

Nottingham Trent University など英国 4 大学を訪問

2001 年 4 月から 2002 年 3 月にかけて英国王立研究所 (The Royal Institution of Great Britain) へ留学しましたが、それ以来、英国との共同研究が続いています。私は 2014 年 5 月より中澤研究室に赴任しましたが、前任の兵庫県立大学大学院物質理学研究科と Nottingham Trent University (NTU) との国際交流協定が昨年度末に締結されまして、兵庫県立大学より初の交換留学院生 (M2 川原勇汰君) が 2 週間 (10/22-11/6) の英国滞在を果たしました。この機会に、NTU の Lee Martin 講師からの招聘を受けまして、9 日間 (10/25-11/2) の英国訪問が実現しました。なお、当研究室もすでに 9/1-14 に NTU から留学生 (M1 Alex Morritt 君) を受け入れていまして、今後 NTU と大阪大学との国際交流協定の締結を進めていくつもりです。

10/25 に英国ロンドンに到着し、一泊ののちまずは Oxford に向かいました。そして 10/27 (月) の 10:00 に Oxford 大学の Clarendon Laboratory に行き、留学時から共同研究を続けています Amalia Coldea 博士と会いました。ここで紙面を少し頂きまして、最近の私達の研究について紹介します。私達は、有機伝導体の一種、(Donor)₂(Anion)型の塩の Anion に機能性を導入する目的で、有機ラジカルやフェロセン、ドナーやアクセプターの誘導体アニオンを開発してきました。これらのアニオンは極性を持ちますが、最近この極性が重要な役割を果たしている有機伝導体を幾つか発見しました。その一つが、 $\kappa\text{-}\beta''\text{-(BEDT-TTF)}_2(\text{PO-CONHC}_2\text{H}_4\text{SO}_3)$ でありまして (BEDT-TTF = bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene, PO = 2,2,5,5-tetramethyl-3-pyrrolin-1-oxyl free radical), 有機ラジカルを含む系では初めて極低温まで金属的挙動を示す物質です。この塩では、結晶学的に独立なドナー層が 2 種存在し、このうち β'' -層は負電荷を有する -SO_3^- 基 (スルホ基) に囲まれているのに対して、 κ -層はラジカルのスピン中心 $\text{>N-O}\cdot$ に囲まれている、スルホ基からは遠ざかっていました。このため、BEDT-TTF の結合距離を用いた経験式から価数を求めたところ、スルホ基に囲まれている β'' -層 (+0.6 価) は遠い κ -層 (+0.4 価) よりも約 0.2 価だけ価数が異なることが示唆されました。しかし、この方法による価数の誤差は ± 0.1 価と言われているので、価数に差があると言い切れませんでした。ここで元のお話に戻ります。Amalia がこの物質の磁気抵抗測定を 2009 年にしてくれまして、Shubnikov-de Haas 振動の観測に成功しました。ここから β'' -層の価数が正確に求

まり、+0.58 価であることが決まり、また charge balance より、 κ -層は+0.42 価であることが決まりました。Amalia にはしかし疑問点があるようで、もう一度測定すると 2010 年の訪問時に約束してくれました。しかし、その後の鉄系超電導ブームで彼女は忙しくなり、現在まで再測定をしてくれていませんでした。今回の話し合いで、1. 今までのデータを使って論文を書いても良いこと、2. 文章を送ってくればマシントイムの Proposal に付け加えてくれて、マシントイムの許可が出れば再測定すること、の 2 つを約束してくれました。

続いて、同じ Oxford 大学の St. John's College に向かい、留学時の supervisor であつた Peter Day 教授にお会いし、昼食をご馳走して頂きました。後に紹介する Mike との共同研究のお話をし、その後は様々な雑談をして過ごしました。明日からスペインの Eugenio Coronado 教授が主催のスクールに参加し、研究者を encourage するような講演を頼まれているのだそうで、一足先にその講演内容を教えてもらいました。14 時過ぎにお別れをし、続いて Nottingham に向かいました。

