

# 船井情報科学振興財団 留学報告書

## 第5回：MITでの2年目を終えて

2018年7月  
Funai Overseas Scholarship 奨学生 吉永宏佑  
kosukekeyoshinaga [at] gmail.com

### 1. はじめに

2016年9月から Massachusetts Institute of Technology (MIT) の Department of Chemistry に進学しました、吉永宏佑と申します。MITでの生活も丸2年が経過しました。本報告書では、前回からの近況の報告と、5月30日に行われた Qualifying Exam について共有致します。併せて同じ学科の奨学生の[田主さんの報告書](#)もお読み頂けると幸いです。

### 2. 研究について

まず報告としては、めでたいことに現在1報論文が accept され、出版途中です。4月下旬に、Qualifying Exam までに1報論文を書いてみたらそれに越したことはない、という指導教官の Tim から突然のお誘い（命令？）を受け、以前合成した分子の構造とその分子が持つ特性をまとめて論文にしました。急いで何とか5月上旬に Tim に論文の第1稿を提出することができました。結局論文の投稿自体は Qualifying Exam の後になりました。次回の報告書に、論文の解説とそれに関連する話を紹介できればと思います。

一方、この半年で主に行っていた実験はらせん高分子の合成です。この半年のアップデートとしては、目標にしていたいくつかの分子の合成に成功し、それらの重合にも成功しました。重合して得られた高分子がらせん構造を有するかどうかは現在評価中ですが、手応えはいまいちです。最近特に痛感していることは、マイナスな結果が得られた時の考察が大事だということです。考察を行い、その考察を立証する実験を繰り返すことで、勘や経験を養ってスマートに実験を組み立てることができるようになると思います。今まで行ってきた実験から得られた知見を活かし、目的としている構造が得られるように分子のデザインを見直し、さらに試行錯誤してみる予定です。高分子の合成は私が大学生だった頃から興味を持っていた分野でしたが、分野としては大学の学生実験で少し触れたことがあるくらいでした。高分子は小分子とは全く異なる macroscopic な性質を持っているので、慣れない面も多いですが、楽しく研究できています。

最近、私の研究室では密かにらせん構造を有する共役ポリマーに着目しているのですが、その理由として magneto-optic effect を示すことが示唆されているからです。<sup>1</sup>この現象をざっくり説明すると、図1にも示すように、磁場に平行な進行方向に、直線偏光を物質に透過させたときに、偏光面が回転します。Magneto-optic effect は Michael Faraday が2世紀以上も前に発見したと言われ、Faraday Rotation とも呼ばれます。しかし、それにもかかわらず、Faraday Rotation のメカニズムや材料の戦略的なデザインについては多くの知見がありません。

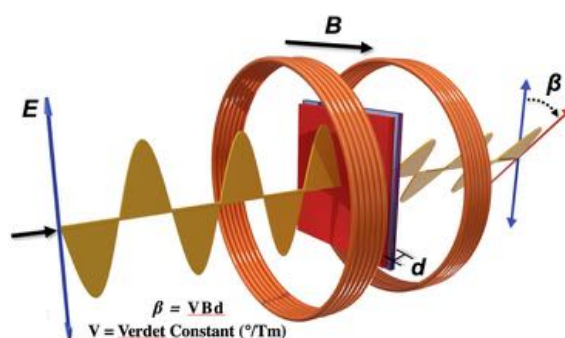


図1：Magneto-optic effect を表す図。光の偏光面が回転する角度  $\beta$  は、磁場の強さ  $B$ 、物質の厚さ  $d$ 、そしてベルデ定数と呼ばれる物質に固有の定数  $V$  の積で求まる。私の研究室では、ベルデ定数に対する理解を深め、材料の戦略的なデザインに応用したいと考えている。

そこで私の研究室のポスドクの方が出版した最新の論文の紹介をすると、新しく合成したポリチオフェンはらせん構造を有し、それゆえに特異的に magneto-optic な性質を発揮することを見つけました。<sup>2</sup> この現象に対する理解をより深めるために、研究室では magneto-optic effect を測定するセットアップを一から立ち上げ、気軽に測定できる環境を整えています。私の研究も、ゆくゆくは magneto-optic effect を有する材料の設計に応用できれば、という方針で進んでいく予定です。

