



“산업체 참여로 핵융합 연구 역량 높여 나간다”

윤경숙

미래창조과학부 미래선도연구실 핵융합지원팀장



고려대 행정학과 졸업
행정고시 45회

과학기술부 성과관리과,
과학기술정보과 사무관
교육과학기술부 기획조정실 기획담당관
서기관, 친서민정책추진단 팀장,
연구개발정책실 수학과학교육팀 팀장
미래창조과학부 미래선도연구실
핵융합지원팀 팀장(2013~)

우리에게 이제 에너지 문제는 더 이상 남의 문제도, 먼 미래의 문제도 아니다. 증가하는 에너지 수요에 대응할 수 있는 에너지원의 확보는 국가의 생존과 직결되는 이슈가 되었다. 전 세계적으로 ‘에너지 전쟁’이 갈수록 치열해지고 있으며, 각국은 새로운 에너지 개발에 적극 나서고 있다.

핵융합 에너지¹⁾는 지속 가능하고 안정적인 미래 에너지원 중 하나로 떠오르고 있으며, 여러 국가들이 연구 개발에 투자를 아끼지 않고 있다. 핵융합 연구는 항공우주, 원자력, 가속기 등과 함께 대규모의 예산과 인력, 시설이 필요한 거대과학(Big Science) 분야 중 하나이다.

거대과학의 특성상 핵융합 연구는 대부분 정부 주도로 이루어지고 있다. 우리 정부 역시 핵융합에너지개발진흥법에 따라 핵융합에너지 개발진흥기본계획을 수립·시행하고 있으며, 동 계획을 바탕으로 초전도 핵융합 연구 장치(KSTAR)²⁾ 개발과 운영, 국제 공동으로 진행되는 국제핵융합실험로(ITER)³⁾ 공동개발사업 등에 참여하고 있다.

「제2차 핵융합에너지개발 진흥기본계획(2012~2016)」은 ‘KSTAR와 ITER를 활용한 핵융합 기반 기술 연구 개발’을 목표로 설정하여 추진되고 있으며, 지난 6월 국가핵융합위원회에서 2013년도 시행계획을 수립·확정하였다.

2013년도 핵융합에너지 개발진흥 시행계획 주요 내용

금년에는 국제핵융합실험로(ITER) 공동 개발 사업, 초전도 핵융합 연구 장치(KSTAR) 등 핵융합 연구 개발에 총 1,516억원을 투자할 계획이다. ITER 사업(842억원), KSTAR 연구(327억원)가 가장 많은 비중을 차지한다.

ITER 사업을 통해 진단 장치 등 우리나라가 담당하는 주요 장치(10개)⁴⁾의 개발과 제작을 지속적으로 추진하고, 향후 핵융합 에너지 상용



〈그림 1〉 핵융합에너지 개발 진흥 기본 계획

화에 필요한 핵심 기술 개발을 병행해 나갈 계획이다.

특히, 우리나라가 약 1,738억원(2013. 5월 기준)⁵⁾ 규모의 용역과 물품 제작을 ITER 국제기구 및 참여국으로부터 수주했으며, 앞으로 해외 수주 규모는 지속적으로 증가할 수 있을 것으로 보인다. 해외 수주 확대를 위해 ITER 사업과 관련된 기술 정보의 수집, 조달 품목과 관련된 기술 업무의 현지 지원 등을 더욱 강화해 나가려고 한다.

2007년 건설되어 2008년부터 운영을 시작한 KSTAR는 2008년 초전도 장치로는 세계 최초로 플라즈마 발생에 성공하는 등 장치의 우수한 성능을 확인했다. 향후 핵융합 기초 연구의 핵심 시설로 국내외 공동 연구 등을 통해 ITER 운전 과정에서 논의될 공학적·과학적 현안 과제의 사전 해결에 집중하면서 핵융합 기초 연구의 국제적 주도권을 갖춰나가는 비전을 가지고 있다.

