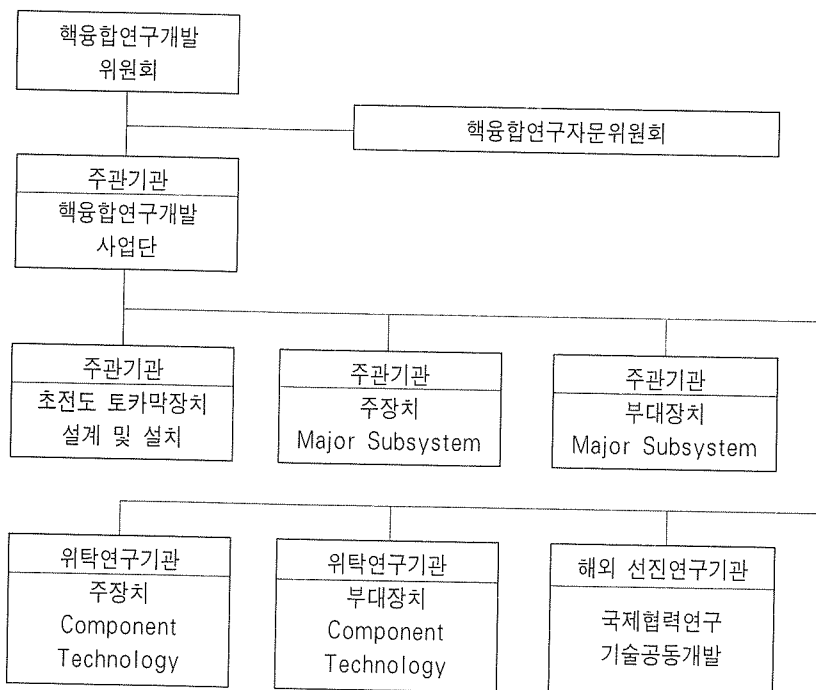
기술장벽 높기 전 기반 갖춰야

그러나 ITER 계획을 시작으로 기술의 폐쇄성 징후를 보이고 있는 것이다. 즉 ITER는 4개 국가가 같은 지분으로 출자하되 결과기술은 참여국가만이 똑같이 나누어서 소유한다는 약속이다. 따라서 앞으로 상업적 발전이 가능해지는 단계에서는 더욱 폐쇄적 기술내용이 될 것이며 OECD로 통칭되는 선진국이 쌓고 있는 후진국에 대한 기술장벽 못지 않게 테두리 안과 밖을 엄격히 구별할 것으로 보인다.

따라서 우리나라는 핵융합 기술장벽이 높아지기 전에 기반기술을 갖추고 '클럽멤버'에 포함되어야 하겠다는 목적이다. 원자력발전소의 예에서 보듯이 턴 키 베이스로 외국의 발전소를 계속 사오면서 뒤늦게 국산화를 하느라 엄청난 돈과 인력을 쏟아 넣어야 했다는 전철을 다시 밟지 말아야 할 것이다.

