

高温超伝導フィーバーが再燃か

Superconductors redux

Nature Vol. 452 (914) / 24 April 2008

複合酸化物に予想外の新発見

このほど、日本の研究者たちが新しい系統の高温超伝導物質を発見したことで（*Nature* 2008年4月24日号922ページ参照）、かつての高温超伝導フィーバーが再燃することになるかもしれない。1986年、IBM チューリッヒ研究所のゲオルグ・ベドノルツとアレキサンダー・ミュラーは、バリウム、ランタン、銅からなる複合酸化物が35K（ケルビン）で超伝導を示すことを発見した。この発見は激しい研究競争を引き起こし、90Kという高温で超伝導転移を示す関連化合物（イットリウム・バリウム・銅酸化物）が発見された。これは、比較的安価な液体窒素を使った冷却により実現できる温度である。ベドノルツとミュラーはわずか1年後に1987年度ノーベル物理学賞を受賞した。

こうした興奮が巻き起こったのは、超伝導を応用した電力損失のない送電や磁気浮上などの夢が低コストで実現できると期待されたからである。電流が流れるとき、電気抵抗があると熱が発生してエネルギーが失われてしまう。超伝導体では、電流は電気抵抗なしに流れる。1986年までは、ほとんどの超伝導物質は金属や合金であり、その転移温度は一般に低く、23Kを超えるものは見つかっていなかった。

今回、東京工業大学の細野秀雄らは、ランタン、鉄、ヒ素と少しのフッ素を含む別の複合酸化物に約4万気圧の圧力をかけると、43Kで超伝導になることを示した（H. Takahashi *et al.* advance online publication: doi:10.1038/nature06972）。これは、銅酸化物を除けば最も高い転移温度である。新しい物質は、銅酸化物と同じく、伝導層と絶縁層が交互に重なったサンドイッチ構造になっている。そして、これも銅酸化物と同じように、ドーピング（酸素原子の一部をフッ素原子で置き換えること）によって超電流に寄与する伝導層に電子を注入している。

銅酸化物材料はいくつかの用途に応用されたものの、列車を浮上させるなど、1980年代後半に期待されたほどの応用は実現しなかった。このもろい材料を線材に加工することはむずかしいことがわかり、研究は遅々とし

て進まなかった。物事を冷ややかに見る人たちは、今回の新発見も銅酸化物材料と同じように当初の期待を裏切るだろうというかもしれない。

しかし、新しい化合物は、すでに多くの知見をもたらしている。第一に、複雑な固体化合物にはまだ知られていないことがどれほど多く残っているかを教えてくれた。4種類以上の元素の組み合わせ方はあまりにも多く、化合物の探索を自動化する取り組みが進められているものの、これまでに調べられた物質はごく一部にすぎない。今回の発見は、昔ながらの合理的な化学的直観の産物である。ベドノルツとミュラーは、超伝導の実現に必要な電子間相互作用を強めるような結晶化学的性質を推測することにより、0.3Kまで冷却しないと超伝導にならず、明らかに見込みのなさそうなストロンチウムとチタンの酸化物を見限って、銅酸化物に取り組んだ。細野らも同じように、2006年に関連物質が約4Kで超伝導になることを発見してから、系統的に研究を進めてきた。4Kという温度はあまりにも低く、ほとんど関心を引かなかったが、彼らは2008年の初めには26Kに引き上げることができた。彼らはここで圧力をかければさらに温度が上がるだろうと推測し、それは正しかった。

最も重要なのは、高温超伝導は銅酸化物の独壇場ではないことを、この「鉄を主成分とするオキシニクタイト」という新材料が示したことである。銅酸化物の場合と同様、新材料の超伝導も材料の磁氣的ふるまいと関係していると考えられる。しかし、その詳細については不明である。今回、まったく新しい系統の化合物が発見されたことにより、その仕組みの謎が明らかになってくる可能性が出てきた。高温超伝導を説明する理論ができれば、はるかに高い転移温度をもつ超伝導物質を設計することも、夢物語ではなくなるかもしれない。新たなノーベル賞の対象となる可能性もある。確かなのは、今回のオキシニクタイトの発見が超伝導研究者の世界をざわつかせ始めており、そのようすが20年前の高温超伝導フィーバーを思い出させるということだ。 ■