### 3. Qualifying Exam について

Qualifying Exam とは、ほとんどの Ph.D.課程で課される、最大の山場である試験です。この試験の目的は、「この学生に Ph.D.を与える価値があるかを見極める」ものだとして認識しています。Qualifying Exam の形式や合否判定は学科によってまちまちですので、私が実際に受けた形式について記し、事前準備、当日の様子、後日談などについて記していきます。

#### ● 形式について

私が受けた Qualifying Exam は、試験日の 1 週間前に提出が求められた Research Summary と、当日行われる口頭試問で評価されます。この試験は Oral Exam と呼ばれることも多々あり、実質当日の口頭試問の出来が合否を左右すると思われれます。以下、Research Summary 及び口頭試問の形式について記します。

Research Summary は、Abstract や References を含め、10 ページ以内にまとめるという、査読論文に近い形式を指定されます。教授たちもこれを元に口頭試問の質問を準備するため、合否のカギを握りかねません。気になった注意事項は、うまくいかなかった実験も含めて記述すること、関わった全てのテーマについて触れることなどがありました。実験を組み立てる論理や、失敗した実験に対する考察も含めて評価するという意図が見て取れます。

口頭試問は、教授陣からの質問に黒板を用いながら答えていくという、アメリカの大学院では典型的だと思われる形式で行われます。私の年度から筆記試験の要件が無くなった代わりに、口頭試問が 60 分から 90 分に延びました。筆記で問われた基礎的な事柄を口頭でも確認しよう、ということが狙いだそうです。そして、新たな試みとして、MIT の Chemistry Ph.D.なら知っておくべきトピック一覧が配られました。この一覧は 4 ページにもわたって箇条書きが連ねられ、一つ一つが非常にアバウトだったため、結局は何もかもを知らなければいけないのと一緒にじゃないか、と同級生とともにツッコまざるを得ませんでした。

#### ● 事前準備について

事前準備として、教科書の熟読、授業の復習、Research Summary の執筆を行って行きました。教科書の熟読及び授業の復習は、口頭試問で聞かれる、ありとあらゆる質問に備えるためです。皆さんも経験あるかと思いますが、教科書は何度読んでもその都度新しく学ぶことがあり、結果的に準備中に 5 周くらい読みました。その他にも、自分が行ってきた人名反応の周辺知識や反応機構など、質問されやすい事項についても対策を進めて行きました。

Research Summary の執筆は思った以上に時間がかかりました。下地は先学期履修していた Writing の授業である程度できあがっていたと思い込んでいたので、取り組み始めたのが同級生よりもだいぶ遅かったです。いざ書き始めようと思いそのファイルを開いてみると、Research Summary で盛り込みたいと思っていた内容がほとんどありませんでした。論文を書きながらあとで Research Summary で使い回せる、とも思っていたのですが、自分の研究で目標にしていることとはあまり関係の無い内容も含んでいたため、内容の取舍選択や Introduction の書き直しなどを行い、締め切り数分前に何とか仕上げ提出しました。

### ● Mock Oral : 模擬口頭試問をやってみた

研究室の先輩たちの協力を得て、1週間前に Mock Oral を敢行してくれることになりました。彼らにされた最初の質問は、Research Summary の要約を1分くらいで話す、いわゆる elevator pitch をしてくれないか、とのことでした。この質問は盲点で準備できていなかったもので、いきなりつまづきました。何とか pitch を終え、当日と同じ90分間自分の研究に沿ってありとあらゆる質問や指摘をして頂きました。やべえぞ、長いな、そろそろかなと思ってつい時計を見てしまった時、まだ30分しか経過していなかった記憶が今でも残っています。基礎的な用語の説明を図で描かされたり、例を出されてその説明や反応機構を問われたり、描いたグラフの軸が省略されていることを指摘されたり、何となく理解している用語を正しく使用してないことを指摘されたり、など、拷問に近いレベルであぶられました。何とか時間が過ぎてくれて、終わってすぐに帰宅して寝ました。許可をもらって模擬の様子を録音していたので、起きたらそれを聞き返しました。やはり同じ試験を受けてきた先輩たちの助言は強力で、彼らに聞かれた質問や、それに対する自分の聞くに堪えない回答を確認し、気になった点を羅列しました。いうまでもないですが、practice makes perfect とも言いますし、何事も変に自信を持たずに、練習をすることが肝心だと再認識しました。

