

# 핵융합 연구 시설의 개요

김재성 / 기초과학지원연구소 핵융합건설본부 건설기술실장

## 1. 개요

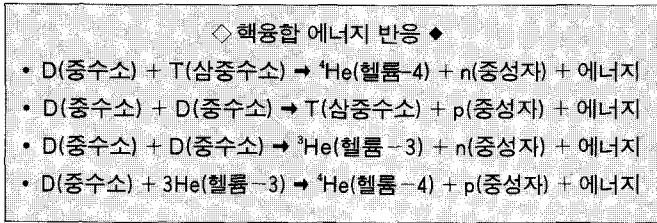
지구 온난화의 주범인 화석에너지의 한해 사용량은 약200억 배럴 수준으로 70년 이내에 고갈이 되리라 생각된다. 깨끗하고 안전한 대체에너지 원으로서 가장 많이 사용되고 있는 원자력발전은 핵폐기물 처리 방법의 난제들로 미국을 비롯한 선진국들에게 원자력발전을 미래의 에너지 원으로 선택하는 것을 주저하게 하고 있다. 선진국들은 50여 년 전부터 가벼운 핵들이 융합시 생기는 질량결손으로 에너지를 얻는 연구에 대하여 많은 투자를 해오고 있다. 우리 나라에서는 1995년부터 대전광역시 유성구 대덕연구단지내의 기초과학지원연구소가 주관기관이 되어 산·학·연에 의한 공동연구로 진행되고 있다. 차세대 초전도 핵융합연구장치(KSTAR : Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)에서 추구하는 핵융합이란 최첨단의 선도기술로서 세계적인 연구가 진행되고 있으며 이 Project는 차세대 초전도 핵융합 연구장치개발사업이란 연구 개발과 핵융합 특수실험동 건설사업이란 건설공사로 나누어 진행되고 있다. 여기에서는 핵융합

이란 간단한 개요와 건설공사에 관련된 특수설비등에 적용된 시스템에 대하여 기술하고자 한다.

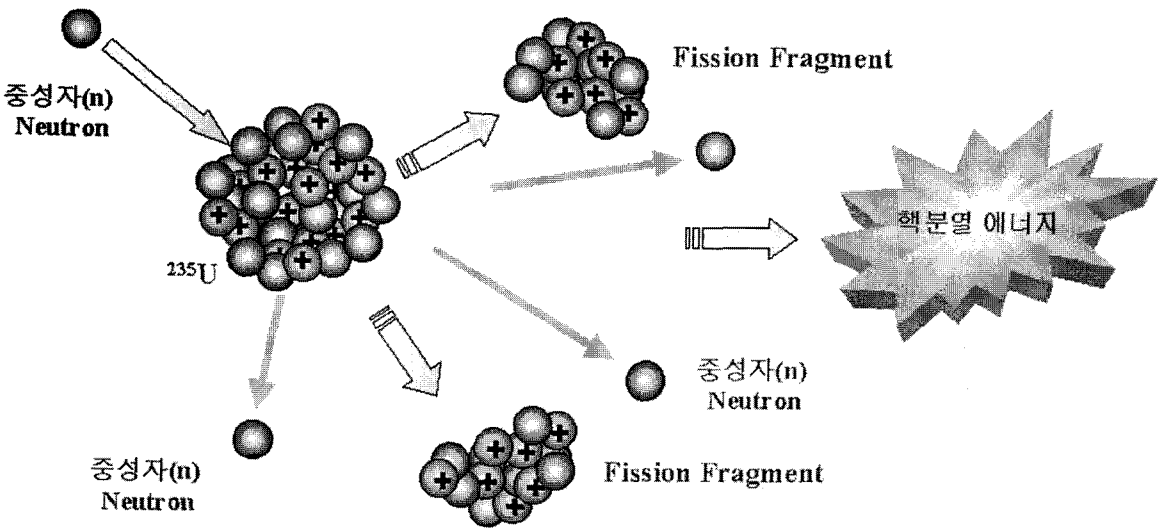
### (1) 핵융합이란?

