

フリブール大学 Adolph Merkle Institute 訪問記

氏名： 清水 翔平
班名： [A03] メゾメカノ機能材料 相良グループ
所属・学年： 東京科学大学 物質理工学院材料系 博士後期課程 2年
留学期間： 2024年3月24日-6月24日
訪問先： スイス Adolph Merkle Institute, フリブール大学

このたび、フリブール大学 Adolph Merkle Institute に所属する Christoph Weder 教授のグループに、3か月間留学する機会をいただきました。その留学期間中に行ったこと、経験談などを、以下に報告します。著者が所属する研究室では、外部刺激、特に力に応答して発光色や発光強度が変化する機能性材料の研究を行っています。中でも、1分子レベルで光学特性が変化するメカノフォアの開発に注力しており、これまでにロタキサンやシクロファン骨格を利用したメカノクロミックメカノフォアを開発してきました。これら超分子メカノフォアは、分子骨格間に生じる相互作用を力で制御することでアクティベーションが可能となります。一方で、力による共有結合の切断を利用したメカノフォアの研究については、所属研究室ではこれまで取り組んでいませんでした。この分野において、共有結合の切断によるメカノフォアのアクティベーションは一般的なアプローチで、その評価にはメカノフォアを導入したポリマー溶液に超音波照射し、ポリマーに導入されたメカノフォアに力を印加する手法が広く用いられています。しかし、所属研究室にはそのための装置がありません。こうした背景の中、当研究室が以前から共同研究を行っている Christoph Weder 教授のグループが、当該装置を所有していることから、今回このような貴重な留学の機会をいただくことになりました。滞在期間中は共有結合の切断によってアクティベートされる新たなメカノフォアの応答を精査するとともに、これまでにない視点からの研究へのアプローチの仕方を学び、所属研究室に還元できる様々な知見を得ました。

超音波照射用に異なる分子骨格を導入した6つのポリマーサンプルを日本で事前に作製してから、3月下旬にドバイを経由してスイス・ジュネーブ空港に20時間ほどかけて向かいました。ジュネーブ空港から滞在するフリブールまでは、電車で2時間弱の予定でしたが、電車が途中の駅で止まることになり、電車の乗り換えが発生したため、寮のオーナーに伝えた到着時刻よりも1時間以上遅れることになりました。結局、フリブールに到着したのは18時を超えてしまいましたが、



Adolph Merkle Institute の建物の外観

寮のオーナーは優しく迎えてくれました。フリブールは田舎町なため、ほとんどがヨーロッパの人で、ここまでマイノリティになるのは初めてで、不思議な感覚でした。

到着した日の翌日からは、Adolph Merkle Institute に行き、研究室での生活が始まりました。研究所は白を基調とした建物で、中も非常に清潔な場所です。Chris のグループには 15 人以上の博士課程の学生が在籍していますが、全員が大きな机に PC とモニター付きの席があり、実験場所も 1 人 1 つのドラフトを使え、恵まれた環境で研究することができます。スイスは実験の安全管理が厳しく、研究室内でのルールの順守が徹底されていました。実際に、著者が実験を始める前に、安全教育とそのテストを受ける必要があり、NMR の測定にも教授から簡単な講義を受けてから、テストに合格する必要がありました。

著者の実験は留学の 1 週間後から始まりました。ポリマーの超音波照射実験では、十分にポリマー鎖が切断される必要があるため、超音波照射の強度と時間の検討をメカノフォアが導入されていないポリマーを用いて行いました。ポリマー鎖の切断は超音波照射されたポリマーの数平均分子量を分析用の gel permeation chromatography で測定し、実験条件を最適化しました。その後、メカノフォアまたはリファレンス化合物を導入した計 6 種類のポリマー溶液に対して超音波照射実験を実施しました。ポリマーに導入したメカノフォアやリファレンスの化合物が、超音波処理による機械的刺激を受けて示す構造変化を評価するために、紫外・可視吸収スペクトル、蛍光スペクトル、 ^1H NMR スペクトルを測定し

