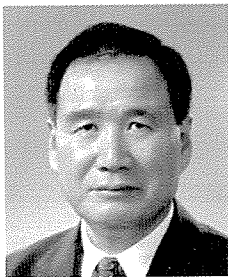


장래의 에너지 선택

레이저 핵융합 연구에도 투자를

우리나라의 핵융합실험은 대형의 토카막(TOKAMAK)으로 자기 핵융합실험인데 막대한 국력을 자기 핵융합장치 토카막에만 집중하는것보다 그 예산의 일부나마 레이저 핵융합연구에 돌려 미래의 에너지 기술전쟁에 대비하는 것이 바람직하다. 10~30년 후 레이저 핵융합 분야의 연구에 있어서 기술종속국이 되지 않기 위해선 관련 기반연구에 대한 우선 투자가 필수적이라고 생각한다.



金孝根
(광주과학기술원장)

현재 60억에 달하는 세계인구는 2100년에 1백억명으로 증가되리라 추측되며, 연간 1인당 에너지 소비량을 3Kw로 가정하면(생존에 필요한 최저에너지는 100w이다), 22세기 초에는 전 세계적으로 30T_w(테라와트-10¹²)의 에너지가 필요하다. 현재 약 15T_w 에너지 소비량의 80%가 화석연료(석유, 석탄, 천연가스)에 의존하고 있는 실정이며 원자력은 13% 정도에 불과하다. 그러나 화석연료의 사용은 CO₂ 가스를 배출하여 지구온난화현상의 주 원인이 되고 있으며, 현재처럼 화석연료를 기본으로 하는 경제가 연 3% 성장하면 2100년에 지구의 표면온도는 평균 3~4℃ 증가할 것으로 예측된다. 이런 온도상승은 빙하를 녹이고 또 해수를 팽창시켜 수면은 50cm 이상 수위가 올라가게 될 것이며, 방글라데시는 18%의 땅이 수면에 잠기고, 네덜란드

드는 6%의 국토가 손실되게 될 것이다.

화석연료 의존 한계에 ...

위와 같은 현상으로 화석연료에의 의존은 한계에 도달하게 될 것이며 또한 바람직하지도 못하다. 현재 과학기술로서 30T_w에너지를 충당할 수 있는 대체 에너지 기술은 태양에너지, 증식로 원자력발전 및 핵융합방법 뿐이다. 태양전지는 효율이 20%라 할 때 지구상 육지면적의 0.2%에 해당하는 면적(사막에 해당하는 면적)에서 계속적으로 작동한다면 약 10T_w의 에너지를 공급하게 된다. 나머지 20T_w는 증식로 원자력에너지 또는 핵융합 에너지로 충당이 되어야 한다. 증식로 원자력 발전에 필요한 핵연료는 30T_w경제를 200년 정도 지속시킬 수 있을 정도로 풍부하며, 핵융합은 이것보다 1백만배 이상의 기간동안 유지시킬 수 있는 연료가 있다. 원자력 발전에서는 많은 문제들이 야기되는 것은 주지의 사실이다. 핵폐기물 처리, 안정성 등, 1986년에 발생한 체르노빌 원자력 발전소 사고는 원자력 발전이 안고 있는 큰 문제들의 비근한 예가 될 것이다.

전통적으로 천연에너지가 부족한 우리나라는 일찍이 원자력 핵발전 사업을 시작하여 현재는 전 발전량의 1/3 정도를

생산하고 있다. 핵융합이란 작은 핵자들, 예를 들어, 중수소와 3중수소가 융합하여 큰 핵자를 형성할 때 전체 질량이 감소하며 이 때의 질량감소가 막대한 에너지로 변화되는 물리현상이다. 이것은 해와 별에서 빛과 에너지가 생기는 원리이며 인위적으로는 미국에서 수소 폭탄을 개발함으로써 인공적으로도 핵융합실험이 가능하게 되었다. 막대한 에너지가 일시에 발생하는 핵융합에너지를 조절하여 서서히 발생시킴으로써 환경적으로 깨끗한 새로운 에너지원을 개발하겠다는 것은 수소탄 실험 이후로부터 인류의 큰 희망이었고, 그 때부터 연구가 꾸준히 계속되어왔다. 앞에서 언급한 중수소(D₂)와 3중수소(T₂)를 1억도 정도의 온도에서 충분한 시간동안 보존하고 있으면 α입자와 중성자가 형성되어 17.6MeV라는 거대한 에너지가 방출된다. D₂와 T₂는 위와 같은 높은 온도에서 물론 전자가 유리된 플라스마 상태가 되므로 이 이온(ion)들을 구속하려면 강한 자장을 형성하여 그 자장 속에 충분한 시간동안 감금하여야 한다. 예를 들어 적어도 에너지적으로 수지가 맞으려면 10⁹/cm³의 밀도를 가진 플라스마를 1초간 유지하여야 한다. 이러한 핵실험 방법을 자기감금핵융합(Magnetic Confinement Fusion)이라고 하며 현재 기초과학연구지원센터에서 시작하고 있는 핵융합 방법이다. 인공적인 핵융합 방법으로는 이 외에 레이저 핵융합이 대표되는 관성핵융합(Inertial Confinement Fusion)이 사용되고 있다. 이 방법에서는 power가 같은 많은 레이저빔(laser beam) 또는 입자빔(particle beam)들이 D₂와 T₂의 혼합체가 들어있는 구형의 캡슐(capsule)에 여러 방향으로부터 균일하게 조사가 된다. 이 때 캡슐표면

