

# 초전도 현상이란?



황 현 수  
(본 협회 점검 1부 기사)

초전도 기술은 본질적으로 에너지 기술로서 IC(Integrated Circuit) 시대를 초래한 트랜지스터, 광통신과 CD(Compact Disk)를 낳은 레이저, 나이론 등의 합성화학, 에너지 전환을 초래한 원자력과 더불어 5대 기술혁명의 하나로 급세기 최후의 기술혁명이라고 일컬어지고 있다.

얼마전까지만 해도 초전도 현상은 절대온도(-273°C) 근처에서 발생되는 현상으로 생각되었는데 질소의 비등점에서 초전도가 가능한 고온 초전도 재료가 발견되고 상온 초전도 재료가 실험실 수준에서의 발견단계에 까지 이르고 있는 것으로 알려져 세계는 흥분에 휩싸여 있으며 각 연구기관 및 학계에서는 초전도 연구에 박차를 가하고 있다.

## 1. 초전도 현상이란?

초전도란 바로 전기의 최대장애요인인 저항이 0이 되는 상태로서 이러한 성질을 산업과 각종기기개발에 사용하면 파급효과는 상상을 초월할 정도라는 것이 일반적인 전망이다.

고지대로 수도물을 보내기 위해서는 높은 수압이 필요하듯 저항이 많은 물질에 전류를 흘려보내기 위해서도 높은 전압이 필요하게 된다. 이것을 수식으로 표현한 것이 오옴의 법칙(Ohm's Law)

$$I(\text{전류}) = \frac{E(\text{전압})}{R(\text{저항})} \text{으로 전압이}$$

높을수록, 저항이 적을수록 큰 전류가 흐른다는 것을 나타낸다.

전기저항은 송전선에서의 전력손실이나 발전용 코일의 열발생으로 인한 문제점, 큰 자장을 만드는데 따른 어려움, 컴퓨터 기기의 열발생 등 여러가지 단점을 갖고 있어 이를

줄이는 노력이 계속되고 있다. 따라서 초전도 현상을 이용하면 이런 문제를 해결할 수 있다.

## 2. 초전도 현상에 대한 연구

1911년 네덜란드 Leiden대학의 Kamerlingh Onnes교수는 4.2°K 부근에서 갑자기 전기저항이 0이 되는 현상을 발견하였다. 그후 실험을 거듭한 결과 전기저항이 완전히 없어졌을 뿐만 아니라, 영구전류를 흘릴 수 있다는 점과 물질내부에 자장이 전혀 침투하지 못하는 완전 반자성 현상이 나타난다는 것을 알 수 있게 되었다.

이 현상은 원자궤도상을 맴돌고 있는 전자들만이 영구운동을 할 수 있다고 생각한 종래의 이론을 뒤집고 궤도를 이탈한 전자까지도 영구운동을 할 수 있다는 것을 뜻하는 것이다.

그후 발달된 양자역학의 이론을 통해 드디어 초전도 이론을 정립하기에 이르렀다. 1957년에 발표된 이론에 의하면 27개의 전자가 쌍을 이루면 전자1개가 양이온이나 불순물에 충돌하더라도 다른 1개의 전자가 진로를 수정해가기 때문에 전체로서는 저항없는 운동을 계속할 수 있게 된다.

## 3. 초전도 기술의 문제점

초전도 기술의 가장 큰 문제점은 온도이다. 현재 개발된 것으로는 -171°C에서 초전도 현상이 일어나는 것이 가장 고온인 초전도체일 정도로 아직까지 극저온을 극복하지 못하고 있다. 극저온이 실용화되지 못하는 것은 극저온을 유지시킬 수 있는 헬륨이나 액화질소 등이 아직 고가이

기 때문이다. 따라서 상온에서 안정된 초전도 현상을 나타내는 물질의 개발이 과학자들의 최대의 과제이다. 얼마 전에는 액체질소의 비등점에서 초전도체가 되는 세라믹 물질이 발견되어 이 문제가 해결되는가 했지만 세라믹 물질은 전류밀도가 낮고 잘 부서지는 단점이 있다.

#### 4. 초전도의 특성

초전도는 전기저항이 있는 보통의 도체와는 다른 성질을 가지고 있다. 초전도가 가지는 성질을 알아보면 다음과 같다.

