

第2回 MERIT 海外研修 報告書



2014 年 2 月 24 日（月）～ 3 月 1 日（土）
アメリカ Yale 大学



東京大学

統合物質科学リーダー養成プログラム

Materials Education program for the future leaders in Research, Industry, and Technology

目次

まえがき		2
スケジュール		3
Yale 大学紹介		4
個人報告書		
工学系研究科		
物理工学専攻	修士 1 年 上原 周	5
	修士 1 年 菊竹 航	6
	修士 1 年 李 瀚	9
電気系工学専攻	修士 1 年 金木 俊樹	11
マテリアル工学専攻	修士 1 年 佐藤 龍平	14
	修士 1 年 松川 滉	16
応用化学専攻	修士 1 年 大岡 英史	18
	修士 1 年 越川 裕幸	24
化学生命工学専攻	修士 1 年 内田 淳也	27
	修士 1 年 小沼 平	28
理学系研究科		
物理学専攻	修士 1 年 佐藤 夏彦	30
	修士 1 年 村下 湧音	33
化学専攻	修士 1 年 小野塚 智也	34
	修士 1 年 木村 寛之	36
	修士 1 年 佐藤 弘規	38
	修士 1 年 Phua Jia Han Eunice	42
新領域創成科学研究科		
物質系専攻	修士 1 年 大森 康智	45
	修士 1 年 木下 雄斗	47
	修士 1 年 松浦 慧介	48

まえがき

本海外研修は「東京大学 統合物質科学リーダー養成プログラム(MERIT)」の一環として 2014 年 2 月 24 日(月) から 3 月 1 日(土) にかけて行われました。東京大学大学院工学系研究科「理工学専攻」「電気系工学専攻」「マテリアル工学専攻」「応用化学専攻」「化学システム工学専攻」「化学生命工学専攻」、理学系研究科「物理学専攻」「化学専攻」、新領域創成科学研究科「物質系専攻」の各専攻から推薦された 19 名の学生がアメリカ及び近隣地域の大学や研究機関を訪問しました。

24 日(月) 夜から 25 日(火) までは、アメリカ・ニューヘブンの Yale 大学に滞在し皆共通のスケジュールで過ごしました。物理・化学・地学の各分野の研究室を計 5 研究室訪問し、最先端の研究設備に触れたり、研究内容紹介やそれに対してのディスカッションを行いました。また Yale 大学の学生にキャンパスツアーをしていただき、大学設立の歴史や建物に施された工夫、Yale 大学自慢の学習設備に至るまで色々と紹介して頂きました。さらに Yale 大学の学生との交流を通してアメリカの食事やお酒を楽しみながら、アメリカと日本の文化や大学制度の違いについて学びました。

26 日(水) からは自由行動となり、事前に各自でアポイントを取った大学や研究機関を訪問しました。その詳細については本冊子の個人報告書のページをご覧くださいと思いますが、コース生が将来世界に出て活躍するための非常によいきっかけになったことは間違いありません。

最後になりますが、このような素晴らしい海外研修を企画して下さった MERIT の先生方、引率を担当して下さった合田先生・古市先生、そして現地でお会いした全ての方に心より感謝申し上げます。本冊子が次年度以降の海外研修のさらなる充実化の一助と成ること、また MERIT コース生が世界をリードする人材へと成長していくことを期待致します。

(第 2 回 MERIT 海外研修参加者一同)

スケジュール

2月24日（月）

17:45 成田空港出発
16:35 Newark Liberty 国際空港到着
バス移動（3～4時間）
21:00 New Haven ホテル到着

2月25日（火）

09:45 Yale 大学到着
10:00 ～ 12:00 Lab ツアー
12:00 ～ 13:00 昼食
13:15 ～ 14:30 Lab ツアー
15:00 ～ 16:30 Yale 大キャンパスツアー
17:30 ～ 19:30 Yale 大学学生との交流ディナー
19:30 New Haven ホテル到着

2月26日（水）

各自活動（研究室・研究施設訪問）

2月27日（木）

各自活動（研究室・研究施設訪問）

2月28日（金）

10:35 Newark Liberty 国際空港発

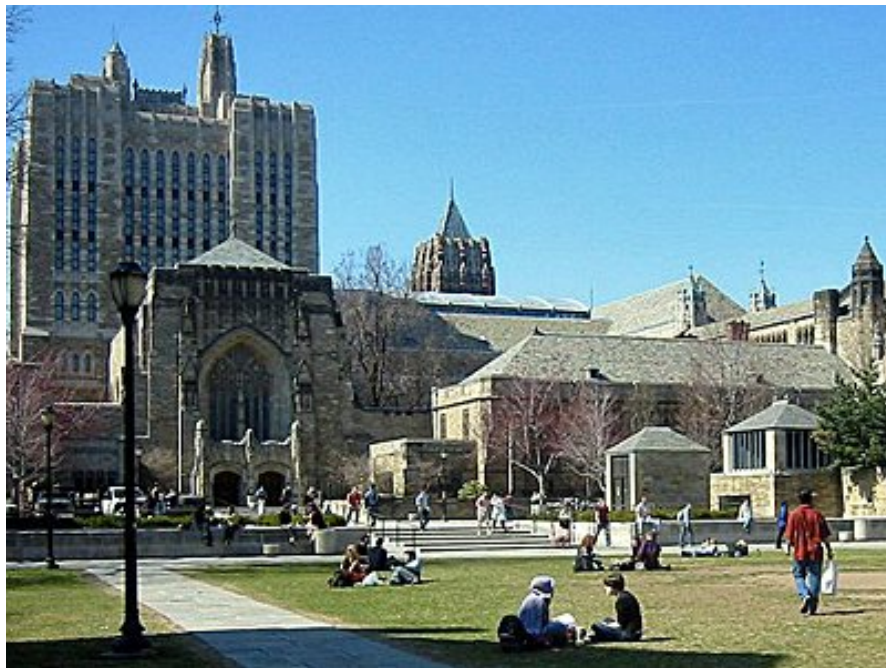
3月1日（土）

14:45 成田空港到着

Yale 大学の紹介

Yale 大学は 1701 年に設置された私立大学であり、アメリカ内では、ハーバード大、ウィリアム・アンド・メアリー大のついで 3 番目に古い歴史を持つ大学である。アメリカ東部の名門大学群「アイビー・リーグ」の 1 つでもあり、世界大学ランキングでも 10 位ほどに位置付けている。とりわけ人文科学、社会科学の分野での評価は高く、多数の大統領や政治家を輩出している。また Yale 大ロー・スクールは全米最難関として知られている。Yale 大学はニューヨークから電車で 1 時間ほどの街、コネチカット州・ニューヘイブンという場所にある。ニューヘイブンは比較的小さな街であり、Yale 大学のキャンパスを中心に南側に教会や公園、小規模な飲食店街が存在する程度であり Yale 大学の学生のための街といっても過言ではないだろう。

モットーは”Lux et Veritas”（ラテン語で「光と真実」）。最初に設立されたハーバード大では単に Veritas だけであったが、ハーバードの世俗化を批判して創設された Yale 大学ではこれに Lux が付け加えられた。当日は研究室訪問の後にキャンパスツアーを開いていただいたが、古い歴史と「光と真実」というモットーにふさわしい灰色、ないし茶色ベースの古風で厳かな外観の建物が多い印象を受けた。特に学生寮には実際の設立時期より古い建物に見せるための工夫が随所に施されていて、大学のイメージというものを日本以上に大切にしていると感じた。そしてもう一点、日本の多くの大学との違いとして、キャンパス内を一般道路が縦横無尽に走っていた。それでいてキャンパスとしての一体感が強く感じられたのは不思議であった。



Yale 大学の外観

物理工学系専攻 修士1年 上原 周

2日間あった自由行動期間のうち、初日はMITのNuh Gedik研究室を訪問し、二日目はCharles Ahn研究室を訪問させていただきました。

2014/2/26 MIT Nuh Gedik 研究室訪問

ここは光を用いて物質の測定を行っている実験系の研究室です。研究室メンバーのAlex Frenzel氏とDaniel Pilon氏に実験設備を案内して頂きました。テラヘルツレーザー装置が2台、二次元検出器を備えた光電子分光装置が1台、円偏光二色性測定装置、その他にも多数の光学装置が設置されており、またセットアップ中でした。光学に関する実験なら何でも行えるほどの豊富な機材があり、他の研究室(MITのLee研究室など)から試料を借りて、グラフェンやトポロジカル絶縁体、イリジウム化合物、銅酸化物超伝導体など、近年注目を集めている物質を測定しています。装置を作成する上で大変なところや、光学測定の面白さなどを教わりつつ、私の研究内容についても伝えました。また研究以外にも、アメリカでの生活について様々な貴重な話を聞かせていただきました。特に日常会話が円滑に楽しめないと、共同研究する際にとけ込めないで困るという話が印象的でした。

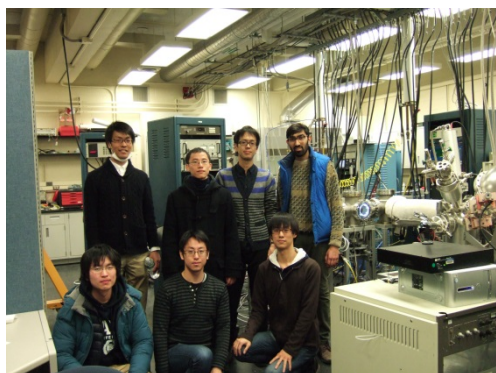


Nuh Gedik 研究室にて

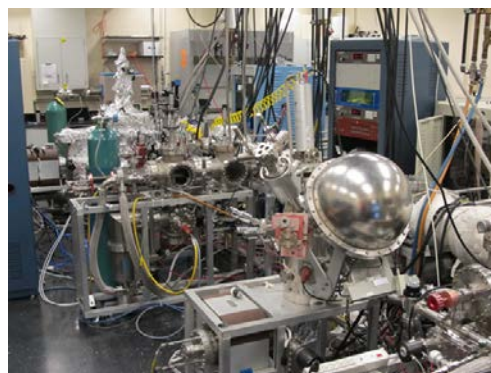
2014/2/27 Yale 大学 Charles Ahn 研究室訪問

ここでは主にペロブスカイト型酸化物の薄膜合成と測定が行われています。研究室に到着すると、まずLior Kornblum氏にMBE(分子線エピタキシー法)装置を案内して頂きました。MBEは真空中に元素のガスを噴射し、一段ずつ積層させて結晶成長を行う実験手法で、高度な実験技術を要します。最も大きなMBE装置は全長6m以上あり、薄膜合成のみならず真空を保ったままホール素子を取り付けて、さらにXPS(X線光電子分光)を行うことが可能でした。実験設備の見学の他にも、同じYale大学の理論系研究室と緊密に連携している様子などを紹介していただきました。

またAntik Disa氏に巨大なスパッタリング装置を紹介していただいた後、 LiNiO_3 の研究に関するポスターを説明していただきました。薄膜の LiNiO_3 層の枚数を減らすと金属から絶縁体に相転移するのですが、その機構を解明したという研究成果です。積層枚数が減少するのに従い、 Ni-O-Ni の結合角が180度から徐々に変化し、 Ni-Ni 間のトランスファーが減少し、そして枚数が2枚以下になると金属から絶縁体に相転移するとのことでした。結合角はXPSでの測定でしたが、酸素の位置まで極めて高い精度で同定していました。



