⑥ 핵융합에너지 연구개발 정책 방향

40년 후 '에너지 자립국' 꿈 이룬다

글 | 유국희 _ 교육과학기술부 핵융합연구과장 ghyoo@mest.go.kr

1995년부터 10여 년에 걸쳐 우리의 기술로 제작하여 설치된 KSTAR 핵융합연구장치가 지난 6월 말 최초 플라즈마 발생에 성공하였다. KSTAR의 최초 플라즈마 발생은 그 동안 합심하여 건설에 공을 들인 핵융합계뿐만 아니라 최근 유가급등으로 경제적 어려움을 겪고 있는 우리 모두에게 큰 의미를 가진다. 핵융합에너지는 이미 한창 개발 중인 신재생에너지와 더불어 미래를 대비하면서도 타 에너지원에 비해 장기적으로 활용 가능한 혁신적인 대용량 에너지로서 주목받고 있기 때문이다.

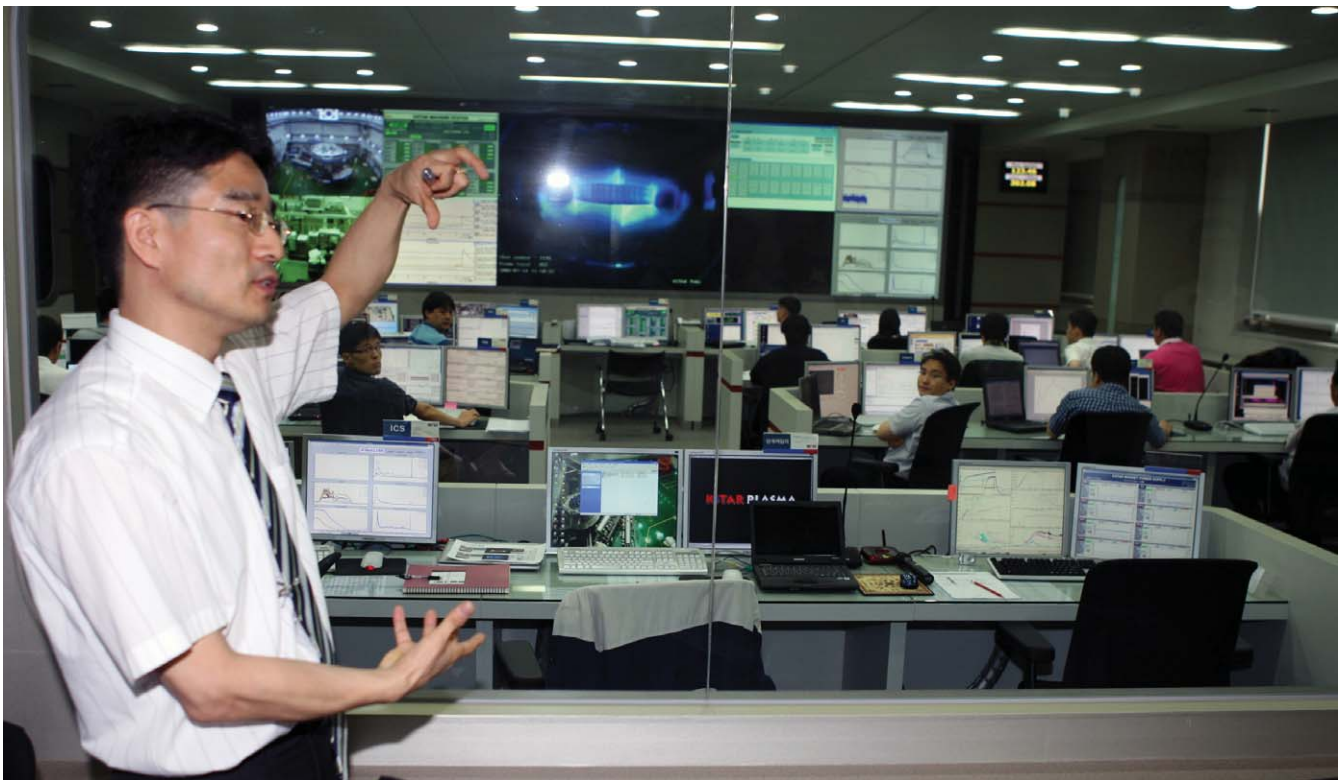
화석연료의 고갈은 시기 문제에 대한 견해를 약간 달리할 뿐 피할 수 없는 현실이다. 이런 상황에서 개발도상국들의 에너지 수요 증대, 특히 중국, 인도의 고속성장에 따른 급격한 에너지 수요 증대 요인으로 에너지 문제는 이제 피할 수 없는 인류의 숙제가 되었다. 이미 각국은 국가안보 차원에서 에너지확보를 위한 에너지 전쟁에 돌입했다는 데는 이견이 없다. 한편, 화석연료 사용에 따른 CO_2 발생으로 지구온난화 등 기후변화 문제가 전지구적 관심사로 떠오르면서 세계는 화석연료를 대신할 대안에너지 개발에 골몰하고 있다. 이러한 가운데 최근 국제에너지기구(IEA) 보고서에 따르면 환경친화성, 자원의 무한성 측면에서 중장기적인 에너지 기술 대안으로 핵융합을 제시하고 있다.