10/28 (火) は Nottingham から Newcastle 大学へ日帰り旅行をしました。電車が遅れたため、2 時間弱の滞在でした。Newcastle Central Station 到着後タクシーにて Bedson Building に向かい、Mike Probert 講師と会いました。彼とは、昨年退官された Durham 大学の Judith A. K. Howard 教授と共に、留学時からの共同研究者でありまして、Judith 先生の退官後、Mike は Durham 大学から Newcastle 大学に栄転していました。Mike には Peter Day 先生と共に、極低温での X 線結晶構造解析をお願いしています。ここで今までの経緯に触れます。私達は留学中に新しい有機超伝導体、 β'' -(BEDT-TTF)₄[(H₃O)Ga(C₂O₄)₃]PhNO₂ の開発に成功、超伝導転移温度 (T_c) が 7.5 K であることを明らかにしました。電気抵抗率の温度依存が変わっていきまして、室温から 150 K までは温度低下に伴い抵抗値の下がる金属的挙動を示しますが、その後 1 桁ほど上昇した後ゼロ抵抗になるという、まるで半導体から超伝導体に転移するかのような振る舞いをします。この塩では、超伝導相と電荷分離絶縁相が接していることが示唆されています。この物質の T_c 以下での X 線構造解析を 2008 年の渡英時に Mike をお願いしていました。その時は装置開発中だったのですが、2010 年に装置が完成し、様々なテストの後、2012 年に最初の測定結果を私達に報告してくれました。再現性の確認が必要で、再測定をすると決まったのですが、Newcastle 大学への引っ越しなどで再測定が進んでいませんでした。さて、Newcastle 大学での話し合いですが、

2 K で測定ができる X 線回折計は Durham 大学から移設され、もう稼働していることがわかり、再測定はいつでも可能とのことでした。ただ、Newcastle には結晶が無く、Durham 大学に探しに行くとのこと。見つからない場合は、こちらから新たに送ると話が決まりました。会談の後、Newcastle 大学を後にし、Nottingham に戻りました。

29 日（水）は NTU を訪問しました。まず Pub で昼食となり、磁化率測定などで共同研究中の John Wallis 教授、7 月に中澤研に短期滞在しました Lee Martin 講師、9 月に 2 週間滞在しました Alex Moritt 君、そして兵庫県立大学から Lee Martin 講師のところに 2 週間の短期滞在をしています川原勇汰君が参加しました。その後、Lee の研究室を訪問しました。大きな実験室の一部が Lee の研究室の実験場所となっていて、メガネと白衣を装着しなければ入室できないという管理がなされていました。また、Lee 研究室の学生居室というのは無いようで、日本とはだいぶ異なっていました。続いて、Lee、川原君と共に School of Science and Technology の Martin McGinnity 学部長と会談しました。前任の兵庫県立大学とは国際交流協定がすでに結ばれていて、最初の交換留学生として川原君が短期留学していること、大阪大学にはすでに Lee の研究室から Jordan Lopez 君と Alex Morritt 君が短期滞在していて、交際交流協定を将来的には結んでいきたいことを話しまして、阪大のマスコットキャラクター「ワニ博士」のぬいぐるみをプレゼントしましたところ、たいへん歓迎していただけました。Lee も欲しいとのことでしたので、帰国後郵送しました。

30 日（木）に London に戻り、31 日（金）には留学時 1 年一緒に研究をし、長年共同研究をしています Scott S. Turner 博士に会うために Surrey 大学に行きました。昼食後研究室を案内していただきました。PhD 学生の居室は共同の大きな部屋で、30 台以上のコンピュータが並んでいました。また実験室も幾つかの研究室で同じ大きな部屋を使うスタイルとなっていて、白衣とメガネを装着しなければ入室できないところなどは NTU と同様でした。なお、Scott にも「ワニ博士」をプレゼントしたら、大歓迎で、名札を作るので、英語と日本語で名前を表記して欲しいと頼まれたので、「ワニ博士」「Dr. Crocodile」と記載し、帰途に着きました。

以上、英国 4 大学の訪問について紹介しました。今回の訪問には鉄道を使いましたが、遅延、行き先変更、キャンセルなど、なんらかのトラブルが必ずあり、鉄道の信頼性が悪化していることが分かりました。また、2010 年の渡英時

には見かけませんでした，深夜までまたは 24 時間営業のスーパーができているなど，英国社会にも様々な変化あるようでした．共同研究者達は，年齢が上がり偉くなってきたからかもしれませんが，以前よりもずっと忙しそうでした．留学していた頃の，一見のんびり，実際は短時間集中型の研究・生活スタイルが懐かしく思いだされました．

(坏 広樹)