

미래를 바꿀 단 하나의 기술 - 핵융합



나용수
서울대학교 원자핵공학과 교수

- 서울대학교 원자핵공학과 학사, 석사
- 독일뮌헨공과대학교 물리학과 박사

- (전) 독일막스플랑크플라즈마물리연구소 객원연구원
- (전) 미국프린스턴대학교 플라즈마물리연구소 Visiting Scholar
- (전) 국가핵융합연구소 선임연구원
- (전) ITER 통합안전국제전문가 그룹 의장
- 한국과학기술한림원 차세대회원
- 서울대학교 원자핵공학과 조교수, 부교수, 교수
- 서울대학교 공과대학 학생부학장

별들의 에너지원

인간의 역사에서 태양과 달, 별의 관찰은 중대한 일이었다. 이를 통해서 사람들은 시간을 정의하고 달력을 만들며 날씨를 예측했었다. 특히 농경사회에서는 날씨와 절기를 아는 것이 중요하다. 이처럼 우리에게 중요한 해와 별을 보면서 우리는 '해와 별은 도대체 왜 이렇게 밝게 빛나는 것일까'라는 질문을 던져보기도 한다.

고대 그리스 시대 아낙사고라스(Anaxagoras)는 태양을 '불타는 돌덩어리'라고 생각했다. 산업혁명을 이룩한 사람들은 이 생각을 발전시켜 태양이 석탄과 같은 화석원료 덩어리라고 생각했다. 열역학법칙이 발견된 후에는 태양이 천천히 수축하면서 중력 위치에너지를 복사에너지로 방출한다는 생각에 이른다. 결국 태양의 열에너지가 중력에너지로부터 변환되었다는 것이었다. 그러나 이 이론으로는 아무리 계산을 해도 태양

의 나이와 맞지 않았다. 진화론으로 유명한 찰스 다윈(Charles Robert Darwin)의 아들이자 달이 지구에서 떨어져 나갔다는 분리설을 제안했던 조지 다윈(Sir George Howard Darwin)은 태양의 숨겨진 에너지원이 방사성 물질이라고 주장하였다. 그러나 태양이 주로 수소와 헬륨으로 이루어짐이 관찰됨에 따라 이 이론 또한 수정되어야 했다.

'해와 별은 도대체 왜 이렇게 밝게 빛나는 것일까?'라는 질문의 답은 20세기에 들어와서야 밝혀진다. 과학사에서 1666년은 'Annus mirabilis', 즉 '기적의 해'라고 불린다. 23세의 젊은 학자가 떨어지는 사과를 보고 만유인력의 법칙을 발견했던 해이다. 그는 페스트균이 유발한 흑사병이 런던을 덮쳤던 '런던 대역병'을 피해 고향으로 돌아가서 이 발견을 하게 된다. 마치 우리가 겪고 있는 코로나19에 의한 팬데믹 시기에 위대한 업적을 세운 것이었다. 아이작 뉴

턴(Isaac Newton)이었다.

이로부터 수백 년이 지난 1905년, 두 번째 'Annus Mirabilis'가 열린다. 알베르트 아인슈타인(Albert Einstein)이 현대 물리의 기초를 닦게 되는 네 편의 논문을 《Annalen der Physik(독일물리학연보)》에 발표한 것이다. 이 네 개의 논문은 광전효과, 브라운 운동, 특수 상대성 이론 그리고 질량-에너지 등가원리였다. 여기에 과학 사상 가장 유명한 식 중 하나인 $E = mc^2$ 공식이 등장한다. 질량과 에너지는 서로 바뀔 수 있다는 것이었다. 아인슈타인은 라듐염과 같이 에너지가 크게 변하는 물질에 $E = mc^2$ 을 적용하면 줄어든 질량과 에너지의 관계를 검토하여 그의 이론을 검증할 수 있을 것이라는 내용을 그의 논문 끝에 다루었지만, 정작 이 공식에 태양과 별들의 비밀이 숨겨져 있다는 것을, 그리고 이 공식이 훗날 인류의 미래를 바꾸게 될 것임을 인지하지 못하고 있었다.

