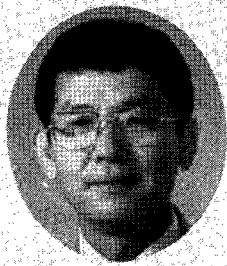


## 특 집

핵융합개발을 진단한다

# 國際協力 努力과 成果



최 덕 인

한국과학기술원 물리학과 교수

**무**궁하고 깨끗하며 안전한 에너지원의 기술확보는 인류의 염원이다. 핵융합이 그 가능성 중 하나로 제시된 것은 태양에너지의 근원이 핵융합이라는 물리적 규명이 이루어진 1938년 George Gamow의 논문(Physical Review) 이후 꾸준히 거론되어 왔다.

제 2차 세계대전에서의 원자폭탄 개발과 그 후 이어지는 수소폭탄 개발경쟁과 함께 비밀리에 미국과 옛 소련에서는 핵융합연구가 이루어져 왔으며 아이젠하워-후루시초프 두 미소정상회담 합의에 따른 제2차 UN 원자력에너지 평화적이용회의가 1958년

제네바에서 개최 핵융합연구가 국제협력의 모범적 효시가 되었다.

이 회의에서 있었던 일화로서는 그때까지 양 진영에서 비밀리에 연구되어 온 사례들이 거의 일치한다는 것으로서 인류의 Idea의 한계와 유사성을 실감케 하였다고 한다.

그 이후 자유,공산 양 진영은 냉전체제와, 이념갈등으로 인하여 정치관계가 악화되고 이 영향으로 인하여 양진영 관계에 기복이 없지는 않았으나 핵융합협력사업은 비교적 정치성이 배제되어 꾸준한 협력이 지속되어 국제협력의 성공 모델로 인식되고 있다.

당초에는 미국과 소련이 위주가 되고 기타 국가가 산발적으로 참여하는 양상이었으나 유럽은 여러나라가 EC를 통하여 통합하는 노력으로, 일본은 스스로 부존자원부족에 대한 인식과 지리적여건의 불리한 환경, 또 경제대국으로의 급부상에 따른 장기적 에너지원 확보의 필요성등이 결합하여 미국, EC, 일본, 소련(최근에는 러시아 연방)의 4대 강국간의 국제협력관계로 변천되어 왔다.

독일의 기술부장관 H. Riesenhuber 박사가 1989년 「우리 인류에게는 장기적 에너지공급의 선택으로서 태양, 증식로 및 핵융

합 등 세가지 대안 외에는 없다.»라고 하였으며, 「기술적으로 가능할 뿐만 아니라 경제성, 안전성, 환경 등에서 만족할 만한 대체 에너지 공급원으로서 핵융합을 꼽을 수 있다.»라고 보고한 1990년 국제원자력기구(IAEA) 자문회의의 보고서를 보아도 에너지원으로서 핵융합에 거는 기대는 막대한 것이다.

그러나 핵융합이 새로운 에너지 원천요소로서 개발되어 상업적으로 이용되기까지는 아직도 넘어야 할 난관이 남아 있으며, 과학적으로나 기술적으로나 세계적인 하나로 받아들여 그 해결을 위해 꾸준하고 집약된 노력이 요구되고 있다.

이에 따라 핵융합 선진국들 사이에서는 국가간의 협약, 또는 국제기구의 주선 등에 따른 양국, 다국간의 국제공동연구가 활발히 전개되고 있으며 이는 또한 장비의 대형화, 다방면의 인접과학과, 많은 인재양성의 필요성등이 복합적으로 작용하여 단독 국가의 노력만으로는 어려운 사업임을 실감함으로써 국제협력이 자연스러운 추세로 자리잡혀가고 있다.

**다국가 또는 양국가간의 협력**

핵융합연구에서의 국제협력은 국제에너지기구(IEA) 및 국제원자력기구(IAEA)하에서 수행되거나 또는 다국가간, 양국가간의 협정하에서 이루어지고 있다. I

EA 사업의 예로는 대형 코일 사업, 초전도 자석개발, 플라즈마와 벽면의 상호작용연구 등이 있으며, IAEA 사업으로는 대형 국제 핵융합로 개발사업인 ITER계획이 있다(ITER에 관해서는 후에 기술할 예정임).

