

不思議な物質

柏野 尊

要約

今回調べた不思議な物質とは、高温超伝導体 ($\text{YB}_2\text{C}_3\text{O}_{7-\delta}$) である。この物質は冷却することで、その上に磁石が浮くような現象が見られる。だが、この現象は、私たちが生活する常温では見られないという欠点がある。そのため、最低でも -135°C まで冷却しなければならない。このような超伝導体について調べた理由としては、岡山大学に大学訪問に行ったときに、冷却した超伝導体の上に磁石が浮いたのを見て、なぜ冷やしただけで磁石を浮かすことができるのか、不思議に思ったからだ。この超伝導体について調べていくうちに、先輩の書いた論文の中で、高温超伝導体 YBCO が比較的簡単に作ることができることを知り、作ってみることにした。この物質を作製するには、様々な工程があった。今回の実験では、3つの物質 ($\text{Y}_2\text{O}_3 \cdot \text{BaCO}_3 \cdot \text{CuO}$) を約8時間混合し、焼成することで、高温超伝導体を作り、実際にマイスナー効果とピン止め効果を観察することに成功した。

1. 序論

私は、岡山大学で超伝導体の上に磁石が浮いていたのを見て、興味を持った。現在、高温超伝導体の研究は世界的に盛んである。なぜなら、もし常温で超伝導状態になる超伝導体ができればエネルギー問題に大きく貢献し、ノーベル物理学賞受賞間違いないと言われているからである。しかし、現在見ついているものでは最高でも -135°C まで下げなければ超伝導状態にはならない。

超伝導の現象として、マイスナー効果というものがある。マイスナー効果とは、常温では超伝導体を磁力線が貫通しているが、冷却し超伝導状態にすることで、磁力線が超伝導体の外に弾き出されるという現象である。そして、一部、常伝導になっている部分を磁力線が貫き、ピンで止めたように見える現象がピン止め効果である。

先輩の論文を見ると、完全な超伝導体が出来ていなかったので、これに挑戦してみようと思い、実験を行った。

2. 本論

(1) 試料の作製

高温超伝導体 ($\text{YB}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$) を作るために酸化銅・酸



写真1. 試料の混合

化イットリウム・炭酸バリウムを（化学反応式の係数比） = (物質量比) より計算して約8時間混合した。 $\text{YB}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ の焼成における化学反応式は以下の式である。

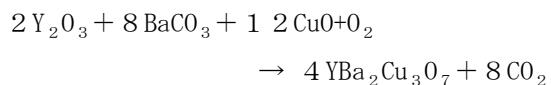


写真2. ペレット状にした試料

その後、夏休みに岡山大学で圧力をかけてペレット状にして、電気炉を使い 850°C で 72 時間仮焼きを行った。出来上がった物質を粉碎して、ペレット状にしたもののが化学反応をより進めるために二回目の焼成を行った。

二回目の焼成プログラム

930°C で 72 時間焼成。

三回目の焼成プログラム

酸素のみで密封されたガラス中で、 250°C で 48

時間焼成。

三回目の焼成を行ったのは酸素が不足しているために不完全な高温超伝導体が出来ることを防ぐためである。



写真3. 焼成前の試料

出来上がった物質を液体窒素で冷却し、マイスナー効果とピン止め効果の観察を行った。

(2) 実験

発泡スチロールの中に -196°C の液体窒素を薄くしき、作製したYBCOを冷却し、マイスナー効果とピン止め効果を確認する。

(3) 結果

写真4のように、冷却したYBCOの上に磁石が浮いたことを確認した。



写真4. マイスナー効果

(4) 考察

前回の先輩の研究では試料表面に緑色の物質ができた。このようになった理由としては、酸素が十分

に結合していなかったからだと考察されていた。そこで今回の実験では、酸素で満たしたガラス中で3度目の焼成を行った。

今回の実験でマイスナー効果とピン止め効果が確認できたことで、YBCOを作製するには焼成時に酸素と十分に結合していないと完全な超伝導体ができないことが確認できた。

YBCOが超伝導状態になる理由はわかっていないが酸素と十分に結合していないと超伝導体にならない理由は以下のことが考えられる。自由電子がイットリウム・バリウム・銅といった金属の元素中を自由に動き回るためには、酸素が仲介をしなければならない。つまり、仲介する酸素が不足していると電子が自由に動き回ることができないと考えられる。

以上のような考察から、第3の焼成プログラムを行った。酸素と十分に結合させるために、酸素がガラス中で最も熱運動をする温度 250°C で焼成を行い、YBCOに酸素を吸わせた。

3. 結論

今回の実験を通して、完全な高温超伝導体を作製するために重要だと確認できたことを以下にまとめると。

第1に、原料を今回は約8時間混合した。YBCOのような酸化物の作製にあたっては十分に原料を混合しなければならない。

第2に、1回の焼成のみでは化学反応は進まないので、2回目の焼成を行わなければならない。

第3に、YBCOについては酸素と十分に結合することが大切なので、最後に酸素中で 250°C でYBCOに酸素を吸わせた。別の高温超伝導体でマイスナー効果等を確認するためにはその物質の組成、特性を十分に理解して高温超伝導体の作製をする必要がある。

4. 謝辞

今回研究に助言を下さった戸田先生、TAの船江先生、岡山大学の池田研究室にみなさまには大変お世話になりました。

5. 参考文献

- ・探究 II 論文集(2010 年度)