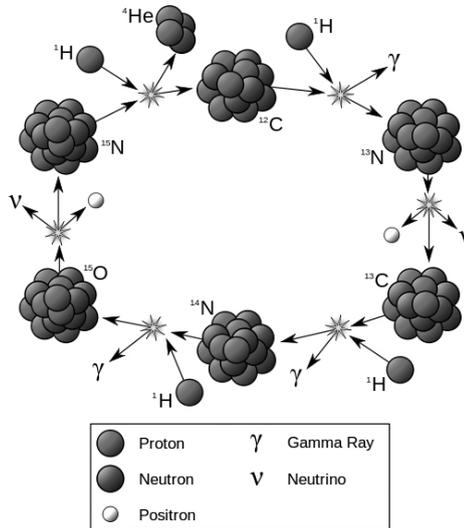
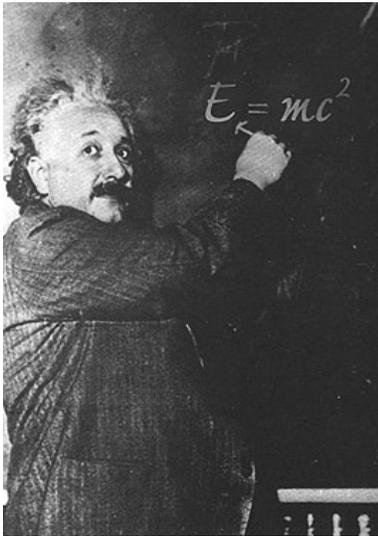
이를 처음으로 인지했던 사람은 이탈리아의 젊은 과학자였다. 엔리코 페르미(Enrico Fermi)는 독일의 물리학자인 아우구스트 콤프(August Kopff)가 1921년에 쓴 『아인슈타인의 상대성 이론의 원리(Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie)』를 이탈리아어로 번역하는 과정에서 아인슈타인의 공식을 통해 원자핵의 엄청난 에너지를 끌어낼 수 있음을 깨닫게 된다. 그는 이 함의를 이탈리아 번역판의 부록에 언급하였다. 엔리코 페르미의 예언은 핵분열 반응에 적용되어 훗날 맨해튼 프로젝트를 통해 개

발된 원자폭탄으로, 또 한편으로는 페르미 자신이 개발한 원자로 CP-1에 의해 실현된다.

한편 영국의 화학자 프란시스 애스턴(Francis William Aston)은 원자의 질량을 정밀하게 측정하는 질량분석기를 개발하여 헬륨 원자 하나의 질량은 수소 원자 네 개의 질량보다 약간 작음을 엄밀하게 밝혔다. 이를 바탕으로 1920년 아더 에딩턴(Arthur Stanley Eddington)은 영국 웨일즈의 카디프에서 열린 '과학 진보를 위한 영국 연합회의'에서 수소 네 개가 결합하여 헬륨 하나를 생성한다면 항성에서 질량이 에너지로 변화될 수 있음을 예견하였다. 즉, 수소 네 개가 핵융합 반응을 하여 헬륨이 형성되면 질량이 줄어들게 되고, 이 줄어든 질량(Δm)을 아인슈타인의 $\Delta E = \Delta mc^2$ 식에 대입하면 ΔE 만큼의 에너지를 얻게 된다는 것이었다. 이때 질량결손에너지, ΔE 가 결국 핵융합에너지였다.

이후 1929년 로버트 애트킨슨(Robert d'Escourt Atkinson Atkinson)과 프리츠 후터만스(Friedrich Georg Houtermans)는 별의 중심부에서 수소가 결합하여 헬륨을 형성할 수 있음을 양자역학의 도움으로 밝히게 된다. 그러나 당시에는 아직 중성자가 발견되기 전이라 그들은 헬륨이 양성자 두 개, 중성자 두 개로 이루어진 것이 아니라 양성자 네 개로 이루어졌다고 생각하고 그들의 이론을 전개하였다.