다국가 또는 양 국가간의 협력은 미국-일본, Euratom 내 국가간, EC-미국, EC-일본간의 협력사업이 있으며, 대표적 다국가간 협력사업으로는 Euratom 내의 JET 토카막협력연구, 양국가간 사업중 내실있는 협력사업으로는 미국-일본간에서 10여년간 계속 수행되고 있는 공동협력연구를 예로 들 수 있다.

이 외에도 국가적 차원에서는 아직 핵융합 개발도상국으로 간주되는 한국, 중국, 남아메리카 국가들과 선진국간의 협력사업도 추진되고 있으나 규모나 내용면에서 공동협력연구로서는 아직 기대에 못미치고 있는 실정이다.

**JET 토카막**

국가간 국제협력사업의 대표라고 이미 기술한 영국 소재의 JET는 The Joint European Torus의 머릿 글자를 딴 약자로서 일본의 JT-60와 미국의 TFTR와 함께 현존하는 3개의 대형 토카막 핵융합 실험로중 하나이다. 이 장치는 1978년에 Euratom(European Atomic Energy Community)에 의하여 계획되고 1983년에 건설

이 완성되어 과거 10년간 목적인바 연구수행을 훌륭히 달성해 나가고 있다.

Euratom은 1957년에 영국, 독일, 프랑스, 이탈리아 등 6개국에 의하여 창설됨과 동시에 핵융합 공동연구가 싹트기 시작했다. 70년대에는 각국의 소형 토카막 실험을 중심으로 협력연구가 진행되었고 이를 기반으로 하여 1977년 EC 장관회의에서 통과된 안을 기초로 JET가 건설된 것이다.

JET는 650명의 과학자, 기술자 및 행정원이 종사하고 있으며 이들은 Euratom과 JET에 직접 관여하는 유럽 14개국으로 부터 차출된 사람들이다. 14개국의 참여국은 상기 4개국 외에 벨기에, 덴마크, 그리스, 스페인, 아일랜드, 룩셈부르크, 폴란드, 포르투갈, 스위스, 스웨덴 등이다.

JET의 비용은 Euratom에서 80%, 상기 14개 참여국에서 10%, 그리고 나머지 10%는 JET의 host인 영국에서 각기 부담한다.

JET와 JT-60의 최근 실험치 및 각 장비의 특징을 ITER의 설계치와 비교한 것을 <표 1>에, 그리고 JET와 JT-60 실험 값 및 ITER 예상치를 <그림 1>에서 핵융합 임계도표상에 각기 표시하였다.

**미국과 일본간 핵융합협력**

협력 경위를 살펴보면 1977년 9월 일본의 후쿠다 수상에 의하

그림 1. JET JT-60 실험값 및 ITER 예상치

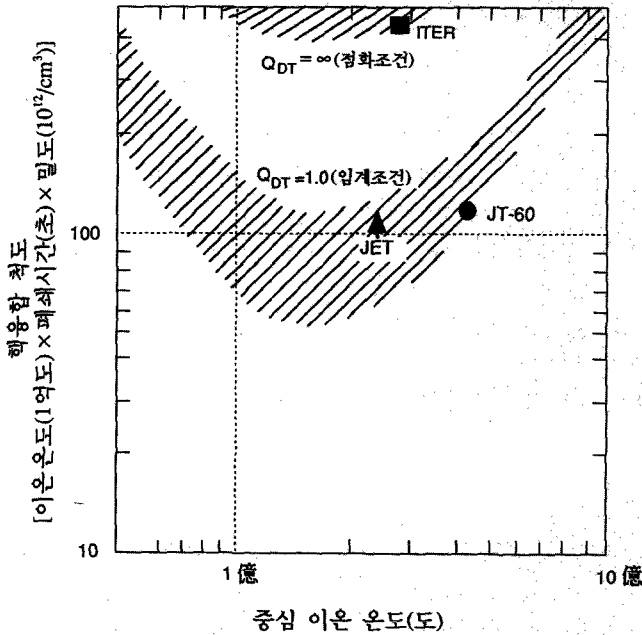


표 1. 실험치 및 각장비의 특징 비교

사양 기기	R(m)	a(m)	B <sub>t</sub> (T)	I <sub>p</sub> (MA)	핵융합척도*
JET	3.0	1.25	3.5	3.0	1.1×10 <sup>21</sup>
JT-60	3.0	0.95	4.5	2.3	8.8×10 <sup>20</sup>
ITER	6.0	2.15	4.85	2.2	5×10 <sup>21</sup>

\* 핵융합 척도(keV sec m<sup>-3</sup>)

여 「미·일핵융합공동개발」이 제창된 것이 그 시초이다.

