



Nature 2001.3.1

二ホウ化マグネシウムの超伝導に関する日本人の研究成果

安くいつでも手に入る化合物である二ホウ化マグネシウム (MgB_2) から超伝導体ができるという報告が日本人研究者から Nature に発表されました。超伝導体は、ある一定の臨界温度 (T_c) 以下で電流に対する抵抗を失う物質のことで、様々な活用方法がありますが、大きな問題点として、望まれる超伝導特性が、非常に低い温度で、しかも値段の高い複雑な物質でしか生じないことでした。

今回の研究では、99.9%の粉末マグネシウムと、99%のアモルファスホウ素を 1:2 の割合で混合してペレットを作成し、196メガパスカルというアルゴンの高い圧力下で 973 ケルビンの高温に 10 時間さらすことによって作成した物質を - 234 に冷却することによって超伝導状態になることを発見しました。

この温度は、最近研究が進展している高温超伝導体に比べると低温ですが、比較的単純で容易に入手できる化合物での超伝導体の臨界温度としては非常に高く、組成をさらに微調整すれば臨界温度が今以上に上昇することがわかっており、二ホウ化マグネシウムは経済的に見合う超伝導化合物として、まさに前途洋々との期待を抱かせてくれる化合物です。

さて、この超伝導ですが、「超伝導」という言葉は何度も耳にした言葉だと思いますが、「超伝導」あるいは「超伝導体」というのは何の事だか存じでしょうか。

超伝導体とは超伝導状態になることができる物質のことであり、その超伝導状態とは、電気抵抗がゼロであり、マイスナー効果が観測される状態であると定義されています。

金、銀、銅などのように超電導にならないものはどんなに電気抵抗が小さくても電気抵抗はゼロにはなりません。電気抵抗は、物質の中を電流が流れる、すなわち電子の流れが発生した際に、電子がてんでバラバラに流れるためにあちこちにぶつかることによって生じます。電気抵抗があると、電気が流れるときに熱が発生してエネルギーを失ってしまうのですが、超電導状態では、電子が秩序だった振る舞いをすることによって、抵抗が無くなり、熱が発生しないので、たとえば、超電導体のドーナツを作るといつまでも電気が流れ続けます。これを永久電流と呼び、これを応用することによって超伝導体の中に電流を蓄えることが可能となります。

もう一つの定義のマイスナー効果とは超電導体に磁場を加えても磁束を侵入させないようにする効果のことです。通常の金属に磁場を加えると、金属の中を磁場が通り抜けて金属の向こう側にある別の金属にも磁場が作用しますが、超伝導体にはマイスナー効果があるので、超伝導体の回りでは磁界がはねとばされてしまいます。超電導体の上に磁石をのせるとまるで重力に逆らうように浮上するという現象をテレビでご覧になった方もおられると思いますが、あれはこのマイスナー効果によるものです。超伝導体は磁力線を通しませんので、ちょうど、風に向かって板を立てるのと同じような状況で、磁力線が風だと仮定し、超伝導体が板だとすると板にはかなりの抵抗がかかります。この抵抗の反発力で、磁石が超伝導体の上に浮いてしまうというわけです。

さて、超伝導は発見されてからすでに 100 年近くが経過していますが、当時の超伝導体は超伝導効果を発揮させるためには液体ヘリウムによってマイナス 240 度以下に冷却しなければならない物質ばかりでした。1986 年にこれよりもかなりの高温で超伝導状態を示す物質が発見され始め、現在では液体ヘリウムよりもはるかに安価な液体窒素で冷却可能なマイナス 140 度付近の超伝導体が発見され、より広範囲な用途での実用化に大きく近づきました。

すでに実用化されている超伝導の応用例としては、リニアモーターカーや MRI と呼ばれる病院における核磁気診断装置などがあげられます。



リニアモーターカーでは、車両に超電導磁石が搭載されており、ガイドウェイの側壁に設置された浮上案内コイルに電流が誘起されると一時的な磁石となり、車両が浮上します。MRI はMagnetic Resonance Imaging:核磁気共鳴映像法 の略で、体の中に大量に含まれている水のプロトンに磁場をかけることによってエネルギーを与え、細胞の種類や病気の種類によるエネルギーの放出に伴う高周波信号の違いをとらえて体の中を映像化する装置です。