

바닷물도 기름으로 바꾸는 超高温의 세계

李光榮

(한국일보 부국장/과학평론가)

바닷물이 기름으로 바뀐다고 하면 믿을 사람이 많지 않을 것이다. 그러나 이는 사실이다. 실제로 이와 같은 일이 태양에서 일어나고 있다. 태양에 물이 있느냐고 물을 것이다. 물론 태양엔 물이 없다. 하지만 태양은 물을 이루고 있는 수소가 풍부하다. 태양은 바로 이 수소를 태워 엄청난 에너지를 얻고 있다. 그러나 이와 같이 믿어지지 않는 일이 아무 때나 일어나는 것은 아니다. 바닷물 속의 수소를 태워 바닷물을 기름과 같은 연료로 사용하기 위해서는 온도가 대단히 높아야 한다. 적어도 섭씨 수억도는 되어야 한다.

태양표면 온도는 6천도

물체에 열을 주면 온도가 올라간다. 온도란 무엇일까. 온도는 쉽게 말해서 뜨겁고 차가운 정도를 말한다. 예를 들어 사람의 체온은 섭씨 36도이고 물이 끓는 온도는 1백도, 튀김기름이 끓는 온도는 1백60~1백80도, 전기히터의 니크롬선은 1천2백도, 가스레인지의 불꽃은 2천도 정도이다.

그러나 온도는 무한정 올라가는 것이 아니다. 온도에도 한계가 있다. 사람이 수월하게 만들 수 있는 온도는 대략 섭씨 2천도 정도이다. 그래서 이 이상의 온도를 초고온이라해서 따로 떼어 생각하고 있다. 백열전구의 필라멘트는 대략 2천5백도이고 태양의 표면 온도는 6천도, 내부는 대략 1천5백만도에 달한다. 이들은 모두 초고온에 해당된다. 섭씨 2

천도이상을 따로 떼어 초고온으로 분리해서 생각하고 있는 것은 이 이상의 온도가 되면 보통 때와 다른 이상한 현상이 나타나기 때문이다.

온도의 과학적인 뜻은 물질의 구성입자가 얼마나 활발히 움직이는 가를 나타내는 정량적 척도(구성입자의 평균에너지)이다. 따라서 물질의 구성입자는 온도가 올라가면 갈수록 활발히 움직여 물질의 결합상태가 느슨해지게 된다. 모든 물질이 온도가 올라가면 상태가 고체에서 액체로, 액체에서 기체로 형태를 바꿔 가는 것은 여기에 있다.

물질은 대체로 섭씨 4천7백도 이상이 되면 고체상태로 남아 있을 수가 없고 5천7백도 이상이 되면 액체상태로 존재할 수가 없다. 또 온도가 1만도 이상이 되면 기체상태의 구성입자인 분자나 원자들이 부분적으로 떨어져 나와(이를 이온화현상이라 한다) 중성기체와 함께 움직이를 띤 이온(ion)들이 공존하는 플라스마(plasma)라 하는 상태로 변한다.

과학적으로 이를 물질의 제4의 상태라 말하기도 한다. 물질의 제4의 상태라고 하면 우리와는 상관없는 세계로 생각하기 쉽지만 실은 우리의 우주 속엔 대부분이 이같은 상태로 존재하고 있다. 별의 내부라든가 성간물질, 성운 등 우주 속에 촘촘히 들어찬 물질의 99.9%가 바로 이같은 물질의 제4의 상태인 플라스마로 존재하고 있다. 따라서 초고온 연구는 우주생성의 신비를 푸는 길로도 연결된다.

가스레인지의 불꽃은 섭씨 2천도. 그 이상의 온도를 초고온이라 한다. 현대과학은 온도를 3억도까지 끌어올리는데 성공했고 초고온에 견디는 새로운 물질 세라믹스를 개발, 엔진에 활용하고 있다. 우주생성의 신비를 푸는 길로도 연결되는 초고온의 세계를 알아본다.

고효율 엔진개발 실용화

초고온 연구는 크게 (1)고온고체 (2)고온기체 (3)플라스마 분야로 나누어 생각할 수 있다. 그러나 지금 세계가 크게 관심을 쏟고 있는 분야는 첫째로 고온에 견디는 고체개발과, 둘째로 고효율 엔진개발, 셋째로 64메가 이상급의 고집적 반도체 제작기술개발, 넷째로 인류의 에너지 문제를 거의 영구적으로 해결해 줄 핵융합발전을 꼽을 수 있다.

초고온에 견디는 새로운 물질을 만들어내는 일은 아주 중요하다. 특히 초고온에 견디는 물질은 효율이 높은 엔진을 만들어내는데 없어서는 안되는 재료이다. 이미 1천5백도에서 견디는 새로운 세라믹스 재료가 개발되어 있는데 이를 이용해서 고효율의 세라믹스 엔진을 만들 수 있을 것으로 보고 있다.