Charles Ahn 研究室にて



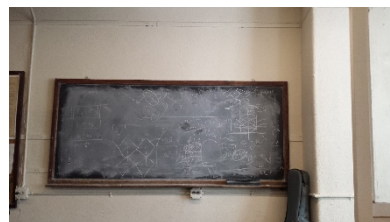
巨大な MBE 装置

理工工学専攻 修士1年 菊竹 航

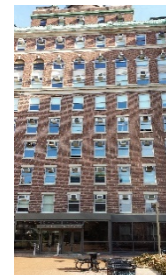
私は、MERIT 海外研修の自由行動2日間を Columbia 大学の Andrew Millis 教授とそのメンバーの元で過ごした。一つの研究室で2日過ごした理由は、私の研究分野の人々と深い交流、コネクションを持ちたかったためである。全体としての研究室訪問に対する評価は、私が最初考えていた以上に良いものである。また、私はこの海外研修の後に、そのまま在米し、3月のAPS会議に参加した。したがって、滞在期間は計13日間であった。

Columbia 大学について

Columbia 大学はニューヨークのアップパーイースト地区に位置し、ニューヨークのミッドタウン地区とハーレム地区の文化的な壁の役割を果たしている。Columbia 大学は、アメリカの中でも非常に高い評価を得ていて、全米の高校生たちが見学に来ていた。建築物はどれも壮大で、ほぼ必ず寄付者の名を冠していた。



Millis 研での議論後の黒板



Millis 研のある
Pupin hall

Andrew Millis グループでの活動

Andrew Millis のグループでは Ph. D コースの学生3人とポスドク4人ほどと一緒にであった。私が与えられた部屋には、Ph. D コースの学生2人とポスドク1人が一緒にであった。Ph.D コースの学生は全てがアジア系であり、中国、韓国、日本が一人ずつであった。また、ポスドクは全てアメリカ国外から来ており、中国、南米コロンビア、ドイツ等から来ていた。アメリカ育ちの学生は、Under graduate をアメリカで過ごし、graduate からは国外に行くのが一般的な様である。アメリカの学部生で、トップ校の博士課程に進む事ができるのは、トップ層のみであるようだ。また、ほとんどの学生が、学部と大学院で学校を変えるそうである。

初日は、Andy グループの APS 発表練習に参加し、様々な議論をした。Andy のグループは現在、DMFT を用いた解析を行っており、対象は伝統的なトイモデルから現実の物質系を見据えた物まで様々であった。5時間ほどの練習に参加した後、ポスドクの方にディナーへと招待して頂いた、この方は韓国から奥さんとともに移住してきた方であったが、日本とは立場が似ているため、アメリカに移住する際の苦労話は大変参考になった。

2日目は、Prof. Andy との informal talk を行い、私の現在の研究テーマについて議論した。Andy は話や理論の明快さを非常に重視する方で、なぜそのハミルトニアンを使うのか等に明快に答えられないと、厳しい言葉を頂いた。一方で、私の研究テーマについては非常に興味を持っていただいて、今後のさらなる研究につながる様なアイデアをいくつか頂き、非常に勉強になった。また、研究の事となると厳しい方だが、普段の会話では冗談を交わし、大変に親しみやす

い性格の方であった。この他にも酒上の席で、学生やポスドクの方とお互いの研究テーマや、野心、それぞれのテーマとは関係のない学術上の事、等々、様々な事を話し合った。また、これは私が訪問した研究室に特有の事ではないが、アメリカ・欧米では大学を超えた共同研究が非常に活発であった。この背景には、優秀な大学院生をアメリカでプールし、研究者として育て、世界中にばら撒く事によって、巨大な人脈のネットワークを育てるという一連のシステムがある様だ。この様な人脈ネットワークの構築という点で、日本は遥かに遅れていると感じた。特に、中国はこの人脈ネットワークにすでに深く参加しており、日本の遅れが懸念される。一方で、一部の大規模施設を除いて、研究設備、環境という点でのみ見れば、日本も遅れていない所か、勝っている点も多いと感じた。

海外での研究という選択肢

今回の海外研修は、私に海外留学について考えさせるには十分であった。ハード的な研究設備等の面では、日本も全く負けていないが、人材の豊富さや世界的なコネクションの広さは全く比較にならないほど、アメリカの方が優れていると感じた。また、物理学者の社会的な立場も日本とは全く異なる。日本で、物理に門外漢の人に、私は物理学を学んでいますといっても、大抵は、私は物理が苦手だったんですよとかいう話に終始するが、アメリカでは物理学を学んでいるというだけで大変に尊敬されるという事を肌で感じた。この様な観点からも海外で研究するという事は非常に魅力的である。

英語について

学問上の議論等における、英語でのコミュニケーションについては、日本人であってもほとんどの人は問題ないだろう。私自身も全く不便を感じなかった。一方で、街に一步でると、しばしば不便を感じる。特に崩れた英語で、非常に早口に話してこられると、大変困った。しかしながら、大抵の場合はこちらが一方的に先に話せば何とかかなった。また、この研修の間に、英語が大変に上達した様に思う。やはり、言語は使うの一番の上達の道である様だ。

APS について

今回の APS の参加の渡航費の一部は MERIT 海外研修から出ているとみなせるので、APS についても報告するのは妥当であろう。

APS と JPS の最大の違いは、その規模（人数、大きさ、金銭）である。会場は 5000 人を収容できるコンベンションセンターを丸ごと貸し切って 6 日間に渡って行われ、毎日 150 を超えるセッションが走る。

keynote speech や一部の invited speech を除くと、大部分は学生の業績稼ぎという感じで、JPS とあまり変わらない、というより JPS の発表の方が優れていると感じた。ただし、APS に訪れる人の多様性や人脈という点ではやはり格が違った。恐らく来ている人も、発表を聞くというより、旧知に会ったり、人脈の発掘が目的であろう。そういう観点では APS で発表をし、



APS 会場

自分のポジションを明確にする事は、人脈を築く上で非常に重要であると感じた。実際、APSで発表した私の友人は、発表の後に複数の人からコンタクトがあったそうである。

謝辞

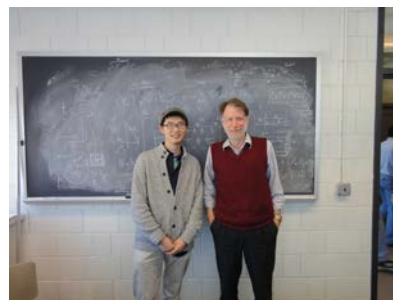
今回の海外研修を企画して頂いた、MERIT のオーガナイザーの方々には大変感謝申し上げたい。特に、現地で様々な調整をして頂いた、古市先生、合田先生には、改めて感謝申し上げたい。そして、訪問先の Yale 大学、Columbia 大学 Andrew Millis 先生及び、学生ポスドクの方々にも心から感謝申し上げたい。企画に協力してくれた MERIT コース生諸君にも、感謝申し上げたい。

2月24日(月)から28日(金)にアメリカの東海岸北部周辺で海外研修を行いました。活動時間は、直後にAPSに参加することにより金曜日にも自由行動ができ、実質4日間でした。25日には全体でYale大学で5研究室を見学+Yale大学のキャンパスツアー+Yale大学で留学している方々との夕食会。それからは単独行動をして26、28日にRutgers大学のVanderbilt教授の研究室を訪問し、27日にPrinceton大学のCar教授の研究室に訪れました。アメリカでの研究生活を現地に赴いて体験することができ、今後海外に留学する時や、またこれからの研究の方向性等の参考になりました。APS直前でどの研究室もてんやわんやの状態でしたが、お祭り前の雰囲気を体験できたこともまたよかったと思います。

Rutgers 大学

Rutgers 大学はニューヨークの南部に位置するアメリカでは珍しい州立大学です。そのため広大な敷地面積を持ち、大規模な駐車場を有し、授業を受けるのに構内でバスを使って移動することもあるという日本では見られない雰囲気の大学でした。2度も訪問して研究室から駅まで2往復もさせて車で送り迎えして頂いたZhouさんには感謝に堪えません。

ここではDavid Vanderbilt教授とKarin Rabe教授の合同研究室を訪れました。研究室としてはDFTを用いて様々な物理を研究していて、研究室の方針らしく学生はみな全く異なるような研究テーマを持っていました。二日間訪れたこともあり、アメリカでの生活や研究について学生一人ひとりと話し合いました。研究テーマの中にはLDA+Uを用いたMultiferroicsでない物質における電場による磁性の制御や、DFTとTBを組み合わせたトポロジカル絶縁体のロバスト性の評価、金属酸化物超格子における歪みモードの探索、また記録密度増加のための物質の磁気異方性に関する研究などがありました。DFTを用いて、少ない近似で物理を説明しようとする取り組みが印象的でした。一人の教授に対して3人ほどの院生しかいないこともアメリカの研究室全般において特徴的なことだったと思います。(少なくとも訪れた理論系の研究室では。) インターネットで調べた時にも気づいたことですが、ほとんどの院生は留学生で特に中国からの留学生が多かったです。留学生間では中国語を使って交流してしまうことがアメリカでの留学において、語学を学習する点においてはよろしくないような気がしました。



右：Vanderbilt 教授

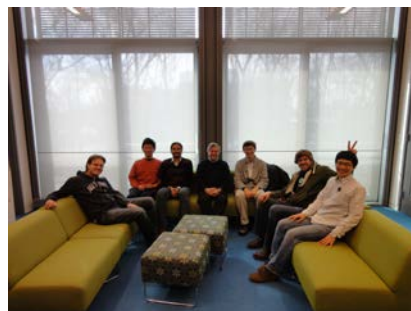


Colloquium at Rutgers University

アメリカの大学では毎週様々な分野から人を呼んで物理学のColloquiumを行う慣習があるようです。Rutgers大学ではHigh-Tc銅酸化物系超伝導の実験に関する講義があったので、傍聴しました。傾斜のきつい教室が特徴的で、教授陣も参加して話の最中でも質問コメントなど活発なやりとりがあったことが印象的でした。

Princeton 大学

Princeton 大学は Rutgers 大学から更に電車で 20 分ほど南に下ったところにある私立大学です。諸事情により時間があつたのでキャンパスを散策したが、建物が比較的に集中しており大変きれいな雰囲気でした。構内に大学所有の美術館があり、大きさは上野にある国立西洋美術館と同程度かそれよりも大きいくらいで、モネの睡蓮が常時展示されていました。今更知っても遅い情報ですが、アメリカの大学では充実した学部生活があるようで、十数個の Colleges があり、そこに泊まりこみで 4 年間過ごすようです。毎日 3 回ほど大学の見学ツアーがあり、Princeton 大学を大変魅力的に紹介するのが印象に残りました。一部の理系授業を除きクラス 20 人以下で相互的な授業形式が主流です。理系（数学、物理、化学）専攻の建物は大通りの向こうに位置しており、Princeton 大学の中では比較的前衛的な校舎で構成されています。全体的に大きなガラス張りが多く、外から居室や実験室が見えるようになっています。物理専攻の廊下が一面黒板なのもいい雰囲気を出していました。