중성자의 발견 이후, 한스 베테(Hans Albrecht Bethe)와 카를 바이츠제커(Carl Friedrich von Weizsäcker)를 비롯한 과학자들은 핵융합 과



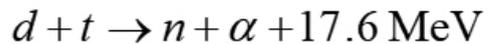
[그림 1] 아인슈타인과 $E = mc^2$, C-N-O 주기 (출처: 위키피디아)

정을 엄밀하게 밝혀낸다. 베테와 바이츠제커는 C-N-O¹⁾ 주기라고 불리는 일련의 과정을 통해 항성에서 수소가 헬륨으로 변환하는 과정을 명쾌하게 설명하였다. 이를 통해 별들의 에너지원이 핵융합임이 밝혀지게 되었다. 그리고 빅뱅 이후 수소로부터 시작하여 핵융합 반응을 통해 다양한 화학원소가 형성되고 이로써 우주에서 물질들이 생성되는 과정이 이해되기 시작했다.

핵융합의 장점

우주의 항성에서는 수소 핵융합 반응이 주로 발생한다. 그러나 이러한 수소 핵융합을 지구상에서 구현하기는 쉽지 않다. 대신 다양한 핵융합

반응이 가능하나 특히 아래와 같은 수소의 동위 원소인 중수소와 삼중수소를 이용하면 지구상에서 비교적 낮은 온도²⁾에서도 핵융합 반응을 일으킬 수 있게 된다.

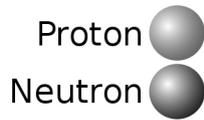
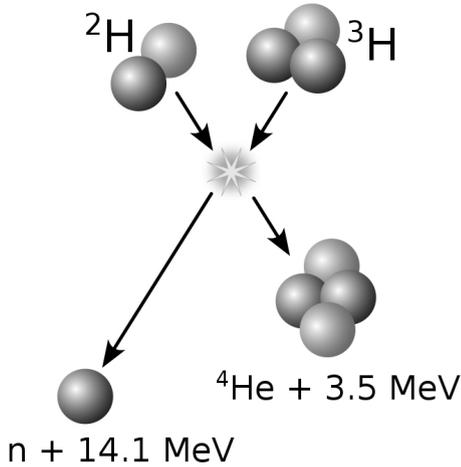


중수소와 삼중수소를 이용한 핵융합의 장점을 분석해 보면 크게 원료의 풍부함, 안전성, 높은 에너지 밀도, 환경 친화성 및 시설의 재활용성이라는 네 가지 측면에서 살펴볼 수 있다.

첫 번째, 핵융합의 원료는 매우 풍부하다. 먼저 중수소는 바닷물에 매우 풍부하게 존재한다. 바닷물 1리터에는 약 0.03그램의 중수소가 포함되어 있으며, 이 양만으로도 자동차로 서울과

1) 탄소(C), 질소(N), 수소(O)가 매개역할을 하여 수소로부터 헬륨이 형성되는 과정

2) 비교적 낮다고 하더라도 수억 도에 해당하여 수소와 중수소는 물질의 네 번째 상태라 일컬어지는 플라즈마 상태가 된다. 이 상태에서는 원자핵과 전자가 서로 분리되어 별도로 움직이게 된다.

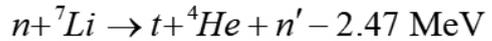


[그림 2] 중수소와 삼중수소를 이용한 핵융합 반응
(출처: 위키피디아)

부산을 세 번 왕복할 수 있는 300리터의 휘발유와 동일한 에너지를 낼 수 있다. 반면 삼중수소는 중수소와 달리 반감기가 12.3년인 방사성 동위원소이다. 우주에서 오는 우주방사선(cosmic ray)에 의해 우연히 생성된 삼중수소의 양을 따져 보면 대략 전 세계에 7킬로그램 정도가 존재할 것으로 생각된다. 따라서 자연에서 삼중수소를 얻기는 매우 어렵다. 그런데 다행히도 삼중수소는 원자력발전소에서 부산물로 발생할 수 있다. 중수를 중성자를 감속시키는 감속재로 사용하는 CANDU 유형의 원자력발전소에서 중수소가 중성자를 흡수하면서 삼중수소가 생성된다. 비록 원자력발전소에서 소량이 생산되기도 하

지만 삼중수소는 그 희귀성으로 인해 가격이 무척 비싸다. 세상에서 가장 비싼 네 개의 물질 중 하나로, 무려 1그램당 3,000만 원 정도이다. 수소가격이 1그램당 6원 정도임을 고려하면 얼마나 비싼지 가늠할 수 있다.

