

## 초전도 창의 연구단 소개(새로운 초전도 연구)

이 성 익  
포항공대 초전도 연구단

### 1. 연구배경

1911년 네델란드 물리학자 Onnes에 의하여 최초로 전기저항이 사라지는 초전도현상이 발견된 이후 1933년 독일 과학자 Meissner 와 Oschenfeld에 의하여 초전도 내부의 자기장을 밖으로 내 보내는 자기 반발 현상등 초전도 현상에 대한 과학적 규명이 이루어지면서 산업적 응용에 대한 여러 가능성이 제기 되었다. 그러나 재래식 초전도체는 임계 온도가 낮아 응용이 매우 제한이 되었었다. 그런데 IBM의 Bednorz와 Muller에 의해 새로운 고온초전도체가 1986년도에 발견이 되었다. 그리고 1987년 대만계 미국인 학자인 Chu박사에 의하여 값싼 액체 질소로 냉각 가능한 온도인 77K 이상에서 초전도 현상을 보이는 물질이 개발되면서 초전도 연구의 한계를 돌파함으로써 고온초전도 연구의 불길이 당기어졌다. 이후 초전도의 응용에 있어서도 많은 진보가 이루어져서 의료 통신등 각 연구분야에서 여러 기기 들이 만들어지기 시작하였다. 그러나 지금까지의 연구발전에도 불구하고 새로운 고온초전도체를 제조하는 부분은 지난 수년간 답보상태에 있었다. 최초의 고온초전도체인 La계 초전도체는 초전도 전이온도가 30K 이고 곧이어 90K, 120K 초전도체가 발견이 되었고, 이어서 1993년도에는 135K 수은계 초전도체가 발견이 되었지만 이후 더 높은 임계 온도를 보이는 고온초전도체 제조에 더 이상의 진전은 없었다. 또한 왜 임계 온도가 높은 초전도 현상이 나타나 는가는 그 원인을 알고 있지 못하고 있다. 따라서 아직까지 정확하게 밝혀지지 않은 여러 가지 현상들을 이해하기 위하여서는 여러 종류의 초전도 물성을 정확히 측정 분석한 후 이 분야 연구를 시원하게 풀어갈 해결책이 제시되어야 될 것이다.

### 2. 연구내용

동 연구단은 새로운 물리학의 개념들이 도출되고 있는 고온초전도 연구분야에서 세계적인 연구 그룹들과 경쟁하며 새로운 물리학의 본질을 알아내고 새로운 초전도체를 만드는 데 도전하고자한다. 본 연구에서는 **새로운 초전도체 제조 및 초전도 현상의 이해**를 연구의 목적으로 삼았다. 이러한 새로운 초전도체를 제조하기 위하여서는 현재 세계에서 초전도 전이온도가 제일 높은 물질인 수은계 초전도체와 또한 연관된 몇 가지 초전도체를 이해하여야한다. 본 연구팀은 여러 실험을 통하여 왜 현재까지 초전도 전이 온도가 더 이상 높아지지 않는가 원인을 감지한 후 임계온도가 높은 초전도체 제조를 위하여 노력할 것이다. 현재까지 전 세계적으로 시도된 다양한 물질의 치환 및 합성환경 변화 등은 탐색적인 수준에 머물고 있으나 본 연구에서는 단순한 연금술적 합성의 수준을 초월하여 새로운 물질합성에 있어서 초전도 물성 측정 및 정밀 분석과 이론적 원리규명을 동시에 진행하여 이 결과를 종합적으로 분석 다음 단계의 신물질 합성전략 수립에 반영하고 신물질제조-물성 측정분석-이론적 원리 이해의 상호보완 및 연관관계의 고리를 통한 지혜로운 과학적 정공법을 택하여 연구를 진행하고 있다.

본 연구에서는 수은이 포함된 산화구리형의 새로운 초전도체 및 상이한 구조를 지닌 몇 가지 초전도체, 또한 새로운 구조를 지닌 초전도체를 제조한 후 이 초전도의 현상규명을 연구 목표로 삼았다. 이 연구가 성공된다면 새로운 초전도체 제조 및 고온초전도의 현상 규명에 큰 역할을 담당할 것이다.

새로운 구조를 가진 다금속 초전도체의 예를 들어 설명을 하도록 하자. 이 물질은 저온초전도체와 아직 현상 규명이 확립되지 않

은 고온초전도의 성질을 동시에 보유하고 있는 물질로써 현재 고온초전도의 원인으로 제시된 여러 이론 등을 비교 분석 할 수 있다. 이 물질은 고온초전도체와 마찬가지로 전자간의 강한 상호작용 효과가 무시될 수 없고, 따라서 fractional Quantum Hall effect, Giant Magnetoresistance, 고온초전도와 같은 맥락에서 다루어져야 한다. 이제 이 물질 대신 새로운 물질로써 이러한 이론 등을 검증할 필요가 있다.