은 순간적으로 증발하여 고밀도의 플라즈마를 형성하며 밖으로 초당 1백m의 속력으로 확산한다. 동시에 뉴턴(Newton)의 제3법칙에 의한 반작용의 힘으로 구형의 캡슐은 폭축이 되어 D_2 와 T_2 의 혼합체는 고온 및 고밀도의 플라즈마 상태가 되며 핵융합반응이 일어난다. 핵융합실험에 중요한 이정표(milestone)는 점화현상(ignition)이다. 점화란 압축된 고밀도 DT의 중심에서 핵융합반응이 시작되어 3.5MeV의 α 입자들이 그 주위의 DT에 에너지를 전달하여 주위의 온도를 높게 함으로써 핵반응이 일어나고 이렇게 반응이 연속적으로 진행되기 시작하는 것을 의미한다. 자기핵융합은 1954년 수소폭탄 개발 직후부터 시작하였고 레이저 핵융합은 실제로 1970년대 초부터 시작되었다. 자기 핵융합은 현재 유럽과 일본이 참여하는 축소된 ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor)라는 프로젝트를 통하여 점화를 성취하려고 하고 토카막(Tokamak)을 건설하려고 하고 있다. 또 레이저 핵융합 연구분야에서는 미국에서 1.8MJ의 초대형 레이저를 건설 중이다. 현재 자기 및 레이저 핵융합 방법에서 어느 쪽이 먼저 실현될지는 예측불허이다. 현재까지 레이저 핵융합이 잘 알려져 있지 않았던 것은 미국을 비롯한 핵보유 선진국에서 이 방법을 핵폭탄 개발 등으로 이용하여 1993년 미국이 공개하기까지 기밀화되어 있었기 때문이다. 실제로 어느 방법이 기술적으로 앞서고 있는지는 논란의 여지가 있지만 장단점을 고려해 볼 필요가 있다. 자기 핵융합 방법은 거대한 토카막과 같은 시설 내에서 연료를 가열하여 핵융합반응이 일어나며 또 막대한 에너지를 가진 중성자가 발생한다. 이 중성

자의 에너지를 열에너지로 변화시키고 전기발전에 응용해야 하는데 이러한 모든 과정이 토카막 내에서 행해져야 한다. 또 막대한 양의 연료를 사용해야 하며 막대한 양의 방사성 물질인 3중수소의 사용은 토카막 전체를 오염시킬 우려가 있다. ITER의 건설예산은 1백억달러가 넘는다. 반면 레이저 핵융합은 매번 극소량의 연료사용으로 방사성 물질의 오염이 훨씬 적고 또 드라이버(Driver)인 레이저 시설과 핵융합반응이 일어나고 중성자가 발생하는 소위 타겟챔버(Target Chamber)가 완전히 분리되어 핵융합반응에서 생기는 에너지 분리 등이 훨씬 용이하다.

10년내 레이저 핵융합 점화

현재 미국 로렌스리버모어연구소(Lawrence Livermore National Laboratory)에서 제작중인 세계 최대의 레이저 시설인 NIF(National Ignition Facility)는 12억달러의 예산으로 건설중이며 점화가 실험목표이다. 유럽공동체의 과학기술회의(European Science and Technology Assembly)는 1996년 자기 및 핵융합연구를 검토하여 레이저 핵융합도 자기 핵융합에 못지 않게 유럽공동체의 중요 연구과제로 채택되어야 한다고 결론지었다. 실제 세계의 추세는 자기 핵융합 연구예산이 감소되는 반면 레이저 핵융합 연구예산은 증가하고 있다. 예를 들어 미국의 자기 핵융합 예산이 2001년 2억3천만달러인데 여기에는 미국의 가장 큰 토카막(Tokamak)인 프린스턴대학의 TFTR(Thermonuclear Fusion Test Reactor)을 폐쇄하는 비용도 포함되어 있다. 반면 미국의 레이저 핵융합의 예산은 4억7천5백만달러이다. 미국 NIF에 필적하는 장치

LMJ(Laser MegaJoule)를 프랑스에서 건설중이고 또 일본 사카이대학 레이저핵융합연구소(Institute of Laser Engineering)의 GekkoXII, 또 영국 러더포드 애플튼 연구소(Rutherford Appleton Laboratory)의 벌칸(Vulcan)레이저, 미국 로체스터대학 레이저에너지연구소(Laboratory for Laser Energetics)의 OMEGA레이저 등으로 레이저 핵융합실험은 국제적으로 활발히 진행되고 있다. 러시아의 레베데브(Lebedev)연구소에서도 어려운 경제사정에도 불구하고 레이저 핵융합실험이 활발히 진행되고 있다. 향후 10년 이내에 레이저 핵융합이 점화에 성공할 것으로 이 분야의 전문가들이 예측을 하고 있고, 또한 30년 이내에 상용 핵융합발전소 건립을 위한 목표로 연구에 박차를 가하고 있는 실정이다.

우리나라의 핵융합 실험은 대형의 토카막(Tokamak)으로 자기 핵융합실험이다. 세계의 추세로 보아 또 레이저 핵융합연구의 수준이 조만간 점화를 기대하고 있는 정도인데 우리나라에서도 핵융합과제에 투자하는 막대한 국력을 오로지 자기 핵융합장치 토카막에만 집중하는 것보다 적어도 그 예산의 일부나마 레이저 핵융합연구에도 돌려 미래의 에너지 기술전쟁에 대비하는 것이 바람직하다고 본다. 핵분열 원자력 발전분야에서 국제적 수준에 올라있는 우리나라에서도 10~30년 후에 레이저 핵융합분야의 연구에 있어서 기술종속국이 되지 않기 위해서는 관련 기반연구에 대한 투자가 필수적이라 생각된다. 인적 자원은 연구를 시작할만한 기본적인 수준이 되므로 레이저 핵융합분야 인력양성 측면에서도 이 분야에 대한 투자를 시작할 때가 되었다고 생각한다. ⑤7