

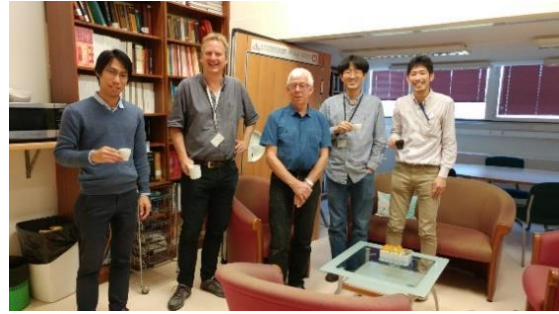
長期海外派遣報告書

新領域創成科学研究科物質系専攻 芝内研究室 博士課程1年
松浦康平

派遣先：Laboratory of Irradiated Solids, Ecole Polytechnique

滞在期間：2017年10月1日~2017年12月22日

本長期海外派遣では、三か月にわたりフランスのEcole PolytechniqueのMarcin Konzcykowski博士の研究室で研究を行った。この研究室では主に超伝導物質に対し、低温において電子線照射を行う手法を用いて研究を行っている。これまでの研究から、電子線照射を行うことで鉄系超伝導体 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ に対してはキャリ



ア密度を変えず、系統的に均質な点欠陥を導入できることが明らかとなっている。一方でトポロジカル絶縁体 Bi_2Se_3 、 Bi_2Te_3 といったキャリア密度が本来小さい物質に対してはキャリアを導入する効果があることが知られている。

図1 Laboratory of Irradiated Solidsにて

本期間中には、電子線照射を行った後に、高温でアニールすることで電子線照射物による物性の変化が抑制されることを系統的に調査した。 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ の系の超伝導転移温度が最大となる最適ドーピング量 $x=0.3$ 付近の組成において電気抵抗測定を行った。電子線照射を行うと照射量を増加することで超伝導転移温度が抑制され、電気抵抗率の絶対値が増大する。この同一の試料において高温でアニールすることによって、超伝導転移温度と電気抵抗率の絶対値が再び未照射の状態へと戻っていく振る舞いを示した。 Bi_2Se_3 、 Bi_2Te_3 においてはホール係数測定を行った。照射後にはキャリア密度が増加するが、アニールを施すことで、このキャリア密度が減少する振る舞いを観測した。これまでの研究では、段階的に電子線照射を行い、物性の変化を評価していたが、一度に大量の照射を行った上で、段階的にアニールを施すことで、電子線照射による影響を制御して物性測定を行うことが可能だと期待できる。電子線照射は大型実験装置を用いて行われている。マシンタイムの制約があるため、アニール効果を利用した上記の効率化の可能性は重要な意味を持つ。

Ecole Polytechniqueでは、私の滞在期間中毎週Frontiers of Condensed Matter Physics lectureという複数の施設で同時中継される講義が行われていた。著名な先生方による強相関電子系についての講義を受ける機会にも恵まれた。

Marcin Konzcykowski博士は数多くの研究者と共同研究を行っており、私の滞在中にもその共同研究者が訪問したり、逆に共同研究者の研究室に訪問したりする機会があっ

た。私もその研究者の方々と話す機会をいただいた。アメリカのAmes LaboratoryのKyuil Cho博士は他の鉄系超伝導物質での電子線照射実験を遂行なさっていたので、その研究結果について伺うことができ、さらに国外のアカデミアのキャリアについても伺うことができた。アメリカのArgonne National LaboratoryのAlexei Koshelev博士とは鉄系超伝導体 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ のアニール効果について議論させていただいた。今後も継続して議論する予定である。

また、私はこれまで、高圧下物性測定に取り組んでおり、今後も取り組むつもりなので、高圧下の物性測定の技術に興味があり、この期間を利用して他の研究室に訪問することを計画していた。幸運にも複数の研究グループを訪問する機会に恵まれた。