### ● 当日の様子

私の試験の順番は最後で15:30からでしたが、当日は6:00に起きてしまいました。しかし、あれこれ復習をしているとあっという間に自分の試験時間になってしまいました。当日は、90分の口頭試問が行われ、部屋には自分の他に指導教官、Thesis Committee Chair の Jeremiah Johnson 先生、そして学科の教授の Tim Jamison 先生、計4人で行われました。試験時間になり、教授たちも揃うと、まず私は5分ほど部屋からの退出を命じられました。その時間で教授たちが何について話しているかはお察しですが、とりあえずまた呼ばれるのを待ちながら、ぼ～っとしていました。

5分後にまた呼ばれ、私は再び部屋に入りました。一番初めにされる質問は決まっており、Research Summary の提出から何か update がないかを聞かれます。ほとんどの人は何もないと答えると聞いていたので、自分もその通りに返事しました。すると、Jeremiah に「え？本当に何もなし？提出から結構時間経ったけど？」と冗談っぽく聞かれたので、私も冗談っぽく「すみませんサボっていました」と答えました。私はもっと緊張すると予想していたのですが、教授たちもリラックスしていたせいか、思った以上に冷静でいられました。

いよいよ本題に、ということで、Research Summary に基づいて Heck 反応の反応機構を書いて欲しいという基礎的な知識を問う質問をされました。この質問はもちろん対策済みだったので、すらすらと黒板に反応機構を書いていきました。その周辺の質問対策も行っていたので、その後何個かの質問にも無事答えられました。しかし順調だと思った矢先に、「今可逆という話が出たけれど、それってエネルギーでいうと何 kcal/mol くらい？」という、化学に対する直感を問うようなあいまいな質問をされました。内心いいところを突いてくるなあと感心しながら、少し考えたあとに無難な返答をしました。私の答え自体は許容範囲内の数字でしたが、少し考え込む様子を見られたためか、さまざまなものに対して「それは何 kcal/mol くらい？」の質問攻めに遭ってしまいました。このような、教科書で明確に取り上げられていない直感を問われる問題で苦戦しました。

議題は光化学関連の質問にシフトしていきました。光化学は私の研究の大きな軸をなすこともあり、Mock Oral でもたくさんの質問をされましたし、自分でもそれなりに対策はしていきました。しかし、前からの質問で一度ダウンを喫した気持ちになったせいか、思考が停止してしまいました。たとえば、酸素分子が話題になったときに、酸素は基底状態では電子が三重項で存在するけど、それをルイス構造で表してみようと言われました。この単純な質

問への答えは分かっていたのですが、いろいろな深読みをした結果、頭では分かっている体か思うように動かず、教授陣に数回訂正されながら答えにたどり着きました。他にも、光化学では有名な Paternò-Büchi 反応を書いて欲しいと言われました。これ自体は難なく書けましたが、この反応がカルボニル基で起こるのに対して、イミンでは起こらない理由を聞かれました。自分が覚えている限り、この質問で最も黙り込んでしまいました。考えたあげく、降参し、ヒントをもらって回答しました。

最後に、じゃあまだ時間ちょっとあるみたいだから、何か高分子について聞いてみようよと Jeremiah が言いました。しかし、せっかくだから私の研究について質問するのかもしれないよ、一般的なポリエチレン合成の触媒サイクルについて聞かれました。全くもってこのような質問に対策はしていませんでしたが、何とか乗り切りました。ここで試験の終わりを告げられ、もうそんな時間かと思いながら時計を見てみると、開始から 80 分が経過したくらいでした。部屋を出た時は、達成感よりもやっちゃったなあという気持ちが上回っていました。