핵융합로에서는 삼중수소를 외부에서 공급하는 대신 리튬을 이용하여 스스로 생산하는 방식을 취하고 있다. 중성자가 리튬과 반응하면 삼중수소가 만들어진다. 아래와 같이 중성자는 리튬 6이나 리튬 7과 반응하면 삼중수소와 헬륨을 발생시킨다.



리튬 6은 리튬 7의 동위원소이며 자연에서 발견되는 리튬의 7.5% 정도가 리튬 6이고 나머지 92.5% 정도가 리튬 7이다. 중성자가 리튬 6과 반응하는 경우에는 발열반응으로 추가 에너지를 얻을 수 있고, 리튬 7과 반응하는 경우에는 흡열반응으로 에너지를 잃게 되지만, 중성자가 소실되지 않고 유지되어 또 다른 리튬과 반응하게 되면 삼중수소를 추가로 얻을 수 있게 된다. 게다가 리튬은 지구에 흔한 원소 중 하나이다. 리튬은 녹색광물로 전기자동차와 휴대폰, 노트북, PC 등에 탑재되는 2차 전지에 사용된다. 중수소의 100배에서 1,000배 정도 적은 양이긴 하지만 바닷물에는 전체적으로 2,300억 톤 가량의 리튬이 녹아 있고, 지구 표면 및 바닷속에 약 1,500만 년간 사용할 수 있는 분량이 매장되어

있는 것으로 추정된다.

핵융합발전소는 리튬을 핵융합로 노심 주위에 배치함으로써 중수소-삼중수소 핵융합 반응에서 나오는 중성자와 반응하여 삼중수소를 생산하고, 이를 다시 노심에 주입함으로써 핵융합 반응을 유지하는 방식으로 설계한다. 이렇게 되면 삼중수소를 자급자족할 수 있게 된다.

두 번째, 핵융합발전소는 안전하다. 운전 중에는 적은 양의 핵융합 원료만 유지하며, 원료 공급이 중단되면 운전은 자동으로 차단되므로 사고의 위험이 낮다. 그리고 핵융합 반응을 일으키는 중수소, 삼중수소의 온도가 계속 상승하는 상황이 발생하더라도 스스로 불안정해지는 특성 때문에 폭발하거나 사고로 이어지지 않는다. 운전 오작동으로 인해 고온의 원료들이 핵융합로 내벽과 접촉하는 상황이 발생하더라도 내벽을 일부 손상시킬 뿐 플라즈마는 즉시 소멸되고 작동이 멈추게 된다. 혹 내벽에 구멍이 생기거나 냉각재가 누설되는 사고가 발생한다 하더라도, 외부 불순물이 노심으로 유입되면 원료가 복사 손실로 냉각되어 핵융합 반응이 멈추게 되고, 잠열(decay heat)이 적기 때문에 큰 사고로 이어지지 않는다. 다만 삼중수소 취급에는 주의가 필요하며 여기에는 원자력발전소에서 축적된 기술과 노하우가 적용될 수 있다.

세 번째, 중수소-삼중수소 핵융합 반응은 높은 에너지 밀도를 갖는다. 1그램의 중수소와 삼중수소가 핵융합 반응을 일으키면 시간당 100,000kW의 전기를 생산할 수 있다. 이는 석