수소와 같이 가벼운 원소들의 원자핵을 초고온 플라즈마 상태에서 결합시켜 헬륨과 같은 좀더 무거운 원소의 원자핵을 형성하는 과정에서 발생하는 질량결손으로 인하여 에너지가 발생하는 물리적인 현상을 말하며 다음과 같이 표현할 수 있다.

핵융합 에너지의 기본원료인 중수소(D)는 바닷물 1m<sup>3</sup>당 약 30그램이 함유되어 있으며 중수소 1그램으로 석유 50드럼에 해당하는 에너지 추출이 가능하다. 핵융합 에너지는 화석에너지 고갈문제와 폐기물, 지구온난화등 환경문제를 유발치 않는 깨끗하고, 안전하면서도, 고밀도·대용량의 무한한 에너지로 상용화 단계시 미래에너지 문제를 근본적으로 해결할 수 있으리라 생각한다. 가장 세계화된 대형 국제연구과제인 국제 열핵융합 실험로(ITER : Internation Thermonuclear Experimental Reactor)가 선진국에 의하여 추진되고 있다.



핵분열반응



(2) 핵융합의 원리와 부대장치

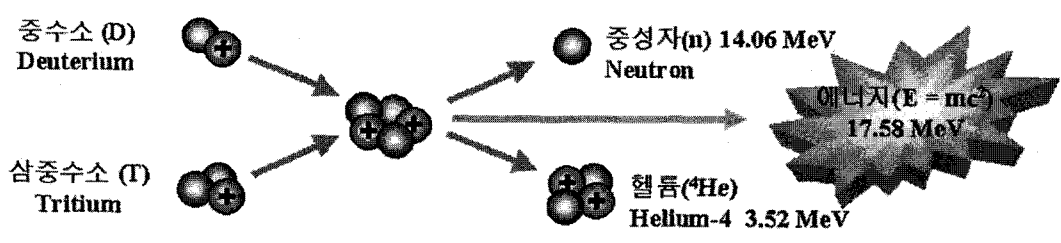
태양은 큰부피를 이용한 중력으로 수소들을 그 내부에 가지고 지구상에서는 인공적으로 거의 불가능한 수소 4개를 융합시킴으로서 태양에너지를 발생시키고 있다. 태양에서의 융합반응은 섭씨 일억도씨 이상에서 이루어지고 있는데 이 온도에서는 융합반응물들이 음 전하를 가진 전자와 양 전하를 가진 이온으로 전리되고 전체적으로는 중성을 띠는 플라즈마라는 상태로 된다. 이 플라즈마는 기체의 형태로 존재하지만 일반적인 기체들과는 달리 전도체이기 때문에 고체, 액체, 기체와는 별도의 제4의 물질상태라고 부른다. 이온들은 태양에서와 같이 높은 에너지 상태

로 가열될 때 서로의 척력을 이기고 충돌하면서 융합반응을 일으키게 된다. 이와 같은 높은 온도에서의 지속적인 융합반응은 플라즈마를 고온으로 유지시키는 동시에 발생한 열을 충분히 발생시킬 수 있는 특수 용기가 없이는 불가능하다. 특수 용기에 대한 연구가 많이 진행되었고 전기적인 특성을 살린 자장을 이용한 가둠 장치를 만들어 자장을 걸어 플라즈마를 가두는 것이 가능하게 되었다.