10년간 20억달러를 투자할 수 있다는 과감히 선언하였던 일본의 입장에서는 당시 석유 파동 등

을 겪고 난 직후이므로 안정적인 에너지 원천기술의 확보를 장기적으로 겨냥한 획기적 정책 발상이었다. 이 제안 중 대형 레이저를 이용하는 관성방법핵융합

은 군사기밀인 핵병기와의 밀접한 관련으로 제외되고 자장폐쇄 핵융합 협력은 1978년 카터와 후쿠다 정상회담에서의 협의를 거쳐 1979년 5월 미국 국무장관과 일본 외상에 의하여 「미·일에너지연구개발협정」의 조인으로 결실을 맺었다.

동년 8월 미국 DOE-일본 과기청, 문부성과 핵융합 연구협력 공문 교환을 시작으로 초년도에 26개 과제, 연간 140명의 교류로 시작된 것이 10년이 지난 1989년에는 130과제, 연간 350명의 교류에 이르렀다.

플라즈마 실험과 더불어 이론에 관하여서는 University of Texas에 IFS(Institute for Fusion Studies)를 설치하여 미국을 창구로 하고 Nagoya University(그후 NIFS-National Institute for Fusion Science로 변경)에 일본 창구를 두어 교류하고 있으며 방문과 컴퓨터 자원 공유를 통하여 공동연구 및 세미나가 활발하게 진행되고 있다.

이 밖에도 물리 및 공학분야에서 토카막 이외의 장비에까지 기술협력이 진행되어 왔으며 또한 사안에 따라서는 미·일 협력연구가 기반이 되어 유럽을 포함하는 3개국 협력연구로까지 확장 진전되기도 하였다.

이미 1970년대 후반에 이르러 당시 계획되고 있던 대형 토카막 실험로인 JET, JT-60 및 TFTR의 후속장치로서는 국가별 계획

보다는 국제협력에 의한 초대형 토카막이 바람직하다는 의견이었다.

### ITER 프로젝트

이에 따라 IAEA 주도하에 I NTOR(International Tokamak Reactor) 설계연구가 4개 국가인 EC, 미국, 일본 및 옛 소련의 전문가들에 의하여 비엔나에서 수년에 걸쳐 작업이 이루어지고 있었으나 1985년의 제네바와 Reyhjavik에서 있었던 미. 소 정상회담결과 INTOR를 강화하고 구체화한 핵융합로 설계계획이 태동하게 되었다.

1987년에는 3월과 7월에 4개 국가의 전문가들의 비엔나모임을 통하여 ITER계획이 정식으로 논의되었으며 당사국 정부의 참여를 확인하는 절차를 거쳐 ITER 계획의 최고 결정기구인 ITER Council이 1988년 4월 21일 비엔나에서 IAEA 산하 활동으로 정식 출범하였다.

ITER의 목적은 과학 및 공학 면에서 자장폐쇄형 핵융합에너지를 실증적으로 공급할 수 있는 융합반응로의 설계에 있다. 따라서 구체적으로는 융합반응이 계속적으로 스스로 유지되는 「점화」와 이에 따른 연속적 플라즈마연소의 실증과 핵융합로에서 발생될 강한 열흐름과 플라즈마와 벽사이에 발생할 수 있는 기술적 문제점의 실제적 해결을 위

### 미국과 일본의 10년간 주요 프로젝트

#### Doublet III 공동실험(79-92)

미국 GA社가 갖고 있는 Doublet III 토카막 장비를 이용한 공동실험이다. 이 실험을 통하여 일본은 실험연구원을 대량 훈련시켰으며, 현재의 JT-60운영의 핵심요원을 양성했다.

실험비용의 상당부분을 일본측이 부담하였으나 결과적으로 일본측이 큰 이득을 보았다는 평을 받았다.

이 협력사업으로 인하여 일본이 후발주자로 핵융합연구에 뛰어들었음에도 불구하고 일약 핵융합 선진국으로 발돋움하는 계기가 되었다.

#### 삼중수소안전취급실험(86-92)

미국 Loss Alamos 연구소 시설을 이용.

#### 핵융합로재료 공동조사연구(83-

미국 Han Ford와 Oakridge 연구소의 원자료를 이용하여 핵융합 재료의 공동조사 실험.