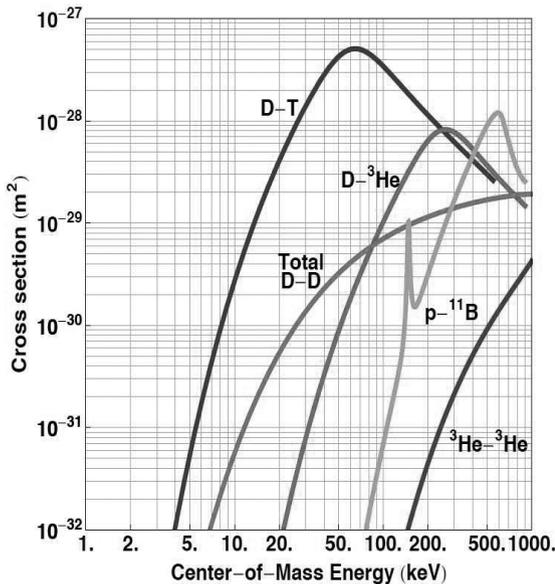
유 8톤이 생산해 내는 에너지와 같다. 곧 300그램의 삼중수소와 200그램의 중수소만 가지고도 고리원자력발전소보다 약 2배 큰 1,000,000kW급 핵융합발전소를 하루 동안 가동할 수 있음을 의미한다.

네 번째, 핵융합은 환경 친화적이다. 중수소, 삼중수소를 사용하게 되면 발전 과정에서 이산화탄소를 거의 발생시키지 않는다. 핵융합 원료를 채취하여 핵융합 반응을 일으키고 후처리를 하는 등 생애주기를 고려해도 화석원료가 발생시키는 이산화탄소의 1/20 이하로 예측된다. 핵융합 반응 자체만 생각하면 이산화탄소 발생은 0이다. 그리고 핵융합은 고준위 방사성 폐기물을 발생시키지 않으며 구조 재료의 방사선 폐기물의 독성도도 구조 재료에 따라 50~100여 년이 경과하면 석탄화력발전소보다 낮아져 설비를 재활용할 수 있게 된다. 이마저 구조 재료를 탄화규소와 같은 세라믹 계열을 사용하게 될 경우, 급격하게 줄어들 것으로 예상된다.

핵융합의 3단계

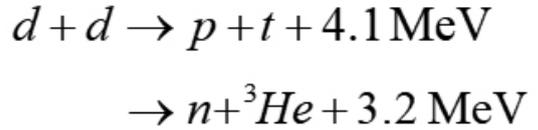
중수소와 삼중수소를 이용한 핵융합은 앞에서 살펴본 바와 같이 큰 매력을 지니고 있다. 그러나 비록 반감기가 짧은 하지만 방사성 물질인 삼중수소를 취급한다는 점과 핵융합 반응으로 인해 발생하는 중성자에 의해 노심을 둘러싸고 있는 재료가 방사화될 수 있다는 점에서 무작정 청정한 에너지라고만 할 수 없다.

이러한 중수소와 삼중수소 반응의 문제점을 극복하고 좀 더 깨끗한 에너지를 얻기 위해서 핵융합은 크게 세 단계의 과정을 거치게 된다. 각 단계는 핵융합 반응을 일으키는 원료에 따라 세대로 구분된다. 제1세대는 중수소-삼중수소, 제2세대는 중수소-중수소 그리고 제3세대는 중수소-헬륨3을 핵융합의 원료로 이용한다. 다양한 핵융합 원료에 따른 핵융합 반응 확률은 [그림 3]과 같다.



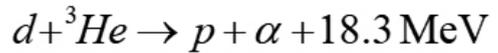
[그림 3] 다양한 핵융합 원료에 따른 핵융합 반응 확률
(출처: <https://physics.stackexchange.com/questions/318390/why-do-fusion-cross-sections-drop-after-a-certain-temperature>)

제2세대인 중수소-중수소 반응은 아래와 같다. 양성자와 삼중수소를 발생시키는 반응과 중성자와 헬륨3을 발생시키는 반응이 50% 확률로 발생한다.



중수소-중수소 핵융합 반응은 삼중수소-중수소 반응보다 높은 온도가 필요하지만 삼중수소를 원료로 취급하지 않고 중성자 발생도 절반 정도로 줄어들게 된다. 이뿐만 아니라 반응 후에 생성되는 양성자를 전기회로로 유도하여 핵융합 에너지로부터 직접 전기변환이 가능하다는 장점을 지니고 있다.

제3세대인 중수소-헬륨3은 아래와 같다.



