



# 국가 핵융합 사업을 위한 제언

김 두 일

코리아비즈니스서비스 대표컨설턴트  
전 Siemens원자력 한국대표



업에 대한 진행 과정을 관심있게 지켜보았다. 특히 오는 5월 28일에는 COEX에서 「Fusion Forum」이 열릴 예정이어서, 이에 필자의 작은 제언을 덧붙여 본다.

### 국가 핵융합 사업 KSTAR

핵융합은 가벼운 원자핵이 결합해 무거운 원자핵이 되는 과정을 말하며, 현재 원자력발전에 이용되는 무거운 원자핵이 둘 이상으로 쪼개지는 핵분열과 다르다. 핵융합 반응이 일어나려면 1억도 이상의 온도가 필요하며, 초고온 플라즈마를 어디에, 어떻게 효과적으로 그리고 오랫동안 가둘 수 있는가에 대한 연구와 실험이 필요하고, 이를 해결하기 위해 초전도 자석 기술, 중성 입자 빔 가열 기술 등 여러 분야 최첨단 기술의 총체적인 조합이 요구된다.

국가 핵융합 사업 KSTAR(Korea Super-conducting Tokamak Advanced Research) 프로젝트가

출범한 지도 올해로 7년째가 된다. G7 사업의 하나로 시작하여 당초 올해 8월경에 완공을 목표로 총사업비 2,200억원(주장치 및 보조 장치 예산 1,500억원, 실험동 건설 예산 700억원)을 투입하였다.

하지만 1997년에 국가 부도 위기 사태를 맞았고, 이로 인하여 당초 환율이 달러당 1996년의 거품 경제 당시의 800원대에서 1,300원대로 인상되었고, 따라서 총사업비의 예산 규모도 실질 예산을 달러로 환산하면 초기 예산의 2/3 수준으로 떨어졌다.

더더구나 KSTAR 사업 출범 후 정부 출연 연구 기관에 일률적으로 적용된 PBS(Project Base System) 시스템으로 연구비에 인건비를 포함하여 당초 Capital Cost 2,200억에 인건비도 반영하게 되었으므로 실제 프로젝트 수행에 필요한 Capital Investment 총액은 2/3 수준 이하로 삭감된 셈이다. 이에 따라 정부에서는 2001년에 추가로 980억원

**필**자가 한국원자력연구소 독일사무소장으로 있을 당시(1995~1997), 문민 정부에서는 핵융합 사업을 국책 사업으로 정하고 준비 작업에 들어갔다. 당시에는 한국기초과학지원연구원이 없던 터라 원자력연구소가 기초 작업을 하였다.

그 일환으로 필자도 독일의 막스 프랑크 연구소 중 플라즈마 핵융합을 연구하는 Garching에 있는 IPP(Institute of Plasma Physics)로 몇 차례 방문하였던 기억이 있다.

이러한 연유와 과학기술자로서의 남다른 호기심을 이유로 핵융합 사

을 지원하여 총사업비는 현재 3,200억원이다.

하지만 KSTAR 장치는 ITER (EU·일본·러시아 등 주요 핵융합 선진국을 회원으로 하는 국제 열핵융합로 건설 프로젝트; International Thermonuclear Experimental Reactor) 건설 전에 완공을 목표로 하는 세계 최초로 모든 전자석이 초전도 전자석으로 구성되는 초전도 토카막 핵융합 장치다.

ITER의 총건설 예산은 약 4.5조 원이 예상되는데 이는 지난해 6월 설계를 끝내기 전까지의 설계 비용과 약 10년간의 R&D 비용을 제외한 순수 건설 비용이다. KSTAR는 ITER의 약 1/9 크기다.

단순 계산을 해보면 KSTAR의 순수 건설 비용은 약 5,000억원 정도라고 추정할 수 있는데, 필자가 아는 한 KSTAR 프로젝트 이전, 국내에서는 KSTAR 건설을 위한 별개의 R&D 프로그램이 진행된 적이 없다.

국내에는 KSTAR 건설에 필요한 R&D를 수행할 수 있는 전문가 집단도 없고, 이를 뒷받침하는 기초 자료를 제공할 수 있는 가동되는 토카막 장치도 전무한 국내 현실을 비추어 볼 때, 당연히 KSTAR 사업비 예산의 상당 부분은 장치 개발을 위한 R&D에 투입되었으리라 생각된다.

