

MERIT 長期海外派遣報告書

工学系研究科化学生命工学専攻 博士 3 年 MERIT10 期生

相田研究室 藤澤雄太

派遣先：Johnson Group (Department of Chemistry, Massachusetts Institute of Technology)

派遣期間：2024 年 6 月 3 日～2024 年 8 月 30 日

研究課題：ポリマーネットワーク中の可逆な架橋点としての金属有機ケージ

研究背景・内容：

プラスチックやゲルといったポリマー材料の長寿命化は持続可能な社会において重要な課題である。機械的に強靱（=tough）なポリマー材料は損傷までにより多くのエネルギーを吸収するという意味で長寿命である。Johnson Group はこれまでに、ポリマーネットワーク中に組み込まれた"弱い結合"が、応力に対して犠牲的に切断されることで、直感とは逆に材料を強靱にすることを見出している。しかし、この"弱い結合"は共有結合であるため、一度切断されると元のネットワーク構造を再構築することはできない。したがって、材料は徐々に劣化してしまう。新しいプロジェクトでは、金属イオンと有機リガンドからなる金属有機ケージ（MOCs：Metal-Organic Cages）をポリマーネットワーク中の"弱い結合"として利用する。有機リガンドが金属イオンに配位することで形成される MOCs は可逆的に会合・解離する。そのため、応力印加で一度解離した MOCs が、再度会合してネットワーク構造を再構築し、元の機械的特性の回復につながると期待される。さらに、MOC に内包される長さのポリマーで共有結合的に結んだ、一対のリガンドを用意する。このリガンドを用いた MOCs は解離してもポリマーネットワークの架橋構造を維持するため、材料により優れた機械的特性を与える可能性がある。

滞在中は、ポリマー鎖 1 本に応力を印加した際のエネルギー吸収挙動を観察する Single-Molecule Force Spectroscopy (SMFS) 用のサンプルを用意することを目標とした。まず、MOCs をポリマーネットワーク中に組み込むために、ポリマー鎖と結合可能な有機リガンドを合成した。次に、SMFS 測定に必要な官能基を有するポリマー鎖を、リビングラジカル重合を利用して用意した。最後に、リガンドとポリマー鎖を結合させ、金属イオンを加えて MOC 形成の確認を核磁気共鳴分光法で行った。残念ながら、ポリマー鎖中のリガンドが MOCs の構成要素となっているかが不明瞭だった。今後、ポリマー鎖中のリガンドの割合や MOC 形成の条件を調整する予定である。

研究生活：

Johnson グループでの研究活動を通して、二つのことが特に印象に残った。まず、優れた自己管理能力が要求された。いわゆるコアタイムはなく、各々が好きな時間に来て好きな時間に帰る。一見すると自由度が高いだけに思われるが、会議に遅刻した人を注意する人はい

ないし、プロジェクトの進捗が少なくても咎める人はいない。裏を返すと、自己管理能力の低い人は周囲においていかれるように思えた。次に、議論が常に肯定的で建設的なものであった。会議はビザを片手にリラックスしたムードで進みつつ、非常に活発な議論が交わされていた。その他にも、多様性や平等性といった社会的課題を、ア



LGBTQ+などへの理解を促す
Boston Pride Parade の様子

カデミアに落とし込んで議論を行う DEI (Diversity, Equity & Inclusion) という機会や、研究室旅行や飲み会などの social activity が充実していた。研究室での時間が、研究活動だけで完結せずに、それぞれの生活とうまく調和していた。

日常生活：

ケンブリッジおよびボストンでの生活は非常に充実していた。気温が 35 度に達する日も数日あったが、基本的には東京よりも 5 度ほど低く、過ごしやすい気候だった。アメリカの中でも治安が非常に良い地域なので、研究室や飲み会で帰りが遅くなっても問題はなかった。(一度だけキャンパス付近で発砲事件があった。) 家賃は 20 万円/月



独立記念日を祝う花火

かかったが、夏季インターンで学生が出払っていたため、生活必需品の揃った寮の一室を借りることができた。円安の影響もあり、物価は日本の 2~3 倍ほどだった。レストランでメインを 1 品頼むと 2,500 円ほどかかった。そのため、できるかぎり自炊を行ったが、パンやパスタ、ソースの種類が豊富で飽きることなく食事を摂れた。研究室メンバーにホームパーティーやパレードに呼んでもらうなど、休日も有意義な時間を過ごすことができた。最も印象的だったのは 7 月 4 日独立記念日の花火で、キャンパス横を流れるチャールズ川沿いには多くの観客が集まっていた。

謝辞：

昨年訪れた際に二つ返事で滞在を認めてくださった Jeremiah Johnson 教授、滞在中に面倒を見てくださった Eddy をはじめとする Johnson Group のメンバーに厚くお礼を申し上げます。また、留学を勧めてくださった相田教授や、相談にのってくださった MERIT プログラム副指導教員の植村教授、先輩方、同期のメンバーに感謝申し上げます。貴重な機会をくださった MERIT プログラムならびに経済的支援をいただいた日本学術振興会にも合わせてお礼申し上げます。