새로운 세라믹스는 우선 고온에서 잘 견디면서 단단하고 가벼우며 열로 해서 늘어났다든가 줄어드는 율(열팽창률)이 작아 자동차 엔진과 제트 엔진은 물론 고온에 견디어야 할 우주왕복선의 외벽과 각종 내화물을 비롯해서 전기를 얻는 효율을 크게 높여주는 직접발전(MHD) 등에 없어서는 안될 귀중한 재료가 될 수 있다.

새로운 세라믹스를 이용한 고성능엔진은 이미 미국과 일본 등지에서 개발되어 자동차에 이용하기 시작했다. 급속엔진은 아무리 열에 강한 특수강이라 해도 1천2백50도 정도가 연료를 태울 수 있는 한계온도이다. 그러나 최근 미국 포드회사가 개발한 자동차용 새로운 세라믹스 엔진은 1천5백38도에서 연료를 태울 수 있는 수준에까지 기술개발이 이루어져 있다.

내연기관은 연료를 태우는 온도가 높을수록 완전 연소율이 높아져 자연 엔진효율이 높아질 뿐 아니라 공해물질의 배출량도 줄어든다. 현재 초내열 합금으로 만든 자동차 엔진이라 해도 자동차를 움직이게 하는 열에너지를 기계적에너지로 바꾸는 열효율은 30% 수준에 머물러 있다. 그러나 새로운 세라믹스 엔진을 이용하게 되면 이를 70%선까지 끌어 올릴 수 있게 된다.

실제로 최근 포드회사가 개발한 4기통의 새로운 세라믹스 엔진을 얹은 자동차는 1갤론(약 3.78리터)으로 80km를 달릴 수 있었다. 1리터로 21km를 달린 셈이다. 현재 4기통 엔진을 얹은 엑셀이나 르망급의 자동차는 잘 달려야 15km 정도이다. 따라서 새로운 세라믹스 엔진이 나오게 되면 지금보다 기름을 30%는 절약할 수 있을 것으로 보고 있다.

요즘의 세계를 가리켜 컴퓨터시대라 한다. 컴퓨터를 만드는데 없어서는 안 될 것이 반도체이다. 반도체의 성능과 집적도는 컴퓨터의 성능을 좌우한다. 고집적 반도체를 만들려면 아주 가느다란 회로를 정확하게 만들어 주는 기술이 대단히 중요하다. 그런데 고온 플라스마를 이용하면 초정밀식각(유리나 금속에 그림이나 글씨를 새기는 일)이 가능해져 64메가 이상급의 초고집적 반도체를 만들 수 있는 길이 열리게 된다.

핵융합발전의 길 열어

초고온의 연구는 또한 인류의 에너지 문제를 궁극적으로 해결해 줄 핵융합발전의 길을 열어준다. 핵융합이란 수소와 같이 가벼운 원소의 원자핵들을 결합시켜 헬륨과 같이 보다 무거운 원소의 원자핵을 만드는 일종의 핵반

응을 말한다. 인류가 핵융합반응을 조절할 수 있게 되면 핵분열반응으로 에너지를 얻고 있는 지금의 원자력발전소와 달리 유해방사선은 물론 사고의 위험이 적은 깨끗한 에너지를 값싸면서도 무진장한 바닷물 속의 수소를 연료로 사용할 수 있어 인류의 에너지 문제를 궁극적으로 해결하는 길을 열어 놓게 된다.

그러나 이같은 핵융합반응을 지상에서 실현하려면 플라스마 상태의 수소를 1억도 이상으로 올려놓지 않으면 안된다. 또 플라스마 상태에서 핵융합반응을 계속 유지하려면 양전기를 띤 수소원자핵들이 서로 충돌해야만 하는데 이를 위해서는 원자핵 사이에 작용하는 강한 반발력을 눌러 주어야 하는 어려움이 있다.

핵융합반응 연구는 50년대 후반 미국과 소련을 중심으로 초고온 플라스마를 이용하는 핵융합반응 연구에 착수해서 60년대 후반 소련이 토카막으로 불리는 장치로 1천만도의 온도를 만들어 보는데 성공했다. 그후 미국이 70년대 초 같은 토카막 방식을 이용해서 1천만도에 도달했고 80년대 초 1억도에 이어 현재 3억도까지 올리는데 성공하고 있다. 영국 칼럼연구소에 설치한 유럽공동체의 토카막도 1990년 9월 3억도를 만들어 핵융합반응을 일으켜 보는데 성공했다. 그러나 핵융합발전은 빨라야 2천년대 후반 쯤이나 가서야 실용화될 것으로 보고 있다.

우리나라는 88년 8월 과학기술처의 대형국책 연구과제인 극한기술개발계획의 일환으로 초고온 연구를 본격화, 90년에 10만도의 초고온 플라스마를 만들고 이를 정확히 측정하고 응용하는 시스템을 개발 중에 있다. ①