Car 研究室のみなさん

Roberto Car 教授の研究室に訪問し、ディスカッション後共に昼食をとりました。すべての建物が異なる食べ物を提供しているらしいので、今度はもっとおいしい食べ物を探しに行きたいと思います。Car 教授のグループでは分子動力学法を含む様々な手法を用いて水の研究を集中的に行っています。ここではより水の性質を再現できるように計算コストの高い手法も応用しています。vdW 汎関数についての話を聞くことができ、今後の研究の参考になりました。水は溶媒として重要で、液体の水を定量的に精度よく量子力学的にシミュレーションすることで、将来的には溶媒中の物性にも展開していくビジョンを感じる事が出来ました。



Colloquium at Princeton University

Princeton 大学でもちょうど週一度の物理 Colloquium が行われており、傍聴しました。講演者は統計生物学を専門にしており、微生物の動きや分裂についてエントロピーなどの概念を応用して統計学的に研究していました。物理学の応用とい事もあり、基礎的なところからユーモラスに話が展開していき、発想のヒントになる話を聞くことが出来ました。

謝辞

まずプログラムを準備し引率して下さった合田先生、古市先生、Yale 大学のみなさま、このように海外研修の機会を与えてくださった MERIT プログラムに深く感謝致します。また今回の訪問先にコンタクトをしてくださった押山先生には頭が上らない思いです。おかげさまで大変充実した有意義な旅となりました。最後にあたたかく歓迎して下さいました Vanderbilt 教授、Car 教授、また APS 直前で忙しい中ディスカッション等をして下さった研究室のみなさんに厚くお礼申し上げます。今回の旅で得られたものを糧により一層研究活動に取り組んでいきたいと思う次第です。

海外派遣報告書

工学系研究科電気系工学専攻修士 1 年

田中雅明研究室

金木俊樹

【Yale 大学 Lab Tour】

全員で Yale 大学の計 5 つの研究室を訪問した。どの研究室も専門外であったが、とてもわかりやすく、丁寧に説明して下さった。研究室訪問後、キャンパスツアーに参加した。Yale 大学には歴史を感じさせる建物がたくさんあって、見ていて飽きなかった。(ツアーガイドしてくれた学生によると、建造されたのは想像以上に昔ではなく、わざわざ古めかしく見せているだけらしい。)

その後、Yale 大学で研究を行っている日本人の方と夕食をご一緒した。どなたも充実した研究生活を送っていらっしゃるようだった。

【Prof. Devoret Lab visit】

Yale University の Professor Michel Devoret Lab を訪問した。Prof. Devoret の研究室では量子情報、特にジョセフソン接合を用いた量子ビットの研究を行っている。

居室には Oxford 製の 20 mK まで冷やすことができる He フローのクライオスタットが 10 個くらいあり、フル稼働していた。(1 人 1 台占有状態) 実験室と居室が同じ部屋であり、大きなクライオスタットのそばで研究員の方々は測定したりデスクワークをしたりしていた。

また、ジョセフソン接合を製作する加工装置 (EB 蒸着装置、EB 描画装置) も見せてもらった。

量子情報が専門ではない僕にもわかるように基礎的なことから現在進行中の研究内容まで丁寧に説明していただいた。

ポスドクの方にはお昼ごはんまでごちそうしていただき、Devoret 教授には、お忙しいにもかかわらず、最初と最後にわれわれ学生に直接顔を出して下さった。本当にありがとうございます。

【Prof. C. H. Ahn Lab visit】

Yale University の Professor C. H. Ahn Lab を訪問した。Ahn 教授の研究室は分子線エピタキ

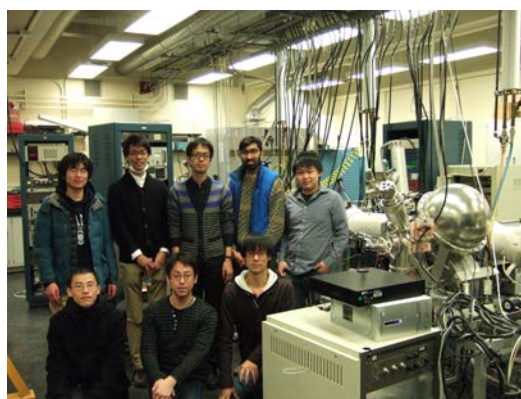
シー法を用いた酸化物薄膜のヘテロ接合の結晶成長に関する研究を行っている。私も分子線エピタキシー法を用いて結晶成長に携わっていることもあり、訪問をもっとも楽しみにしていた研究室のひとつである。

研究室に着くと、ポスドクの方が装置を見せてくださった。まず案内されたのは、酸化物薄膜成長用の MBE 装置である。この MBE はロードロックを介して、XPS 測定用チャンバー、金属蒸着用チャンバー、測定用（どの測定だったか忘れてしまったがたぶん AFM?）チャンバーと連結されており、*in-situ* で成膜から測定まで行うことができる。そばには±6T まで磁場掃印可能な PPMS、磁化測定を行うことができる SQUID があった。

次に案内された部屋には 2 台の酸化物薄膜作成用の MBE が稼動中だった。この研究室の MBE は Cell 温度、基板温度、シャッターの開閉、基板のトランスファーにいたるまで、LabView で自動制御できるようにカスタムメイドされていた。

次に案内された部屋には酸化物薄膜製膜用の RF マグネトロンスパッタがあった。いくつかのターゲットもを見せてもらった。かなり大きな装置だった。スパッタは MBE と異なり、高い成長レートで成膜することができるので、MBE に比べて容易に数十から数百 nm の酸化物を成膜することができる。

次にこれまた酸化物製膜用 MBE を見せていただいた。計 4 つ MBE があるようだ。この MBE は Ni 酸化物薄膜の成長に特化しているようである。酸素のソースとしては、活性化した酸素の分圧をより明確にするために RF 酸素プラズマではなく、オゾンソースを用いている。（数ヶ月前に変えたばかりらしい。）ポスターを用いて最近行っている Ni 酸化物薄膜の界面物性に関する研究を説明していただいた。同じ建物には理論系の研究室とデバイス系の研究室があるので、つくった材料を理論的に解析したり、デバイス化したりとさまざまなコラボレーションができる環境だと感じた。



装置をバックに記念撮影

【全体を通しての感想】

Yale 大学に対して理系のイメージはなかったが、実際に訪問してみると理系分野でも様々な先駆的な研究がおこなわれていることが分かった。豊富な資金に支えられた研究環境、キャンパス内にさまざまな施設が備わっており研究に専念できる生活環境が整っていると

感じた。

また、外国の研究者は専門外の人に対して自分の研究を伝えることがとても上手だった。わかりやすく伝える力は絶対に必要なものでこれからも養っていきたいと思う。

【謝辞】

今回 Yale 大学への海外派遣という大変貴重な機会を与えてくださった MERIT プログラム担当者の皆様、海外派遣の段取りから渡航中のお世話までしていただいた合田先生、古市先生、さまざまな局面で僕を助けてくれた海外派遣メンバーにこの場を借りて厚く御礼申し上げます。本当にありがとうございました。

この経験をこれからの研究生活に生かしていきたいと思います。

マテリアル工学専攻 修士1年 佐藤 龍平

本海外研修では、主な目的の一つとして、視野を広げることが掲げられています。自分がこの目標について海外研修の主催する側が要求するレベルまで視野を広げることができたかは定かではありません。しかし、行く前から自分なりに視野を広げるということについて考えて、海外研修をやり通すことはできたと思います。

Yale 大学 訪問

アメリカでの最初の工程は yale 大学の見学でした。まず、全体として日本の大学と違うと思ったことは、まず敷地がとてつもなく広く大学自体が町の中心を担っているような構造になっていること、また、研究施設の規模の違いです。後でも述べますが、日本の大学であれば学科単位で持つことになるで



あろう大規模な装置を個人の研究室が独占しているのはうらやましい限りだと思いました。

Yale 大学では、5つの研究室を訪問しました。各研究室の詳細については、他の海外研修参加者もいますし、特に自分の中で印象に残った Mark Johnson 教授の研究室についてここでは触れたいと思います。Mark Johnson 教授の研究室は分光法を主に研究しており、分光法を利用した反応解析などが研究テーマになっています。Mark Johnson 研究室の反応中間体の検出技術は、非常に興味深いものでした。イオン化した均一触媒を低温で固定しこれを質量分析と赤外分光法により構造解析する。さらに触媒の原子の一つ一つ同位体置換することにより触媒内の各フラグメントの寄与するピークを同定し、反応物を入れたときにこれらがどうシフトするかによって触媒上での反応中間体の構造の同定を行う技術は非常に興味深いものでした。

Rutgers 及び Brookhaven National Laboratory 訪問

Rutgers では Charles Dismukes 教授、Garfunkel 教授、Greenblat 教授と御面会させていただきました。Dismukes 教授は非常に広範な知識を持ち合わせた方で、具体的にいうと生物系を含めた有機化学(シアノバクテリアを用いた研究や植物の光合成システムである PSII 等)から無機物まで広範に研究をされています。中でも、自分の中でとりわけ興味深かったのが、PSII の O_2 発生触

媒の活性中心である M_4O_4 cubane 構造を基軸とした不均一触媒系の研究であり、これは純粹にバンド構造等の無機材料の物性から触媒としての活性を考える自分の研究とはアプローチの仕方が大きく異なり新鮮でした。また、非常に親切で気前の良い方で、ここでは失礼の内容その内容は控えさせていただきますが、先生が論文で常用であると考察している内容について、根幹的な考え方から解説して下さい、未だ論文に出していないが非常にこの研究を考える上で重要な化学的考察なども事細かに説明してくださいました。

Brookhaven National Laboratory では藤田博士の研究室を訪問させていただきました。藤田博士は、均一光触媒について CO_2 、 H_2 の還元から H_2O の酸化(O_2 発生)幅広く研究されている方です。また、ここで、自分の研究について 15 分程度で簡単に自己紹介程度に発表させていただきました。国際学会の参加経験のない自分としては海外での発表がどういうものかを知る良い機会になったと思います。

まとめ

Rutgers 及び Brookhaven National Laboratory 訪問に紹介した両氏の研究室の見学が自分の中で今回の海外研修の中心になったのですが、まず、実感したのが異分野に対する知識の不足です。確かに両氏の研究は共に最終目的は光合成により持続可能なエネルギーを生成しサステイナブルな社会を形成しようというものです。しかし、自分の研究は無機物であり溶液中などに触媒が拡散されたような状態で反応を促進するような均一触媒ではなく固相の表面などを利用した不均一触媒であり無機物を利用したものです。従って、両氏は均一系有機物系のものであったり、無機不均一触媒であっても生物学的な方向から研究をしているものであり、論文を読んでいてまずその分野では当たり前となっているような用語や基本原理を含んだ論文の読み込みには苦労しました。しかし、自分の研究とは 180° といっても過言でないくらい異なるアプローチの研究を知ることによって、自分の研究の利点や欠点が見えてきて、どういう部分を重点的に考えたらよいか強みにしたらいいかということがはっきりわかり、異分野への知識の習得だけでなく、自分の研究における軸の形成にもつながったと思います。このように、より幅広い分野に目を向けること、視野を広げることで、他の分野の知識を得て異分野の人とのコミュニケーション力が着くだけでなく、自己形成にもつながっていくということが実感できたことが今回の海外研修の一番の収穫であったと思います。

