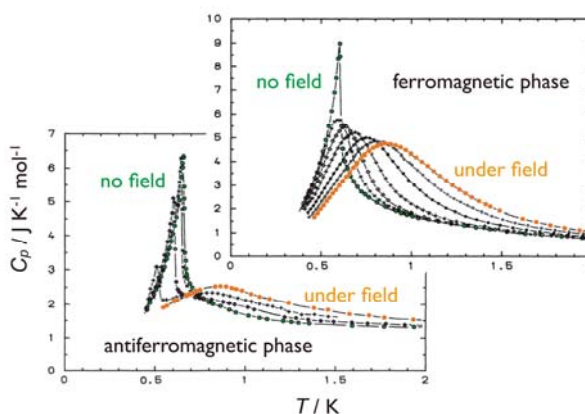


ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

大項目	3. 凝縮計の物性と機能
中項目	3-2. 固体構造と機能
小項目	3-2-8. 伝導性磁性物質の熱物性

概要（200字以内）

伝導性・磁性研究においてバルク物性を捉える熱容量測定には特別の重要性がある(図)。しかし、分子を変数として展開される物性化学の特徴は、分子の設計可能性と分子・結晶内に多数の自由度を併せ持つことである。分子運動と伝導性・磁性との結合の研究においても熱容量測定は決定的な役割を果たしてきた。最近では、伝導性と磁性の共存やナノ粒子の物性に強い関心が持たれているが、ここでも一層の進展が期待できる。



現状と最前線

化学が取り扱う伝導性・磁性物質の主流は、単純な金属化合物（合金を含む）などではなく、分子性導体や錯体である。等方的な形状（球形）を持つ化合物が C_{60} などごく限られていることから容易に理解されるとおり、伝導性・磁性物質を構成する分子は基本的に異方的である。これは異方的な凝集構造（結晶）に反映され、伝導性・磁性にも異方性をもたらす。

伝導性や磁性を担う電子は分子あたり1個であることが多い。その一方で、分子は多数の原子から構成されるため内部に多数の自由度を持つ。熱物性を通じた伝導性・磁性物質の研究を行う場合、伝導性・磁性に関係した電子数が少ないことは、単純な金属などの研究に比較して高精度の実験が求められることを意味する。しかし、バルク物性を確実に捉えるという意味で熱容量測定には、他の物性実験には無い重要性がある。世界初のバルク有機強磁性の強力な証拠として熱容量測定が用いられたことを指摘しておきたい(図)。

以上のような事情から、伝導性・磁性物質の熱物性研究は、伝導性・磁性以外の熱容量への寄与が小さい極低温における実験から伝導電子の状態密度を見積もり、また磁気的次元を定めることから始まった。超伝導転移や金属-絶縁体転移などの相転移現象にしても極低温であれば実験は比較的容易であるが、高温ではやはり非常に高精度な実験が要求される。しかし、最近では、1 mg以下の試料を用いた高精度熱容量測定法が開発されつつあり、実験と解析に成功

する現象も飛躍的に増加しつつある。

分子の性質をパラメータとして展開される物理化学としての物性化学の特徴は、①分子の設計可能性、②分子・結晶内に他の自由度を併せ持つ物質を対象とする、と要約できる。

分子の設計可能性に関連した研究としては、伝導物質では単一成分分子性金属が真に縮退電子ガスを持つ金属であるかを検討した正統的な実験がある。あるいは、低次元性など特殊な構造を構築し、そこで特異的に現れる物性異常も興味の対象である。たとえば、ある種の有機導体における低次元性と電子相関の強さに由来する電子状態の特殊性の議論がある。強相関電子系の物理学にホットな話題を提供している。磁性体では、単分子磁性体における量子トンネル現象が熱測定により捉えられている。また、螺旋面を含む磁性体の磁気次元が古典的（単純）な低次元磁性体とは異なることなども明らかになっており、今後、類型的幾何構造を超えた（メビウスの帯など）トポロジーと磁性の関係などが追求されることになることも考えられる。

一方、分子・結晶内に多数の自由度を併せ持つことは、単純な化合物では発現しない新規な現象の起源となり得る。スピנקロスオーバー現象が格子振動を本質的な構成要素とすることを明らかにしたのは熱容量を用いた研究の重要な成果である。また、分子運動と伝導性・磁性との強い結合の研究においても熱容量測定が決定的な役割を果たしてきた。最近では、伝導性と磁性の共存に強い関心が持たれている。現状では、高磁場、あるいは高圧など極端条件での実験が必要な場合が多く、熱物性分野で顕著な研究成果は少ないが、実験手法の開発とも相まって、一層の進展が期待できる。

金属ナノ粒子、磁性ナノ粒子などでは特異な熱力学的性質が予想され、その実験的検証は非常に興味深い。現状では、測定技術の制約から満足な成果は得られていない。これまでの測定法とは全く異なる新規測定技術の開発が求められる。

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
高磁場・高圧など極端条件下における高精度測定技術の開発
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
低次元伝導・磁性体における熱ゆらぎと量子ゆらぎ
分子内自由度と伝導性・磁性との結合による新規現象の発見
ナノ粒子の熱力学の実験的解明

キーワード

分子導体、低次元磁性、単分子磁石、ナノ粒子、熱容量

(執筆者： 齋藤 一弥)