

핵 융 합

실용화되면 바닷물을 기름과 같이 쓴다 미·러·일·EU 합작 ITER 2005년 운영

중수소와 삼중수소 연료로 이용

세계가 핵융합에 큰 관심을 쏟고 있는 것은 두말할 필요없이 핵융합이 갖는 여러 가지 매력 때문이다. 핵융합에 쓰이는 연료는 중수소(D=Deuterium)와 삼중수소(T=Tritium)이다. 중수소와 삼중수소는 핵융합이 실현될 때 1g이 석유 6천리터 또는 우라늄235(U) 3백g과 맞먹는 에너지를 내게되는데 중수소는 바닷물 1천리터 속에 30g이 들어있을 정도로 풍부하고 삼중수소는 리튬(Li=Lithium)에 중성자를 충돌시켜 인공으로 만들어 낼 수 있다. 그래서 핵융합이 실용화된다면 바닷물을 석유와 같이 에너지자원으로 이용할 수 있게되어 인류의 에너지 문제를 해결할 수 있게된다.

또한 핵융합은 지금의 핵분열방식으로 에너지를 얻는 원자로와 같이 강력한 방사성물질이 생성되지 않는다. 운전 중에 만들어지는 방사능은 현 핵분열방식의 원자로에 비해 0.04% 수준에 머문다.

핵융합으로부터 에너지를 얻는 것은 핵분열과 마찬가지로 아인슈타인의 유명한 에너지와 물질과의 관계를 설명하는 에너지와 물질에 관한 방정식

($E=mc^2$)에 바탕을 두고 있다.

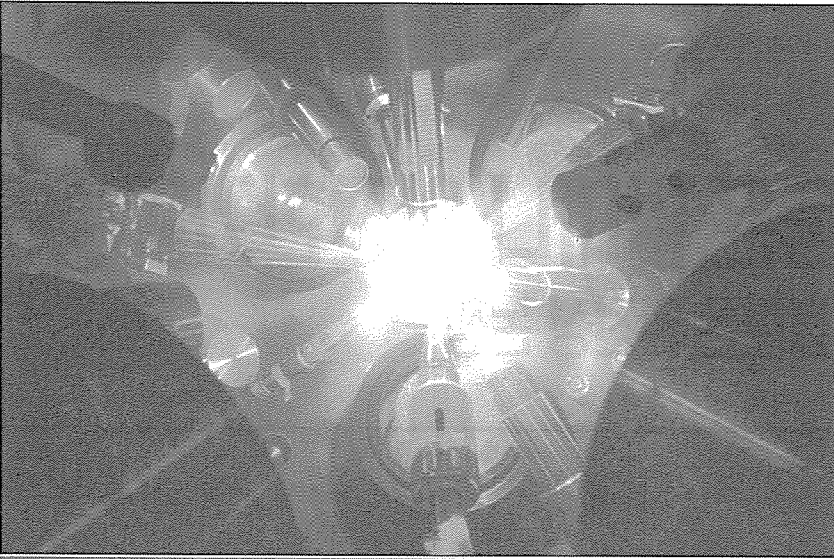
핵분열방식은 우라늄235와 같이 실온에서 중성자와 단순히 만나는 것으로 일어날 수 있어 실용화 된지 오래다. 하지만 핵융합은 핵(核)이 갖는 막대한 척력(斥力)을 무력화시켜 합쳐지도록 해야만 가능하다. 이렇게 하려면 밖으로부터 엄청난 에너지를 공급해주지 않으면 안된다. 핵융합에 관한 연구가 시작된 것은 1930년대였다. 베테(Bethe) 등이 태양과 같은 항성에서 생성되는 에너지에 대해 관심을 갖게 되면서부터 핵융합반응주기(週期)가 밝혀지기 시작했다.

그래서 핵융합반응은 많은 과학자들의 관심을 끌게되었고 러더포드(Rutherford)는 1934년 중수소-중수소 핵융합반응실험에 성공하기에 이르렀다. 이때 삼중수소가 핵융합반응의 부산물로 발견되었다.

이로 해서 핵융합에 대한 관심이 높아졌지만 1950년대까지는 별다른 진전이 없었다. 핵융합이 다시 인류의 관심을 끌게된 것은 1949년 소련이 원폭 제조에 성공을 거두면서이다. 미국이 이에 대항해서 핵융합을 이용한 보다 강력한 수소폭탄 개발에 나선 것이다.

마침내 수소폭탄이 1951년 첫 폭발시험에 성공함으로써 세상을 깜짝 놀라게 했다. 핵융합 연구에 큰 자극을 가져다준 것은 1951년 봄 아르헨티나의 독재자 페론(Peron)이 핵융합을 제어하는데 성공했다고 발표하면서였다. 미국을 비롯한 핵 선진국들은 이 소식에 접하자 1952년부터 핵융합 연구를 본격화했다. 핵융합 연구는 관성밀폐(慣性密閉=inertial confinement)와 자장밀폐(磁場密閉=magnetic confinement)방식 등 크게 두가지로 나뉜다. 관성밀폐방식은 D와 T를 얼려서 작은 고체의 알갱이로 만든 다음 여기에 강력한 에너지를 집중 포격해서 핵융합반응을 이끌어내는 방식이다. 관성밀폐방식은 방법이 단순하다는 장점을 갖고 있다.

