

グラフェンの超伝導化成功

超高速 超伝導 ナノデバイスへ応用期待

東北大学原子分子材料科学高等研究機構の高橋隆教授と東京大学大学院理学系研究科の二ノ倉聖さん（大学院生）、長谷川修司教授らの研究グループは、シリコンカーバイド（SiC）単結晶上にグラフェンを一枚ずつ作製する方法を開発し、層間にカルシウム原子を挿入することでグラフェンの超伝導化（4K）に成功したと発表した。超高速超伝導ナノデバイスへの応用開発に繋がる成果と期待される。成果は米国化学会誌「ACS Nano」オンライン速報版に1月29日掲載された。

グラフェンは炭素原子が

六角形の蜂の巣状に結合した原子1層の極薄シート状の構造を持っている。グラフェン中の電子は特殊な電子状態を形成し、「質量ゼロ」の状態を取ることが知られている。そのため非常に速い速度で移動することができ、グラフェンに非常に高い電気伝導性を与えている。

実験からはグラフェン中を移動する電子の速度は、半導体のシリコンと比較して200倍以上速いことがわかっていった。一方で、究極の高い伝導性である超伝導がグラフェンで発現するのかわかっていなかった。超伝導があるとの報告はいくつかなされているが、試料のグラフェンの積層数が不確定であったり、グラファイトである可能性が残され、実験的検証が不完全だった。超伝導の直接的な証拠である「電気抵抗ゼロ」の確認がとれば、超高速ナノ電子デバイスが実現可能なため、世界中で研究が行われている。

今回研究グループは、シリコンカーバイド単結晶上にグラフェンを一枚ずつ制御して作製する手法を開発した。シリコンカーバイドをアルゴン（Ar）中で加熱し、温度や時間を調節することで2層グラフェンを作製する最適条件を発見。これにより炭素原子2層で構成されるグラフェン薄膜

を作製した。さらにその層間に、まずリチウム（Li）原子を蒸着することでリチウム原子を挿入した2層グラフェンを作製し、それをカルシウム（Ca）原子で置換することで、カルシウム原子を挿入した2層グラフェン層間化合物（Ca₂C₆）を作製した。その電気抵抗をマイクロ4指針電気伝導測定法で測定し

科学新聞 2016年2月19日

た。2層以上にグラフェンを積層することも可能だという。その結果、温度4K（269度C）で超伝導が発現していることを世界で初めて観測することに成功した。層間に何も挿入していない純正2層グラフェンやカルシウムの代わりにリチウム（Li）を挿入したりチウム層間化合物では超伝導が発現しないことも確認。超伝導がカルシウム原子からグラフェン層への電子供給により引き起こされていることが明らかになった。

作製した2層グラフェン層間化合物は、極薄で光透過性もあり、高速電子デバイス材料としての応用が期待できるという。従来、超伝導は今回のような少ない分子量では発現しないのではないかとも言われていたが、今回それを達成し、新たな知見が得られた。超伝導の基礎的な理解や理論的研究が進むと期待される。

長谷川教授は「今後は別の不純物を挿入することも検討しています。このような研究を通して、超伝導の基礎的な理解を深めていきたいと思えます」と話した。