장기 대형 국가연구개발 프로젝트 성공에 큰 의의

유럽, 미국 등 선진국들은 1960년대부터 이미 핵융합 연구개발에 투자하여 2040년대 핵융합 상용화시대라는 비전을 제시하며 더욱 핵융합에너지 개발에 속도를 가하고 있다. 1960년대부터 대형 핵융합장치 건설과 운영을 시작한 선진국에 비해 우리 나라는 1995년 KSTAR 건설에 착수하여 뒤늦게 핵융합 연구에 뛰어 들었지만, KSTAR를 국내기술로 제작 · 설치함으로써 우리 나라 핵융합 연구는 한 단계 도약하게 되었다.

올해 KSTAR가 최초 플라즈마 발생에 성공함으로써 우리 나라는 전 세계에서 6번째로 핵융합장치 운영국가 반열에 올랐다. '사이언스' 잡지에 뉴스로 게재되는 등 세계 핵융합계가 KSTAR에 주목하는 이유는, 많은 나라들이 핵융합 발전 상용화를 꿈꾸며 핵융합에너지 개발에 투자를 하고 있지만 핵융합장치를 건설하고 운영하는 일은 그리 쉬운 일이 아니기 때문이다. 핵융합장치 건설 · 운영을 통한 핵융합에너지 개발 연구는 태양과 같이 핵융합 반응을 통해서 에너지를 얻기 위한 조건을 지구상에 구현하고자 하는 노력으로 40년 이상 다양한 장치를 제작해 온 경험을 바탕으로 많은 시행착오를 거치며 진행되어 왔다.

핵융합반응은 수소의 동위원소인 중수소 및 삼중수소의 핵이 10keV 이상의 높은 운동에너지로 충돌할 때 발생하고 핵융합반응 자체에 의해서 주변환경이 매우 고온으로 유지되기 때문에 1억도 이상으로 가열하는 기술과 고온에서 장시간 에너지를 저장하는 기술들을 필요로 하게 된다. 이러한 기술들은 모두 초고진공, 극저온, 초전도, 초정밀과 같은 극한기술들이어서 막대한 시간과 재원, 그리고 기술력이 필요하다. 장치제작 경험이 없고 상대적으로 적은 재원을 투입해 한 번의 시도로 최첨단의 초전도 토카막을 갖춘 KSTAR 장



핵융합장치 K-STAR, 첫 플라즈마 발생 성공 국내 핵융합실험장치인 K-STAR가 지난 7월 15일 첫 플라즈마 발생시연에 성공한 가운데 한 연구원이 모니터에 표시된 플라즈마에 대해 설명하고 있다.

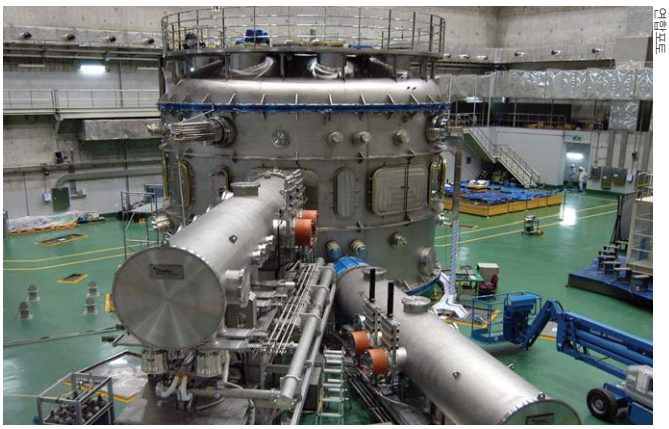
치가 완결성을 보여준 것에 대해 세계가 놀라워하는 것이다. 구리선으로 자기장을 만들어 운전 중에 엄청난 열이 발생했던 기존의 토카막과 달리 KSTAR는 초전도 자석을 사용해 장치를 제작함으로써 장시간 운전이 가능한 진보된 형태의 토카막을 세상에 선보이게 된 것이다. KSTAR 건설 및 최초 플라즈마 발생 성공으로 우리 나라는 미래 핵융합에너지 시대를 선도할 수 있는 기술력을 확보할 수 있는 기반을 가지게 되었다고 해도 과언이 아닐 것이다.