이 핵융합 반응은 제2세대보다 더 높은 온도가 요구된다. 그러나 중수소-헬륨3 반응에서는 중성자가 발생하지 않아 재료를 방사화할 염려가 없고, 중수소-중수소 반응의 경우와 유사하게 반응 후 발생하는 양성자도 직접 전기변환이 가능하여 상황에 따라 2차측이라고 불리는 별도의 에너지 변환 장치가 필요 없을 수 있다. 따라서 제1세대의 30~60% 정도의 에너지 변환 효율이 제3세대에서는 기술 발달 여부에 따라 최대 100%에 가까울 것으로 내다볼 수 있다. 한 가지 고려사항은 제3세대 핵융합의 원료인 헬륨3이 지구상에 매우 희박하다는 점이다. 그러나 달에 헬륨3이 매우 풍부하게 존재하는 것으로 밝혀졌고, 제3세대 핵융합발전이 가능할 시기에는 인류가 달에서 헬륨3을 확보하여 원료를 제

공할 수 있을 것으로 기대된다.

핵융합의 실현

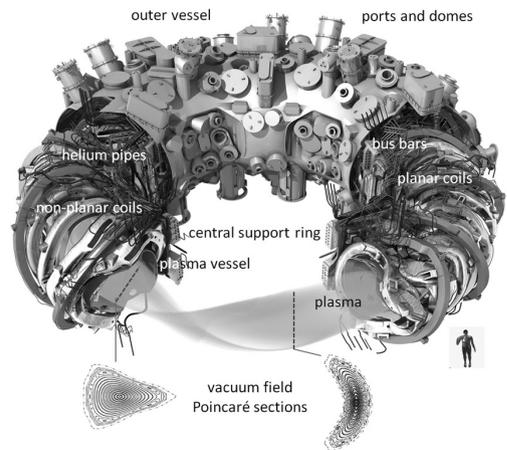
핵융합을 지구상에 실현하기 위해서 가장 쉽게 생각할 수 있는 방법은 가속기를 사용하여 중수소빔과 삼중수소빔의 에너지를 높여 충돌시키는 것이다. 그러나 이 방법은 중수소와 삼중수소가 만나 핵융합 반응을 일으킬 확률보다 마치 당구공끼리 튕겨 나가는 것처럼 산란할 확률이 훨씬 커서 실용화될 수 없음이 밝혀졌다.

가속된 빔이 서로 지나친 이후에는 다시 만날 수 없음을 착안하여 이후 과학자들은 가속된 빔들이 서로 지나치더라도 다시 만날 수 있도록 원료를 일정 공간에 가두어 두고 온도를 높이는 방식을 고안해 냈다. 이는 레이저나 고에너지 전자빔 또는 이온빔을 사용하여 플라즈마를 가두는 관성가둠 개념과 자기장을 사용하여 플라즈마를 가두는 자장가둠 개념으로 각각 발전하게 된다.

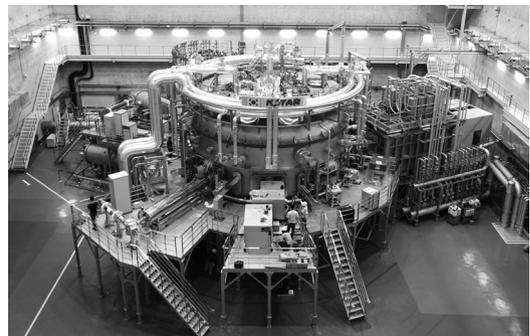
자장가둠은 플라즈마가 자기장에 가두어지는 원리를 이용한 것으로 대표적인 예로 스텔러레이터와 토카막이 있다. 스텔러레이터는 파배기 형태로 꼬인 도넛 모양의 진공 용기 내부에 자기장을 걸어 고온의 플라즈마를 가두는 방식으로 미국에서 처음 고안되었다. 대표적인 장치로 일본의 LHD, 독일의 Wendelstein 7-X를 들 수 있다.

토카막은 도넛 모양의 진공 용기 내부에 자

기장을 걸어 플라즈마 내부에 전류를 걸어 고온의 플라즈마를 가두는 방식으로 러시아에서 처음 고안되었다. 대표적인 장치로 우리나라의 KSTAR 장치를 들 수 있다. KSTAR는 대전에 있는 한국핵융합연구원에 건설되어 1억 도 이상 고성능 플라즈마 장시간 운전, 플라즈마 불안정성 제어 등에서 세계적인 결과를 생산하고 있다.