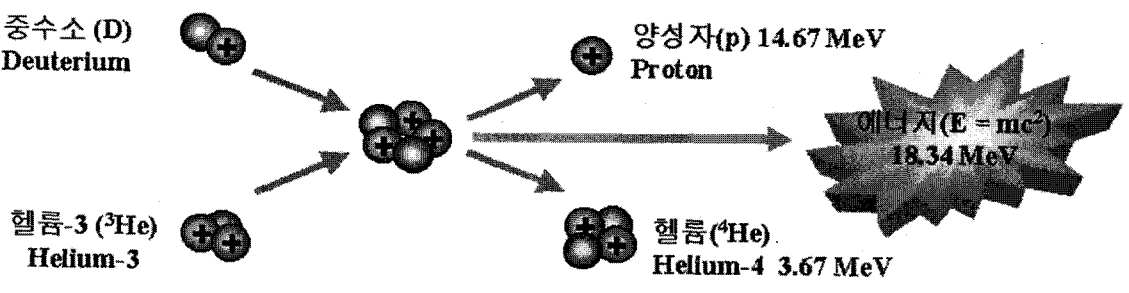
2. 국외동향

선진국은 장기간에 걸친 집중적인 연구수행 결과, 현재 과학적 타당성을 입증하고 실용화를 위한 실험로 건설단계에 도달하였다.

핵융합반응



핵융합반응  $D + He \rightarrow He + p + Energy$



(1) 미국

프린스턴대학 플라즈마 물리연구소(PPPL)에 설치된 세계 3대장치중 하나인 토카막 핵융합 실험장치(TFTR : Tokamak Fusion Test Reactor)에서 3억도의 초고온 달성과 1만킬로와트 핵융합에너지 창출에 성공하였다.

(2) 유럽연합 및 일본

유럽연합의 유럽 공동연구 토러스(JET : Joint European Tokamak) 일본의 JT-60U 토카막장치등 세계 3대장치를 통한 세계 최고수준의 연구결과를 내고 있으며, 초전도 기술을 이용하여 차세대 핵융합장치 개발에 적극적인 투자를 시작했다.

(3) 중국

제9차 5개년 계획기간중 대형 국가 과학기술 프로젝트로 초전도 토카막 핵융합장치인 HT-

7U의 2001년 완공을 목표로 추진중이다.

(4) ITER

국제원자력기구(IAEA) 지원하에 약70억불 규모의 지원 아래 건설계획이 2010년 완공목표로 추진중이다. 이 프로젝트는 미국, 일본, 유럽연합 및 러시아등 선진 4개국 공동으로 1990년말 개념설계를 완료하고 공학적 설계를 1998년까지 완료 하였다. ITER가 정상운영시 100만킬로와트 이상의 핵융합 에너지 창출 및 자기점화 상태도달을 목표로 추진하고 있다.

3. 국내동향

1970년대말부터 대학 및 정부 출연기관등에서 핵융합 기초연구 및 교육에 필요한 소규모의 핵융합 연구장치를 확보하여 초보단계의 핵융합 연구를 수행했다.