マテリアル工学専攻 修士1年 松川滉

2014年2月24日～3月1日という日程でYale大学を中心とするMERIT海外研修プログラムに参加させていただきました。2月25日は参加メンバー全員でYale大学を訪問し、26日には再度Yale大学、27日はHarvard大学をそれぞれ個別に訪問しましたので、ここに報告いたします。

2/25 Yale 大学訪問

物理系2つ、化学系2つ、地学系1つの計5つの研究室を訪問し、教授や学生から研究内容の紹介や設備の案内をしていただきました。特に2つ目に訪問したVaccaro研究室が印象に残っており、学生2名と教授自らポスターで研究内容の説明をしてくださり、より一層研究テーマへの理解を深めることができた上に、学生からは日頃の研生活や将来のキャリア思考などを聞くことができ、大変貴重な経験でした。

夕方には専属のガイドに導かれYale大学の案内をしていただきました。美しい建物の数々や学生の寮生活、名所やちょっとした小話などを紹介していただき、とても楽しい時間を送りました。今回の研修を通して、海外の大学への入学を強く憧れたタイミングの1つです。

夜はYale大学でPhDをしている学生と食事をしながら交流する機会を設けていただきました。学生の研生活についての話が興味深く、徹夜などをあまりせずに朝早くから集中的に研究するというスタイルは学べきだと感じました。また、海外の大学でPhDを取得しようとするに当たって心得ておくべきことを学べたのも大きかったように思います。

2/26 Yale 大学 Herzon 研究室訪問 10:00-14:00

Herzon先生に直接メールを差し上げたところ快諾してくださり訪問が実現しました。最初は教授室に案内され、Herzon先生ご自身が研究内容について説明してくださいました。細胞に対して毒性を有する有機化合物の全合成を行うことで、どのような機構で毒性を示すのかについての理解を深めることが主な目的らしく、合成ステップを1つ1つ、なぜその手順を取るのかということまで丁寧に説明していただき、大変よく理解することができました。

その後、東大で修士号を取得した後Yale大のPhDに進学されたZengさんに研究スペースの案内をしていただき、また他の研究室メンバーの紹介をしていただきました。メンバーの方々と話す時間があり、週末も研究室で実験することが多いことや、何度も試行錯誤しながら1つずつ合成ステップを進めていき全合成には何年も要することなどのお話を伺うことができました。さらにZengさんとPhD4年の金子さんと昼ごはんを一緒にすることができ、学生のオフの過ごし方などの話を聞くことができました。

お話を伺った学生の全員の研究に対するモチベーションが高く、自分の研究に対する姿勢を

見直す良い機会になったと思っています。

2/27 Harvard 大学 Aizenberg 研究室訪問 8:30-13:00

Aizenberg 先生への訪問依頼のメールを、Aizenberg 研究室に留学しており私の所属する研究室の OB でもある桶葭さんから転送していただく形で訪問が実現しました。9～12 時のグループミーティングに参加するという素晴らしい機会を設けていただきました。研究室の最先端の研究内容に触れることができる貴重な機会でした。とにかくディスカッションが活発で、質問やアドバイス等がなかなか止まない様子にただただ驚くばかりで、このようにディスカッションの能力や批判力などが身に付いていくのだなと感じました。

謝辞

このような貴重な機会を設けてくださった MERIT の方々、引率をしてくださった合田先生、古市先生、25 日のセッティングをしてくださった Yale 大学の方々、Herzon 先生、Zeng さん、金子さんを始めとする Herzon 研究室の方々、Aizenberg 先生、Assistant の Maldonado さん、桶葭さんを始めとする Aizenberg 研究室の方々には、この場を借りてお礼申し上げます。

MERIT 海外研修報告書

応用化学専攻 橋本研究室

37-136642 大岡英史

【全体を通して】

今回は2度目の海外研修・米国訪問であったため、精神的に余裕を持って活動を行うことができ、また研究室訪問で何が求められるかが想定できたため、満を持して準備を行うことができた。海外の有名な先生方や優秀なPD・学生、そして現地の空気感に直接触れ合う機会を提供して頂ける、この上なく恵まれた環境に感謝をしたい。今回得られたものは主に次の2点に要約される。

1. 著名な教授・PI との対談による専門性の成長
2. 日本人の常識が通用しない文化に対する耐性

具体的な専門性の成長に関しては各日程の活動にて詳しく述べようと思うが、総括して一言述べるならば、どの大学のどの研究室を訪れるか、完全な自由が与えられた点がうれしかった。2, 3 日目に訪問した研究室はいずれも自分の研究対象とほぼ完全に重なる研究室であった上に、当該分野において片手に収まるほどの著名な研究室であった。訪問は大変楽しみであり、博士号取得後のポスドク先の有力候補として、下見を兼ねていたことは言うまでもない。

また、二項目目の異文化との接触を通じて、日本人基準で物事を考えてはならない、ということに身に染みて学んだ。海外では何があるか分からないため、念入りの準備をしたつもりだったが、それでも準備が足りなかったことを痛感した。

自由行動初日目は5時半に New Haven のホテルを出発し、Rutgers 大学に向けて 150km ほど南下する予定だった。しかし、New York の Grand Central — Penn Station の乗換でさんざん迷った上に、乗るべき電車の切符売り場が見つからず、10 時から予定されていた Dismukes 先生のラボ訪問に遅刻してしまった。その遅刻が確定した後のエラーリカバリーの際、異文化の壁の大きさを初めて感じた。

まず日本国内ならば、基本的に同じホームでそのまま次の電車を待つことができる。しかし米国では、この日の電車を含め、今回の滞在中で使った列車の多くは発車寸前までホームが発表されない。しかも列車が遅れていてもその放送が流れないために、列車の出発時刻を過ぎたとしてもどのホームに行けばいいのか、それともう列車が出発したのか、分からない。日本における、何番線が何方面に行くかが予め決まっていて、次の列車の時刻が表示される、という「常識」に捕らわれていたので自由行動初日目、大変な目にあった。

また、思いの外携帯やパソコンの WiFi 回線が繋がりにくく、まず先方に遅刻連絡をするために電波が通じる場所を探すのに一苦労だった。地理感覚不足が祟り、念のために用意した路線図も役に立たず、焦りに拍車がかかった。途方に暮れて駅員にどの電車に乗ればいいかを直接聞きに行ったのだが、極端に不親切な駅員に当たってしまったためか、最初は時刻表を見るように、の一言であしらわれてしまい、心が折れそうになった。結局は半ば強引に乗るべき電車を聞き出せたのだが、その後乗るべき電車の到着が遅れて乗車ホームが分からなかった時にもう一度その駅員に質問したら、またもや”Just wait for it to be announced”の一言であしらわれてしまった。”You know, don’t you?”と聞き返せば答えてくれたのでうまく電車に乗れて助かったのだが、とにかくこの駅員とのやり取りを通して、自分の常識が通じない相手にも怯まず交渉する良い練習にはなったと思う。

ここから先は研修中の各日程について、記したい。

【2/25 全体行動】

初日は全員で Yale 大学の研究室を巡った。合計 5 つの研究室を続けに訪問したが、本報告書ではその 2 つを取り上げたい。

Vaccaro 研究室

レーザー分光手法による化学反応論の解析を専門とする研究室。レーザーの発光装置の前にフェルトの布を通過させた時の凄まじいバチバチバチッと言う音で、その威力を実感した。当然レーザーを直視してはならないことは知っていたが、ここまでエネルギー密度が高いものだという認識がなかったので良い体験だった。装置の説明に引き続きポスターの前でディスカッションをする機会があったため、ここでは自分の研究テーマに近い、プロトン移動を研究している学生さんのポスターのところに行った。ただ、いくつか質問を聞いてみたが、聞き方が良くなかったのか、口止めをされていたのか、あいまいな返事しか返ってこなかったのが残念だった。今から思うと、論文執筆中であまり詳しいことを離すことができなかったのかもしれない。

Johnson 研究室

タンパクの基質特異性の解明を初め、立体的な酵素—基質の研究を得意とする研究室。他の研究テーマもあるが、今回の訪問では触れられなかった。Johnson 教授のお話を聞いて、同位体置換による反応経路解析の威力を改めて思い知ったと言っても過言ではない。アミノ酸に糖が結合したような大きな分子でも同位体置換が選択的にできることにまず驚いたが、それを FTIR

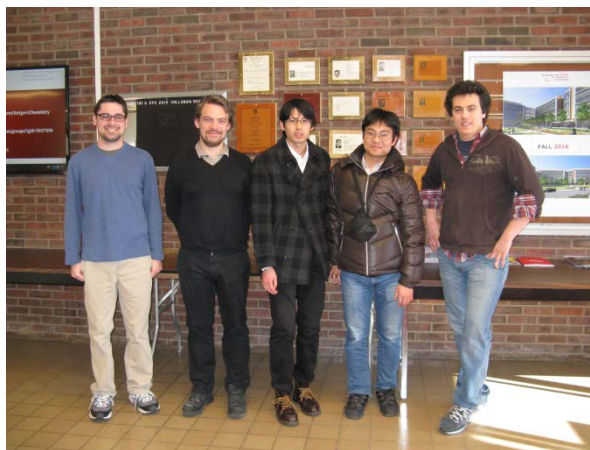
と組み合わせることで、どの置換基が水素結合しているかまで追跡できると知ったのは非常に大きかった。現時点では自分の研究に直接応用できそうな場面はないが、将来使うことになるかもしれない、強力な手法である。ただ、溶媒のシグナルがノイズとなるため、全ての実験を真空中で行っていることは少し気になった。in vitro のタンパク質において溶媒の水分子が水素結合を媒介することも十分想定されるために、真空中の測定結果が生体内で起きていることを正しく反映しているか懸念される。

【2/26 自由行動一日目】

この日は Rutgers 大学の Charles G. Dismukes 教授、Eric Garfunkel 教授、そして Martha Greenblatt 教授と対談をさせて頂いた。

Dismukes 研究室

Dismukes 先生はシアノバクテリアによるバイオ燃料生産、及び Mn や Co をベースとした水酸化触媒開発をされている先生である。いずれも僕が直接研究しているテーマであり、さらに論文も過去5年分は全て読み込んでいったので、胸を張って深くディスカッションができたと言い切れる。まだ論文になっていないこともたくさんお話し頂いたので、ここでは差支えない



範囲でしか報告できないことが残念である。なぜ日本から来た部外者にそのようなことまで話して頂けたことか、未だに疑問である。

例えば、Dismukes 先生の論文ではよく触媒サイトがキューバン型構造を取ると良いと書かれている。キューバン型構造は自然界における酸素発生中心における構造であるため、構造類似性を設計指針とする研究室は少なくないが、Dismukes 先生はこのことの背景についての考察を教えてくださいました。具体的な実験事実は書くことができないが、触媒サイクル中最も不安定な状態を安定化させる作用があることを見出したという。