협력의 주요분야는 일반교류, 공동 프로젝트, 플라즈마 물리 이론연구 등으로 연구활동 형태는 정보교환, 세미나 실시, 단기-중기 방문, 장치, 재료교환 및 대역 등이다.

한 연구수행이다. 또 ITER 프로젝트는 그 결과를 참여한 국가들에게 공개함으로써 결과의 자유스러운 이용을 약속하였다.

ITER 프로젝트는 첫단계로써 1988년 4월-1990년 12월에 걸쳐 개념설계작업(CDA=Conceptual Design Activities)을 수행하였는데 독일 Garching 소재 Max-Planck 플라즈마연구소를 주재기관으로 하고 참여국 연구원들이 매년 6개월여 동안 함께 체재하며 공동연구를 하였고 나머지 기간은 본국에서, 그리고 더 많은 기타 참여 인원들이 본국에서 동

원되었다.

참여국이 모두 동등하게 비용 부담을 하였으며 매년 각국에서 약 1천만달러 정도가 소요된 것으로 추정되며 총 인력은 연인원 400명이 동원되고 총액 1억달러 가량의 경비가 들었다. ITER 장치의 개관은 <그림 2>에서 볼 수 있으며 ITER 계획의 성능, 장치 설계변수 및 운전모드의 예는 <표 2>에 포함되어 있다.

#### ITER 프로젝트 주내용

1. 토카막과 부대시설의 설계
2. 관련된 미래의 필요 연구목록

표 2. ITER의 성능, 장치설계변수, 운전모드의 예

성능		
공칭 핵융합 출력(MW/th)	100	
제1벽 중성자부하(MW/m <sup>2</sup> )	~1	
펄스지속시간(s)	>200에서 연속적	
플로이달자장계통의 자속변동(V s)	325	
에너지 증배, $Q = P_{\text{fusion}} / P_{\text{aux-heating}}$	>5에서 무한대	
장치 설계 변수		
플라즈마 주반경, R <sub>0</sub> (m)	6.0	
플라즈마 부반경(수평방향), a(m)	2.15	
플라즈마 이격, k(95%) = b/a	~2.0	
안전인자, q(95%)	3.0	
중심축에서 토로이달 자장, B <sub>0</sub> (T)	4.85	
공칭 플라즈마 전류, I(MA)	22	
토로이달 자장(TF)코일의 갯수	16	
플로이달 자장(PF)코일의 갯수	14(외부, 초전도) 2(내부, 상전도)	
중앙슬래노이드의 평균반경(m)	1.73	
TF 코일에서의 최대자장, B <sub>max</sub> (T)	11.1	
ITER 운전모드의 예		
	점화운전	정상상태운전
플라즈마 전류(MA)	22	17.5
연소시간(s)	200	steady-state
헬륨밀도/전자밀도	0.1	0.1
불순물 정도(Z <sub>eff</sub> )	1.7(2)	2.3
전자밀도(10 <sup>20</sup> m <sup>-3</sup> )	1.2	0.6
전자온도(keV)	10(12)	19
핵융합출력(GW)	1.1(1.3)	0.57
제1벽부하(MW/m <sup>2</sup> )	1(1.2)	0.5
복사손실/헬륨출력	0.47(0.58)	0.58
전자구동력(MW)	-	100

- CDA 후의 필요작업
- ITER 설치장소의 요구조건
- ITER 관련 안정성 및 환경영향 평가의 기초조사

ITER는 자장폐쇄장치 중에서 토카막형을 기본으로 한 것이며 진공용기의 30내지 35m의 반지름과 30m 높이로 구성되어 있는

단면적이 비원형인 진공용기로 되어 있고 핵융합 출력이 1 GW (=109 watt)에 달하며 플라즈마 지속시간은 1,000초 정도로써 궁극적으로는 지속적인 플라즈마 지속을 목적으로 하고 있다.

ITER에 사용될 전자석은 초전도 전자석으로서 현재까지 제조된 것 중 최대규모가 될 것이며 초

전도분야의 학문적, 기술적 진전이 전망되고 있다. 이 전자석은 11내지 13tesla의 강자장 발생을 필요로 한다.

또 양질의 플라즈마 생성 유지를 위하여 불순물과 융합으로 생성된 연소 후 잔여물(ash)의 제거가 필요하며, 이를 위한 Divertor라는 장치 개발이 요구되는데 그 Divertor의 표면과 토카막 1차벽(플라즈마의 처음 경계되는 벽)의 표면에서는 예상되는 플라즈마로부터 발생하는 강도 높은 열흐름에 의한 부하를 이겨낼 수 있는 벽면에 대한 물질의 재료 및 처리 등 특별한 고려가 요구되고 있다.