일반적으로 신규 장치 건설을 위한 R&D cost 및 설계 기간은 실제 장치 건설 cost 및 기간의 상당 부분

(10~30%)을 차지한다.

전국 국·공립 및 사립 대학 중에서 핵융합 관련 전문 교육이 거의 없다고 해도 과언이 아닌, 따라서 국내 교육 기관에서의 전문가 양성이 미미한 수준이라고 볼 수밖에 없는 국내 여건에서, 특별한 R&D에 대한 집중적인 투자와 기다림이 없이 당초 주어진 건설 사업비만으로 세계 최초의 초전도 핵융합 장치를 건설한다는 것은 상식에 어긋난다.

따라서 KSTAR 사업은 건설에 필요한 건설비와 시간이 절대적으로 부족할 것이라고 생각된다. 이러한 현실에서 한국의 선택은 두 가지로 요약될 수 있다.

하나는 이를 실패한 사업으로 판단, 사업을 기업처럼 포기하는 것과 아니면 건설에 필요한 R&D에 상응하는 재원과 기간을 적정 수준으로 추가 지원하여 사업을 성공적으로 궤도에 올려 놓는 것이다. 필자가 이 글을 쓰는 이유는 전자보다는 후자를 위함이기여 후자를 위한 두 가지의 주제에 대하여 언급하고 싶다.

첫째는 핵융합 사업이 정말 국가가 국내의 열악한 연구 환경에도 불구하고 국가의 장래를 위하여 반드시 추진해야 할 사업이나 하는 것이다.

필자가 사업상 자주 방문하는 유럽에서는 핵융합연구는 EURATOM(유럽원자력공동체)의 주관하에 EU 단일 핵융합 프로그램으로

미래의 원자력 사업으로 추진되고 있다. 독일을 중심으로 프랑스·영국·벨기에·스페인 등 서유럽 국가의 원자력 산업체의 대부분이 핵융합 연구에 필요한 R&D를 유럽 내의 핵융합 연구소들과 연계하여 수행하며, 연구에 필요한 실험장치들과 부품들을 제조 공급하고 있다. 연구 개발에 필요한 인력 공급도 지속적인 홍보와 대학과의 연계를 통해 확보하고 있다.

미국·일본과 세계 무역 전쟁에서 끊임 없는 경쟁 관계에 있는, 에너지 자원이 별로 없는 유럽이, 매년 거금을 투자하여 핵융합 연구를 지난 40여년 동안 꾸준히 지속하여 오늘날 핵융합 연구의 선두 주자를 자리매김을 하고 있다면, 또한 비슷한 처지에 있는 일본도 ITER의 주요 회원국으로 핵융합 연구에 적지 않은 투자를 하고 있다는 것을 인식한다면, 에너지 부존 자원이 거의 없는 한국도, 국내 전기의 40% 이상을 담당하는 원자력 사업의 성공에 만족할 것이 아니라 다른 에너지 기술 선진국에 상응하는 조치를 취해야 한다고 생각한다.

일본 사람들이나 유럽 사람들이 바보가 아닌 다음에야 돈 쓸 데가 없어서 되지도 않을 일에 돈을 쓰겠는가? 한국이 그리도 염원하는 노벨상을 줄줄이 꿰어차고 있는 나라들에서 40년 동안이나 돈 받아서 연구를 수행할 수 있겠는가하고 반문해 보



면, 핵융합 연구는 숲을 가꾸는 마음으로 꾸준히 추진해야 한다고 생각한다.

그렇다면 두 번째 주제는 현재 어려움에 처한 KSTAR 사업을 어떻게 추진해야 국가 백년 대계를 위한 사업(적어도 오늘날의 원자력 사업처럼)으로 자리 매김을 할 수 있는가 하는 것이다.

1996년 정근모 당시 과학기술처 장관이 국가핵융합 사업, KSTAR 사업을 과학기술부의 G7 과제로 추진하는 것을 승인할 때 필자가 기억하는 것은 중간 진입 전략으로 추진하여 차세대 초전도 핵융합 장치를 건설 및 운영하여 향후 25년 안에 선진국 핵융합 연구 수준으로 국내 핵융합 연구 수준을 끌어 올려 ITER 이후 2030년경 건설이 시작될 DEMO 핵융합 발전소 건설에 참여하겠다는 것이 필자가 이해하는 국가 핵융합 사업의 목표 및 전략이었다.