また、Dismukes 先生のバイオ燃料生産に関する研究から、光化学系（PSII）の活性中心を覆う配位タンパクが、活性を犠牲にしてでも強光阻害を受けにくいように進化をしたことが示されているが、このことに対して私はなぜか、ということを質問した。なぜならば、研究対象のシアノバクテリアや藻類であるクラミドモナスは走光性（光強度に応じて光源に対して近寄ったり逃げたりする習性）を持つことが知られており、光合成で使いきれないほどの光が当たっ

ている場合は、光から逃げることによって細胞ダメージを避けることができると考えられるためである。なぜ、より進化したクラミドモナスは強い光に適応した構造を捨ててしまったのだろうか。このことに対して、Dismukes 先生は、多少の反応回転数を犠牲にしても、励起状態の熱緩和を避けるために必要なことだったという。小さい細胞の方ほどエネルギー生産効率が高いため、より大きな細胞であるクラミドモナスは分解しにくい構造を取ることが必要だったと考えられ、光から逃げることで細胞ダメージを避けるためにはこのような進化が必要だったと言う。

思い返せば、このことは Dismukes 先生の無機触媒に関する、「活性よりも選択性」というアイデアとも関連する。自然界において、ある反応に対して酵素活性中心は複数種類存在することが多いのに対し、酸素発生中心だけ Mn が選択的に使われており、このことに対して Why Did Nature Choose Manganese to Make Oxygen? (F. Armstrong, 2008) など、有名な論文が過去に何報か出ているものの、未だに明確な結論は出ていない。Dismukes 先生は Mn と Co を比較することで独自のアイデアに着想し、速度論的な根拠をもとに、Mn の場合は励起状態の寿命が長く、自己分解しにくいと述べている。まだ着想の段階であり、完全に論理が通っているわけではなさそうだが、興味深いアイデアであり、自分自身の研究にも役立ちそうなことである。

Dismukes 先生とのディスカッション後、学生の居室、実験室を案内してもらってからご飯に連れて行ってもらった。この時に写真を取れば良かったのだがタイミングを逃してしまい、全ての訪問を終えた後に Dismukes 研の学生居室に戻り、いるメンバーで写真を撮ってもらった。Dismukes 先生ご自身は残念ながらこの時不在だったが、一日に二回も邪魔をされた学生さんが快く写真に写ってくれたことには大変感謝している。

Garfunkel 研究室及び Greenblatt 研究室

いずれも Dismukes 先生の共同研究者であり、Dismukes 先生の勧めにより訪問させて頂くことになった。Greenblatt 研で試料を合成し、XRD 解析により結晶構造の同定まで行った後に電気化学は Dismukes 研で行い、必要に応じて XPS 等、表面超高感度の分光測定を Garfunkel 研で行うそうである。アメリカの研究室は教授 1 人に対して学生や PD が合計 5 人程度のところが多く、日本や中国よりも共同研究の機会が必然的に増えると考えられる。各分野の専門家に任せることができるのはいいことだが、一つ一つの研究室の守備範囲が狭くなってしまうことを考えると一長一短なのだろうか、という印象を受けた。

Greenblatt 先生には直接研究紹介をして頂いた。ただ、磁性は日本語でも言葉がややこしいと感じてしまうのに英語だと余計難しく感じてしまい、自分自身の勉強不足を痛感した。今回の旅程でここばかりは先生にお時間を取って頂いたにも関わらず、僕の準備不足で得られるはずのものを失ってしまったと後悔している。なお、ゆがんだペロブスカイト構造にも細かな分類

がたくさんあることを初めて知り、専門用語はちゃんと聞き取れなかったが、今後出会う可能性のある単語なので一度軽く復習してみようと思う。

また、Garfunkel 先生には装置を一通り見せて頂いたが、XPS が複数台あったり、とても大きな顕微鏡（恐らく TEM）とモニターしかない部屋があったりで、表面分析に特化した研究室だということを教えてもらった。XPS は部品を自分たちで購入して組立・修理・改造をするだけでなく、先生ご自身が昔作った XPS も見せて頂き、相当テクニシャンな人種が集まった研究室だと感心した。

【2/28 自由行動二日目】

この日は Brookhaven National Laboratory の藤田恵津子博士率いる人工光合成チームを訪問し、シンポジウム形式のミーティングに参加させて頂いた。午前中には年に一度の BNL 化学安全講習が入ってしまった関係で予定よりもシンポジウム形式のディスカッションの時間が短くなったが、面白おかしく話す発表者と突っ込みを繰り返す聴衆を見て、思いのほか楽しめた。

シンポジウムでは我々日本人学生 3 人と BNL 側 4 人が発表した。本当はもっともっと質疑応答や個人的なディスカッションをさせて頂きたいところだったが、時間の関係で合間を縫っての質問と、駆け込みのようなディスカッションしかできなかったこと、写真を取る暇さえなかったのが心残りである。

自分自身の発表については、予定よりも少し長引いてしまったこと以外はなかなかうまくいったのではないと思う。質問もたくさん来てそのままディスカッションに入ってしまいたいくらいであった。一人の研究員がぜひとも僕とディスカッションをしたいと申し出てくれて、バスに乗るまでの余った僅かの時間に、彼と個人的に意見交換をすることができた。

また、BNL 側の発表で最も関心を持てたのは、Ru や Ir の錯体による水酸化触媒の研究をされている女性の研究員の発表であった。一般的にこの分野でメカニズムを解析する場合、O-O 結合生成の段階に着目するのが一般的とされており、彼女も例外ではなかった。O-O 結合生成には大きく分けて 2 通りのメカニズムが提唱されており、彼女はそのどちらで反応が進行するかについて研究を行っていた。

しかし、当研究室の過去の検討から、Mn を用いた場合、触媒活性を考える上で最も大事なステップは O-O 結合生成ではないことを見出している。これを踏まえると、Ru や Ir の場合でも、O-O 結合生成に着目すべきことは必ずしも自明ではない。このことをどうしても聞きたくて発表の合間にさっと質問したら、「O-O 結合生成直前の中間体が捕まったために、今は O-O 結合生成が律速になっていて、活性を考える上で重要そうだと考えていれる」との答えが返ってきた。僕の研究の一側面は Mn と Ir の相違についての考察であるので、この点に関して、もう一度過去の論文を読み直して勉強したいと思う。もしこれが真実ならば、Mn と Ir の活性の差を説明す

る鍵となるかもしれない。

【最後に】

本報告の結びとして、今回の旅程で印象に残った言葉があるので紹介したい。これは Dismukes 先生によるものである。”Because we want to make a change in the world” そう、正しくその通りである。ご高齢でありながらもまだまだ第一線の研究者である Dismukes 先生は、優れた人格者でもあり、心から深く尊敬できる人物でした。研究職に限らず、偉大な人物は優れた業績があるから偉大のではなく、何にも太刀打ちできる強い信念を持っていることこそが偉大たる所以であり、業績と名誉は必然の末の副産物に過ぎない、と感じた一言でした。

【謝辞】

まず航空券・ホテルの手配や Yale 大学の先生方とやりとりをしてくださった合田先生、古市先生、Yusong Huang さんに深く感謝の意を表したいと思います。僕自身、事前に海外の電車の経路を調べるだけでも一苦労と感じたので、先生方の助けなしでは今回の研修はありえませんでした。また、一緒に訪問先を回ってくれた佐藤龍平くん、越川裕幸くんを初め、共に時間を過ごした 18 人の学生皆に感謝をしたいと思います。特に New York Penn Station で迷った時に友人の存在の頼もしさを再確認しました。本当は MERIT 生ともっと交流したいのに、コロキウムだけだと名前を覚えるだけで精一杯なので、今回親睦が深まってうれしかったです。最後に、今回の海外研修において、訪問を快く受け入れて下さった Charles G. Dismukes 教授、藤田恵津子博士を初めとし、訪問先の諸先生方に厚く御礼申し上げたいと思います。先生方のご快諾なしには今回のような充実した研修は考えられませんでした。どうもありがとうございました。

応用化学専攻 修士1年 越川 裕幸

今回、2月下旬の1週間弱、MERIT 海外研修プログラムでアメリカ・ニューヘブンのイエール大学およびニューヨーク周辺の大学・研究所訪問を行った。ただ実際には往復の移動で合わせて1日以上要するため、丸一日自由に行動できたのは中3日であった。非常に限られた期間であったが大変得るものの多い有意義な研修であった。以下、本研修での具体的な活動内容を述べる。

2/25(中日1日目) Yale 大学訪問

初日はMERIT生全体でYale大学の5研究室およびキャンパスツアーを行った。訪れた研究室の中で特に印象に残っているのが、レーザーや質量分析を用い水酸化反応などの反応中間体の研究を行っているMark A. Johnson先生の研究室である。研究室に到着するや否や安全用ゴーグルを手渡されたが、その慎重さに匹敵するくらい（もしくはそれ以上）の大きなレーザー装置、in situ 質量分析装置があり圧倒された。また部屋の奥の方には現在試作段階の機械部品が置かれており、先生に尋ねたところ部分的ではあるが適宜自分たちでも装置を組み立てているとのこと。強いプロ意識を感じた。居室での学生とのディスカッションでは、Johnson研究室独自の解析手法について説明された。私の質問にも非常に丁寧に答えてくださり勉強になった。



Yale 大学・化学科

2/26(中日2日目) Harvard 大学・Betley 研究室訪問

この日からは自由行動であり、私は化学生命工学専攻の内田君・小沼君と一緒にHarvard大学のBetley研究室を訪問した。Betley研究室は後半第一遷移金属を用いた錯体化学を研究しており、その中でも私は特に多核金属錯体の特性やその小分子変換反応触媒活性との関係について研究しているグループに興味を抱いた。自身の研究ではカーボン材料をベースとしてそこに金属錯体構造を導入した電極触媒を取



Harvard 大学・化学科

り扱っており、酸素還元や硝酸還元といった同じく小分子変換反応を取り扱っている。反応系では Betley 先生のところは専ら錯体を用いた均一触媒系であるのに対し、私は固液界面での不均一系であるという大きな違いはある。しかし電極触媒においても活性点制御のためには前駆体に用いる金属錯体構造が非常に重要であり、かつ最近私は多核金属錯体を前駆体に用いることで多核金属活性点の構築を目指している。そのため、Betley 研究室は多核金属錯体の特性やその制御方法について学び、さらに前駆体選びをする際の指針をつかむという意味では是非とも訪問したい研究室であった。

研究室ではまず 1 時間ほど Betley 先生とのディスカッション（私たちの研究紹介・先生からの研究紹介・質疑応答）、続いて 1 時間ほど多核金属錯体を研究する学生や研究員（ドクター・ポスドク）の方々とより詳細な研究紹介・質疑応答を行った。事前に 10 本以上論文を読んでいたため、Betley 先生の言おうとしていることの大枠はつかめたが、論文から十分にくみ取り切れなかったエッセンスや生体酵素関連の説明もあり、質疑応答を通して学んだ。また論文になっていない最新の研究成果について参考になるお話もあり、直接研究室を伺った意義を改めて実感した。学生・研究員の方々とディスカッションでは金属間での性質の違いと電子スピン配置との関係性について論文を読んでいて疑問に思ったことをより具体的に伺うことができた。Betley 研究室で学んだことをもとにさらに勉強し思考を重ねていけば私の電極触媒研究においても良い成果が得られるはずだと確信した。