ITER는 또 수소의 동위 원소인 이중 및 삼중수소를 연료로 사용함으로써 우선 자연에서 쉽게 얻을 수 없는 삼중수소 생성을 위하여 진공용기 내부에 특별한 매질로 된 부분(blanket)을 두어야 하고 또 삼중수소와 내부벽에서 중성자 조임으로 이차적으로 발생하는 방사능을 피하기 위하여 원격조정방식으로 운전하여야 된다.

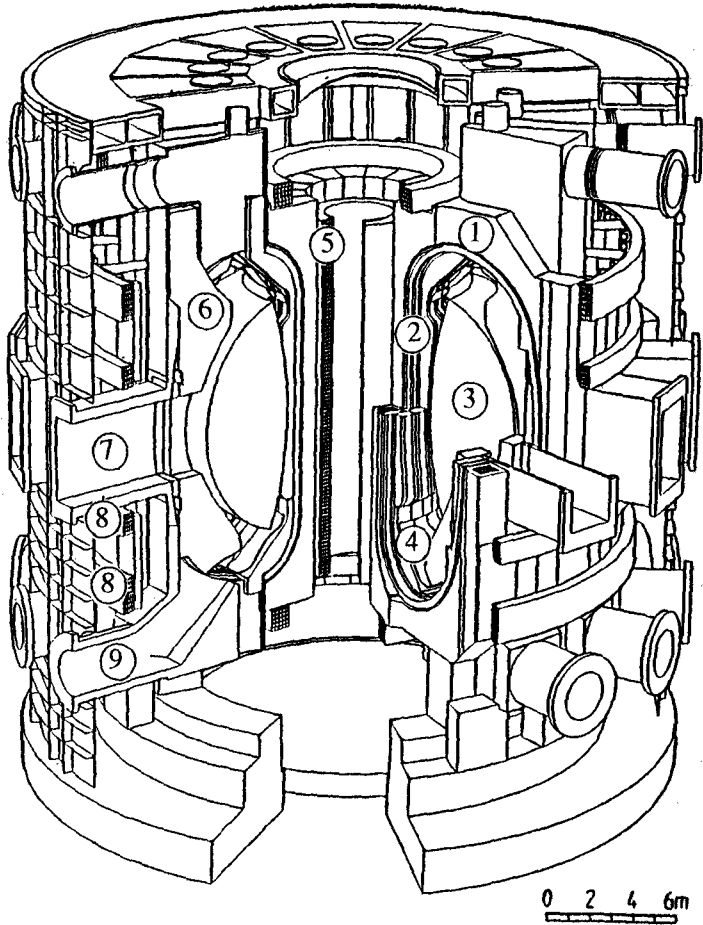
이러한 요건들이 모두 만족되며 연속적 핵융합로 운영에 문제가 없도록 개념설계 연구가 진행되어 완결을 보았고 따라서 그 후속 조치인 공학설계작업(EDA=Engineering Design Activity)에 대한 연구가 필요하게 되었다.

CDA의 종결에 이어서 EDA가 곧 시작될 것으로 기대되었으

그림 2. ITER 장치의 개략

ITER 토카막의 주요 부품

- 1) toroidal field coil
- 2) vacuum vessel
- 3) plasma
- 4) divertor
- 5) central solenoid
- 6) blanket and shield
- 7) horizontal access port
- 8) poloidal field coils
- 9) vacuum pumping duct



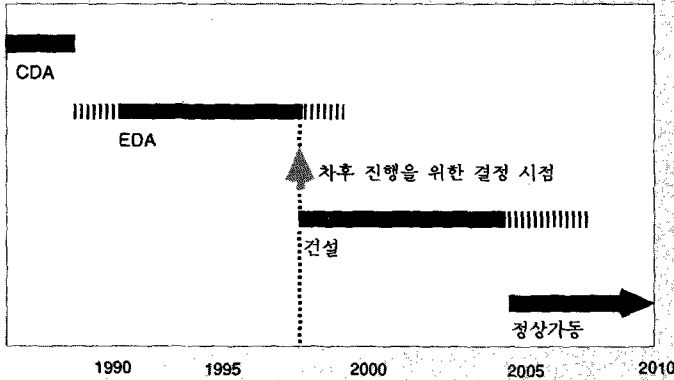
나 설계센터 조직, 장소 및 인원 결정 등의 조정을 거쳐 합의와 조인식을 갖기까지는 1년 7개월이 소요되었다. 91년 8월 기본합의서 채택, 11월 조정, 이듬해인 92년 7월 21일 워싱턴에서 협정

서 정식 조인식을 가졌다. 4개국을 대표하여서는 J. Wadkins(미국), V. Mikhailov(러연방), H. Hirabayashi(일본)의 세 장관과, A. Van Agt 대사(EC)가 참가하고 IAEA 사무총장 H. Blix 박사

가 사회를 보았다.

