室温超伝導体の合成

白 川 英 樹

より高い転移温度をもつ超伝導体の研究は、単に科学的な興味以上に社会に及ぼす影響と役割が大きく、とりわけ室温超伝導体の一日も早い実現が望まれている状況は現在も20年前と変わらない。この20年間、室温を上回る転移温度をもつ高温超伝導体の合成に関する研究成果の発表が思い出したように単発的にいくつかあった。残念ながらそれらは旧ソ連圏や東ヨーロッパから発信されたもので、追試もままならないようなお粗末な報告であった。室温超伝導体の研究だけに話を限れば、日暮れて道遠し、の感を感じないが、高温超伝導体の合成は確実に進歩している。1986年、ベドノルツとミュラーにより発見された酸化物系超伝導体は驚きをもって受け入れられ、その翌年にノーベル物理学賞が与えられた。例外的に短期間での評価は、高温超伝導体の研究が重要視されていることの証であろう。数年を経ずして転移点は液体窒素の沸点を上回り、130 Kを超えるまでに至っている。

一方、21世紀の最初の年であった昨年、転移温度こそ酸化物超伝導体に及ばないが、この分野で2つの画期的な研究が発表された。ひとつは青山学院大学の秋光教授らのグループによる二ホウ化マグネシウムの超伝導で、金属化合物としては27年ぶりに記録を更新する最高温度(39 K)で超伝導現象を実現できたこと、もうひとつはルーセントテクノロジーのグループによるポリチオフェン誘導体の有機高分子系超伝導体の発見である。

前者は二ホウ化マグネシウムという、どこの研究室の薬品棚にもあるような物質がこれまでに知られていた金属化合物超伝導体の2倍に近い転移温度を示した点、さらに、構成元素であるマグネシウム、ホウ素は地球上に比較的多く普遍的に存在する点で、画期的な研究成果であったといえる。後者は典型的な導電性高分子であり、有機高分子としては最初の超伝導物質である。ドーパントを使わずホール注入でドーピングを行ったことが超伝導性の発現をひき起こした点で画期的な研究であり、今後この分野での超伝導検索が強く望まれる。

残念ながら20年前に望んだ室温超伝導体は現在の時点でもまだできていない。しかし、転移温度は確実に高くなっており、これからの研究には大いに期待がもてるきわめて重要なテーマである。

SHIRAKAWA, Hideki 内閣府総合科学技術会議・議員、工学博士。1966年東京工業大学大学院博士課程修了。

Synthesis of Room Temperature Superconductors

〈1982年1月号掲載〉

室温超伝導体の合成

未来を想像するのは楽しいし、責任を負うこともないから気楽である。さしあたり高分子で室温超伝導体が合成できたら、これを使って一番最初に何をしてみようかと考えてみる。どうも発想が貧弱で考えあぐねた末に室温超伝導の高分解能NMRを作って、この室温超伝導高分子の分子構造を調べてみようということになった。一年前の初夢である。

正直に言って2001年の高分子がどうなるかは見当もつかない。筆者が最近興味をもっている導電性高分子の専門領域に限っても同じことである。

“必要は発明の母”というから20年後の社会がどのような高分子を必要とし、それをどのように使うかの目標を明確にすることがまず必要であろう。この点については、通産省による次世代産業基盤技術研究開発が10年計画で昨秋からスタートした

のは大変喜ばしいことである。研究テーマのひとつである導電性高分子材料についてみれば、研究開発の目標として、銅やアルミニウムに匹敵する高導電性軽量導体、超伝導素材、および高性能電極があげられている。いずれの目標も、ここ数年の研究実績から見れば、単なる想像でなく、実現の可能性が十分にあり妥当なものであろう。

$C_{8n}AsF_5$ や $C_{8n}SbF_5$ などのグラファイト層間化合物は銅や銀以上の導電性をもっているし、 C_8KHg ($T_c=1.90$ K) や $C_4KTl_{1.5}$ ($T_c=2.7$ K) など比較的高い転移温度をもつグラファイト層間化合物が最近合成され話題になっている。

一方、ポリアセチレンと $(Bu_4N)ClO_4$ を電解質とした蓄電池は、金属を全く含まない高性能軽量バッテリーとしてその実現が注目されている。普通グラファイトはポリマーの仲間には入れないけれど、ポリアセ

チレンを一次元ポリマーとすれば、同じ sp^2 電子構造の炭素からできているグラファイトは二次元ポリマーということになり、基盤技術研究開発の基盤はりっぱにできていることになる。

固体物理の理論家によると金属(有機金属も合成金属を含めて)はすべて超伝導体になるはずであり、見かけ上超伝導体にならない金属は超伝導転移温度が現在の技術では実現できないような限りなく絶対零度に近いからであろうという。ドーピングによって金属的導体となるポリアセチレンもドーパントの種類によっては実現できる温度で超伝導体となる可能性があるわけである。問題は2001年にその超伝導転移温度がどれだけ高くできるかである。とらぬ狸の……ならぬ、作らぬポリマーの皮算用?