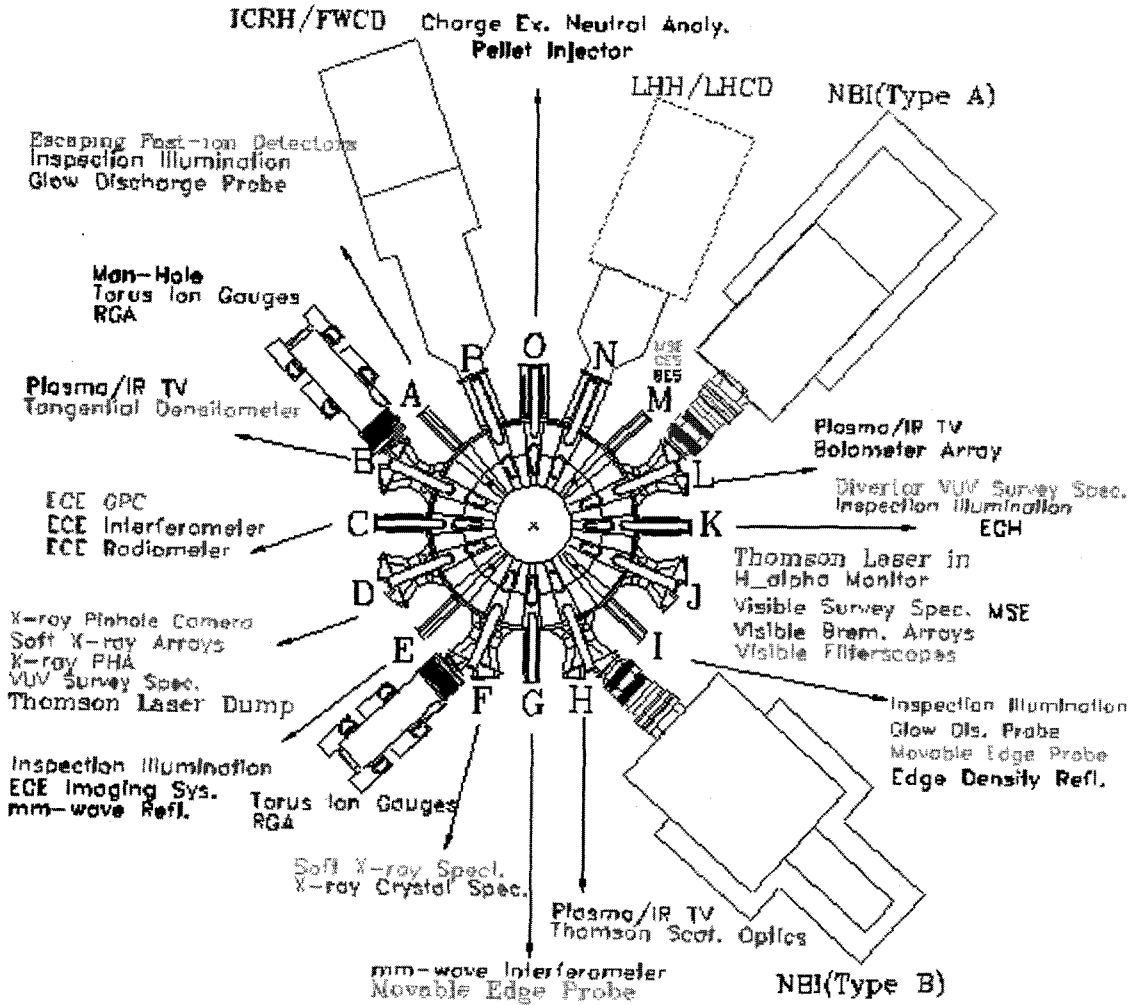


그림 [2.1] 차세대 초전도 토카막 장치 개념도와 부대장치

(1) 서울대학교

SNUT-79 토카막장치를 개발설치 (1979~1989)후 현재 기초적인 핵융합 연구를 수행하고 있다.

(2) 한국과학기술원

1990년에 미국 텍사스주립대학으로부터 PreTEXT장치를 이전받아 KAIST-토카막으로 개조 설치하여 현재 운영중이다.

(3) 한국원자력연구소

1989~1991년 KT-1을 개발 운영하고 있으며 1992년부터 KT-2를 개발하기 위해 개념설계를 완료했다.

(4) 기초과학지원연구소

미국 MIT대학으로부터 TARA라는 대형 플라즈마 연구장치를 무상으로 이관받아, 자체적으로 개조한 플라즈마 발생장치인 한빛장치의 설치.

운영 및 연구기반시설을 확보하여 꾸준한 연구를 계속하고 있다. 또한 국가 핵융합 연구개발을 통하여 첨단 극한 기술의 개발에 초석이 될 연구를 수행하고 있다.

**4. KSTAR Project**

기초과학지원연구소가 주관기관으로 추진하고 있으며 단계별로 나누어 추진되고 있다.

**(1) 제1단계(1995~1997)**

장치 개념 확정 및 개념설계를 완료하였으며 시설 및 설비계통에 대한 요구조건을 확정하였다.