Wadkins 장관은 「오늘 합의한 사업은 21세기를 위하여 필요하고 안전하며 환경적으로 무공해인 새로운 에너지원천 기술개발 과정에서 획기적 이정표를 이루

그림 3. ITER의 연차별 계획



CDA = Conceptual Design Activities (개념 설계 연구 활동)  
 EDA = Engineering Design Activities (기술 설계 연구 활동)

는 것이다.」라는 조인에 즈음한 담화발표가 있었다.

EDA는 92년부터 6년간 계속 될 작업으로서 ITER와 그 주변 시설에 대한 구체적 공학설계 도면을 작성하며 부수적으로 요청되는 핵심부품의 개발과 연구업무를 수행할 것이다. 또 ITER 건설, 종합, 유지보수, 정상가동 및 수명을 다한 후 따른 폐기수속에 이르기까지의 구체적 계획을 마련하게 된다. 이 중에는 비용, 인력, 일정등이 포함되며 ITER 건설장소 선정과 건설허가 획득업무 등까지 고려될 것이다.

ITER 계획은 국제협력에 있어서 그 유례를 볼 수 없는 것으로

미래에 수행해야 될 다른 과학 프로젝트들의 훌륭한 모범이 될 것이다. 시작부터 ITER 프로젝트에서는 의사결정, 비용부담, 인력차출, 기술제공에 이르기까지 당사자 4개 국가가 동등하게 나누어 가졌다는 것이다.

또 CDA 경우와 마찬가지로 EDA에서도 「IAEA산하에서 연구사업이 수행되는 비용과 혜택을 함께 동등하게 나누어 갖는다」하는 것이 국제협력의 기본원칙이다. CDA와 마찬가지로 12억 달러로 추산되는 EDA비용을 4등분하여 참가국이 부담할 것이고 만약 ITER를 공동으로 건설한다면 CDA에서 계산한 건설비

