

고 온 초 전 도 체

# 액체질소로 전기저항 없애 실용화 길 터 컴퓨터·의료장비·통신기기 등 일대 혁신

## 1911년 물리학자 온네스 발견

자연은 사물을 저항이 적은 길(經路)을 따라 흘러가도록 하는 것 같이 보인다. 우리는 이와 같은 현상을 열이 전도되고 물이 흘러가는 일에서 자동차가 굴러갈 때 흔히 찾아볼 수 있다.

기기(器機)를 설계하고 사용할 때 저항이 적은 길을 따라 가도록 할 수 있다면 인류는 에너지를 지금보다 훨씬 많이 절약할 수 있게 될 것이고 환경이 악화되는 일을 그만큼 막아 삶의 질을 보다 크게 향상시킬 수 있을 것이다. 하지만 자연은 저항이 적은 길을 스스로 좀처럼 드러내 놓지 않는다. 어떤 특별한 조건 아래에서만 이 길은 드러난다. 전기가 흐를 때 저항이 영(零)이 되는 초전도(超傳導: superconductivity)현상이 좋은 본보기이다.

초전도현상은 1911년 네덜란드 출신의 물리학자 H. K. 온네스에 의해 발견되었다. 온네스는 액체헬륨을 사용해서 수은의 온도를 절대온도 4도(절대온도 0도는 섭씨 영하 273.15도), 즉 4K까지 내려 전기저항이 완전히 없어지는 초전도현상을 확인했다. 온네스는 초전도현상이 수은 뿐 아니라

다른 합금에서도 온도가 극저온(極低溫)으로 내려가게 되면 나타난다는 사실을 알아냈다. 온네스는 초전도현상을 발견한 공로로 1913년 노벨물리학상을 받았다.

한편 물체가 극저온으로 내려갈 때 전기저항이 사라지는 까닭은 온네스가 초전도현상을 발견한 46년 후에야 밝혀졌다. 1957년 미국의 존 바딘과 레몬 쿠퍼 그리고 존 R 슈리퍼박사팀이 전자가 쌍을 이루어 움직일 때 초전도현상이 나타난다는 사실을 알아냈다. 이와 같은 설명을 이들의 이름 첫 글자를 따 BCS이론이라 한다. 이들은 이 공로로 1972년 역시 노벨물리학상을 탔다.

BCS이론에 따르면 어떤 물질이 초전도체가 되려면 온도가 적어도 명왕성의 표면 온도와 맞먹는 35K(섭씨 영하 238도) 정도로 내려가야만 한다는 것이었다. 그래서 초전도체를 개발하려는 사람들을 크게 실망시켰다. 35K의 상태를 만들려면 액체헬륨과 같은 희귀(稀貴)가스와 특수 냉동시스템이 동원되어야 하기 때문에 초전도체를 얻는 일은 기술적인 어려움도 문제이지만 돈이 많이 들어 실용성이 없

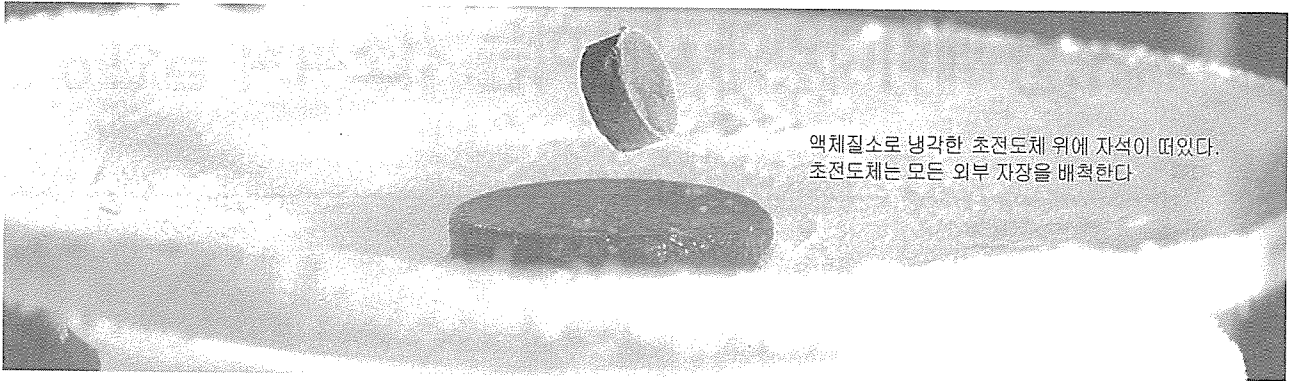
어지기 때문이었다.

그러나 초전도체를 만드는 온도의 장벽은 1980년대 중반부터 깨지기 시작했다. 스위스 취리히 IBM연구소의 K. A. 무러와 J. G. 베드놀즈팀은 1986년 란탄(lanthanum)·바륨(barium)·구리산화물(copper oxide)로 된 세라믹형태의 물질을 이용해서 이론의 한계 온도(臨界溫度)로 알려진 35K에서 초전도현상을 발견했다. 그 후 고온초전도체 발견소식이 줄을 이었다.

