物性研に着任して

ナノスケール物性研究部門　　一色 弘成

2016 年 5 月から、ナノスケール物性研究部門・大谷研究室の助教に着任いたしました、一色弘成と申します。この場をおかりして、私の経歴とこれまでの研究を簡単に紹介させていただきます。

私は、修士・博士課程では東北大学大学院多元物質科学研究所の米田忠弘先生のご指導の下、走査型トンネル顕微鏡(STM)をもちいた単分子の近藤効果の検出と制御の研究を行いました。その目的は個々の分子に情報を保存することです。近藤効果は、金属基盤の伝導電子のスピンと磁性不純物の局在スピンとの交換相互作用により局在スピンが消失する現象で、同時に局在スピンの状態密度がフェルミ準位に漏れだします。STM の分光は局所状態密度を測定することができるので、スピンを持つ分子上の状態密度を測定すると、フェルミ準位にピークが現れます。私たちの研究では主に不対電子をもつ分子を対象としていました。STM のトンネル電流を使った分子マニピュレーションにより分子の形を変形させ、分子軌道を修正することで、分子中の不対電子の数をコントロールすることができ、それに伴い近藤効果を on・off にすることができました。指導教官の米田先生には 5 年間大変にお世話になり、実験技術や成果の発表技術など様々なことを教えていただきました。仙台での 5 年間は私にとって大事な時間となりました。

東北大学で学位取得後、Karlsruhe 工科大学の Wulf Wulfhekel 先生の研究室でポスドクとして、2013 年より 3 年間をドイツで過ごしました。Wulfhekel 先生は、すばらしいお人柄と、研究者としてずば抜けた能力をお持ちだと思います。初めての海外長期在住で Wulfhekel 先生のような方のもとで働けたことは、私にとって非常に幸運でした。またドイツの文化・歴史を学び、たくさんの友人を得て、とても幸福な 3 年間でした。研究は引き続き STM を使った単分子磁性の研究でしたが、ここでの研究を通して近藤効果だけでなく単分子のスピンをより包括的に理解することができたと思います。遷移金属イオンなどの磁性イオンを結晶場・配位場の中におくと、スピンの向きによってエネルギーが異なるゼロ磁場分裂が起こります。ゼロ磁場分裂は配位場によって起こるので、STM の探針と分子の間の相互作用を使って分子を変形させると、同時にスピンが感じる配位場が変化し、ゼロ磁場分裂の様子を変化させることができます。さらにごく最近、同様の手法により、単分子の基底状態のスピンの向きを面直から面内に変えられることを実験的に示すことができました。スピンハミルトニアンを使うと、ゼロ磁場分裂下のスピンの、近藤効果の起こる条件やスピン状態の縮退の解ける様子が包括的に理解できることがわかりました。また S = 3/2 のようにスピンが半整数の値を持つときは、ゼロ磁場分裂によって縮退が完全には解けず、スピンは 2 重安定性を持つことがあります。このような 2 重安定性を使って安定な単一分子で 1 bit を構築することがこの研究のひとつのゴールです。

物性研究所では、これまでの研究から大きく分野が変わりましたが、大谷義近先生の研究室でスピン流-電流相互変換やスピン輸送の研究を行っています。研究分野を変え大谷研究室を志望した動機は、STM 以外の実験手法を学びたいと思ったこと、そして、スピンというものについてよりよく理解したいと思ったからです。大谷先生は、電流から純スピン流を生成し、純スピン流を様々な物質に注入、そしてスピン軌道相互作用によって再び電流に変換するための、非局所配置法という手法の世界的権威です。スピンの拡散長は、通常スピン輸送に使う銅では 500 nm 程度なので、非局所配置法の測定には数百ナノスケールの超微細構造が必要です。初めて自分で e-beam lithography を使って、超微細構造を作り、完成したデバイスを光学顕微鏡で見たときは大変感動しました。現在取り組んでいる研究は、Rashba 効果が起きている界面でのスピン流-電流変換効果です。この効果はごく最近発見されたもので、物理的にも応用の観点からみても非常におもしいと思います。すばらしい研究室の同僚の方々・学生の方々にも恵まれ、最高の環境で、がんばって研究していきたいと思います。また、これまでの研究で得た知識を積極的に生かし、新しいことにも挑戦していきたいと思います。どうぞよろしくお願いします。