KSTAR 건설사업은 우리 나라에서 보기 드문 장기 대형 국가연구개발 프로젝트의 성공이라는 점에서 의의가 크다. 장기적 사업을 체계적으로 추진하기 위해 1995년 국가과학기술위원회를 통해 '국가핵융합연구개발기본계획'을 수립하여 산학연이 각각 KSTAR 건설을 위한 임무를 맡아 공동으로 참여하도록 하였다. 당시의 '국가핵융합연구개발기본계획'은 핵융합 육성을 위한 법적·제도적 틀이 전혀 없는 상태에서 장치제작을 위한 기술수준을 조속히 향상시키고 관련 전문인력을 양성하기 위한 최초의 핵융합 정책의 태동이라 할 수 있다.

KSTAR 프로젝트는 10여 년에 걸친 총 4천억 원 규모의 대규모 사업으로 추진과정에서 우여곡절이 많았다. 최초 3년의 제1단계 사업은 당초 목표대로 개념설계, 주장치 기본설계 등의 주요 마일스톤을 달성하였으나, 제2단계 공학설계 이후 현실적인 제약사항 등의 난관극복 과정에서 사업기간 연장, 사업비 조정 등 지난한 과정을 거쳐야 했다. 그럼에도 불구하고 KSTAR가 성공하게 된 것은 끊임없는 도전과 열정으로 산학연이 합심하여 사업을 추진하고 정부가 목표지향적으로 철저히 연구사업을 관리하고 정책적으로 지원한 결과라 할 수 있다.

KSTAR 건설과정에서 핵융합선진국들이 추진해 온 핵융합발전에 대한 공학적 실증을 목적으로 하는 국제핵융합로(ITER)에 가입할 수 있을 정도의 기술력이 확보되어 우리 나라는 2003년부터 ITER 협상에 참여하여 7개 회원국이 공동이행협정을 체결하고 2007년 출범한 ITER 프로젝트에 당당하게 참여하게 되었다. 정부는 핵융합에너지 연구개발사업의 본격적 추진과정에서 산학연으로 구성된 핵융합계를 체계적으로 모으고 장기적으로 KSTAR 건설·운영과 ITER 프로젝트의 성공적 추진을 위해 법적·제도적 기반을 공고히 하여 국가지원체계를 갖추게 되었다. 2006년 말

제1차 핵융합에너지 개발진흥 기본계획비전, 단계별 목표 및 주요내용



연합포토

한국기초과학지원연구원 국가핵융합연구소는 한국형 핵융합로 KSTAR가 개발 착수 11년 8개월 만에 완공돼 시운전에 들어간다고 밝혔다. 이로써 우리나라는 미국, 유럽연합, 일본, 중국, 러시아 등에 이어 세계 6번째 핵융합로 개발 국가가 됐다.

'핵융합에너지 개발 진흥법'을 제정함에 따라 핵융합에너지개발을 위한 법적 지원근거가 마련되었고, 동법에 따라 법적 의사결정기구인 '국가핵융합위원회'가 구성되어 2007년 8월에는 '제1차 핵융합에너지 개발 진흥 기본계획'을 수립함으로써 핵융합에너지 개발 추진을 위한 국가의 청사진을 마련하게 되었다.

실용화 자립기술 개발 위한 국가 청사진 마련

제1차 핵융합에너지 개발 진흥 기본계획은 '핵융합에너지의 실용화 자립기술 개발'이라는 비전달성을 위해 국가적 핵융합에너지 개발 추진전략을 체계적으로 마련했다고 평가할 수 있다. 동 기본계획에 따르면 2007년부터 2011년까지 5년 간은 제1단계로서 핵융합연구개발 추진기반을 확립하는 시기이다. 이를 위한 전략으로서 핵융합 핵심연구개발 추진전략 수립, 연구개발 가속화 기반조성 및 저변 확대, 국제협력 내실화 및 다원화 활동 정립, 파급기술 산업화 육성 및 경제·사회적 타당성 제시 등 4대 전략을 마련하여 추진하고 있다.