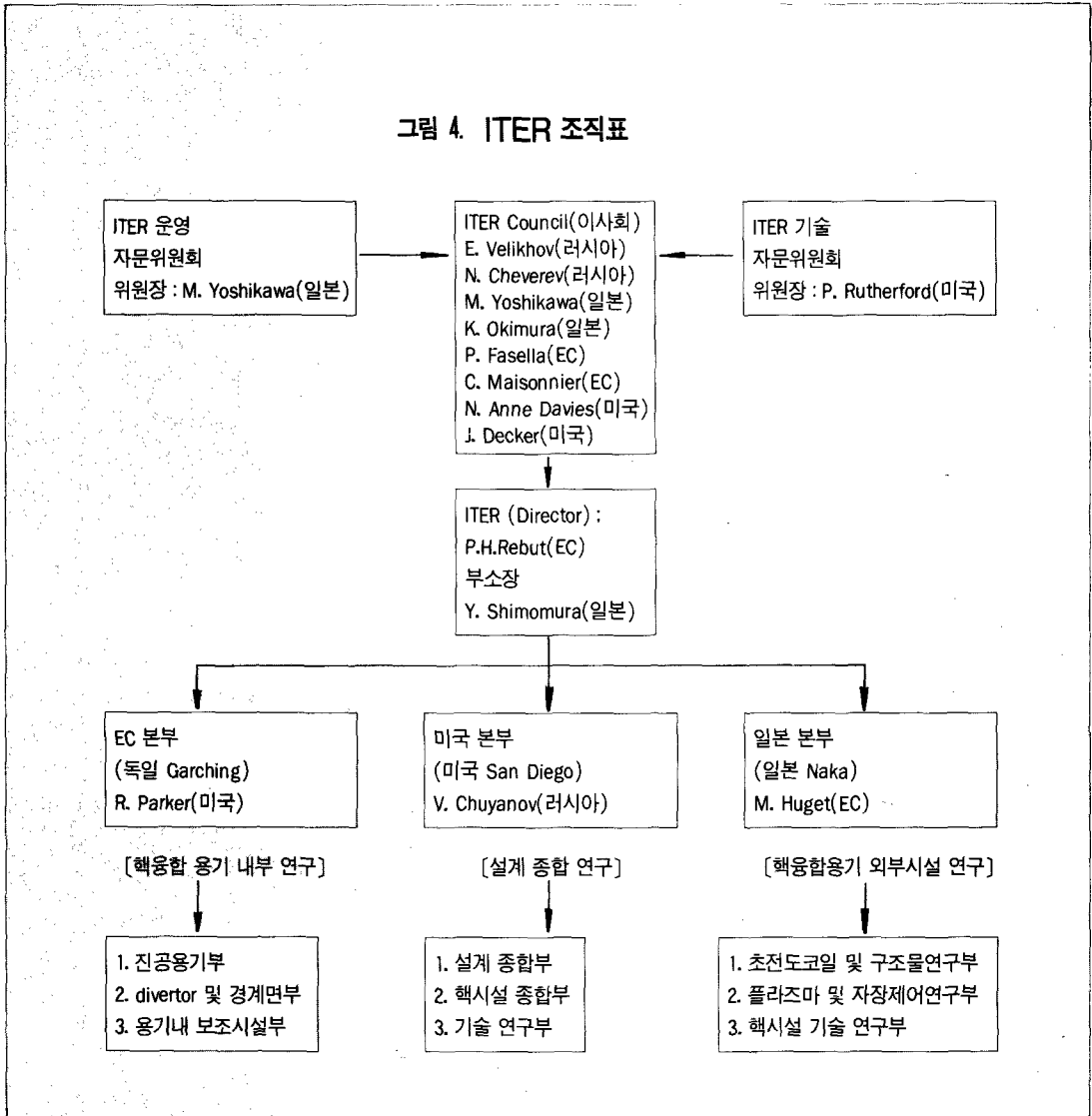
용 49억달러(89년 가격)도 함께 부담할 것이다.

그러나 아직 4개 참여국이 ITER 건설에 합의한 바는 없으나 그 결정이 96~98년 중에는 이루어질 것으로 기대되고 있으며, 건설기간은 총 7년간이 소요될 것으로 추정되고 있다. 물론 건설장소도 미결상태이다. EDA에 이은 ITER 건설이 계속 이어진다면 2005년에는 ITER의 시동이 가능할 것이다.

ITER 가동기간중 첫 단계에서는 점화의 제어, 연속적 연소, Blanket 구조점검 등에 역점을 두는 기초가동단계가 될 것이며, 제2단계에서는 가동상향단계로서 전체적으로 ITER의 핵융합로로서의 효율화를 목적으로 하며, 부품들과 재료점검에 유의할 것이다. CDA, EDA, ITER 건설 및 가동에 이르는 ITER의 연차별 계획을 <그림 3>에 표시하였다.

ITER가 건설되어 운영되면 미래의 상업용 핵융합로의 주요 부품 대부분을 ITER가 지니고 있기 때문에 핵융합로의 상업성을 실증할 것이다. 출력은 100만kW로서 현재 상용의 대표적 발전소 출력의 30내지 50%에 이를 전망이다. 따라서 상업성 증명은 이 단계에서 마무리되며 미국의 경우 National Energy Strategy(국가에너지전략)에 의하면 이러한 실증적 핵융합 발전소 가동을 2025년에는 가능케 해야 한다는 것이 국가적 목표이다.

그림 4. ITER 조직표



ITER과 같이 전 세계적 국제 협력을 어느쪽에 기울임 없이 동등한 입장에서 운영하자면 자금과 규모 등을 감안할 때 많은 어려움이 있다. 이를 뒷받침하듯 <그림 4>의 ITER조직표를 보면

일사불란하다기 보다는 형평에 치우친 조직으로 보인다.

우선 4개국의 본부팀에 러시아를 제외한 3개국에 JCT(Joint Central Team)이라 하여 동등한 3개 조직을 두었다. 설계종합은

미국의 San Diego, 진공용기 내의 설비는 독일의 Garching, 진공용기 외부시설인 초전도 코일, 제어장비 등은 일본의 Naka 등 JCT에서 공학설계를 수행한다.

각국의 본부팀과 JCT는 총괄



소장(Director)과 그 보좌관인 수석부소장의 지휘를 받는다. ITER R의 최고의결기관은 ITER Council(이사회)로서 각 참가국당 2인씩 대표를 보내 총 8인의 이사로 구성되어 있다.