2/27(中日 3 日目) Brookhaven National Laboratory・藤田恵津子 研究所訪問

この日の研究所は、同じ橋本研究室の同期かつ MERIT 生同士として切磋琢磨している大岡くんに誘われた研究所であり、水からの酸素発生反応・二酸化炭素還元反応といった人工光合成関連の研究を行っている。私自身、現在人工光合成に関する反応を直接の目的反応に据えた研究は行っていないが、これらの反応は橋本研究室が扱う小分子変換反応の代表例であり、反応同士の関連性は非常に大きい。依然私は酸素発生反応を研究していた時期もあり、現在のメインの仕事である酸素還元反応は酸素発生反応の逆方向の反応である。また、地球温暖化・エネルギーの自給自足といった問題を見据え今後、二酸化炭素還元反応にも取り組みたいと私は考えている。このような理由から、私は今回藤田研究所と一緒に訪問することにした。

当日は私、大岡君、マテリアル工学科の佐藤龍平君の 3 人で訪れた。大学の研究室ではなく、たとえば日本の理化学研究所のような研究所であった。一方であまり高くない建物が広く分散している光景にはアメリカの土地の広さを実感した。研究所ではまず私たち 3 人の研究紹介、引き続いて数人の研究員の方々からの個別の研究紹介・質疑応答といった形式であった。昨日の Betley 先生の所での研究紹介は先生との 1 対 1 の discussion 形式であったのに対し、今日は先生および研究員の方々の前でのプレゼン形式であり少し緊張した。質問は意外にも私の属する

研究グループの仕事概要の所に集中し、質問への応答にややてこずった場面もあり反省している。人工光合成関連分野での質問が多く、エネルギー・環境問題の視点から反応の意味について尋ねてくる人もいて、研究所（science 重視の傾向がある研究室ではなく）らしさを感じた。藤田研究所の研究員の仕事は事前に読んだ論文からのイメージ通り、専ら酸素発生反応、二酸化炭素還元反応のメカニズム解明を扱っているものが多かった。貴金属触媒がよく用いられていたが、これと並行でもう少し非貴金属触媒についての研究も行われていても良いのではないかと思った。全ての話の中で 1 番印象に残りかつ興味を抱いたのが、東工大で博士号を所得した後はこちらでポスドクをやっている男性研究員の話であった。内容は、Ru 錯体の hydricity(H⁻イオン供与能)の熱力学および速度論的考察であった。実際に H-イオンを使用するか否かに関係なく、電極触媒上で水素化による還元反応を進行させたいときに普遍的に生かせる視点だと思った。今後の参考にしたい。この他研究内容だけでなく、間の昼食時には先生たちと現地の気候の話から環境問題への姿勢に関する話まで何うことができ、この点も非常に有意義な訪問であった。

最後に

本研修を終えて、様々な人たちと議論することの大切さを改めて感じた。育ってきた環境の異なる外国の方との議論は、環境・エネルギー問題など地政学的要因が大きく関連してくる分野については特に重要である。また今回の研修で接した方々は幸運にもみな気さくで明るい人たちばかりであり、初めてのアメリカ、英語、何か学ぶべく頑張らねば、という緊張まじりの気持ちを抱えていた私（たち）はその雰囲気非常に助けられたと思います。今回の研修を通して、互いの研究を理解し合い意見を言い合う喜び、自身の研究テーマに対する愛着や自信を感じる一方で、まだまだ自身の研究やその関連分野に対する知識・勉強不足を実感しました。もっと勉強して思考の幅を広げ、まずは修士残り 1 年間の間に 1 つ独力でやったと思えるような成果を出したいです。

本当の最後に、今回改めてこのような貴重な勉強の機会を提供して下さった合田先生、古市先生、Huang 先生、Yale 大にて私たちの訪問を受け入れサポートして下さった先生および学生方、自由行動日に私の訪問を快く受け入れて下さった Betley 先生、藤田先生、そして今回一緒に研修を行った、内田君、小沼君、大岡君、佐藤龍平くん、その他 3 期 MERIT 生海外研修メンバーの皆に心から御礼申し上げたいと思います。ありがとうございました。

化学生命工学専攻 修士1年 内田 淳也

Yale 大学

2/25 の訪問では、物理・化学・地質学の分野にわたり 5 つの研究室を訪問させていただいた。どの研究室も教授が親身に研究や施設の紹介をしていたのが印象的であった。物理系の研究内容を英語で聞くのは非常に難しく、理解できない部分が多かった。化学系に関してはバックグラウンドをある程度理解していたのでほぼ英語にはついていけたが、英語で研究内容を理解することの難しさを実感した 1 日であった。



Harvard 大学

2/26 は Harvard 大学 Betley 研を訪問させていただいた。Betley 先生は多核錯体の合成やそれを用いた反応の研究をされている先生であり、今回は越川君、小沼君と一緒に研究室訪問を行った。はじめに Betley 先生に自身の研究内容に関して説明していただいた。質問に対しても親身に答えていただき、多核錯体に関する理解が深まった。学生とのディスカッションの際には学生の説明に熱がこもっており意識の高さがうかがえ、刺激を受けることができた。



Columbia 大学

2/27 は Columbia 大学 Colin 研に伺った。学生の案内のもと施設・装置の見学をさせていただいた。1 分子の伝導度測定用の装置やクリーンルーム内にてフォトリソグラフィを行うための装置などは新鮮であり、興味深かった。特に、隣の研究室の装置を使う際には研究室間を自由に行き来しており、研究室間の壁の低さを強く感じた。研究室のミーティングの見学をさせていただいた際には、皆で食事をとりながら議論するスタイルであることにまず驚き、研究室の雰囲気を感じ取ることができた。ミーティング後は Colin 先生や研究室のメンバーの方数名と研究内容や研究室の様子などについて簡単にディスカッションすることができた。3 時間弱の見学であったが、研究室の施設やミーティングの見学、研究に関する話など非常に有意義な時間を過ごすことができた。



最後に、今回の研修を準備していただいた MERIT のスタッフの方々、引率の古市先生と合田先生、訪問のアポ取りに関してご指導をいただいた加藤先生、吉尾先生、訪問を受け入れてくださった Yale 大学の各研究室、Harvard 大学 Betley 先生、Columbia 大学 Colin 先生ならびに各研究室のメンバーの方々に厚く御礼申し上げます。

化学生命工学専攻 修士1年 小沼 平

MERIT海外研修のプログラムで、2/24-28の5日間アメリカで過ごす貴重な経験をさせていただきました。私にとっては初めての海外渡航で、いろいろと得るものも多かったと感じています。以下、4日間(最終日は割愛)を振りかえる形で、報告させていただきます。

1日目

New Havenに着き、バスでYale大付近のホテルに移動後、夕飯を食べる場所を探しに複数人で外出した。途中スーパーマーケットに寄り、店を出たところで男性にからまれた。どうやら「change to eat」と、お釣りをくれと言われたようなのだが、よく分からずその場を離れた。その後、ファストフード店に入った。店員の話す英語がほとんど聞き取れず、非常に焦った。私はアメリカの治安と話し英語を聞き取れるかに不安を感じていたのも、1日目はその不安を体験することとなった。(結果としては、その後4日間、何ら事故・事件にあわず、また、大学等で会った人の英語は、比較的聞き取りやすく、店員の英語が格別に聞き取りにくかっただけのようなので、渡航前に感じていた不安は多少解消された。)

2日目

Yale大学の物理・化学系の5つの研究室を朝から訪問させていただいた。中にはGeophysicsを研究する日本出身の教授からもお話を伺うことができた。専門分野の違いからか、しばしば話の内容を十分に理解しきれなかったが、最先端の研究内容を興味深く伺うことができた。夜はYale大で研究をしている日本出身の方からお話を伺った。お話を伺った3人方はそれぞれ、学部卒・修士卒・企業からの派遣と、違う形で留学をされていたこともあり、留学するチャンスは多いのだと感じた。積極的にチャレンジすることが大事だと改めて感じた。また、留学での研究・生活のイメージも多く得ることができた。

3日目

ボストンに移動し、Harvard 大Department of Chemistry and Chemical BiologyのTheodore Betley教授の研究室を訪ねた。私達は3人で訪問させていただいたのだが、教授がスライドを用いて1時間弱の講演をわざわざ下さったのには、非常に感動した。話の内容は複核金属触媒に関するもので、小分子を還元するための触媒として、なぜ複核を使うのか、なぜ高スピン状態の錯体をターゲットとするのか、という根本的戦略の話や、触媒がうまく働くためには触媒自身はなるべく不安定なものを作り出すと良い、といった話を聞き、その極めて論理的なアプローチに感心した。教授とのディスカッションの後、大学院生3人からも触媒の構造や電子特性等について詳細な説明や質疑応答の時間をいただき、非常にエキサイティングで有意義な経験をした。

4日目

ニューヨークからColumbia 大Department of Chemistry のColin Nuckolls教授の研究室を訪ねた。まず、1時間程大学院生に研究室の設備を案内していただいた。太陽電池等のデバイスも作っていることから、グ

ローブボックスや金属を蒸着させる機器等の大型の機械が多くあったが、研究室は広々としていた。クリーンルームや分析機器がまとめておいてある部屋は複数の研究室・学科間で共通利用となっていた。案内してくれた大学院生は物理系の研究室との共同研究のテーマをやっていたこともあり、研究室を超えた人の交流が多くあるようであった。その人に限らず、研究室間の交流が容易にできる雰囲気も感じられた。その後、12時から1時間程研究室のセミナーに参加させていただいた。セミナーは昼食を食べながら開催され、和やかな雰囲気で行われた。セミナーの目的は、MITで博士を修了しNuckolls研にポスドク来る人が、今までの研究の内容を紹介するというものであり、内容としてはリン(P)を含む分子の基礎的な反応の研究といったものであった。セミナーの途中でも先生・学生が質問を挟むインタラクティブな形式のものであった。発表の構成やスライドの見やすさ等、プレゼンテーションのレベルの高さが印象的だった。自分も今後世界で活躍するためには、これだけ高いレベルの発表技術(と英語力)を身につけないといけないのだなと実感させられた。

総括

最後に本プログラムで現地まで引率して下さった合田先生、古市先生を始め、企画して下さった先生方、現地で講義をして下さった先生方などすべての関係者各位に謝辞を述べたいと思います。良い経験をさせて頂き本当にありがとうございました。

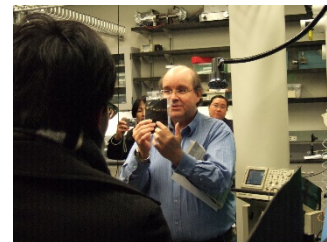
理学系物理学専攻 修士1年 佐藤 夏彦

MERIT のプログラムの一つである、MERIT 海外研修に参加させていただき、Yale 大学内のいくつかの研究所を訪問しました。現地で活動できるのは 3 日ほどの短い研修でしたが、非常に有意義かつエキサイティングな経験が出来ましたので、ここに報告いたします。

現地で活動する 3 日間のうち、25 日は MERIT 海外研修参加者全体での研究室訪問・Yale 大学見学と Yale 大学で PhD やポスドクをしている方との交流、26 日・27 日は各自での研究室訪問という日程でした。