핵융합연구개발의 추진 전략으로서 는 범 국가적 차원에서 정책을 수립하고 추진할 「국가 핵융합 연구개발 위원회」를 설치하고 또한 전문적 자문과 검

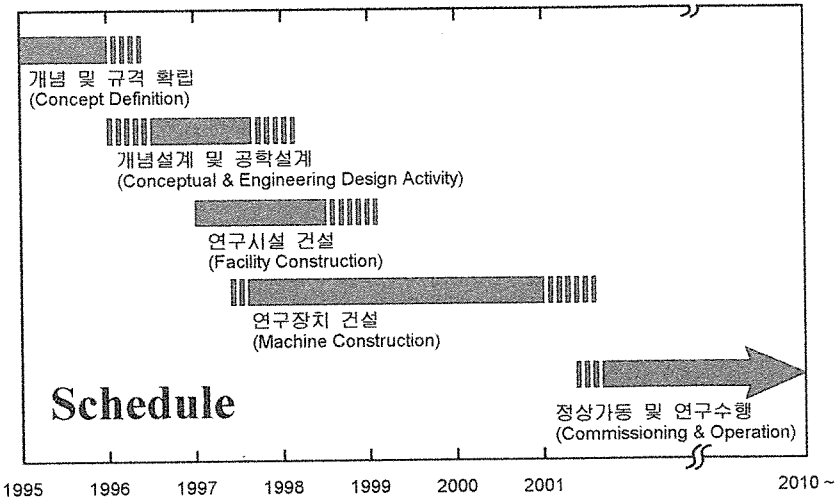
〈그림4〉 연구개발 추진체제



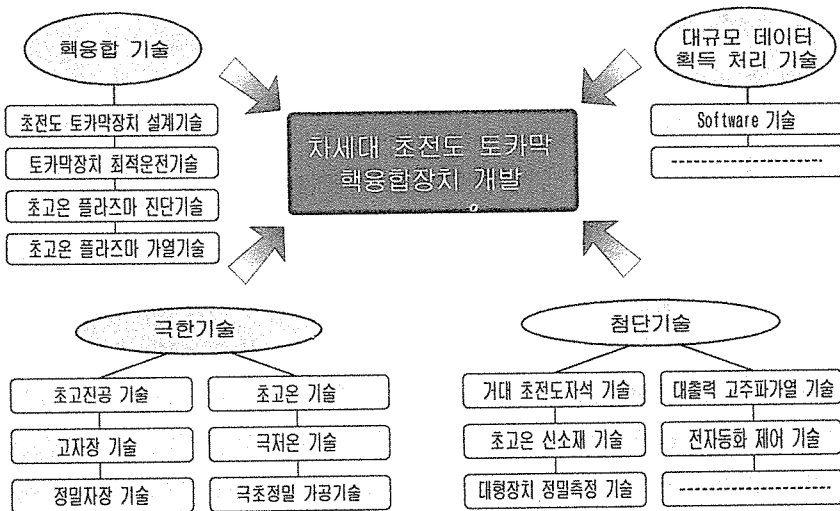
〈표1〉연도별 연구개발비

투자주체	정부	제1단계			제2단계			누계
		95년	96년	97년	98년	99년	2000년	
		25	55	160	200	240	260	2600
	민간							1200

〈그림5〉장치 개발, 설치 일정표



〈그림6〉 차세대 토카막에 관련된 기술표



증을 수행할 국내의 전문가로 구성된 「자문위원회」를 두며 총괄기관 내에 「사업단」을 설치하여 연구수행 주체인 공동 연구기관 및 위탁 연구기관 사이의 연구 진행사항 조정과 행정지원을 담당할 것이다. 주 장치, 부대장치 및

요소기술 연구는 전문인력이 모여 있는 전국의 각 대학과 연구소에서 수행되며 그 추진체제는 〈그림4〉와 같다.

건설될 장치의 재원은 초전도 자석을 사용한 토카막으로서 주반경 1.6~2.0미터, 부반경 0.7~1.0미터, 자장세기

3~5 테슬라, 플라즈마 전류 2~5메가 암페어 등이며 플라즈마 유지시간을 10 내지 1천초 이내로 예정되어 있다. 1995~2001년 예정의 장치개발과 설치 일정표는 〈그림5〉와 같이 4단계의 설계와 건설을 거쳐 2010년 ITER 가동 전까지 연구수행이 계획되어 있다.

또 개발비용은 〈표1〉과 같이 2단계 7개년에 걸쳐 총 1천2백억원의 정부투자자와 민간기업체 산업화에 따른 투자로 구성되어 있다.

토카막 자체건설에 따른 초전도 자석, 대형 초고진공, 초고온 특수소재, 대출력 고주파발전, 진단, 계측제어 및 대규모 데이터 처리 등의 최첨단 극한 기술 등은 〈그림6〉에서와 같이 필요 불가결한 것으로 우리나라 산업체가 앞장서서 본 연구의 국제협력 방식에 따라 외국으로부터 기술도입에 따른 국산화에 집중 노력해야 할 것이다.

이러한 기술은 산업체사이에서는 절대로 기술이전이 안되는 것으로서 핵융합 국제협력의 이점을 최대한 이용하여야 한다. 미국, 일본 및 유럽의 첨단기술보유 산업체가 그 대상이다. 일본의 핵융합 연구능력을 세계 정상급으로도 약하도록 한 주도적 추진력은 일본의 재벌급 산업체들이었으며 그 후 연구추진, ITER 유치 등에도 이들이 앞장서 있다. 일본 산업계가 눈앞의 이익뿐 아니라 10년 이상의 장기적 안목에서 국가와 협조하여 첨단기술에 집중 투자하는 것은 장기적 기술경쟁력 확보의 지름길임을 인식한 때문일 것이며 우리나라의 산업체들도 이제는 세계적 기업으로 성장하였으니 이웃나라의 이야기를 타산지석 삼아서 국가 핵융합 계획에 적극 참여할 것을 기대해 본다. ⑤7