

1. 超伝導体は転移温度以下でゼロ抵抗になることと、完全反磁性になること(マイスナー効果)が特徴です。これらは独立な減少であることを説明してください。(ゼロ抵抗になることだけからはマイスナー効果が説明できない)

マイスナー効果とは、超伝導体が転移温度以下になると、外部からかけられた磁場を内部から完全に排除する現象のことである。つまり、超電導状態になる前に磁場が存在したとしても、超伝導状態に入った瞬間に、その磁場を内部から押し出して内部を磁場ゼロの状態にする。仮にゼロ抵抗であるだけなら、外部磁場がかかっている状態で冷却しても、その磁場は内部にそのまま残り続け、排除されない。つまり、ゼロ抵抗は磁場を保ったままの状態を許すのに対し、マイスナー効果は磁場そのものを排除するため、ゼロ抵抗だけではその現象を説明できない。このように、マイスナー効果は単に抵抗がゼロになるだけでなく、超伝導が熱力学的に別の秩序状態に移る相転移の結果であるため、ゼロ抵抗とは独立した現象である。

2. 第 1 種超伝導体と第 2 種超伝導体の違いは何ですか？

第 1 種超伝導体は、臨界磁場以下では完全に超伝導状態となり、臨界磁場を超えると完全に常伝導状態になります。このため、磁場に対して急激に状態が変化します。

一方、第 2 種超伝導体は、下部臨界磁場と上部臨界磁場という 2 つの臨界点を持ちます。下部臨界磁場未満では完全な超伝導状態を示すが、下部臨界磁場から上部臨界磁場の間では磁束が部分的に侵入し、超伝導領域と通常領域が共存する状態になります。そして、上部臨界磁場を超えると完全に常伝導状態になる。

このように、第 2 種超伝導体では 3 つの状態が現れるのに対し、第 1 種では超伝導状態と通常状態の 2 つだけが現れるという違いがある。

3. 第 1 種超伝導体と第 2 種超伝導体を 3 つずつ挙げてください

第 1 種超伝導体：鉛、水銀、アルミニウム

第 2 種超伝導体：ニオブチタン、ニオブスズ、イットリウム系高温超伝導体

4. 超伝導体の用途を挙げてください。

医療分野で超伝導体は MRI に使われている。超伝導磁石により強力で安定した磁場を発生させることで高精度な体内の断層画像を得ることができる。また、研究分野で粒子加速器の磁石や極めて微弱な磁場を検出できるセンサーに使用されている。