

(1) 鉄系超伝導の基本物質

2008年に東京工業大学の細野秀雄教授らが最初に発見した鉄系超伝導物質は、物質中に含まれる基本元素の比率を用いて1111型や122型のように分類されています。例えば、3つの基本元素、バリウム(Ba)、鉄(Fe)、ヒ素(As)を1:2:2の割合で含む物質(化学式で表すと BaFe_2As_2)は122型と呼ばれています。一方で、4つの基本元素、ランタン(La)、鉄(Fe)、ヒ素(As)、酸素(O)を1:1:1:1の割合で含む物質(化学式で表すと LaFeAsO)は1111型と呼ばれています。鉄系超伝導物質のなかでは、1111型が最も高い温度、セ氏217度(絶対温度56ケルビン)で超伝導に移行します。しかし、1111型で高い超伝導臨界温度を得るには、ランタン(La)の代わりに、サマリウム(Sm)やガドリニウム(Gd)などの高価な希土類元素(レアメタル)を用いる必要があります。

(2) 122型基本物質における、これまでの研究

122型物質のひとつである BaFe_2As_2 は、図のように、鉄とヒ素で形成する原子3個分の厚さの超伝導層と、バリウムで形成する原子1個分の厚さのスペーサー層が交互に積み重なっています。このままでは超伝導になりませんが、2008年にドイツの研究者らが、3つの基本元素に、4つめの元素カリウムを加えるとセ氏零下235度(絶対温度38ケルビン)で超伝導になることを発見しました。これが122型基本物質の超伝導に移行する温度(臨界温度)の最高記録でした。カリウムはバリウムと混ざって、原子1個分の厚さのスペーサー層を作ります。



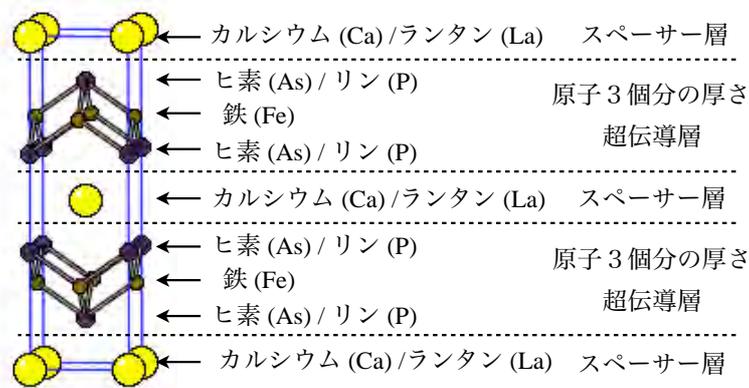
122型基本物質 ($\text{Ba}_{0.6}\text{K}_{0.4}\text{Fe}_2\text{As}_2$)の原子の配列

バリウムの代わりに化学的な性質の良く似たカルシウムを用いて、鉄、カルシウム、ヒ素の3つを基本元素とした122型物質も存在します。これも、このままでは超伝導になりません。これまでに、第4の元素として様々な元素を加える研究が行われました

が、超伝導に移行する温度がセ氏零下 235 度（絶対温度 38 ケルビン）を超えることはありませんでした。

(3) 岡山大学での発見

今回発見した物質は、鉄、カルシウム、ランタン、ヒ素、リンの 5 つの元素を含む 122 型物質です。図のように、カルシウムとランタンが混ざって、原子 1 個の厚さのスペーサー層が形成されます。また、ヒ素とリンが混ざって鉄を上下から挟み込むように、原子 3 個分の厚さの超伝導層が形成されます。カルシウムとランタンの割合を 8 3 : 1 7 に、ヒ素とリンの割合を 9 4 : 1 6 にした時、122 型物質のなかで最も高いセ氏零下 228 度（絶対温度 45 ケルビン）で超伝導へ移行しました。



岡山大で開発した 122 型基本物質 $(\text{Ca}_{0.83}\text{La}_{0.17})\text{Fe}_2(\text{As}_{0.94}\text{P}_{0.16})_2$ の原子の配列

(4) 新しい 122 型基本物質の可能性

今回発見した物質は、カルシウムや鉄といった、ありふれた安価な元素だけで作られており、電力の無損失送電を可能にする超伝導ケーブルなどを安価に作れる可能性があります。また、ランタンを別の元素で置き換えたり、ヒ素とリンの割合を変えたりすることで、より高い温度、例えば実用化の目安となる液体窒素の沸点、セ氏零下 197 度（絶対温度 77 ケルビン）で超伝導になる物質を作れる可能性があります。

超伝導ケーブルが実用化されれば、例えば、山間部の休耕田に敷き詰めた太陽電池パネルで発電し、電力需要の多い都市部へ送電することが可能になります。詳しくは下記の HP をご覧ください。

<http://www.nhk.or.jp/okayama-mogitate-blog/700/108489.html>