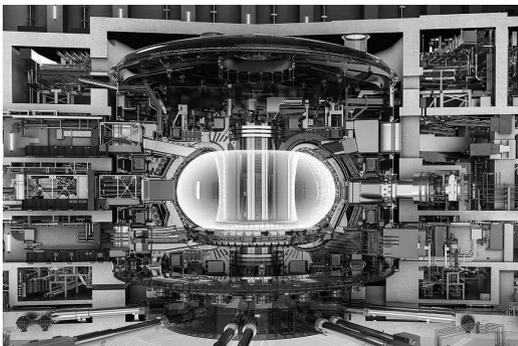
[그림 4] 독일 Wendelstein 7-X
(출처: T. Klinger et al., Plasma Physics and Controlled Fusion 59 014018 (2017))



[그림 5] KSTAR
(출처: 한국핵융합연구원 <http://fusion15.a1m.co.kr/post/kstar/36>)

핵융합의 현황

1950년대 러시아에서의 토카막 장치 개발 이후, 20세기에는 토카막을 중심으로 핵융합 연구가 진행되었다. 미국, EU, 일본, 러시아가 선도적으로 연구를 진행하였으며, 2007년에는 한국을 포함하여 EU와 미국, 일본, 러시아, 중국, 인도가 참여하는 거대과학 프로젝트인 국제핵융합실험로(ITER, International Thermonuclear Experimental Reactor)가 공식적으로 출범하였다. ITER는 토카막 개념을 토대로 핵융합 발전 가능성을 공학적으로 검증하기 위해 열출력 500MW, 에너지 증폭률³⁾ $Q > 10$ 을 400초 이상 지속하는 것을 주요 목표로 한다. 추가로 핵융합로 안전성의 실증과 발전 시스템의 신뢰성 향상 및 예측 기술을 확보하고 삼중수소 원료주기/증식 블랑켓 재료 등 핵융합 발전의 상용화에 필요한 핵융합발전로 공학 기술의 시험도 포함된다.



[그림 6] ITER (출처: ITER 국제기구)

ITER 참여국들은 ITER와 더불어 다양한 방식으로 핵융합 발전의 상용화를 위해 연구를 진행하고 있으며 ITER 이후 실증로(DEMO) 장치 제작과 실증로 개발을 위한 다양한 로드맵을 계획하고 진행 중이다.

한국의 경우 1995년 국가 핵융합 연구개발 기본계획을 시작으로 선진국과의 기술 격차 극복을 위해 중간 진입 전략을 채택하고, 2003년 ITER 가입과 2007년 KSTAR 완공 이후 핵융합 기반 기술 연구를 목표로 KSTAR 장시간 운전 및 ITER 리더십 강화, 기초 연구 활성화 등을 추진하였다. 그리고 제3차 핵융합 에너지 개발 진흥 기본계획을 수립하여 2040년대 핵융합발전소 건설 능력 확보를 위해 3대 중점 추진 전략을 수립 및 2단계 목표 달성 지원을 제시하였다. 이후 2018년도에 발표된 제4차 과학기술 기본계획에서 국제 공동프로그램(ITER 포함) 참여 확대를 제시하였으며, 핵융합 에너지를 에너지 자원 분야 중점 과학 기술로 선정하였다.

EU 및 일본의 경우 ITER 이후 DEMO 장치 건설을 위한 로드맵을 수립하고 핵융합 재료 시험을 목적으로 IFMIF/EVEDA 프로젝트를 공동으로 추진하고 있다. 영국 또한 소형구형토카막 STEP을 통해 세계 최초로 전력을 생산하기 위해 투자 중이며, 2040년까지 핵융합 에너지를 상용화하겠다고 선언하였다. 마지막으로 중국 또한 핵융합부품시험장치인 CFETR 장치 개발

3) 에너지 증폭률은 핵융합을 통해 발생하는 전력과 핵융합을 일으키도록 노심을 가열하는 데 필요한 전력의 비율로 정의한다.

