

超伝導 -電気抵抗ゼロって素晴らしい-

エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻
土井俊哉、有本樹(修士)、田所朋(修士)、前田啓貴(修士)

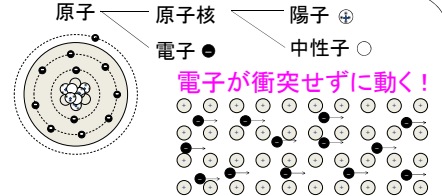
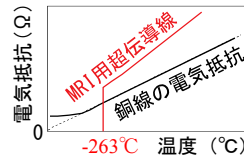
(国研) 科学技術振興機構「先端的低炭素化技術開発」事業: 2011~2017年度 京大を中心に3大学と2研究所で共同研究

超伝導(超電導とも書きます)を応用する技術は「究極の省エネルギー技術」とも言われています。普通の銅線、電線に電気を流すと電気抵抗があるため電気エネルギーをロスします(ジュール損)。ところが、超伝導物質で作った電線を使うと、電気抵抗が0なので電気エネルギーのロスが無く、電気エネルギーの利用効率の飛躍的な向上が期待できます。また、細い電線に大量の電気を流せるので、非常に強い磁石を作ることができます。

超伝導とはどのような現象なのか

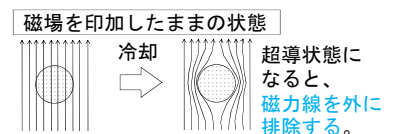
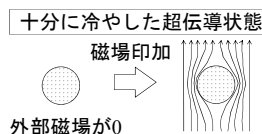
1. 電気抵抗が完全にゼロ(オームの法則 $E = IR$ と別世界)

- ・電気エネルギーの無駄がゼロ
- ・大量の電気を流すことが可能
⇒家庭用の電気コードに10万アンペア以上の電流をせる



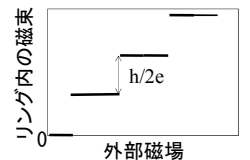
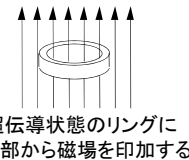
2. 超伝導物質内部の磁場がゼロ

- ・これは単純に抵抗ゼロから導かれる性質ではなく、超伝導特有の性質で、マイスナー効果と呼ばれる。



3. 磁場の大きさが飛び飛びの値になる

- ・超伝導状態の物体で囲まれた内部の磁束(磁力線の数)は、
 $\Phi_0 = h/2e = 2.0678336 \times 10^{-15}$ [Wb] (h : プランク定数、 e : 電荷素量)
の整数倍になる。これは数少ないマクロサイズで起こる量子力学的現象。

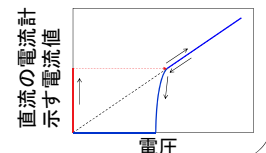
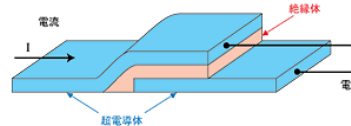


4. 0Vの電圧で電流が流れる

薄い絶縁層を超伝導物質で挟んだ接合部を形成すると、この接合部分に印加された電圧が

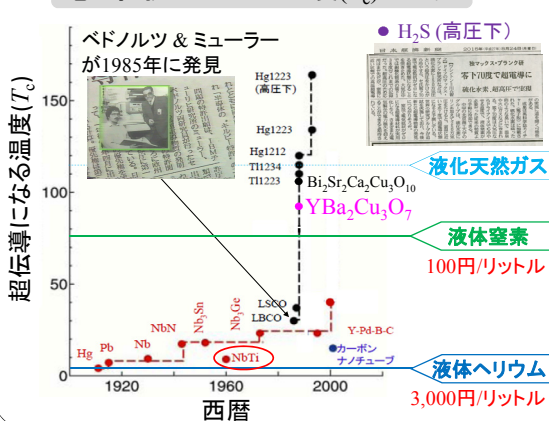
- ① 0Vの時、直流電流が流れ、
- ② 0Vでない時、交流電流が流れる(電波を出す)。

電圧1mVの時、483.6GHzの電波が発生

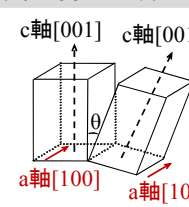
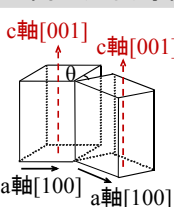
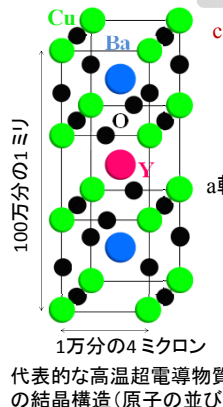


超伝導物質を広く実社会で利用するための研究課題

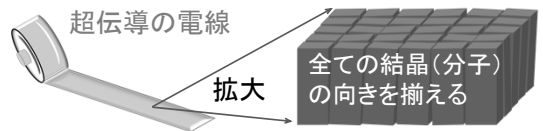
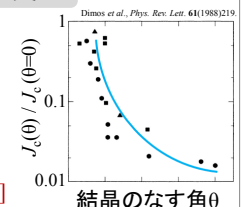
電気抵抗が0になる温度(T_c)の歴史



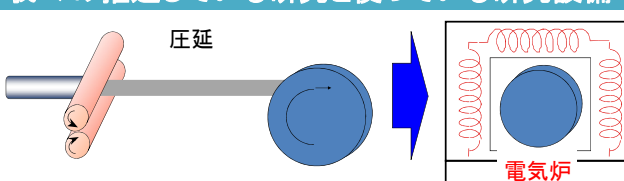
高温超伝導物質の持つ厄介な性質



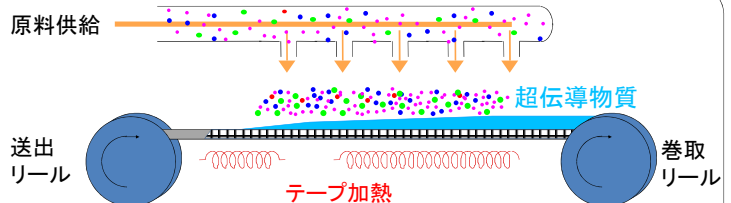
原子配列が乱れた部分では、(結晶の向きが完全に揃っていない部分) 電気抵抗0で流れる電流(J_c)の値が1/10以下に急減。



我々の推進している研究と使っている研究設備



結晶の向きを揃えた銅テープを作製



銅テープの揃った結晶を引き継がせて、超伝導物質をエピタキシャル成長