하지만 극히 짧은 시간(10^{-11} 초) 안에 작은 고체 알갱이로 만든 D와 T를 핵융합이 일어날 수 있도록 강력한 에너지를 쏘아 줄 수 있는 탄환(driver)을 개발하는 일이 문제이다. 여기에서 등장한 것이 레이저이다. 현재 루비(ruby)레이저를 비롯해서 네오디뮴(Nd=neodymium)레이저 등이 드라이버로 실험 중에 있다.



레이저 핵융합 : 로체스터대학의 오메가 시설로써 레이저를 이용해서 연료 펄셋을 압축하는 방법이다. 이 기술은 국방에 이용되고 있다

자장밀폐방식 토카막 가장 주목

미국은 로렌스 리버모어 국립연구소에서 노바 레이저시설을 이용해서 10^{10} 초란 짧은 순간에 1cm^3 공간에 10^{26} 개의 D-T원자를 잡아두는데 성공했다. 미국은 이보다 조금 더 강한 레이저를 개발하게되면 관성밀폐방식의 핵융합 반응을 일으킬 수 있을 것으로 보고 있다.

프랑스는 1969년 10억와트 Nd레이저로 중수소 화합물(LiNd)의 표적을 쏘아(照射) D-D중성자를 발생시키는데 성공함으로써 레이저 핵융합의 가능성을 보여주었다. 프랑스는 미국 수준의 관성밀폐방식의 핵융합실험을 할 수 있는 실험실을 1996년 짓기로 결정했다.

자장밀폐방식은 고온의 플라즈마를 강력한 자장을 이용해서 가둬두어 핵융합반응이 일어나도록 하는 것이다. 자장밀폐방식으로 현재 연구되고 있는 것으로는 스텔러레이터(stellarator)와 핀치(pinches) 및 토카막(tokamaks) 등이 있는데 이 가운데 현재 가장 실용성이 있는 것으로 보고 있는 것은 토카막이다.

토카막이란 러시아말인 공동(空洞 :

toroid kamera)·자기(磁氣 : magnit)·코일(katushkal)이란 뜻을 갖는 낱말의 첫 글자를 따 만든 합성어이다. 현재 가장 성공적이고 효율이 좋은 것으로는 1950년대 초 모스크바 대학의 탐(Igor Y. Tamm)과 사하로프(Andrey D. Sakharov)가 제안한 토카막이다. 이 토카막은 1초동안 1cm^3 속에 10^{14} 개의 입자를 가두어 두는데 성공했다. 하지만 이는 핵융합반응 실용화 연구의 시작에 불과하다.

미국은 구소련의 토카막방식에 대한 연구결과에 자극을 받아 1972년 핵융합로의 과학적 실증을 1980년까지 달성한다는 목표를 세우고 프린스턴대학에 토카막핵융합시험로(TFTR : Tokamak Fusion Test Reactor)를 건설했다. 미국은 이를 이용해서 1994년 1천만와트의 전력을 얻어내는 실험에 성공했다. 이는 비록 0.5초 동안에 얻은 결과였지만 온도와 압력 그리고 에너지밀도 면에서 상용 발전로에서 필요로 하는 수준에 육박했다.

영국의 컬햄(Culham)에 있는 토카막방식의 유럽공동토러스(JET : the Joint European Torus)는 1996년 플라즈마를 주입한 에너지 보다 많은 에

너지를 뽑아내는데 성공했다.

현재 주목받고 있는 토카막방식은 국제열핵융합실험로(ITER : The International Thermonuclear Experimental Reactor)이다. ITER 계획은 냉전체제를 완화해 보려는 노력의 일환으로 1985년 11월 미국 레이건대통령과 소련 고르바초프서기장간에 이루어진 제네바 정상회담의 산물이었다.

ITER계획이 정식 출범한 것은 1987년의 일로 일본과 유럽연합이 이에 가세함으로써 이루어졌다. ITER은 직경 16m의 플라즈마와 함께 초전도 코일과 T중식장치 및 원격운전관리기능을 갖춘 거대시설이다. 애초 1997년 착공해서 2004년 건설을 마치고 2005년부터 운영에 들어갈 계획이었으나 설계와 연구개발에 10억달러, 건설에 58억달러, 부대비용 5억달러 등 13년동안 75억달러가 소요되는 막대한 경비부담 문제로 해서 1998년 기본설계를 하는 쪽으로 계획이 늦춰졌다.

핵융합로 개발은 인류의 에너지문제가 심각해질수록 그 속도가 한층 붙을 전망이다. ⑤7

〈李光榮〉