**(2) 제2단계(1998~2001)**

특수실험동에 대한 설계 완료후 공사 발주를 완료하였으며 시공업체가 선정되어 공사가 진행 중이다. 특수실험동에 대한 건설공사는 2001년 준공예정이다. 또한 장치 공학 설계 완료후 주장치 개발 및 설치 완료를 할 예정이다.

**(3) 제3단계(2002~2010)**

주장치 Commissioning 및 시험가동 계획하고 있으며 핵융합 기술개발 및 장치 성능 향상을 추진할 예정이다.

**5. 맺음말**

막대한 에너지 수요와 지구 환경 문제등을 감안할 때 제어 핵융합이 무한한 미래의 대체에너지 원으로서 가장 적절하고 유망하다. 핵융합 발전은 그 본질적인 특성상 연료가 값싸고, 무한하며, 세계의 모든 곳에서 얻을 수 있을 뿐만 아니라 안전하고 환경문제를 제기하지 않는다. 장점으로서는

**(1) 무한성**

궁극적인 핵융합의 연료인 중수소를 지구상에 무한히 자유재(自由財)로 존재하는 물에서 추출할 수 있다.

**(2) 안전성**

핵융합로는 낮은 압력, 낮은 연료 재고(在庫),

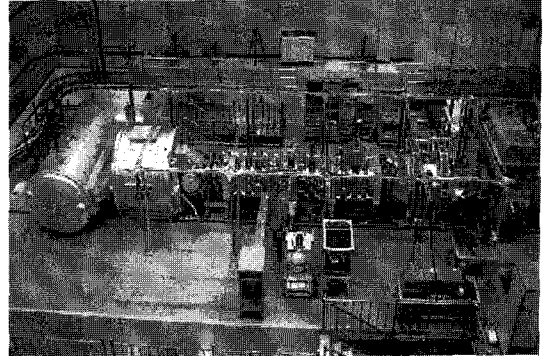


그림 [2.2] 한빛 플라즈마 장치

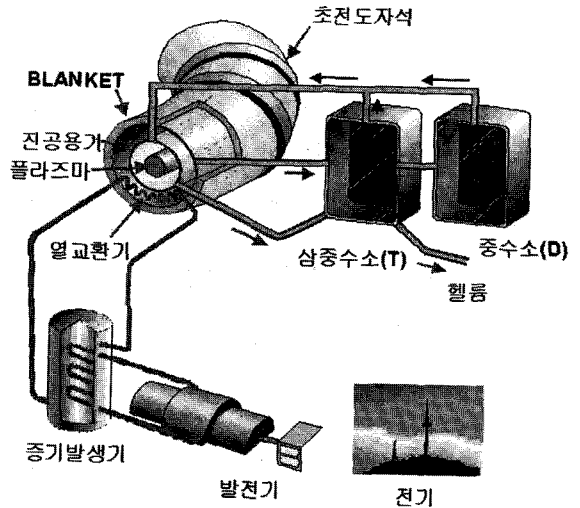


그림 [2.3] 초전도 토카막 핵융합 발전 개념도

최고의 반응도에서 작동된다. 또한 로(爐) 안에는 항상 30초 정도만 가동시킬 수 있는 연료만이 들어있기 때문에 사고 시에도 심각할 정도의 에너지 유출이 없다.

**(3) 무공해성**

온실효과 및 산성비등을 야기하는 석유, 석탄, 천연가스등 화석연료의 사용과는 달리 핵융합은 환경공해물질을 배출하지 않는다.

핵융합 발전 기술에 관한 정보 대부분이 아직

은 비밀이 아니다. 우리가 이러한 이점을 적절하게 이용한다면 수 십년의 수준차이를 빠른 시일 내에 극복할 수 있을 것이다. 이를 위하여 우리 실정에 맞고, 핵융합 에너지의 연구가 가능한 실험용 핵융합 장치의 건립이 시급하다. 또한 아직도

완전 국산화를 시키지 못하고 있는 원자력 발전소의 예를 거울삼아, 기술인력을 확보하고 핵융합 발전소를 위한 기술개발에 가장 경제적인 실제의 핵융합 발전소를 디자인하는 일도 선진국들 처럼 반드시 병행되어야 할 것이다.

