

実験テーマ⑨

超伝導と低温の世界—極低温の不思議を体験しよう—

綿打 敏司、長尾 雅則、丸山 祐樹
(大学院附属クリスタル科学研究センター)

1. はじめに

日常生活で、「かなり低い温度にまで冷やすもの」と言えば、アイスクリームやケーキなどを冷やすために使われているドライアイス（昇華温度約 -80°C ）が最も身近ではないでしょうか？ところが、皆さんが気がつかないところでもっと低い温度にものが冷やされ、生活に利用されています。半導体の製造装置やリニアモーターカー、医療に用いられるMRIでは、液体窒素（沸点 -196°C ）や液体ヘリウム（沸点 -269°C ）を使って極低温に冷やし、低温で起こる不思議な現象を利用しています。この実験では、液体窒素を使って低温に冷やすことで生じる様々な現象を体験します。



リニアモーターカー



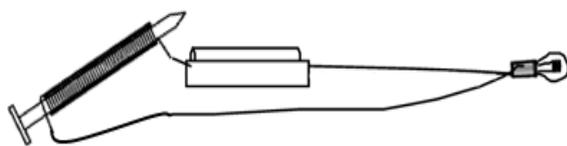
磁気共鳴断層撮影装置(MRI)

2. 極低温で何が起こるか？

2.1. 物質の性質を調べよう！

導線、LED、二酸化炭素ガス、酸素ガスを液体窒素で冷やします。

- ① 金属の性質—導線のコイルを液体窒素で冷やすと豆電球はどうなるか？—



- ② 半導体の性質—LED ランプを液体窒素で冷やすとどうなるか？—



- ③ 二酸化炭素、酸素の性質—別々のポリ袋に入れて口を封じ、液体窒素で冷やすとどうなるか？—

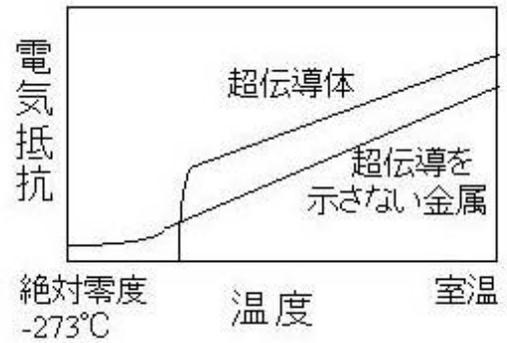
2.2. 不思議な現象！

- ① 呼気をポリ袋に入れて袋の口を封じ、液体窒素で冷やすとどうなるか？
② 液滴のなぞ—空き缶に液体窒素を入れるとどうなるか？—

3. 超伝導の世界

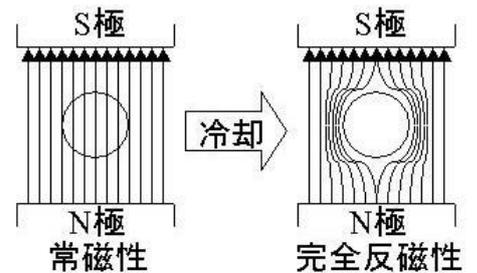
3.1. 超伝導には、次の3つの性質があります。

① 電気抵抗がゼロになります(ゼロ抵抗)。
オームの法則とは電位差を電流で割った値が抵抗となることを示す法則です。通常の金属や半導体は、電流を流すと電位差が生じるため有限の抵抗を示します。ゼロ抵抗では、リング状の超伝導体に電流を流すと永久に電流が流れます。

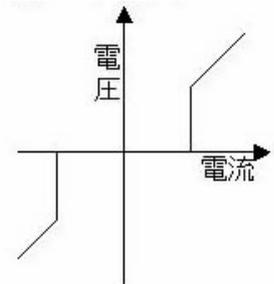


② 物体内の侵入磁束を排除します(完全反磁性)。
超伝導の状態では物体外に磁束を排除し、磁束密度をゼロにしようとします。磁石のN極・S極のどちらを近づけても反発して、磁石から遠ざかろうとします。

③ 薄い絶縁体を挟んだ2つの超伝導体の間に電位差なしにトンネル電流が流れます(ジョセフソン効果)。



絶縁体が厚いとトンネル電流は流れませんが、薄いとこのような現象が生じます。この現象を利用して、超高感度の磁気センサーや超高速演算素子を実用化する研究が精力的に行われています。



3.2. 酸化物超伝導体 $YBa_2Cu_3O_7$ を使った磁気浮上実験

超伝導体はもろいので破損しやすいです。取扱注意

- ① 室温の超伝導体に磁石を近づけるとどうなるか？
- ② 液体窒素で超伝導体を冷却する。
急冷すると超伝導体は破損します。20分程度で冷却
- ③ 十分に冷却した後、磁石を軽く近づけるとどうなるか？
- ④ 磁石を強く押しつけるとどうなるか？

低温火傷と換気には注意



4. さいごに

超伝導と低温の世界、いかがでしたか？ $YBa_2Cu_3O_7$ 以外にもいろいろな物質が超伝導を示します。今度は、皆さんが新しい超伝導体を見つける研究をしたり、超伝導体を社会に役立てる研究をしたりしませんか？