**KSTAR 추진의 제문제**

한국이 지난 30년간의 근대화와 함께 한 역동성에 비추어 국가 핵융합 사업 KSTAR의 성공은 가능한 것처럼 보였으나, 추진 과정에서 간과한 점이 몇 가지 있다고 생각한다.

그 하나는 사업 초기부터 사업 목표의 기술적 난이도에 대한 충분한 검토가 없었고, 따라서 R&D cost

및 기간에 대한 정량적 예측이 없었다.

두 번째는 국내의 연구 수준과 관련 산업의 기술 수준에 대한 충분한 조사가 없었다. 물론 국내 현실에 대한 착각은 사업 목표에 대한 저평가에서 비롯된다고 볼 수 있지만, 국내 여건에 대한 주제 파악이 안된 것은 분명하다고 생각한다.

필자가 아는 독일 원자력산업 관련자들의 말을 빌면, 초전도 핵융합 장치는 일반 핵융합 장치와 비교할 때 기술적 난이도는 경기용 자동차와 일반 승용차의 기술 수준으로 비교할 수 있다고 한다. 즉 자동차도 같은 자동차가 아니라는 것이다.

이를 우리의 현실에 적용하면 Pony도 만들어 보지 못한 경험으로 Porsche를 만들겠다는 계획이나 다름없다고 생각한다. 이는 아마도 문민 정부 시절, 즉 IMF 전의 한국 사회의 거품 풍조 속에서 탄생된 또 하나의 거품 프로젝트가 아닌가 생각된다.

이제 거품이 걷힌 우리의 현실을 냉정히 짚어본 후 앞으로 50년 후의 미래 에너지 산업의 근간이 되는 핵융합 연구의 주춧돌을 새롭게 놓아야 한다고 생각한다.

**국가 핵융합 사업을 위한 제언**

그러면 국가 핵융합 사업을 본 궤도에 올려놓기 위한 대안은 무엇인

가에 대한 질문에 국내의 입지전적인 국내 기간 사업들의 성공 사례에서 그 해법을 찾아야 된다고 생각한다.

그 예로 포항제철은 중간 진입 전략의 대표적인 성공 사례라고 볼 수 있다. US Steel이 백년에 걸쳐 달성한 목표를, 신일본제철이 50년에 걸쳐 이룩한 것을 포항제철은 25년에 달성하였다. 여기의 주역은 아낌없는 지원을 하여준 정부와 박태준씨의 Mid-entry 전략이었다고 생각한다. 포항제철의 성공은 신일본제철 기술자들 집단의 절대적인 기술 지도와 현지 노동자들의 피나는 노력과 박태준 회장의 지도력이 가져온 결과라고 본다.

포항제철의 목표가 이미 건설된 제철소를 건설하는 것인 반면에, KSTAR 사업의 목표가 초대형 초전도 핵융합 장치 ITER 건설 전의, 세계에서 최초의 초전도 핵융합 토카막 장치 건설임을 상기할 때, KSTAR 사업의 성공을 위해서는 경험 있는 전문가 집단의 수혈과 이에 보조를 맞출 수 있는 국내 기술자들을 접목하는 것이 반드시 필요하다.

ITER의 경우를 보면, top-notch 전문가 집단으로 구성된 technical committee와 management committee가 사업 초기부터 구성되어 있으나, 세계 최초의 차세대 초전도 핵융합 장치인 KSTAR 장치 건설 및 운영 사업에는 이런 comm

ittee들은 존재하지 않는다.

다만 국가 핵융합 소위원회(비전문가들로 구성됨; 한국에 가동되는 토카막이 존재치 않는 한 전문가는 존재할 수 없다고 생각한다)이 존재할 뿐이다.

현대자동차가 처음 개발한 포니도 엔진은 일제 Mitsubishi 엔진을 장착했고 차 디자인은 이태리 디자이너가 했다. Mid-Entry 전략은 외국 기술을 과감하게 도입할 수 있는 제도적 장치와 확고한 의지가 없다면 구호일 뿐이며, 이는 현재 KSTAR 사업의 성공을 위해 반드시 풀어야 할 숙제인 것이다.

