



寺崎一郎教授

*寺崎一郎 教授 Ichiro Terasaki, Prof.
中埜彰俊 助教 Akitoshi Nakano, Assist. Prof.

物性物理学 (condensed matter physics) の魅力

私たちが日常目にする物質は、周期表の中にある百個に満たない元素からできており、さらにその元素は、陽子、中性子、電子の三種類の基本粒子からできています。そのような単純さにも関わらず、私たちの世界がなぜ豊かで多様であるのかを研究する学問が物性物理学、すなわち物質の物理学です。

特に、私たちが日々経験する物質の様々な性質についての疑問、たとえば、水がさらさらと流れるのに氷が固いのはなぜか、鉄が磁石にくっつき銅がつかないのはなぜか、アルミがびかびか光るのに石英が透明であるのはなぜか、は基本粒子を調べても決してわかりません。これらの性質は基本粒子が膨大な数 (1ccあたり1モル程度) 集まることで現れます。これは創発性 (emergence) と呼ばれます。

創発性のもつ多様さと、それらの底流をなす理論の普遍性との両立が、物質の物理学の魅力です。創発性の豊かさは私たちの想像力をはるかに越えており、その意外性がこの学問の機動力となっています。いまから30数年前に見つかった銅酸化物の高温超伝導はその典型例でしょう。この世は、今なお驚きと不思議に満ちており、私たちの身近な至る所に知の地平線が広がっています。そして物質の物理学の延長線上に、私たち自身、すなわ

<http://vlab-nu.jp/>

*連絡先 terra@nagoya-u.jp

教授：1 / 准教授：0 / 助教：1 / PD：0 / DC：0 / MC：5

ち高度に進化した生命体の物理学があるはずで

機能性物質 (functional materials) とは

外部からの刺激に対して特異的に大きな反応を示す創発性は、我々の生活に役立たせることができます。たとえば、小さな磁場に対して生じる大きな磁化、小さな温度差に対して生じる大きな電圧などなど。これらは物質の「機能」と呼ばれます。特に固体の中の電子が示す機能は現代社会においては不可欠の要素であり、これらを我々の役に立つように「加工」したものが素子です。これらの素子を基本として生み出されるハイテク製品が、我が国を支えて来たことは言うまでもないでしょう。

機能性物質物性研究室は、最新の物理学の成果を駆使し、未知の機能をもった新物質を設計・合成することによって、物質の物理学を進歩させることを目的とする研究室です。スローガンは「面白くて役に立つ、新しい物質の物理学」です。その意味で、理学研究科の中で最も工学系の研究室や実社会と距離が近く、企業との共同研究も積極的に行ってゆきます。

研究している機能性物質

最近、興味を持って研究している機能性物質の一部を以下に具体的に紹介しましょう。

1. 熱から電気を生み出す物質

金属や半導体の棒状の試料に温度差を与えると、温度差に比例する電圧、熱起電力が発生します。これはゼーベック効果と呼ばれる熱電効果の一つです。もし熱起電力が大きく、抵抗率が小さい物質があれば、その物質は温度差を与えると一種の電池のように振る舞い、負荷を結線すると電力を取り出すことができます。このように、固体の熱電効果を利用して熱エネルギーを電気エネルギーに変換する技術を熱電変換といい、それに用いられる物質を熱電材料といいます。私たちはコバルト酸化物が、酸化物セラミックスの中で群を抜いて高い熱電変換性能を持つことを発見しました。熱電材料の物理を追求してゆくと、「一つの電子が運べる熱の最大値はいくつか」という問題に行き着きます。この間に対する答えを教えてください。物質を求めて、新しい物質を探索しています。

ごく最近、私たちは、タンタルを含む層状セレン化合物が20Kで、従来の物質より100倍以上巨大な電力を生み出せることを発見しました。得られた物性値は、1ccの試料に温度差1Kを与えると40 Aの電流を発生させる能力を示しています。この物質がなぜこのような性能を生み出せるのか、さらに性能を向上させるにはどうしたらいいのか、同じ機構の別の物質はないかなど、物質の物理学が明らかにすべき問題が山積しています。

2. 電流で溶ける電子の水

多くの遷移金属酸化物では、電子が他の電子から強いクーロン斥力を受けるため、全ての電子が格子点で動けなくなった絶縁体状態、モット絶縁体や電荷整列が実現します。これらは、いわば伝導電子が凍結した「電子の水」のような状態です。私たちは、ある種の有機物質でこの電子の水が電流によって融解することを見出しました。冬の寒い日に池の水が凍っているのに、川の水が凍っていないのを見たことがあるでしょう。電子の水も電子の流れによって溶けるのです。電子が凍っていると電場によって動かせませんから、その電気抵抗は大変高いのですが、電流によって電子の水が融解すると、たちまち電気抵抗が下がってきます。つまり、この物質では抵抗率が電流によって何桁も変化するような巨大非線形伝導が見られます。同じような非線形伝導を示すルテニウム酸化物において、私たちは電流によって体積が変化することや電子の比熱が大きく変わることを発見しました。実は現在の物理学は、流れる川が凍りにくいことを説明できません。流れがある状態には熱力学が使えないからです。流れのある状態にも熱力学を拡張できないか、ということがこの研究の究極のゴールです。私たちは電流を流しながらいろいろな物理量 (たとえば、熱起電力、熱拡散率、格子変位など) を計測できるシステムを自分たちで設計・構築しています。そして電流通電下で物質が示す不思議な性質を明らかにしつつあります。

3. 乱れによる秩序の探索

電子と電子の間、電子と格子の間には相互作用があり、乱れない結晶において低温で様々な相転移が生じることが知られています。これは低温で、自然がより整列した状態、秩序を好むからです。ところが、複雑な構造をもった結晶では、複数の相互作用が競合するために秩序が生じないことがあります。こうした状況では乱れの導入によって競合が解除されて秩序が生み出されることがあります。また少量の不純物の導入によって、新奇な基底状態が安定化することがあります。このような状態は乱れによる秩序 (order from disorder) と呼ばれます。

私たちは層状パラジウム酸化物に2種類の不純物を同時に置換することで、室温以上で強磁性を示す半導体を開発しました。この強磁性半導体は、従来の強磁性半導体と比べてあらゆる意



中埜彰俊助教

味で異質であり、その磁性の発現機構を明らかにしたいと思っています。

さいごに

私たちは、学生・大学院生ひとりひとりが研究の面白さと自然の豊かさを実感できる研究室を作ってゆきたいと思っています。私たちが目指しているものは、物理学の中に既に存在する分野の研究ではないのです。物理と化学と生物の境界、理論と実験の境界、基礎と応用の境界に存在する新しい学問分野の開拓を見果てぬ夢として目指しています。意欲的な学生、大学院生のみならずの参加を期待します。



V研所属のスタッフと院生・学部生