이 이사회는 기술 및 운영의 두 자문회의의 자문을 받는다. <그림 4>에서 보듯이 구성인원을 보면 주요 직위가 모두 8개 있으며 4개국이 각기 2명씩 공평하게 차지하였다. 즉, 이사장, 소장, 본부 부소장, 두개의 자문위 위원장, 그리고 3개 JCT 담당 부소장이 그것이다. 공동이사장은 운영자문위원장이 겸직토록 하여 공동이사장의 자존심에 보상을 한 격식이다.

국가별로 보면 EC에서 소장(Rebut)과 일본 Naka 부소장(Huget), 미국에서 기술자문위원장(Rutherford)과 독일 Garching 부소장(Parker), 러시아에서 이사장(Velikhov)과 미국 San Diego 부소장(Chuyanov), 일본에서 운영자문위원장(Yoshikawa)과 본부 부소장(Shimomura), 그리고 운영자문위원장은 이사회 공동이사장(Yoshikawa)을 겸임하고 있다.

4개 국가 본부팀에 각기 책임자가 있어서 그 국가의 EDA 팀을 이끌며 담당 JCT 부소장의 지휘를 받는다. 특이한 것은 JCT 부소장은 자국출신이 아닌 사람으로 모두 확보했으며 한 JCT에서 이루어지는 사업이 다른 JCT

에도 동등하게 그 내용이 부여되도록 한다는 Idea이다. JCT는 그 국가의 연구팀에서 수행된 내용을 EDA의 일부로 조정하여 포함시키는 책임을 진다.

EDA 사업은 궁극적으로 핵융합로의 상업적 이용이 목적이므로 EDA 기간 동안 산업체가 최대한 참여토록 유도한다는 것이 중점사업중 하나이다. 이를 통하여 산업체가 ITER 건설사업에 직접 계약자로 참여할 수 있게 될 것이며 그 과정에서 범 국가적이며 세계적 사업인 ITER 프로젝트로부터 산업체로의 기술이전이 자연스럽게 이루어질 것이다.

### 맺 음 말

머지않아 현존하는 형태와 기술로 얻을 수 있는 에너지는 모두 고갈될 것이라는 예고된 과제를 안고 있는 우리로서는 개발만 되면 그 양도 무궁무진하며 안전하고 깨끗하여 환경에 영향을 미치지 않는 핵융합기술이야말로 인류가 함께 노력하여 성취해야 할 과제임에 틀림없다.

1958년의 제2차 원자력평화회의를 국제협력의 시초로 볼 때 올해로 이미 35년의 협력기간을 지속해 왔다. 중요과제만 열거하여도 Euratom 협력, JET 프로젝트, 미-일 협력, ITER 프로젝트 등이 있다. 또 핵융합에서 수행된 상기와 같은 다양한 과제들은

단 기술이 요구되는 사업으로서 타분야에서의 협력과는 달리 실질적 국제협력이 이루어진 모델이다.

이상의 논의에서 핵융합 연구의 특성을 Big Science로 규정되고 대형장치, 거대투자 없이는 전혀 불가능하다는 오해를 불식코져 몇마디 첨언해 두기로 한다. 큰 장비로서는 손댈 수 없는 핵심적 연구가 얼마든지 있으며 이 소형 연구들로부터 새로운 Idea가 나오고 이것이 집적되어 큰 장비의 연구방향을 개선하고 있다.

이러한 인식아래 IAEA서는 매 2년마다 「IAEA Meeting on Research Using Small Tokamaks」라는 회의를 개최하고 있다. 또 최근 캐나다는 삼중수소기술 위주로 하여 ITER 프로젝트에 Partner로서(EC를 통한) 참여하게 되었다. 또 다른 예로는 체코 등 「후진국」 참여 Case가 있었으며 한국의 참여에 관한 문외도 비공식으로 미국창구를 통한 타진이 있었다.

우리 국내 연구계가 상기 경우와 같은 국제협력연구 프로그램에 국가적 Partner로 참여하기 위하여서는 유기적이고 구심점있는 연구의 활성화가 이루어져야 한다. 이러한 활성화는 정부와 관련 산업체가 핵융합기술의 중요성을 장기적 안목에서 인식하는 발상 전환과 함께 그에 상응하는 적극적인 투자가 이루어져야 할 것이다.