핵융합 연구의 최종 목표는 차세대 Nuclear Energy Project인 상업용 핵융합 발전소를 건설하는 진정한 첨단 기술들이 집약되는 고도의 부가 가치 사업임을 인식할 때, 국가의 미래 에너지원 확보는 국가 생존의 절대적 우선 순위에 놓여 있음을 인지할 때, 포항제철의 25년의 신화를 교훈 삼아서, 우리는 국가 핵융합 사업이 본 궤도에 오를 수 있도록 확고한 vision을 설정, 이에 따르는 국내 현실에 바탕을 둔, 현실적이고 합리적인 운영 체계를 수립하여 지속적인 추진을 해야 한다.

이러기 위해서는 핵융합 장치 건설에 실제 경험이 있는 전문가 집단을 초청 수용할 수 있는 시스템을 수립 및 이를 꾸준히 가동하는 것과 이 전문가 집단과 혼신을 다해 일할 수

있는 국내 엔지니어들과 연구 인력들을 과감히 확보, 국외 및 국내 교육 기관에서 지속적으로 양성할 수 있는 시스템을 마련 이를 가동해야 한다. 모든 사업의 성공 여부는 전문가를 확보·유지·양성하는 데 전적으로 달려있음은 강조할 필요도 없는 상식이다.

끝으로 국책 사업을 승인 지원하는 정부와 이를 추진하는 주체인 과학기술자들에게 말씀 드리고 싶은 것이 있다.

요즈음 이공계 대학에 대한 학생의 지원이 갈수록 격감해 가고 있는데 대한 우려의 목소리가 높다. 과학기술자의 사회적 지위와 처우를 개선해야 한다는 주장도 있다.

필자와 친분이 있는 독일의 핵융합 연구자들에게 핵융합 연구가 핵에너지와 어떻게 다르냐고 질문을 하면 독일의 녹색당을 의식해서인지 조심스러운 반응을 한다. 어떤 이는 핵-융합이라는 용어 대신 플라즈마-핵융합이라고 말하기도 한다. 과학자라면 핵융합은 핵융합이지 여론을 의식해서 과학적 사실을 정직히 말하기를 주저하는 것은 스스로를 망치는 지름길이라고 생각한다.

한국에서 추진되는 국책 사업들의 대부분은 예산이 충분치 않다. 연구 기획 과정과 예산 심의 과정에서 어느 수준 이상의 연구비를 제시하면 초기에 아예 씨도 안 먹히리라는 우려 때문이다.

이러한 사례는 비단 국내 문제만이 아니고 외국에서도 종종 있는 일이다. 문제는 외국에서는 그래도 어느 정도의 error bar 안에서 이를 추진하는데, 국내에서는 사업 성공을 위한 최소 예산도 확보하지 않고 무조건 연구비를 받아 이를 추진하는 경우가 많다고 생각한다. 이를 묵시적으로 방조하는 정부도 문제지만, 기개와 양심을 팔아 무조건 연구비만 챙기는 과학자들과 건축주에게서 텀핑의 건설비를 받아 챙기고 부실시공을 하는 악덕 건축업자와 무엇이 다를 바가 있겠는가?

과학자의 처우는 과학자의 기개와 신념에서 우선 시작된다고 생각한다. 국가의 미래를 위한 국책 사업을 수행할 때, 과학자의 양심으로 볼 때 사업 성공을 위한 최소한의 예산도 확보하지 않는다면 단연코 'No' 할 수 있는 과학자의 신념과 정직성이 보여질 때, 과학 기술자들은 단순 지식 노동자에서 이 사회를 선도하는 존경받는 지식인으로 거듭난다고 생각되며, 그러할 때 이에 상응하는 사회적 대우가 시작된다고 생각한다.

일을 맡기는 측과 맡는 양자 사이에 신뢰가 없는 관계는 모두에게 불편함이 따른다. 따라서 과학자 스스로 사회적 신뢰를 확보하려는 부단한 노력을 기울리 하면 안된다. 특히 물질 만능의 배금주의가 판을 치는 이 세상에서는, ☹