2 月 25 日

午前中から午後にかけて、5 つの研究室を訪問し、研究の紹介をしていただきました。中でも地質学の教授である唐戸俊一郎先生の地質学の実験に対する”数日間の実験から数万年の結果を外挿で得る”という説明が印象的でした。化学の教授である Patrick H. Vaccaro 先生からはレーザー実験機器を見せていただき、研究室で開発した、従来のものに比べコンパクトで高精度な旋光測定手法について説明を受けました。



Patrick 教授

一日の最後には Yale 大学で研究活動をしている方々との交流会をセッティングしていただきました。主にポスドクの方とお話していたのですが、日本の研究室とアメリカの研究室の大きな違いについて、アメリカの研究室は規則正しい生活(9 時 5 時)をする人が多い点を挙げていました。また、”いつか日本に帰るつもりで海外に出るなら日本にいる人たちとのつながりは出来るだけ保った方がいい”など、将来海外でポスドクとして働く際の生々しい注意点なども教えていただき、有意義な交流会でした。

2 月 26 日

Michel H. Devoret 教授の研究室を訪問しました。量子コンピュータを実験的に作ろうとしている研究室で、私自身が計算理論等に興味を持っていることもあり、非常に訪問が楽しみでした。Devoret 教授が忙しかったため、教授とのディスカッションは出来ませんでしたが、午前中に基礎的な説明をしていただいた後夕方まで、研究室のあちこちに行って、たくさんの方から自分が研究する内容について紹介していただきました。色々な方が量子ビットの実験の



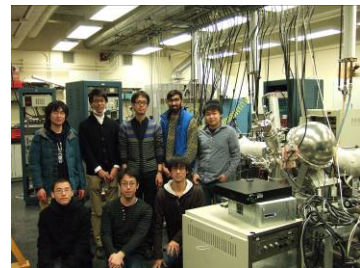
研究室の様子

設備と机が一緒になっている

基礎から、そのエラー訂正や初期化など、量子コンピュータにかかわる様々な研究をされていて、それぞれの興味や強みを活かして研究を進めているように感じました。例えば、量子状態の制御には非常に速いレスポンスが必要で、ある研究者の方はそのために FPGA というハードウェアそのものをプログラムできる装置を使用していました。今回、情報分野の専門的な知識を持つ方の研究の話を伺って、互いの強みの協働は重要なのではないかと思います。また、様々な研究の同時並行を可能にするだけの多くの実験設備もあり（量子ビットを冷やし各種測定をするための機器が 10 セットほど）、恵まれた環境の研究室でした。

2 月 27 日

Charles H. Ahn 教授の研究室を訪問しました。非常にきれいな薄膜の作製からその物性の測定までを一つの実験設備に入れたまま行っている点に驚きました。エピタキシーなどの薄膜製作手法はあまり知らなかったのですが、わかりやすく説明していただき、今後薄膜を利用した研究の議論をする際にとても役に立つ知識を得ることが出来ました。



Ahn 研究室の PhD の方々と

研修を通じて得られたもの・課題

私がこの研修で得られた一番大きなものは英語力とコミュニケーション力に対する認識の変化です。私は今まで海外旅行をする際には、自身の英語力に大きく不満や不安を覚えることはあまりありませんでした。今回の研究室訪問で感じたのは、日常生活での会話と科学的な議論に求められる英語力のレベルは全く違うということでした。使える時間が限られる議論やより深いレベルでの研究の議論では、効率よくまた正確・的確にコミュニケーションできるかどうかによって、その結果に大きく差が出てしまうと感じました。今後は、相手の言いたいことを正確に聞き取る力と、自分の考えを相手に的確に伝え、できるだけ速く正しく表現できる力を鍛えていきたいと考えています。

また今回の研修を通じて、自分も日本だけに留まることなく、自分の研究の広がりや到達度を大きく高めるためにも日ごろ世界を意識した研究活動をする、早くからネットワークを自分の手で作っていくこと、いずれは海外での研究生活を経験することが大事だと痛感しました。

また更には、Yale 大学で実際に働いている日本人の方にもお話を伺うことができ、海外で働く際の注意点や考えるべきことなどを教えていただき、将来海外で研究活動を行うことを具体的に意識し、考えるきっかけになりました。

謝辞

最後になりますが、研修プログラムを準備してくださった MERIT 関係の先生方、同行して頂いた合田先生と古市先生、交流会で様々なことを教えてくださった Yale 大学の研究者の方々、訪問を受け入れてくださった研究室の皆様に心からお礼を申し上げます。この海外研修が私の今後の研究への考え方や研究活動の仕方に非常に大事な経験だったと確信しております。本当にありがとうございました。

物理学専攻 修士1年 村下 湧音

自主活動では、2月26日に応用物理学科の Michel Devoret 教授の研究室に、2月27日に工学応用科学科の Charles Ahn 教授の研究室に訪問させて頂いた。以下では、両研究室への訪問の詳細について報告する。

Devoret 教授の研究室には自分を含め3人で研究室訪問をさせて頂いた。訪問時間は26日10時半より16時半で、場所は Becton 工学応用科学センターの4階だった。Devoret 教授の研究室は、超伝導量子ビットと呼ばれる装置を用いて量子計算技術の基礎を確立することを目指している。研究室訪問では、はじめに Devoret 教授と面会し、ポスドクの Shankar さんに研究室を案内していただいた。まず驚いたことは最新型の冷凍機が6台、少し古い液体ヘリウムを注入する型の冷凍機が2台の計8台の冷凍機が稼働していたことだ。居室の机のすぐ後ろに、ピストンが動くプシューッという音を繰り返し響かせながら稼働している冷凍機が天上からぶら下がっていて、居室と実験室とが一体になっている様子に驚いた。古い冷凍機の中身を開いて冷凍機の中が層状構造になっている様子や、超伝導量子ビットを操作したり測定したりするためのマイクロ波を導入する冷凍機の中の配線について説明して頂いた。そして、実際に使われている超伝導回路と回路を封入する共振機を見せて頂いた。超伝導回路がなぜ量子ビットとして機能するかという理論的基礎について説明を受けた。その後は、人を変えてそれぞれの研究について説明をして頂いた。具体的には、マイクロは信号を増幅するための増幅器の説明や、量子状態読み出しの際に弱測定から射影測定に遷移する様子を観察した実験、フィードバックを用いて量子ビットを高いフィデリティで基底状態に用意する技術、量子操作を利用して代表的な量子状態である Schrodinger の猫状態や光子数状態を作り出す実験、連続パリティ測定を行うことで量子誤りを検出する実験について解説して頂いた。最後に、自分の理論研究のうちで、量子ビットを使って検証できる事柄について、Shankar さんに説明させて頂いた。

Ahn 教授の研究室には自分を含めて6人で研究室訪問させて頂いた。訪問時間は27日の13時半より16時で、場所は Becton 高価応用化学センターの3階だった。Ahn 教授の研究室は分子線エピタキシー法(MBE)を用いて資料を作成し、X線光電子分光(XPS)を用いて電子状態を明らかにし、新規な物質の物性について明らかにすることを目指している。実験室には、MBE から XPS までを完全に真空中で実行できる、巨大な真空チャンバーがありその大きさと充実した設備に驚いた。また、1原子層レベルの調整を行って作成したサンドイッチ構造の物質が、層の厚みに起因する原子の配置の違いにより、金属絶縁体転移を起こしていることを明らかにしたという研究について説明して頂き、そのような実験を可能にする技術の高さに驚いた。

巨額の資金を投じた最先端の研究を間近で見られ、今回の訪問は非常に刺激的でした。最後になりましたが、このような貴重な機会を下さった MERIT 関係者各位に感謝したいと思います。

Prof. Greenblatt, Rutgers Univ.

自由行動初日は New Haven から 4 時間ほどかけて New Jersey 州にある Rutgers 大学を訪問しました。Rutgers はニューヨークから電車で一本、一時間程度と立地条件も良かったのですが、キャンパスは緑に囲まれていてとても美しかったのが印象に残っています。そこでの目的は Greenblatt 教授とお話することでした。ところが、約束した 14 時半に到着するやいなや

「あれ、あなた 11 時にくるって言ってたじゃない!？」

……どうやらこちらがお願いした時間を間違えて記憶されていたようでした。こちらも懸命に説明したので思い出していただいたようですが、

「私はすぐに出なきゃいけないけど、とにかくお話ししましょう。」

と言われてしまいました（実際は小一時間ほどお話ができました）。Greenblatt 教授は固体化学の専門家で、特にモリブデンブロンズの研究で知られています。モリブデンブロンズとは $AxMoyOz$ (A: アルカリ金属、 H^+) の化学式で表される物質で、その組成や結晶構造に応じて次元性の異なる電気伝導を示すことから興味が持たれてきました。恥ずかしながら私は Greenblatt 教授がモリブデンブロンズの研究で有名であることを存じ上げなかったのが驚きでした。私が興味を持っていたのはこの数年に行われた層状ニッケル酸化物の研究で、こちらについても短いながらも話をしました。研究上のアドバイスもいただけるなど、有意義な経験ができたと思います。私や他の日本の研究者がしている研究の話をしたところ興味を持っていただけ（ように私には見えました）のも嬉しかったです。

Prof. Ahn, Yale Univ.

二日目は再び Yale に戻って Charles Ahn 教授の研究室を訪れました。Ahn 教授のグループでは分子線エピタキシーを用いて高品質な単結晶薄膜を育成し、その物性を調べています。残念ながら Ahn 教授は予定があったらしく直接お話しできませんでした。まずポストドクの Kornblum さんに彼自信の研究内容や、装置の案内をしていただきました。こちらの研究室でまず驚いたのはその規模でした。Ahn 教授のグループでは非常にたくさんの装置を保有していたのです。製膜装置に関しては分子線エピタキシー（セットアップによるが 1 億円以上は確実にするそうです）が 4 台、スパッタが 1 台と多岐にわたっており、特性評価についても X 線回折、光電子分光、抵抗測定、磁気測定、電子顕微鏡と一通り揃っているとのこと。中でも感銘をうけたのは分子線エピタキシー装置のうちの 1 台で、試料作成から抵抗測定、光電子分光までをすべて高真空下で行うためにこれらが一体となった巨大なチャンバーが実験室を占めていました。このような装置を組み立て、維持するには資金力のみならずメンテナンスのノウハウを含めた膨大な労力がかかっているのではないのでしょうか。ちなみにこの装置では Si の超薄膜を作製してい

ることです。Si は大気中で表面が容易に酸化されてしまうため、膜厚を単位格子数個分（あるいは一個以下！）といった小さな値まで下げた薄膜の性質を調べるためには真空中ですべての測定を行う必要があります。また、研究テーマの方で印象に残ったのは Ahn 教授のグループでは理論の専門家と実験の専門家が本当に密に連携していたことでした。聞いたところによるとほぼすべてのプロジェクトで理論家と一緒に研究をしているそうです。

後半では大学院生の Disa さんと彼自身のプロジェクトについて話しました。彼は希土類ニッケル酸化物 LaNiO_3 , NdNiO_3 と絶縁体 LaAlO_3 , NdAlO_3 の人工超格子について研究しています。この系では数年前に理論計算のグループが超伝導銅酸化物と似た電子状態が実現されるという予想をだしたことから実験的な研究がスタートしました。彼らのグループでは高品質な試料成長と放射光を利用した高精度な構造決定を用いてこの系の物性の原因を解き明かしているとのこと、その実験の精度の高さには驚くばかりでした。

