

|||||
 卷 頭 言
 |||||

強磁場と液体・気体・微粒子



北 澤 宏 一

高温超伝導体の最初の実用化製品がそれをパワーリードに使った小型の冷凍機直冷型超伝導磁石であったことから、研究室に10テスラ磁石試作品が導入されたことが、私たちが磁場を溶液や気体に室温で掛けて見ることになった端緒である。電気良導体なのに熱良導体でないという高温超伝導体の特異な性質が、この磁石を可能にした。ともあれ、必要な時にすぐに磁場が得られる便利な磁石が登場した。

磁場のエネルギーは小さく、1テスラの磁場が電子スピン1個に与えるゼーマンエネルギーは1ケルビンの熱エネルギー相当でしかない。電子スピンの協奏的に作用する強磁性体ですら、原子・分子のレベルでは大きな相互作用を持たず、ナノサイズにならないと磁場効果は室温の熱攪乱に打ち勝つことはできない。常磁性・反磁性体ではさらに大きなサイズを必要とする。その意味で磁場の効果は重力に似てマイルドである。磁気健康具などが漢方薬と同様な目で見られるのはこのためである。

1個の原子で重力を考慮することはまずない。しかし、マクロな系になると私たちは重力の依存を必ず考慮している。自由液体表面が水平になるのは均一な重力のためである。したがって、局所的な磁場を併用すると液-液界面は傾く（モーゼ効果）。ある程度の大きさの粒子になると、液体中で熱攪乱に打ち勝って、重力による粒子の沈降が生じるが、これを磁場で起こすこともできる（磁気分離）。温度や濃度勾配があると対流が生じることも似ている。重力と違うところは、物質の磁場との相互作用に異方性がありうるという点であろうか。例えば粒子を回転させることができる（磁気配向）。また、負の質量はないが、磁性には反磁性が存在する。

実際に強磁場をかけてみると不思議なことが起きる。水の蒸発速度や水中への酸素溶解速度が促進される。酸素ガスを磁場で下に引くと、その上に水玉を浮上させることができる（磁気アルキメデス浮上）。いったん現象が知られてしまえば、古典力学の範疇内で理解できるのだが、やってみるまでは、思いもつかぬことであった。

さらに、磁場が本質的に重力と異なるのは、スピンの複数相互作用する系での量子力学的効果である。この分野はスピン化学と呼ばれて日本の長倉、林らにより開拓されてきた。これはラジカル対の存在という特殊な反応に限られるが、分子レベルで化学反応そのものに変化が見られる。核スピンの相互作用を取り込むことで、ゲルマニウムなどの同位体濃縮も実証された。

いずれにせよ、液体、気体、界面、粒子、スピン相互作用といったキーワードを念頭に置いて、物質に磁場を掛けてみるのは実に楽しい。本年度より未来開拓推進事業の一環として、「強磁場下での物質と生体の挙動」プロジェクトが開始された。海外ではまだ系統的な研究は始まっていない。10テスラという強磁場を出せる簡便な磁石を開発された我が国のメーカーに感謝している。

（東京大学新領域創成科学研究科）