을 통해 ITER와 DEMO 사이의 틈을 메울 징검다리를 만들기 위해 노력하고 있으며 이를 위한 관련 연구 시설인 CRAFT 건설에 착수하였다.

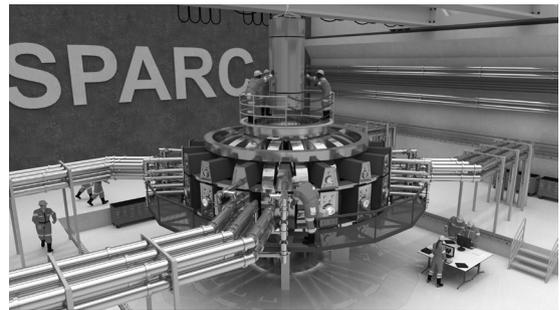


[그림 7] 중국의 CFETR

(출처: <https://www.siffer.science/Pages/DEVICES/CFETR.aspx>)

미국의 경우에는 공공부문의 연구와 더불어 민간 기업의 투자가 활발히 이루어지고 있다. 제프 베یز스 아마존 CEO는 10년 전 핵융합 투자를 시작하여 2011년 캐나다 핵융합 기술회사 '제너럴 퓨전'에 221억 원을 투자했으며 올해 1억 달러 추가 투자를 유치하였고, 마이크로소프트 창업자인 빌 게이츠는 '브레이크스루에너지 벤처스'라는 기후 변화를 해소할 에너지 기업들에 10억 달러를 투자하고 있으며, 그중 하나가 미국의 핵융합 스타트업 '커먼웰스퓨전 시스템(CFS)'이다. CFS는 소형핵융합발전소 건설을 목표로 기존 토카막에 쓰이는 전자석보다 두 배 이상 강한 바륨구리산화물 기반 초전도 전자석을 활용하여 SPARC를 제작할 예정이며, 2021년 이를 위한 부지 선정 후 기반 시설을 건설 중

이다. 마이크로소프트 공동창업자인 폴 앨런 또한 미국 핵융합 기술회사 '태 테크놀로지'를 주목하고 455억 원을 투자하였으며, 2027년까지 상용화를 목표로 하고 있다. 세계 최대 민간 핵융합 회사로 꼽히는 '태 테크놀로지'는 폴 앨런을 포함해 골드만삭스, 록펠러, 구글 등의 투자를 받아오면서 핵융합 관련 특허를 등록해 왔으며 2027년 상용화를 목표로 하고 있다. 피터 틸페이팔 공동 창업자 또한 미국 핵융합 기업인 '헬리온에너지'에 170억 원을 투자하였고, 제너럴 퓨전은 자화표적핵융합(MTF) 기술을 내세워 용기 대신 강력한 자기장에 초고온 플라즈마를 만드는 새로운 아이디어로 핵융합에 접근 중이다.



[그림 8] 미국 MIT에 건설 중인 SPARC (출처: MIT)

핵융합의 전망

핵융합은 원자력과 더불어 2050 탄소중립에 적절한 에너지원으로 거론되고 있다. 아직 핵융합로 노심 플라즈마 기술, 통합 설계 및 인허가 기술, 핵융합로 재료 기술, 내벽 부품 기술, 초전도 자석 기술, 가열 장치 기술, 동력계통 및 기

타 기반 기술, 원료주기 기술 등 8대 핵심 기술에 난제가 남아 있긴 하지만 지난 60여 년 동안 과학기술적, 공학적으로 괄목할 만한 성장을 이루어냈다. 이미 영국과 중국이 전력 생산을 위해 투자를 시작하였고, 민간에서의 투자도 활발히 이루어지고 있다.

2016년 11월 18일 스티븐 호킹은 캠브리지 대학의 빅데이터 연구소 개소식에서 '미래를 바

꿀 단 하나의 기술'에 대해 물은 BBC 기자에게 이렇게 답하였다.

“수소를 헬륨으로 바꾸며 에너지를 발생시키는 핵융합입니다.”

세계적인 원자력기술과 KSTAR, ITER를 통해 쌓아온 핵융합 노심 기술을 토대로 우리나라가 세계의 미래를 바꿀 수 있기를 기대해 본다.

KIIF