



寺崎一郎教授

*寺崎一郎 教授 Ichiro Terasaki, Prof.
谷口博基 准教授 Hiroki Taniguchi, Assoc. 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、アルミがぴかぴ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。いまから約30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 FAX 052-789-5255

教授：1/准教授：1/PD：1/DC：1/MC：6

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、小さな電場に対して生じる大きな分極、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います。

研究している機能性物質

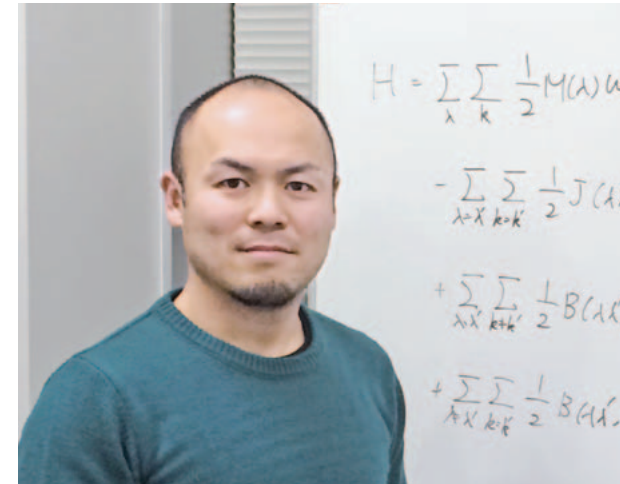
最近、興味を持って研究している機能性物質の一部を以下に具体的に紹介しましょう。

1. 排熱から電気を生み出すセラミックス

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変換材料といいます。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。この物質は700K以上で優れた性能を示し、排気ガスや焼却炉の排熱から電力を回収できる素子として実用化され、ベンチャー企業から販売されました。現在は、光ゼーベック効果を示す物質の開発など熱電変換と光を組み合わせる研究を行っています。

2. 電流で溶ける電子の水

伝導電子同士の相互作用が強い固体は強相関電子系と呼ばれます。有機分子が分子間力で結合した有機伝導体や遷移金属酸化物は強相関電子系の舞台であり、電子同士のクーロン斥力が他の効果と競合・共存するため多彩な物性を示します。とりわけ、伝導電子が格子点に整列した絶縁体状態、モット絶縁体や電荷整列は多くの研究



谷口博基准教授

者に調べられてきました。これらの電子相は、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、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くことができませんから、その電気抵抗は非常に高いのですが、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。この現象は強相関電子系を用いた新しいエレクトロニクスへの芽となるばかりでなく、非平衡熱・統計力学を理解するための基本的モデルとなる可能性を秘めています。試料に電流を流すと、ジュール熱によって自分自身を加熱してしまい、試料温度が上昇します。実は、報じられている多くの非線形伝導は試料の温度の上昇による見せかけの現象なのです。私たちは、試料の黒体放射を正確に測ること、あるいは試料の光学スペクトルの温度変化を正確に測定することによって、試料温度を制御しています。このように、光物性と電気伝導を融合させて新しい実験方法を開発しています。

3. 環境にやさしい強誘電体

強誘電体は、転移温度以下で自発的な電気分極を持つ物質で、磁石ならぬ“電石”です。多くの強誘電体が電子材料として広く応用

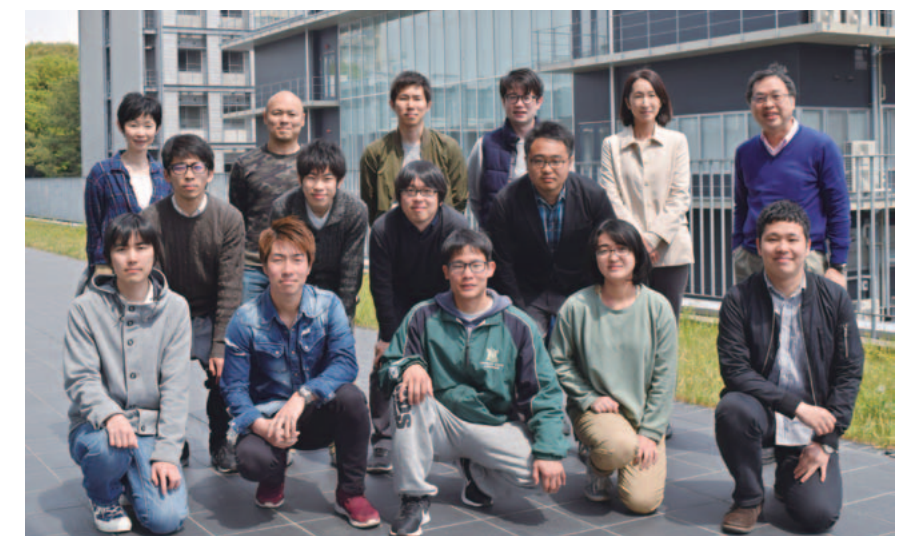


山本貴史博士研究員

されていますが、人体に有毒な元素を含んでいたり、性能が十分ではありません。私たちは、系統的な物質合成と電気測定やレーザー分光法による精密物性計測を通して、地殻に豊富に含まれる軽元素で構成される環境に優しい新強誘電体を設計・開発しています。

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