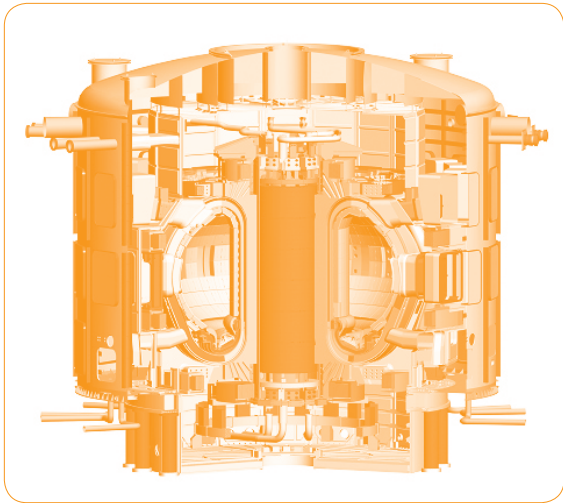
더불어, 핵융합 상용화에 대비한 기초 연구과 인력

양성을 점차 확대해 나가고, 플라즈마를 활용한 실용 기술 개발에도 힘쓸 것이다.

핵융합 산업 생태계 활성화

초고온, 고진공, 극저온, 신소재 등 다양한 첨단 극한 기술이 필요한 핵융합 에너지 개발과 상용화 성공을 위해서는 관련 분야 산업체의 참여와 협력이 필수적이다. KSTAR와 ITER 사업에 참여하는 국내 산업체는 현재 170여개에 이르고 있으며, 이 중 90%는 중견·중소기업이다.

우리나라의 탄탄한 중공업과 IT 등은 KSTAR의 성공적인 건설·운영과 ITER 사업의 주도적인 참여에 든든한 뒷받침이 되고 있다. 산업체에게도 핵융합 사업 참여는 기술력과 매출 향상, 인재 확보 측면에서 도움이 되고 있다.




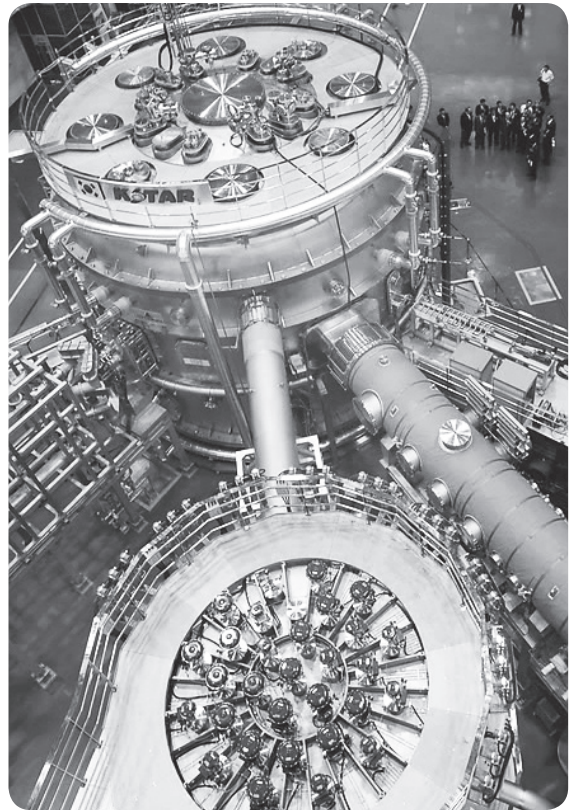
ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor) 모형도

실제 KSTAR 개발 사업에 참여한 기업들을 대상으로 조사한 결과, KSTAR 건설 사업 과정에서 1,380명의 고용 창출과 2,582억원의 매출 효과를 거둔 것으로 나타났다.

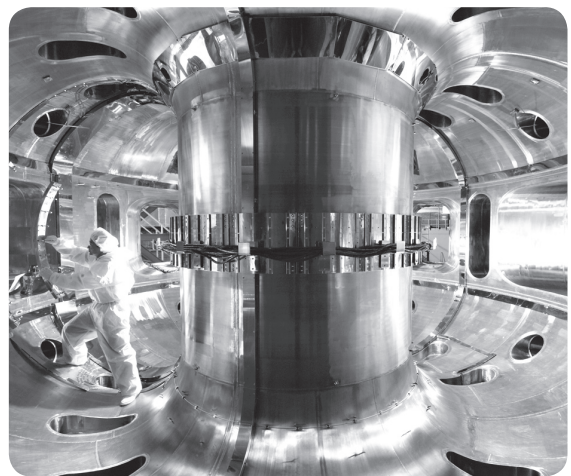
이러한 산업체를 중심으로 형성된 핵융합 산업 생태계를 보다 활성화하기 위해 정부지원을 강화해 나갈 계획이다. 핵융합 연구 개발 과정에서 축적된 파생 기술을 중소기업에게 이전할 수 있도록 '중소기업 상생 한마당'과 같은 기회 제공의 장을 정기적으로 마련해 나간다. 또한 국가 핵융합연구소의 우수 연구 성과 확산을 위한 전담 조직(TLO)의 역할을 강화해 나가는 한편, '핵융합 지식정보시스템'을 구축하여 산업체와 정보를 공유하려고 한다.