試験終了後はとりあえず自分のオフィスに戻り、一息つきました。教授陣は全試験終了後、全員集まって私たちの処遇を話し合います。その日の夕方に Group Meeting が予定されていたので、その時間まで研究室のメンバーと雑談をしていました。30 分もしないうちに Tim から件名が「Congratulations you passed!!!」とだけ記されたメールが届きました。そしてそのまた数分後に（すでに帰宅されているであろう）事務の方からも正式な合格通知の PDF が届きました。試験を受ける前から合否は決まっていたのではないかという考えが頭をよぎりますが、そこはまあほっときましょう。Group Meeting に Tim も現れ、メール来たよね？と確認をされ、皆の前で祝福されました。Group Meeting を終わると、キャンパスにあるバーですすでにお祝いしていた同級生と合流し、一生懸命ビールを飲みました。やはり皆疲れていたもので、美味しい夕食を食べて、もう少しお酒を飲んで、眠りにつきました。



図 2：同じく試験を受けた同級生と合格を祝って記念撮影。私は試験終了後、そのまま合流したのでスーツだったが、試験時間が朝だった人たちはさっと帰宅してラフな格好に着替えた模様。

#### ● 後日談

後日、Tim と話す機会が何度かあり、Qualifying Exam の話になるのですが、私はやらかしてしまっただけだと思っていると伝えると、よくやったよ、中盤はヤバかったけどちゃんと盛り返したからオッケー、と言ってくれます。もう過ぎてしまったことはしょうがないので、反省はしっかりして、また引き続き頑張っていこうと思います。

## 4. おわりに

以上、2 年目の終わりの様子をご報告致しました。今後活かすために改めて Qualifying Exam の反省点を羅列しようと思いますが、何事にも通じる部分があると感じたので、皆様にとっても何かのアドバイスになれば幸いです。いつも読んで頂きありがとうございます。

- 継続は力なり。直前に詰め込む対策は自分の真の実力にはなり得ない。
- 何事も変に自信を持たずに、事前に練習しておくことが重要。
- 自信を持ってはっきりと明るくしゃべる。自信なさげだと相手も不安を覚える。
- 分からないことは分からないと断言することも大事。それをどうフォローしていくか？

## 5. おまけ

この半年は Qualifying Exam の準備に気を取られ、あまり面白い出来事はありませんでした。

### ● Boston の過ごし方：食生活について

積極的に自炊には取り組んでいますが、せっかくなので Boston で行きつけのレストランを 2 つ紹介します。Boston といえばやっぱり海鮮、特にロブスターやオイスターが有名です。MIT の近くに Legal Sea Foods という、ゲストをもてなすにはぴったりのレストランがあり、美味しい海鮮を食べることができます。また、日本食と呼べるか怪しいですが、本店が京都にある Yume Wo Katare という二郎系ラーメン屋さんもあります。Boston にはラーメン屋が何店かありますが、味・量・値段全てで他の店より勝っています（個人の見解）。

### ● Boston の過ごし方：夏のアクティビティ

今年の Boston は例年より暑い日が多い気がします、それでも冷房はいらなくらい快適です。イメージは無いかもしれませんが、Boston でも夏といえば海です。Qualifying Exam 後に、Whale Watching という、Boston ならではのアクティビティに行く機会がありました。間近で自然のザトウクジラを見ることができ、呼吸をして海に潜る様子を観察できました。6 月末には毎年恒例の学科主催の Boat Cruise に参加しました。MIT では川越しに Boston の街並みを眺められますが、海から眺める Boston の街並みも絶景です。



図 5：Whale Watching に出かけたときに見かけたザトウクジラ。めちゃくちゃでかかった。



図 3：Legal Sea Foods で食べたシーフードのコンボ。



図 4：Yume Wo Katare で頼んだ Regular Ramen (\$13)。こちらでは英語で「Do you want garlic?」と店員に聞かれる。店員と顔見知りなため、いつもこちらの顔を伺いながらすごい量を盛ってくれる。完食。



図 6：学科主催の Boat Cruise に参加したときの、研究室の集合写真。アメリカの国旗が綺麗に写っているのは私の努力のおかげ。

## 6. 引用文献など

- (1) T. M. Swager, [\*Macromolecules\*, 2017, 50, 4867.](#)
- (2) P. Wang, I. Jeon, Z. Lin, M. D. Peeks, S. Savagatrup, S. E. Kooi, T. Van Voorhis, T. M. Swager, [\*J. Am. Chem. Soc.\*, 2018, 140, 6501.](#)