

YBCO 超伝導体の不純物効果

物理班二班：内田達也 南明日香
木村響 松井銑太郎

1. はじめに

高温超伝導体の一つである $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (YBCO) に不純物を少量混ぜ、マイスナー効果や超伝導転移温度 T_c を測定することで、不純物によってどのような効果がもたらされるのかを調べる。

また、不純物による効果を解析することで、将来的に超伝導の機構を理解する上での手がかりになることを期待している。

2. 目的

高温超伝導体の一つである YBCO、Y と Ba と Cu と酸素をそれぞれ 1 : 2 : 3 : 7 の割合で化合させたものに不純物を少量混ぜ、マイスナー効果や転移温度を測定することで不純物の種類によってどのような効果がもたらされるか調べること。

3. 実験材料

- (1) スーパーボール (色：オレンジ 直径：23mm)
- (2) スタンド
- (3) アクリル板 (厚さ：3.0mm)
- (4) メジャー
- (5) 自由落下装置
- (6) 粉 (今回の実験ではチョークの粉を用いた)

4. 実験方法

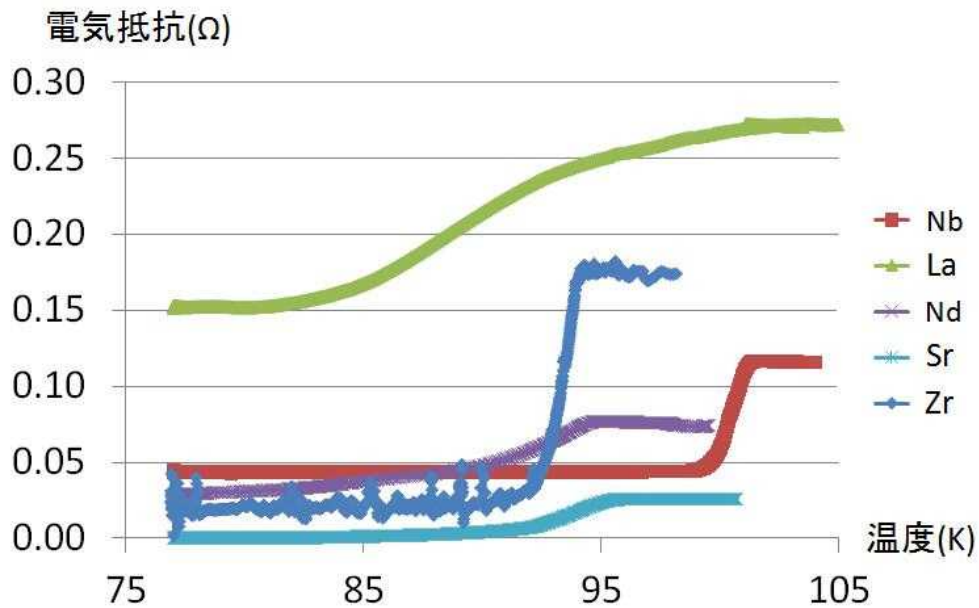
- (1) 材料となる粉末を 2 時間かけて混ぜる。今回は YBCO の Y の 5% を Sr, Zr, Nb, La, Nd の 5 種類の元素で置換した。
- (2) 十分混ぜた粉末を焼成する。
- (3) 作製した試料を液体窒素で冷却し、マイスナー効果が現れるかを確認する。
- (4) 直流四端子法を用い、 T_c を測定する。



図：端子をつけた試料

5. 結果

- (1) どの試料もマイスナー効果は確認できなかった。
- (2) Zr, Nb で置換した試料には特に変化は見られなかった。
- (3) Sr, La, Nd で置換した試料では、YBCO の T_c である 96K 以下での電気抵抗の温度変化が緩やかになった。
- (4) Nd で置換した試料では YBCO の T_c である 96K 付近とは別に、77K 付近で再び電気抵抗の急激な低下が見られた。



図：各試料の電気抵抗の温度変化

6. 考察

- (1) マイスナー効果を示さなかったということは超伝導になっていないことを示しているが、電気抵抗の値からは超伝導の発現が確認できている。これは試料の一部が超伝導状態になっており、それ以外の部分は超伝導体になっていなかったからではないかと考えられる。特に、試料の表面はやや緑色になっていて、試料の酸化が進んでいるように見えたので、この部分などが超伝導状態にならず、マイスナー効果を抑制したのではないかと考えられる。
- (2) Zr, Nb で置換した試料に変化が見られなかったのは、5%という少ない置換量だったためか、もしくは置換した元素がうまく構造内に入らなかったためと考えられる。それによって YBCO の物性が残っており、 T_c などの変化があまり見られなかったと考えられる。
- (3) La, Nd, Sr の 3 つで、原型の YBCO に比べて抵抗の変化が緩やかになったのは、それぞれの個体の中に不純物を混合したためと思われる。不純物を入れることで新しくできた物質の T_c が 96K 以下であったため、電気抵抗の温度変化が緩やかになったと考えられる。これら 3 つについては不純物効果が顕著に表れたといえる。
- (4) Nd で置換した試料については 9.5 K 付近での抵抗値の変化のほかに、7.7 K 付近でも抵抗の値が大きく変化していることから、7.7 K 付近に転移温度を持つ別の超伝導物質が生成されていると考えられる。

7. 参考文献

- 下山淳一 (2003)
「トコトンやさしい超伝導の本」 日刊工業新聞社
- 前田陽祐 (2007)
「高温超伝導体 YBCO の合成と酸素欠損による転移温度の変化の測定」
京都大学理学部物理科学課題演習論文 (未公開)