첫째, 전기저항이 0이라고 하는 완전 전도성을 나타낸다. 전기저항이 없기 때문에 발열에 의한 전기의 손실이 없다. 예를들어 초전도 물질로서 링을 만들어 그곳에 전류를 흘리면 전류는 언제까지나 소멸됨이 없는 영구전류로 되어 계속 흐르기 때문에 안정된 영구자계를 얻을 수 있다.

둘째, 조셉슨효과라고 하는 현상이다. 이것은 두개의 초전도 물질 사이에 얇은 절연체를 끼우면 중간에 절연체가 있음에도 불구하고 조건에 따라 한쪽 초전도 물질에서 다른 초전도 물질로 전기가 흐르는 현상이다. 이 특성을 스위치 회로에 이용하면 아주 초고속의 컴퓨터 소자를 만들 수 있다.

셋째, 마이너스효과라는 현상이다. 초전도 물질은 부근에 있는 자석이 만드는 자장에 반발하는 완전 반자성 성질을 나타내어 주위에 자계가 있어도 이에 반발해 물질 내부로 자장이 전혀 들어가지 않게 되어있다. 주위의 자장을 배제한다고 하는 이 반발작용을 이용하면 초전도 물질이 자석위에서는 공기중에 떠오르게

한다든지, 반대로 자석을 초전도 물질 위에 놓아 떠오르게 할 수 있다.

#### 5. 초전도의 응용

##### 1) 초전도 송전

산업이 발전해감에 따라 전기사용량도 급증하고 있어 이를 위한 송전선로도 대용량화 되어가고 있다. 그러나 도시 미관, 비용, 유도장해, 인체에 대한 위험 등 여러가지 문제점이 있다.

이를 해결하기 위하여 초전도 송전방식이 연구되고 있다. 이 방식은 대용량 직류저압 송전방식으로, 송전용량이 클수록, 장거리일수록 경제성이 증대되어 현재 사용되는 고전압 교류 송전방식의 문제점들을 해결할 수 있고 초전도체의 극세다심화 기술 및 선재 등의 가격하락에 힘입어 수년안에 실용화단계에 들어갈 전망이다. 송전선의 비용절감, 신뢰도 확보, 저온전기절연 기술의 확립 및 이것을 지지할 수 있는 재료기술의 발달이 요청된다.

##### 2) 전력 저장

초전도는 거대한 링을 만들어 전류를 한번 흐르게 하면 영구적으로 흐르게 된다. 이 원리를 이용하면 전력저장 통조림과 같이 필요시 마다 꺼내 쓸 수 있는 장치를 만들 수가 있다.

전력수요량은 시간, 요일, 계절 등에 따라 상당한 차이가 있다. 따라서 생산전력이 남을 경우엔 양수식 발전방식을 이용하나 전력손실이 많다. 이에 비해 초전도는 전력효율과 취급의 용이함, 수요에 대한 대응성 등의 장점을 갖고 있다.

##### 3) 자기부상열차

초전도의 마이너스효과를 이용해

선로에 설치한 단락된 코일과 열차에 실은 초전도 자석의 반발력으로 열차를 레일 위 10cm정도로 부상시켜 마찰없이 추진시킬 수 있다. 이 방식은 차체구조의 간단, 차체가격의 저렴, 운송할 수 있는 승객 및 화물량의 증대, 빠른 속도, 부소음 등 여러가지 장점이 있다.

##### 4) MHD발전

초전도를 이용한 MHD(Magneto Hydrodynamic)발전방식은 현재의 화력발전 열효율을 40%에서 55% 이상으로 향상시킬 수 있는 에너지 절약형 시스템이다.

MHD 발전방식의 원리는 일정한 거리에 N극과 S극의 자석을 놓으면 두 극사이에 자력선이 생성, 자속이 존재하게 된다. 이 자속을 고온의 (약 2000°C) 가스가 끊어주면 패러데이의 법칙에 의해 전압이 발생하는 것을 이용한 것이다.

#### 6. 기타

MHD 발전의 효율을 높이기 위하여 필수적인 것이 강한 자계의 생산이며 이의 해결책으로 초전도가 이용된다. 이를 통해 연료의 다양화, 높은 열효율, 환경오염의 경감 등을 가져올 수 있으나 고온의 가스를 사용함에 따른 고온내열재료의 개발이 필요하다.

이밖에도 변압기·모터 등의 중진기 분야, 의료용기기, 초고속 초소형 컴퓨터, 우주방위병기, 입자가속기와 같은 시험장치 등 미래의 산업진반에 커다란 영향을 미칠 것이 확실하다. (●)