핵융합 연구의 분명한 목표는 핵융합 에너지 기술의 성공적인 상용화이다. 이 목표를 이루기까지는 장기간의 연구와 많은 투자가 필요하다. 그러나 그 과정에서 파생되는 첨단 기술의 확보와 우리 산업체의 성장에 또 다른 성과이자 목표가 될 수 있다.

핵융합 연구 과정에서 충분한 성과를 만들어내면서 최종 목표를 성공적으로 달성할 수 있도록 정부와 출연 연구소, 대학, 산업체가 힘을 모아 나가려고 한다. 



KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research) 주정지



KSTAR 내부

국제핵융합실험로(ITER) 공동 개발 사업

1. 사업 개요

- 미래 대용량 청정 에너지인 핵융합 에너지의 상용화 가능성을 최종 실증하는 초대형 국제 협력 R&D 프로젝트로 우리나라는 핵융합 분야 후발 국가로 선진국이 축적한 핵융합 기술을 단기간 내 추적·확보하기 위해 '03.6월부터 ITER 프로젝트에 참여하고 있음.
 - * 참여 국가 : 미·러·EU·일('88.4월), 중국('03.1월), 한국('03.6월), 인도('05.12월)
- ITER 회원국은 ITER 공동이행협정에 서명하고('06.11월), ITER 국제기구 공식 출범('07.10월)과 함께 본격적으로 ITER 프로젝트 수행 중

2. 사업 추진 경과

- ▶ '88. 4월 : 국제원자력기구 산하 ITER 위원회 출범(미, 소, 일, EU)
- ▶ '03. 6월 : 우리나라 ITER 가입
- ▶ '05. 6월 : ITER 건설 부지 프랑스 카다라쉬 결정
- ▶ '05.12월 : ITER 공동이행협정 협상 완료(제주 회의)
- ▶ '06.11월 : ITER 공동이행협정 및 특권·면제협정 서명
- ▶ '07. 4월 : ITER 공동이행협정 및 특권·면제협정 국회 비준 동의
- ▶ '07.10월 : ITER 국제기구(IO) 공식 출범(협정 발효 및 법인격 확보)

3. 주요 추진 현황

- 조달 : 총 10개 품목 중 7개에 대해 ITER 기구와 조달약정(PA)을 체결, 이중 6개 품목은 국내 산업체와 계약을 통해 개발·제작 진행 중
 - * 조달 품목 : TF 도체, 진공 용기 본체, 진공 용기 포트, 열차폐체, 불량켓 차폐 블록, 조립 장비, 삼중수소, 전원 공급 장치, 진단 장치, IVC 버스바
- 기술 개발 : 조달 품목은 아니지만 핵융합 상용화에 필요한 핵심 기술 확보를 위해 ITER TBM 프로그램에 참여('12.6월 ITER 이사회 승인).
 - * TBM(Test Blanket Module) : 에너지 추출, 삼중수소 증식 등 핵융합실험로의 핵심 기능을 ITER 장치에서 실험하기 위한 모듈
- 수주 : ITER 기구 및 타참여국으로부터 총 59건, 약 1,738억원 규모의 연구·서비스 용역 및 물품 제작 수주('13.5월 기준)
 - * '12년도에는 대표적으로 현대중공업이 896억원 규모의 물품 제작을 일본에서 수주
 - ** '13.5월까지 누적 수주액은 우리나라가 지출한 현금 분담금(1,191억원) 대비 140%수준
- 인력 파견 : '13.5월 현재 총 30명의 국내 인력이 ITER 기구에 파견

