物性研に着任して

極限環境物性研究部門　　田縁 俊光

2014 年 11 月 1 日付で極限環境物性研究部門長田研究室の助教に着任いたしました田縁俊光(たえんとしひろ)と申します。本紙面をお借りして簡単に経歴やこれまでの研究内容を紹介し、自己紹介とさせていただきます。

私は 2008 年から 2014 年の学位取得まで 6 年間、東京大学工学系研究科物理工学専攻の為ヶ井強先生のご指導の下、超伝導に関する研究を行ってまいりました。卒論研究の研究室配属があった 2008 年当時といえば鉄系超伝導体が発見されてまもなくの頃であり、物質開発競争によりわずか数ヶ月の間に超伝導転移温度が最高 55 K に達するなど、まさに第 2 の高温超伝導フィーバーが始まったという印象でした。私はこのタイミングに研究生活を始められる幸運を感じ、鉄系超伝導体を対象とした実験に携わりたいと心躍らせていました。しかしまだ質の良い単結晶は非常に限られていたため、私は試料の高品質化のために数多くの合成を行うことにしました。最終的に、ある物質系で低温熱処理が試料の均一性を劇的に改善し、超伝導を示す単結晶試料を得るために重要な過程であることを見いだしました。これに至るまでは試料を作れども作れども失敗作ばかりで心が折れそうになることもありました。しかし苦心の末(幸運も手伝って)1 つの結果を得ることができたことは駆け出しの私にとって強い成功体験であり、また精神力を培うこともできたため、この過程は私の今を形成する重要なステップだったと感じています。

私の研究において試料合成に並んで重要なキーワードが「粒子線照射」でした。加速器で数 MeV から数 GeV に加速された粒子を超伝導体の試料に照射すると欠陥が導入され、その欠陥が物性に与える影響を調べることで超伝導の性質に迫ることができるのです。欠陥と一口に言ってもその形状は様々で、例えば銅酸化物超伝導体では照射する粒子が重たければ柱状、軽ければ点状という具合に制御可能であることが知られています。鉄系超伝導体でもこれは当てはまり、これを利用して超伝導対形成機構を探る手法である不純物効果の研究や磁場中での磁束ダイナミクスやの研究を行いました。不純物効果の実験は通常化学置換によって行われるのですが、これには同時にキャリアドーピングされてしまうことやある割合以上置換した試料の合成をすることは困難であるなどの問題があります。粒子線照射による点欠陥導入という手法はこれらの問題を避けることができるばかりか、1 つの結晶に対して逐次的に欠陥を導入するため試料の個体差といったあいまいさを完全に排除した実験を可能とします。一方でこうして導入された欠陥は室温程度の熱でも消失してしまうことがあり、低温に維持したまま粒子線照射及び測定を行うシステムが必要となりました。そこでそのようなシステムを自作し、千葉市にある放射線医学研究所のプロトンビームを利用して実験を行いました。これによって鉄系超伝導体の対形成メカニズムを決定する上で重要な結果を得ることに成功しました。一方、磁束ダイナミクスの研究とは超伝導体内における量子化された磁束(渦糸)と欠陥との相互作用を解き明かそうとするものです。これの理解によってゼロ抵抗を維持したまま超伝導線材に流せる最大の電流密度である「臨界電流密度」の決定因子を知ることができるため、線材化の試みが進む鉄系超伝導体でもその重要性が高まっていくと考えられます。実際この研究の成果として、ホールドープ系の単結晶に粒子線照射で欠陥を導入することにより 10 MA/cm^2 を超える大きさの電流密度を流せることを実証しました。これは実用線材に求められる基準の 100 倍にあたる大きさに達しています。またこの研究の一環として、Los Alamos 国立研究所に 1 か月滞在して L. Civale 博士らと実験する機会をいただき、アメリカでの研究の雰囲気を体験させていただきました。またそこでの成果として柱状欠陥を導入した鉄系超伝導体で初めて磁束ロックイン状態が実現していることを示すことに成功しました。

物性研ではグラフェンに代表される原子層物質、あるいは複合原子層と呼ばれる新たな物質系を舞台して起こる新奇現象の研究を強磁場下での輸送測定などを通して行っていく予定です。手法は全く異なりますが気持ちを新たに再び高品質な試料を得るところから始めていく所存です。今後共同研究をさせていただく機会もあるかと思いますが、皆様のご指導を仰ぎながら物性物理の発展に貢献できるよう尽力させていただきます。