Figure2 MPQにて、SQUAPの方々と

まず、Paris Diderot大学 Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques(MPQ)の Spectroscopy of quasi-particles (SQUAP)グループを訪問させていただいた。本派遣直前の日本物理学会で、Yann Gallais教授にお会いし、訪問したい旨をお伝えしたところ、快諾していただいた。このグループは超伝導物

質に対して高圧下ラマン分光測定を行っており、興味深い結果を報告している。高圧下での光学測定システムを見学させていただき、さらに、最近の NiSe_2 の高圧下ラマン分光測定の研究を説明していただいた。またYann Gallais教授から提案していただき、Paris Edge2017という国際会議の講演を聞くことができた。ここでも、最近の超伝導の研究の動向を伺うことができた。

さらに、ToulouseのLaboratoire National des Champs Magnétiques Intenses(LNCMI)のWilliam Knafo博士にアポイントを取り、研究を見学する機会をいただいた。私の訪問した際には、William Knafo博士は新潟大学の広瀬雄介助教との共同研究である高磁場高圧下における重い電子系超伝導体の電気伝導特性の研究を遂行されていた。この測定に用いていた圧力セルはIMAPEC (Instrumentation, advanced materials, physics of correlated electrons)のDaniel Braithwaite博士と共同で開発されたもので、試料のセットアップや高磁場下で用いる



Figure3 ToulouseのLNCMIにて

セラミックの高圧セルについて学ぶことができた。また、同施設のポストクの宮田敦彦博士から、高磁場下の測定技術について説明していただき、さらに施設内にある研究室の案内までしていただいた。その際に同施設Cyril Proust博士から銅酸化物高温超伝導体における超音波測定の研究についてお話を伺うことができ、測定系の見学もすることができた。

本期間中には、研究とは直接関係しないが、将来海外で活動するにあたり貴重な経験ができた。様々なバックグラウンドをもった学生と交流する機会があり、大変刺激となった。

私と同様にEcole PolytechniqueのInternship programに参加していた学生は機械学習をテーマに研究に取り組んでおり、機械学習に関する情報を教えてもらうことができた。さらに、今後実験系の物性研究の分野においてどのように機械学習を応用していくかなど意見交換ができた。今後も彼と交流を行い、実際に応用する方法を模索していくこととなった。

中国の浙江大学とEcole PolytechniqueのプログラムであるInnovation and entrepreneurship management double Master degrees programで留学に来ていた学生とも交流することができた。彼らの大半はすでに産業界の企業や省庁で仕事に従事している。キャリアアップのためこのプログラムに参加し、マネジメントやIT関係の最新技術について学んでいた。私は彼らとの交流を通して、彼らがEcole Polytechniqueで学んでいることのみならず、彼らの企業での業務内容、最近のプロジェクトについて話を聞くことができた。中国企業の動向を垣間見ることができた。

さらに、Ecole Polytechniqueには日本語クラスがある。将来、日本に関係がある仕事や日本で研究をすることを志す学生が日本語を学んでいる。彼らの中には、今年、日本の大学院に進学する予定の学生もいる。この滞在期間中、休日に彼らと交流する機会にも恵まれた。日本について大変興味を持っており、私に様々な方面から質問をしてきた。日本人である以上、海外で活動する際、人脈を広げるためには、日本の文化、社会についても把握し、外国語、特に英語でそれを説明する能力は大変重要だと痛感した。



Figure4 日本語クラスの方々と

最後に、今回の長期海外派遣では大勢の方にお世話になりました。Ecole Polytechniqueでのインターンシッププログラムを紹介してくださり、私に海外経験の機会をくださった指導教員の芝内教授、受け入れを承諾してくださった Marcin

Konczykowski 博士には大変感謝しております。芝内教授とともにインターンシッププログラムに推薦して下さった東京大学物性研究所上床教授、MERIT 長期海外派遣への申請を承諾して下さった副指導教員中村教授、滞在中快く訪問を受け入れて下さった Yann Gallais 教授、William Knafo 博士、本派遣を支援して下さった Ecole Polytechnique、MERIT プログラム、この滞在期間中に出会った方々にこの場をお借りして深く御礼を申し上げます。