4. 향후 추진 계획

- 조달 : 체계적인 진도 관리를 통해 할당된 조달 품목을 적기에 개발 및 제작, '13년 내 1개 품목에 대해 조달약정 체결
- 기술 개발 : 비조달 분야 핵심 기술 추적 및 개발 본격화('13년 15개 과제), ITER TBM 프로그램에 본격적으로 참여하여 TBM 개발·제작 추진
- 수주 : ITER 기구 및 타참여국으로부터 지속적으로 수주 노력, ITER 사업 지원과 수주 확대를 위한 현지 지원 확대
- 인력 파견 : ITER 기구에 국내 전문가 및 신규 인력 파견을 지속 추진



조달 품목	조달 가치(kiUA)	조달약정	계약 체결	최종 조달
TF 도체	43.39	'08.05.07	'09.01.29	'14.10
진공 용기 본체	26.20	'08.11.19	'10.01.15	'16.08
진공 용기 포트	55.98	'08.11.19	'10.01.15	'18.11
열차폐체	26.88	'10.05.17	'10.08.09	'18.12
블랑켓 차폐 블록	28.90	'13.11	'14.05	'20.10
조립 장비	23.01	'09.08.03	'10.03.22	'17.03
삼중수소	12.70	'16.02	'16.08	'22.05
전원 공급 장치	46.07	'11.03.14	'11.08.12	'16.12
IVC 버스바	3.98	TBD	TBD	TBD
진단 장치	4.64	'11.06.14	'14.06	'20.11
계	271.75			

초전도핵융합연구장치(KSTAR)

1. KSTAR 장치 개요

- 건설 기간/비용 : '95.12 ~ '07.8 / 3,090억원
- 참여인력 : 연300여명, 30개 기관
- 주요 재원 : 장치 크기(높이10m, 직경10m), 초전도체 소재(Nb3Sn, NbTi), 초전도 자석 무게(약300톤)
- KSTAR 최종 성능 목표
 - 플라즈마 발생시간 : 300초
 - 플라즈마 온도/전류 : 3억도/2MA
 - 초전도 운전 온도 : 4K (영하 269도)
 - 플라즈마 자기장 : 3.5테슬라
- 장치 검증 완료 및 최초 플라즈마 발생
 - KSTAR 장치에 대한 개별 검사 및 종합적 성능 검증을 거쳐 '08.6월 최초 플라즈마 발생 달성 성공

2. 주요 추진 경과

- ▶ '95.12~'98.9 : KSTAR 개념설계 및 기반기술 R&D 수행
- ▶ '02.7~'07.8 : KSTAR 장치 제작 및 설치 완료
- ▶ '08.6 : KSTAR 최초 플라즈마 발생 성공
- ▶ '12.10 : KSTAR 실시간 플라즈마 형상 제어, 고성능 H-모드 에서 플라즈마 17초간 운전 달성 성공

- 1) 핵융합에너지는 가벼운 원자핵들이 융합하여 무거운 원자핵으로 바뀌는 과정에서 발생하는 에너지로, 태양이 스스로 에너지를 발생하는 원리. 핵융합 반응을 위해서는 ① 1억도의 플라즈마(원자핵과 전자가 분리되는 상태) 생성, ② 플라즈마를 가두고 핵융합이 일어나도록 하는 용기(핵융합로), ③ 핵융합 반응에 사용되는 중수소 등의 연료(바닷물에서 추출 가능)가 필요
- 2) KSTAR(Korea Superconducting Tokamak Advanced Research) : 국내 기술로 건설(1995~2007)하여 국가 핵융합연구소가 운영 중인 초전도 자석 핵융합 연구 장치
- 3) ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor) : 핵융합 에너지의 과학적·공학적인 실증을 위해 한국, EU, 일본, 미국, 중국, 인도, 러시아가 공동으로 개발·건설하는 핵융합 실험로
- 4) 우리나라 조달 품목 : TF 도체, 진공용기 본체, 진공용기 포트, 열차폐체, 블랑켓 차폐블록, 조립장비, 삼중수소, 전원공급장치, 진단장치, IVC 버스바
- 5) 2012년도에는 대표적으로 현대중공업이 896억원 규모의 물품 제작을 일본에서 수주하였으며, 2013년 5월까지 누적 수주액은 우리나라가 지출한 ITER사업 현금분담액(1,191억원) 대비 140% 수준