첫째, 핵융합 핵심연구개발 추진체계 확립을 위해 2009년부터 본격적으로 운영되는 KSTAR의 안정적 운전 및 이를 활용한 원천기술에 대한 단계적 연구개발, ITER 관련 핵심기술 확보, 핵융합로 개발을 위한 핵심 공학기술의 독자적 개발능력 기반구축 등을 추진해야 한다. KSTAR가 국내외 중심장치로 자리매김할 수 있도록 초기운전을 바탕으로 초전도 토카막장치 운영기술을 습득하고 일본 등 경쟁국의 초전도 핵융합장치 운영 일정을 고려하여 세부 운영계획을 수립할 예정이다. 아울러 KSTAR를 활용한 핵융합 플라즈마 기초연구 및 지속적 성능향상을 위한 연구개발 추진으로 장시간 운전 조기달성 등 핵융합 자립화 기술 축적에 기여토록 할 계획이다. 핵융합 선진 7개국이 공동으로 추진하는 ITER 프로젝트를 통해서 관련기술의 핵심 연구개발, 제작공정, 시스템 통합, 품질관리 등 핵융합에너지개발의 핵심기술 획득에 진력하면서 국내의 우수한 생산제작기술 및 원자력기술의 강점을 최대한 활용하여 핵융합발전로 기반공학기술 개발을 위한 전략적 기술로드맵을 수립해 나갈 것이다.

둘째, 연구개발 가속화 기반조성 및 저변 확대를 위해 핵융합 기초연구 역량 및 창의적 연구개발 인프라 확대, 핵융합 기반시설·통합 정보 및 관리시스템 구축, 전문인력 양성 강화 및 교육훈련 집중화 기반조성 등을 추진해야 한다. 거점대학특화센터를 지정·운영하여 우수연구그룹을 육성하고 KSTAR, ITER 등의 연구개발에 필요한 기초연구 인프라를 확대하도록 핵융합 기초연구를 확대할 계획이다. 그 동안 KSTAR 건설, ITER 참여 과정에서 축적된 연구개발 전문지식 및 기술자료 등의 체계적 관리를 위한 정보관리시스템 구축에 주력하여 핵융합 연구개발의 효율적 추진에 기여토록 할 예정이다. 아울러 핵융합 관련 기초연구인력 양성과 동시에 산업체 기술인력 및 원전설계·제작·건설 경험이 있는 인력을 대상으로 하는 교육훈련 프로그램 등을 포함하는 '핵융합기술 전문인력 양성계획'도 체계적으로 수립할 계획이다.

셋째, 정부의 총괄적 조정·관리 하에 국제협력 주관기관을 중심으로 우리 나라의 핵융합 관련기술의 강약점 분석에 근거하여 국제협력활동을 내실화하고 다원화하도록 해야 한다. ITER 이사회

등 ITER 프로젝트 운영에 효율적으로 대응하기 위한 ITER 타 회원국과의 협력관계를 구축하고 KSTAR의 효율적 운영을 위한 국제협력체계 수립 등을 전략적으로 추진해 나갈 계획이다. 양자간 또는 다자간 협력약정 등 안정된 협력의 틀을 활용하여 각국의 강점분야를 선정하여 공동연구과제를 수행하는 등 다원적이면서도 국가핵융합기술전략에 부응하는 핵융합에너지개발의 국제협력 강화 추진계획을 마련할 예정이다.

마지막으로 핵융합 연구개발 투자의 산업파급효과를 극대화하여 경제발전에 기여토록 하고 일반대중 및 이해관계자들의 수용성 제고를 위한 지속적 노력을 병행해야 한다. 우선 핵융합 파생기술의 산업화 촉진을 위해 핵융합산업체포럼을 운영하여 핵융합 장치 제작 · 운전 과정에서 개발된 기술 및 핵융합 플라즈마 응용의 산업적 실용화를 위한 신산업 창출 지원체계를 마련할 예정이다. ITER 프로젝트 추진과정에서 우리 나라 조달품목은 국내업체가 제작발주하여 기술력 향상과 산업파급효과가 최대화되도록 하며 ITER 기구를 포함하여 일본 등 타 회원국의 발주에도 국내업체가 참여토록 지원해나갈 계획이다.