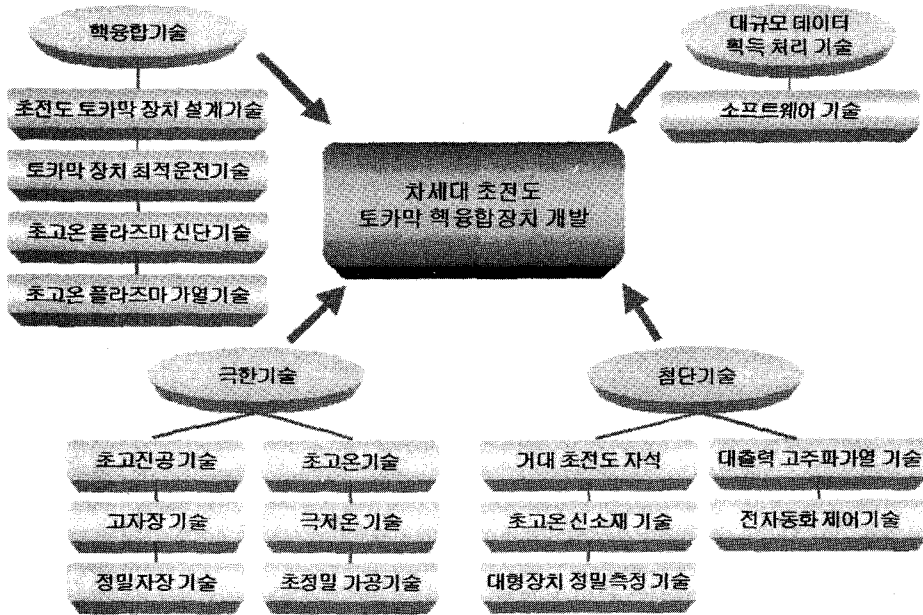


표 [2.1] 국가 핵융합 연구개발을 통한 첨단 극한 기술개발

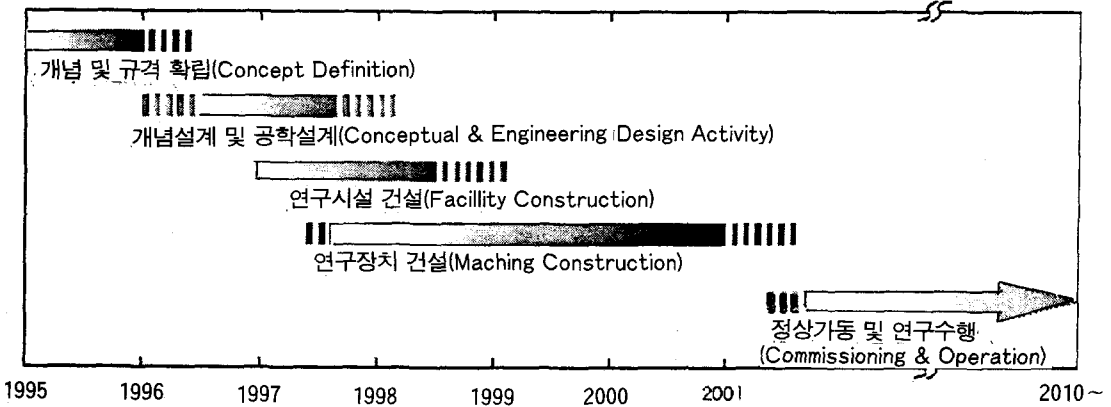


표 [2.2] 차세대 초전도 핵융합 연구장치 개발·설치 일정표