## 동산화물 초전도체 1백여종 발견

1987년 초 한스빌에 있는 알라바마 대학의 중국계 M. K. 후와 P. C. 추 박사는 이트륨(yttrium)·바륨·구리산화물 합금(YBCO)이 93K에서 초전도현상을 나타낸다는 사실을 확인했다. YBCO의 발견은 BCS이론의 수정을 불가피하게 했을 뿐 아니라 고가이면서 희귀한 액체헬륨이 아닌 값싸고 풍부한 액체질소를 이용해서 초전도체를 얻을 수 있는 길을 열어 놓음으로써 초전도체의 실용화에 대한 꿈을 높여 주었다.

초전도체 연구는 YBCO의 발견을



액체질소로 냉각한 초전도체 위에 자석이 떠있다.  
초전도체는 모든 외부 자장을 배척한다

계기로 새로운 동산화물을 찾는 쪽으로 모아졌다. 그 결과 종래의 초전도체보다 높은 임계온도를 갖는 동산화물 초전도체가 1백종이 넘게 발견되었다. 이론을 다루는 학자들은 이와 같은 발견에 무척 당황해하면서 “우리가 이미 발견한 물질의 초전도현상을 이해하기 전 새로운 물질이 더 이상 발견되지 않았으면 좋겠다”고 탄원할 정도이다. 새로운 고온초전도체들의 등장은 사람들에게 많은 꿈을 안겨주었다. 고온초전도체 개발이 반도체와 마찬가지로 빠른 속도로 진척되어 2000년대 우리의 생활을 크게 바꾸어 놓을 것으로 보기 때문이다.

초전도체가 실용화되면 우선 모든 가전제품들의 질이 크게 향상된다. 통신위성을 비롯해서 각종 통신과 전자제품의 전파장애를 없애 음성과 화상을 포함한 각종 정보를 멀리까지 깨끗하게 보낼 수 있다.

컴퓨터의 성능을 지금보다 수천배 올릴 수 있고 밤에 남아도는 전기를 마치 음식을 통조림 속에 저장하듯 잡아 두었다가 전기를 많이 쓰는 낮 시간대에 꺼내 쓸 수 있는 대형 에너지 저장시스템을 만들 수 있다. 고효율의

발전기와 전송시스템에서 보통방법으로는 탐지할 수 없는 고성능 자기신호(磁氣信號) 검출기를 만들 수 있고 지하자원 탐사와 질병 진단장비의 성능도 크게 높일 수 있게 된다. 고온초전도체가 실용화되면 인류의 에너지문제를 완전히 해결해 줄 핵융합발전도 실현될 수 있다.

전기를 발전소에서 가정에까지 운반하는데 아무런 손실없이 보낼 수 있는 길이 열리고 레일 위를 붕 떠서 시속 600km로 달리는 꿈의 초고속 자기부상열차가 실용화된다. 초전도체의 실용화는 조셉슨소자의 실용화와 최첨단 진단장비인 자기공명영상장치(MRI)에서 입자가속기와 유전탐사를 위한 고성능 센서의 기능을 한층 높여주게 된다. 하지만 동산화물 초전도체가 실용화되려면 해결해야 할 문제가 남아 있다. 동산화물 초전도체의 가장 큰 문제는 저항이 없는 상태에서 전류를 흘려보낼 수 있는 양이 극히 한정되어 있다는 것이다. 이와 같은 문제는 동산화물의 층상구조에 문제가 있는데 최근 이와 같은 문제를 해결하기 위한 연구가 큰 진전을 보고 있다.

듀퐁(Du Pont)과 MIT 링컨연구소

·일리노이 초전도체연구소와 초전도기술연구소(STI)에서는 마이크로파영역에서 작동하는 군사용 장비와 이동전화를 위한 소자를 만들어 내는데 성공했다. 초전도박막을 이용한 이 소자는 종전의 것에 비해 보다 큰 신호를 공급할 수 있고 보다 작은 장비로 고효율로 신호를 처리할 수 있다.

콘덕터스(Conductus)사와 IBM은 77K에서 동작이 되는 초전도양자간섭소자(SQUID)라 부르는 자기센서를 만드는데 성공했다. 지금까지의 SQUID는 4K에서 작동이 가능했다. 콘덕터스사는 이 새로운 SQUID를 교육과 연구용으로 팔고 있다. SQUID가 실용화되면 심장과 뇌로부터 나오는 약한 자기신호를 검출해서 질병진단에 획기적인 발전을 가져 올 것이고 송유관과 대형 구조물의 비파괴검사의 정확도를 크게 높여줄 것이다.

전문가들은 초전도체가 빠르면 10년 늦어도 30년 후 우리의 생활을 크게 바꿔 놓을 것으로 전망하고 있다. 이때쯤 되면 초전도체가 오늘의 반도체와 같이 빠른 속도로 우리의 생활을 바꿔 갈 것으로 보고 있다. ㉞

〈李光榮〉