목표 지향적이고 핵심만 추구하는 정책 펼쳐야

KSTAR 본격 운영에 대비하고 ITER 건설이 본격 추진되는 시기로서 4대 전략에 맞는 세부실천과제를 구체화하여 핵융합 연구개발의 든든한 기반을 마련해야 할 시점이다. 전 세계적 목표를 고려하더라도 앞으로 40년 가까이 기다려야 핵융합 에너지를 생산하는 발전소를 볼 수 있다. KSTAR를 만들기 위해 12년의 공을 들여온 것을 기반으로 ITER 프로젝트 참여, DEMO 등 다시 지난한 연구개발 과정과 실용화 과정을 거쳐야 실현이 가능하다는 것이다. 그럼에도 불구하고 우리 나라가 꾸준히 핵융합연구를 진행해야 하는 것은 미래 에너지 주권을 확보하기 위해서다.

우리 나라는 지난해 무려 95조 원의 에너지를 수입한 상황에서 2008년 상반기에만 70조 원의 에너지 수입실적을 기록하여 총수입액의 30%를 넘어섰다. 이 가운데 원유 수입이 62%를 차지하여 원유의 단가상승률이 65%를 넘어서고 석탄 · 가스 등 기타 에너지 단가가 50%의 상승률을 기록하였다. 우리보다는 상황이 좋은데도 에너지 문제를 심각하게 생각하는 유럽, 일본 등의 적극적인 핵융합 투자 증대 정책은 우리에게 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

우리 나라는 핵융합에너지 개발에 뒤늦게 뛰어든 후발주자이지만 KSTAR 제작 · 설치 · 시운전 과정에서 습득한 기술을 바탕으로 ITER 프로젝트 협상에 2003년부터 참여하게 되어 짧은 기간에 우수한 핵융합 기술을 보유하게 된 것을 국제적으로 입증 받은 셈이다. KSTAR는 높이가 8.6m, 지름이 9.4m이며, 2015년 완공을 목표로 개발 중인 ITER 장치의 3분의 1크기다. KSTAR는 초전도 도체 등 ITER의 설계사양을 적용하여 건설되었으며, 우리 나라는 KSTAR에 적용된 핵심설비와 부품을 ITER에 공급하게 되는 중요한 역할을 하게 된다. 이러한 이유로 KSTAR의 완공과 실험운영에 국제적 관심이 모아지고 있으며, KSTAR가 ITER의 원형모델 역할과 위성장치 역할을 얼마만큼 잘 수행해내느냐가 향후 우리 나라 핵융합에너지 연구의 발전에도 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 인적 · 재원측면에서 부족한 우리 나라는 보다 더 전략적인 기술개발 로드맵과 이에 기반한 국제협력을 추진하여 목표지향적이면서 핵심만을 추구하는 핵융합에너지 개발 정책을 지향해야 할 것이다.

KSTAR가 앞으로 갈 길은 멀고도 험하다. 최초 플라즈마에 성공하여 내년부터 본격 운영된다고는 하지만 사실 이제부터가 시작이다. 수많은 시행착오와 핵융합 발전을 위한 빠른 길을 찾기 위해 다양한 갈림길에서 얼마만큼 효율적인 해답을 찾아가게 될지 모르지만 핵융합 개발 과정은 미래의 무한에너지를 개발하여 진정한 에너지 독립국으로 가는 험난한 과정이 되리란 것을 짐작할 수 있다. 그래서 KSTAR는 우리 대한민국이 에너지 자립국의 꿈을 실현하기 위한 희망으로서 국내외 핵융합 연구의 중심으로 우뚝 서서 큰 방향을 제시해 줄 역할을 지속적으로 수행해 주어야 하는 것이다.

이제까지 자원을 보유한 국가가 에너지 강국으로서 부를 누렸다면 미래는 에너지 기술 보유국이 에너지 패권을 주도해 나가는 시대가 될 것이다. 핵융합 에너지 개발은 현재 우리의 삶, 이 땅에 계속해서 살게 될 우리의 후손들을 위해 필수적으로 이뤄내야 할 시대적 과제다. KSTAR 본격운영을 계기로 핵융합에너지에 대한 전 국민적인 관심을 제고하고, 핵융합에너지 연구개발을 가속화할 수 있도록 정치 · 사회적 기반과 정책추진체계를 새로이 점검하여 미래 청정에너지시대를 우리가 열어갈 수 있도록 대비해야 할 때이다. ST

글쓴이는 원자력실 원자력개발과 사무관, 기초인력국 기초과학정책과 사무관, 원자력국 영광주재관 실장, 공보관실 서기관, 국무총리실 과학기술정책과장 등을 지냈다.