또한 수은계 초전도체 HgBa<sub>2</sub>Can-1Cu<sub>n</sub>O<sub>y</sub> [Hg<sub>12</sub>(n-1)n]중 Hg<sub>12</sub>23은 현존하고 있는 초전도체중 최고 높은 133K의 전이온도를 보유할 뿐 아니라 압력을 가하면 T<sub>c</sub>=160K까지 전이온도가 상승한다. 이 물질 중 n=3, 4의 경우는 n=2 보다 T<sub>c</sub>가 높아야 한다는 일반적 통설과는 달리 그 전이온도가 낮아지고 있다. 이러한 원인은 초전도 평면사이의 결합력이 도리어 약해졌기 때문이고 만약 외부의 압력변화, 산소의 적합한 주입 또는 새로운 원소로의 치환 또는 새로운 물질에서 이 결합력을 높일 수 있다면 T<sub>c</sub>를 훨씬 높이 올릴 수 있다. 따라서 고압, 고온에서 산소를 이 물질에 충분히 주입시키거나 새로운 원소로 치환하여 이 결합력을 올린다면 새로운 초전도체를 개발할 수 있을 것이다. 이러한 방법은 수은계 초전도체뿐 아니라 유사한 구조를 가지는 여러 물질 즉 Cu<sub>12</sub>34나 (BC)<sub>12</sub>23에 대해서도 적용을 할 수가 있다. 이러한 연구들이 진행 중에 있다.

### 3. 그간 주요 연구업적

기존의 고온 초전도체를 만드는 방법은 단지 온도만을 변화시키기 때문에 합성조건이 단순하여 여러 종류의 시료를 만들기에 제한이 있다. 그런데 만약에 고압, 고온에서 시료를 제조한다면 그 다양성은 이루 말할 수 없다. 예를 든다면 탄소로 구성이 된 연필심알을 고온 고압에서 처리를 한다면 다이아몬드가 나타난다. 이러한 점에서 창안하여 본 연구팀은 지난 2년 이상을 고압로를 설치 운영하게 되었다. 그리고 무한층 초전도체의 제조를 위하여 노력하게 되었다. 이 물질은 초전도 물질로서 매우 신기한 성질을

가지고 있지만은 충분한 양질의 시료를 제조하는데는 성공한 연구팀이 전세계에 없다. 본 연구단에서는 부단한 노력을 기울인 결과 거의 100 % 순도를 가진 이 초전도체를 한번에 250 mg을 만들어 내는데 성공하였다. 현재까지 세계에서 가장 잘 만든 경우는 일본에서 제조된 경우로서 10%-50% 정도의 순도로 한번에 각각 20-30 mg 씩 정도만을 만들어 내고 있을 뿐이다. 중국이나 유럽의 경우 순도 1%의 시료를 제조했을 뿐이다. 초전도 성질을 연구하는 경우 이 물질의 순도가 너무도 중요하다는 것을 모두들 알고 있다. 본 연구팀에서는 세계 최고의 무한층 초전도체를 개발한 후에 이 물질을 독점하게 되었고 이제 건드리는 연구마다 업적이 쏟아져 나오고 있다. 또 이 고압 방법으로 사층 수은계 초전도체, 사층구리계 초전도체를 제조하는데 성공을 하였다. 또한 Pulse Laser deposition 방법으로 세계에서 임계온도가 가장 높은 고온 초전도 박막을 제조에 성공을 하게 되었다. 이 박막을 이용하여 세계에서 가장 높은 온도에서 작동이 되는 양자 간섭 소자를 제조할 계획에 있으며 아울러 이 박막을 국내의 다른 연구 기관에 제공 여러 산업의 응용할 수 있도록 할 계획이다. 최근에는 다금속 초전도체에서 낮은 온도에서 갑작스레 나타나는 두 번째 초전도성의 원인을 이해하기 위하여 부단히 노력하고 있으며 수은계 박막등 여러 물질에서 발견된 홀 효과의 축척 현상의 이해를 위하여 다양한 실험 등을 수행하고 있다.

### 저자이력



#### 이성익

1952년 6월30일 생, 1981년 서강대학교 졸업, 1985년 오하이오 주립 대학 물리학 박사, 1985-87년 오하이오주립대학 물성 연구소 박사 후 연구원, 1987-현재 포항공대 물리학과 교수, 1997-현재 초전도 창의 과제 연구단 단장