



平成 30 年 5 月 31 日

新しい超電導体を作り出す～電気抵抗ゼロの世界～

◆発表のポイント

- ・電気抵抗がゼロで、エネルギー損失のない送電が可能な「超電導体」の開発を進めています。
- ・元素の性質に注目した独自のアプローチにより、高価なレアアースの削減と高機能を両立した超電導体など、数多くの開発に成功しています。
- ・エネルギーの節約やリニアモーターカーへの応用など、幅広い分野での活用が期待されます。

エネルギーの消費拡大による環境への影響や資源の枯渇が社会問題となっています。岡山大学異分野基礎科学研究所高温超伝導材料研究分野の工藤一貴准教授らの研究グループは、電気抵抗がゼロで、エネルギー損失のない送電ができる驚異的な物質「超電導体」を開発しています。常温に近い温度で電気抵抗ゼロの状態になる超電導体の開発を目指し、元素の性質に着目しながら、独自のアプローチで候補となる物質を設計しています。これまでに、高価なレアアースの含有量を大幅に削減したうえで高い温度で機能する超電導体をはじめ、多数の新しい超電導体の開発に成功しています。研究成果は超長距離の送電や医療、リニアモーターカーへの応用など、幅広い分野での活用が期待されます。

■発表内容

<導入>

電気抵抗がゼロになる現象のことを超電導といいます。電気抵抗とは文字通り電気の流れを妨げる抵抗のことであり、銅でも鉄でもアルミニウムでも、どんな金属にも電気抵抗があります。この電気抵抗によって、電力の一部が失われます。発電所で発電された電気の全てが家庭に届くわけではありません。これは大変もったいないことです。一方、超電導状態の物質では、電気抵抗がゼロなので、電力の無駄が全くなくなります。そのような物質を超電導体といいます。本研究グループでは、より良い性能を示す新しい超電導体の開発を行っています。

<背景>

電子は原子が並んだ格子の中を流れています。格子は平たくいえばジャングルジムのようなものです。例えば、ジャングルジムの左側から右側に向けてボールを投げたら、特別コントロールの良い人を除いて柵にぶつかってしまうと思います。あるいは、両側から2つのボールを別々に投げたら、柵にぶつかるだけでなく、ボール同士がぶつかってしまうこともあり得ます。この例では、ボールが電子で、ぶつかることが電気抵抗に対応します。超電導は、ボールが柵あるいはもう一つのボールにぶつからずに無抵抗で逆側へ抜けていく状態です。

なぜそのようなことが起こるかという、電子が2つペアになって動くためであることが分かっ



PRESS RELEASE

ています。1つだと簡単にぶつかってしまうのに、ペアになると他の全てのペアと示し合わせながら枠にぶつからないよう動くようになる。こんな不思議なことが超電導状態では起こっています。これが超電導の面白さです。

<研究内容、業績>

超電導体の性能の良さを表す指標が3つあります。1つ目は臨界温度です。超電導は現状、ごく低温まで冷やさないと起こりません。その境目の温度を臨界温度といいます。当然、臨界温度が高ければ高いほど良い超電導体といえます。2つ目は臨界磁場です。電気抵抗ゼロの性質を利用して強い電磁石を作れますが、臨界磁場よりも高い磁場をかけると超電導の状態が破れてしまいます。したがって、臨界磁場も高ければ高いほど良い性質といえます。3つ目は、臨界電流です。大きすぎる電流を流しても超電導状態が壊れてしまうため、その値が高いほど優れた超電導体だといえます。3つのうち臨界温度と臨界磁場は物質ごとに定まりますが、臨界電流は工学的な工夫を施すことにより上昇させることができます。理学系の本研究グループでは、1つ目の臨界温度に関する研究をメインに行っています。そのテーマは、できるだけ高い臨界温度を持つ新しい超電導体の開発です。

どのような作戦で新しい超電導体を見つけ出すかは、心踊る反面なかなか難しい問題です。臨界温度の低い超電導体については、有名なBCS理論（格子の振動が2つの電子を引きつけ、電子のペアを作るという理論）によりおおよその性質を理解することができます。一方、臨界温度の高い超電導体については、どのようにしたら良い超電導体ができるかを知っている人はいません。そうはいっても、元素をいろいろ混ぜていたら偶然できた、ではつまらないので、私たちは超電導体を設計し狙って作ることに挑戦しています。

多くの試行錯誤から生まれたいくつかの成功例のうち、1つを紹介します。物質は、原子が化学的な結合で結ばれてできており、何と何がどのような並び方で結ばれるかは元素によって異なります。私たちは、鉄とヒ素が結びついてできているある物質について、鉄の一部をプラチナで置き換えてみました。その結果、プラチナとヒ素の結びつき方が鉄とヒ素の結びつき方と違ったために、これまでに知られていない新しい超電導体が生まれました（日本物理学会英文誌に注目論文として公表、第8回日本物理学会若手奨励賞受賞）。重要なのは、周期表にある元素の性質をじっくりと眺めて、新しい原子配列が生じる鉄のパートナーを見つけることでした。その後、その研究を進展させ、高価なレアアースの含有量を大幅に削減した新超電導体を見つけました。その超電導体は、鉄とヒ素を含む超電導体の中で世界2位の臨界温度を示します（第20回超伝導科学技術賞受賞）。他にも、天然鉱物の化学結合を切断したら超電導化した、物質を軟らかくすると臨界温度が大きく上昇した、蜂の巣状の原子配列で新型超電導の発生が期待される新超電導体を見つけたなど、独自の視点で多くの新しい超電導体を開発し論文発表を続けています。これからさらに数多く見つかると思います。

<展望>

今後の目標は、なんといっても臨界温度の上昇です。電気抵抗がゼロである性質は、送電線や電磁



PRESS RELEASE

石への応用が可能です。ゼロ抵抗の送電線は、エネルギーのロス回避するのはもちろんですが、砂漠で太陽光発電した電気や、山間部および海上で風力発電した電気を世界中に送ることさえも可能にします。強い電磁石については、既にMRI（磁気共鳴画像、Magnetic Resonance Imaging）で実用化され、さらにリニアモーターカーが日本の中央を走り抜けようとしています。

* 本研究は、異分野基礎科学研究所の野原実教授との共同研究によるものです。

<略歴>

工藤 一貴（くどう・かずたか）

1975年生まれ。東北大学工学部卒、東北大学大学院博士課程前期修了、同後期修了。博士（工学）。専門分野は固体物理学。東北大学金属材料研究所助手、同助教、岡山大学大学院自然科学研究科助教から現職。

<お問い合わせ>

岡山大学 異分野基礎科学研究所

准教授 工藤 一貴

（電話番号）086-251-7805

（FAX番号）086-251-7830

（メール）kudo@science.okayama-u.ac.jp



岡山大学は、国連の「持続可能な開発目標（SDGs）」を支援しています。