

第14回日本物理学会若手奨励賞(領域8)を受賞して

物質設計評価施設 平井 大悟郎

この度、第14回日本物理学会若手奨励賞(領域8)を受賞する栄誉に恵まれました。受賞の対象となった研究課題「5d 遷移金属化合物の物質開発と強相関電子物性の開拓」は、2015年に物性研に着任してからスタートした研究で、これまで5年間取り組んできた研究成果を評価していただきました。廣井善二先生をはじめとして、お世話になったすべての方々にこの場を借りて深く感謝申し上げます。

5d 遷移金属化合物は、周期表の第6周期にある遷移元素(5d 元素)を含む物質群です。周期表のだいたい下の方にあるので、5d 元素にどのような元素があるのかを全て思い浮かべることができる人は少ないのではないのでしょうか。有名なものは白金(Pt)や金(Au)で、化合物をつくるイメージはあまりないと思います。実際、白金や金は反応性が低く、時間を経ても変化しない性質から、宝飾品として重宝されていますし、実験に使う反応容器などとしても利用されます。また、これらの金属の稀少性も私たちの心を惹きつける理由の一つでしょう。5d 元素は銅や鉄といった3d 元素と比較すると、地殻における存在率は圧倒的に小さく、レアメタルとして知られています。反応性の低さと稀少性のため、天然に産出する化合物はもちろんのこと、これまでに合成された5d 遷移金属化合物の数も非常に限られています。逆に言えば、5d 遷移金属化合物の物質開発には、広大な未開拓の領域が存在しているということになります。

物質の報告例が少ないため、物性という観点でも5d 遷移金属化合物はあまり注目されてきませんでした。近年、5d 化合物の物性が次々と明らかになり、多くの研究が行われるようになってきています。2009年に、私が学位を取得した東京大学新領域創成科学研究科の高木英典先生(現マックスプランク研究所)のグループは有馬孝尚先生(東大新領域)のグループと協力して、5d 元素のイリジウム(Ir)を含む化合物において、スピンと軌道が結合した電子状態を実験的に明らかにしました。その後、この電子状態をうまく利用した Kitaev スピン液体などの研究が開かれています。私が物性研に着任した2015年頃には、これまで強相関電子物性研究の中心的舞台であった3d や4f 電子系とは異なる、ユニークな物性が5d 電子系で現れると

いうことが認識されるようになっていました。

私はそのような状況において5d 遷移金属化合物の物質開発を行い、レニウム(Re)を含む化合物において多極子[1]、量子磁性[2]、多色性[3]という性質を示す物質を見出し、その結果をまとめた3編の論文が今回の受賞対象論文となりました。

私は物性研に着任したとき、最初に、Re 化合物を研究すると決めました。5d 化合物の研究は世界中で行われるようになっていましたが、比較的合成が簡単なIr の化合物に研究が集中していました。廣井研が過去に $Cd_2Re_2O_7$ という超伝導体の研究を行っており、合成設備が整っているということも一つの理由ですが、やっている人が少ないから新しい「もの」に出会う確率が高いだろうと考えたからです。また、物性研に来る前にプリンストン大でポストドクをした時、R. Cava 先生から「君はタングステン(W)をやって欲しい」と言われたことが頭の片隅にあったのかもしれない。なら、次は周期表でお隣のRe にしようかと。

廣井研は、合成設備は整っていましたが、 $Cd_2Re_2O_7$ の研究が行われていたのは2000年ごろだったため、合成のノウハウなどは手探りで研究を始めました。始めてみるとRe 化合物が非常にユニークであることがわかりました。合成の原料に使う単純な酸化物でも Re^{7+} の Re_2O_7 、 Re^{6+} の ReO_3 、 Re^{4+} の ReO_2 と様々な価数をとるものが存在します。性質もバラバラで、薄緑で透明な Re_2O_7 は、空気中の水分を吸ってすぐに「べちゃべちゃ」になり、熱すると100℃ちょっとで昇華します。 ReO_3 は鮮やかな赤色の金属で、非常に良い伝導性を示します。 ReO_2 もよい金属伝導を示しますが、こちらは地味な灰色の粉です。この中で Re_2O_7 がもっとも手に入りやすい試薬ですが、実験を始めるとアンブルに入った高純度の試薬でも水分を含んでいることがわかりました。そこで、低温で昇華する性質を利用して試薬を精製し、自前で純良性のよい原料を用意しました。この原料を使い合成した高品質な試料があったこそ、今回受賞に至った研究を成し遂げることができました。

- [3] " 'Visible' $5d$ Orbital States in a Pleochroic Oxychloride",
D. Hirai, T. Yajima, D. Nishio-Hamane, C. Kim, H. Akiyama, M. Kawamura, T. Misawa, N. Abe, H. Arima, and Z. Hiroi, *J. Am. Chem. Soc.* **139**, 10784 (2017).