ました。超音波照射時間の経過とともに構造変化を示す化合物の割合が徐々に増加するため、光学特性も時々刻々と変化します。そのため、超音波処理の時間を変えて 1 つのポリマーで計 7 回ずつ紫外・可視吸収スペクトルと蛍光スペクトルを測定しました。 ^1H NMR の測定は、超音波処理後のポリマー溶液を十分に乾燥させた後、重クロロホルムに溶解し測定しました。ポリマーに導入されたメカノフォアやリファレンス化合物の割合は極微量であるため、積算回数は 1000 回程度に設定して測定しました。結果は、目的のメカノフォアが導入されたポリマーのみが光学特性変化及び、 ^1H NMR のピークの変化を示し、機械的刺激によってメカノフォアの化学構造が変化することが明らかとなりました。超音波照射実験は、ホモジナイザーの装置をセッティングすると、待ち時間が多く、時間に余裕をもって実験を行うことができました。しかし、光学特性評価を行うための分光器が実験室から離れた部屋にあったため、試料の入れ替えと、光学セルの洗浄の度に実験室と測定室を往復する点が手間でした。また、蛍光スペクトル測定では感度を適切に設定しないと、強度がすぐに飽和したり、適切なスペクトルが得られなかったりと、条件の設定に苦労しました。

スイスでの生活は非常に快適でした。基本、朝 5 時に起床、6 時半に寮を発ち、7 時過ぎに研究室に



ゼミ後に行ったチョコレートショップ



スイスで見たオーロラ

到着します。そこから1日研究室で過ごし、17時過ぎには研究室を出てNMRをセットし寮に戻るサイクルでした。昼食は学生が個々人のデスクで摂るのではなく、ホールに集まって、皆で雑談しながら時間を過ごします。また、滞在期間中に別の研究室も含めて多くの学生が誕生日を迎え、それぞれの誕生日をケーキで祝っており、日本の研究室と比較して、結束力の違いが感じられました。外部から来た著者も暖かく迎えてくれ、実験後に飲みに誘ってくれたり、ゼミの後に、すぐ近くにあるチョコレートショップで休憩したり、日本では考えられない経験をできました。また、オーロラが見えるときに学生が見に行こうと誘ってくれて、人生で初めて、しかもスイスでオーロラを拝め、本当に感動しました。

土日は、スイスの様々な街に加え、隣国のイタリアやフランス、ドイツにも少し訪れることができました。スイスではユネスコ世界遺産に登録されているベルンの旧市街に訪れました。旧市街は両脇に大きな灰白色の建物が並んだ大通りが1キロ以上続き、通りの最中にバロック式の大きな時計塔が見られました。ベルンはザ・観光スポットの街でアジア圏の観光客を多く見かけました。また、バーゼルではライン川を渡し舟で渡り、心地よい時間を過ごすことができました。スイスはどの街に行っても、アルプス山脈を拝めて、どこを切り取っても美しい街並みでした。

今回のスイスでの滞在は自身の人生にかけがえのない体験になりました。スイスの研究室は日本のとは全く異なり、学生が追い立てられるような雰囲気はなく、自身の生活を第一とし、規則正しい生活を過ごしていました。そのため、自分の日本での生活スタイルを話すと、「日本ではできるだけ働きたくないな」とヨーロッパ出身の学生には言われ、アジア出身の学生には「めっちゃわかる」と共感してくれて、文化や考え方の違いが顕著に表れて面白かったです。他にも、寮の仲間と夜通し飲んだり、クラブに行ったり、貴重な経験できました。実際に、スイスで出会った友達と日本で再開して横浜を案内することが2回もあり、繋がりが広がるのを感じました。

本研究留学は「メゾヒエラルキーの物質科学」及び、「Young Researchers Exchange Programme between Japan and Switzerland」のご支援のもと実現いたしました。このような貴重な機会を与えてくださった関係者の皆様に深く感謝いたします。また現地で手厚くサポートしていただいたフリブール大学 Adolph Merkle Institute の Christoph Weder 教授および、Jess M. Clough 博士に改めて感謝申し上げます。



ベルンの旧市街と時計塔



研究所の学生の Nick と著者