全体を通して

今回は実質的な活動期間は 3 日間とかなり短くはありましたが様々な研究室を訪問して有意義な時間を過ごせたと思います。これまでは海外で研究するということを自分自身の問題としてあまりとらえられていなかったところがありましたが、訪問を通じて海外で研究することが少し身近に感じられたと思います。

最後になりましたが、今回の旅行の機会を提供してくださった MERIT 事務局の皆様、引率で大変お世話になった合田先生、古市先生に深く感謝したいと思います。ありがとうございました。

化学専攻 修士一年 木村 寛之

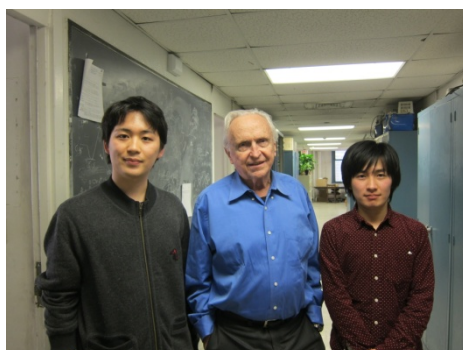
私は2月26日にYale大学のDieter Söhl教授、翌27日にはColumbia大学のRonald Breslow教授をそれぞれ訪問した。

まずYale大学では研究室訪問の前に、Söhl教授の担当する授業を非公式ながら聴講した。海外の大学授業を体験するのは初めてであったが、大人数講義では内容、雰囲気は日本とあまり変わらないと感じた。

Dieter Söhl教授は私の研究分野に極めて近い方で、既に数報か論文を読ませて頂いていたが、直接お会いするのは初めての事だった。今回の研究室訪問ではSöhl教授に対して私自身の研究をプレゼンし、評価を頂くとともに今後の方針についての貴重なご意見を伺うことができた。一方で自分の将来像について尋ねられた際には答えに窮してしまい、将来に対する自らの考えの浅さを強く実感した。Söhl教授は研究者間



【上図】 Dieter Söhl 教授 (右) と私 (左)



【下図】 Ronald Breslow 教授 (中央)、佐藤くん (左) と私 (右)

の交流やポストを得る機会の多さからアメリカでの Ph.D. 取得もしくはポスドクを勧めて下さったが、はじめ私はそんな大それた事できない、と考えてしまい、あまり現実味がないアドバイスとなってしまった。しかしながら教授との対談後、研究室のメンバーとより具体的なディスカッションをさせて頂くことで、研究に関する新たな知見を得ることができたとともに、結局日本とアメリカの研究生活にも格段の差は無いのだと感じるようになった。お話したポスドクも元は留学生でアメリカに来ており、また研究内容が分からないという訳でもなく、大事なのはまさに研究そのものだと感じた。

2/27の訪問先は、依頼に答えてくださる研究者がおらず（またSöhl教授も何人か知人の研究者に電話して下さったがやはり無理だったので）、同じ化学専攻所属の佐藤くんに同行させて頂いて、Columbia大学のRonald Breslow研究室を訪問した。私が選んだ訪問先でないということもあり、異なる分野を研究されている方であったが、非常に的確に私の研究内容を理解して下さった。このように分野の異なる教授にプレゼンするのも良い経験であったし、またその分野

ならではの意見を頂くこともできた。そして同様にアメリカでのポスドクを勧められ、この海外研修を通して、最終的には留学が一つの選択肢たり得るようになっていった。

また少々皮肉的ではあるが、今回のアメリカ訪問で強く感じた事の一つに中国の存在感が挙げられる。私が訪問した Dieter Söll 研究室、及び Ronald Breslow 研究室、また Yale 大学全体研修で訪問した研究室では、多くの非アメリカ人留学生、ポスドクを受け入れていたが、その中に日本人は少なく、一方で中国人が非常に多かった。それだけではなくニューヨーク街頭の看板、地下鉄の警告などで中国語を多く見かけ、機内で見た海外映画でも舞台になるのは上海、香港、そして中国の宇宙ステーションと、中国ばかりだった。残念ながら既にアジアトップの座を譲り渡してしまった感は否めないが、負けずにはられない、と強く感じた。

全体を通して、留学という新しい可能性を感じ、またもっと研究に取り組まなくてはならないという事を感じた海外研修で、今後物事を考える際の一つの糧になったと思う。最後に、遅刻が多くご迷惑おかけした事をお詫び申し上げるとともに、このような良い機会を与えて下さったことに深く感謝します。

理学系研究科化学専攻 修士一年生 佐藤 弘規

日程・活動報告

2/25 University of Yale

団体で複数の研究室を訪問，研究テーマの概説とそれに関する議論をおこなった．
また夕食時に Yale 大学の学生との意見交換の場をいただいた．

2/26 University of Yale; Prof. R. Crabtree

MERIT 海外研修のメンバーである Eunice さんとともに Prof. R. Crabtree の研究室を訪問させていただいた．同教授は無機化学分野において著名な業績，執筆もされている大家で，現在の研究について話していただいた．また，同研究室の学生に実験室の見学と研究テーマの紹介をしていただいた．

2/27 University of Columbia; Prof. R. Breslow

MERIT 海外研修のメンバーである木村君とともに Prof. R. Breslow の研究室を訪問させていただいた．同教授は基礎的な有機化学から新たな分野を多数創出された pioneer である．教授の現在の研究について話していただいたのち，自分の研究のプレゼンテーション，議論をさせていただいた．実は自分の研究テーマの基礎部分が教授が以前に報告された業績に基づいているため，大変有意義な議論となった．

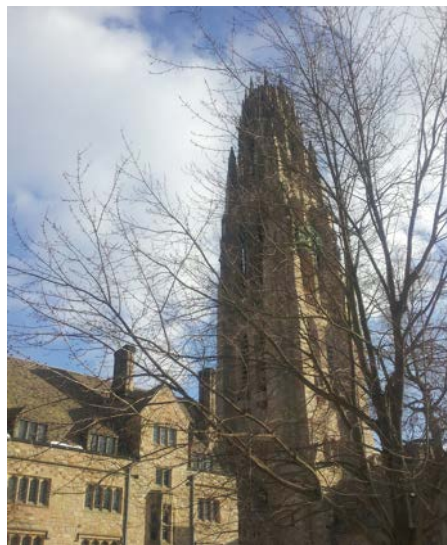
考察

アメリカの大学の研究レベルは世界トップであり，その研究室を実際に見学することで，その長所を強く感じた．特に 1) 自己開発を促す大学システム，2) 優秀で活発な学生と教授，について考察した長所を以下に示し，日本での研究活動に活かすことで今回の派遣プログラムの意義としたい．

1) 自己開発を促す大学システム

今回のプログラムでは研究室を見学するだ

図 1 Yale 大学 Harkness Tower : Yale 大学は町と大学の間に塀などなく一体化しており，



けでなく、現地の学生と話す機会が多数も受けられており、それによってアメリカの大学システムがよく理解できた。アメリカは博士過程と修士課程が一体化されており、Ph.D コースと呼ばれている。現地の学生はおよそ 4~6 年かけて Ph.D コースを修了する。この間、学生は教授に雇用され、給料を与えられる。

図 2 Yale 大学化学科：化学科は複数の建物に分かれていた。外装は皆違ったが、屋内は現代的で整理されていた。設備等



現地学生にとってこのような Ph.D コースの意義は非常に明確である。すなわち、将来の幹部候補生としての自身のキャリア養成と能力開発の場である。学生は Ph.D コースを通して問題提起、問題解決、意思伝達能力等のリーダーシップ能力を主体的に身につけようと努力する。これを支えている一つの要素は 4~6 年という長期間の過程であろう。学生は長いスパンで大きく新規な研究テーマに取り組み発展させられたため、研究に必要な能力をすべて養成することができる。もう一つの要素は学生が雇用されていることにあるだろう。主体的に行動しなければ解雇されるという圧力が働くため、学生は自身の能力開発に意欲的である。現地の学生は Ph.D コースを、研究を通して自己開発を行なう場としてとらえている。

これに対し、日本の博士過程はあまり自己開発ということに重きをおかず、研究すること自体が目的になっているように感じる。日本では博士課程というと研究をする場、もしくは将来アカデミックポストをえて研究をするための過程という印象をうける。将来リーダーとして働くための自己開発をする場として意識が薄いのではないかもしれない。このことは博士課程が 3 年ほどと短いため、研究に必要な能力すべてを身につけることが難しい、また学生は授業料を払う”お客”であるため受け身の行動になってしまいがちなことが問題であるかもしれない。

このことは MERIT が目指している「将来世界的にリーダーシップをとって働く人材の養成」という目的にはマイナスである。今回の訪問でこのような点を感じられたことは刺激的であった。日本のシステム自体はかえられないものの、先のよ

うな意識をもって日本での博士課程を有意義に過ごし、将来リーダーシップがとれるような人材に成長したいと強く感じた。

2) 優秀かつ活発な学生と教授

今回の派遣プログラムでは現地の学生や教授と話す機会があり、彼らの優秀さと活発さに刺激をうけた。以下に具体例を交えながら報告したい。

まず一つ挙げられるのが、学生は研究の明確な位置を理

解し、かつ他人にそれをわかりやすく伝えられることである。自身が携わっている研究のバックグラウンド、どこにオリジナリティーがあるのか、社会に与えるインパクトは何かということを整理し、専門外の人にもわかりやすく伝えられる能力である。

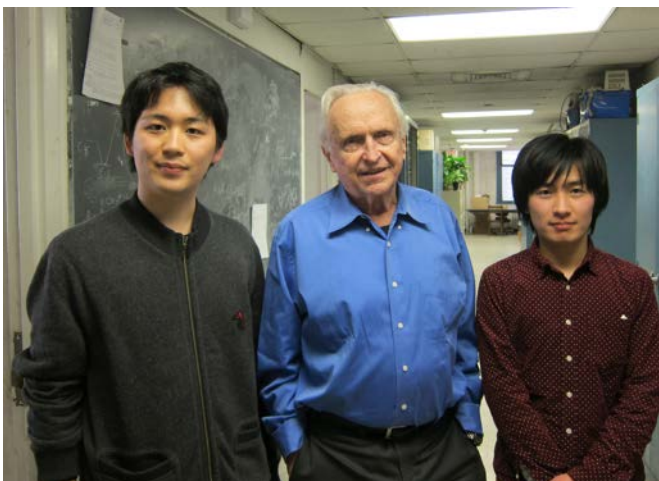
Prof. Crabtree の学生の研究紹介を聞くことがあったが、

学生の発表は以上のような点が明確で、専門外の自分にも研究の意義が非常によくわかった。先述べたような Ph.D の養育システムがそのような能力を育てているのかもしれない。また、学生の居室には専門以外の本も多く見受けられた。彼らはそれらから広く知識を得て、自分の研究が社会に与えるインパクトを評価しているであろう。

図 3 Columbia 大学図書館: Columbia 大学は New York Manhattan の大都市に位置するためか、校舎は密度が高く、高層のものが多く、ま



図 4 Columbia University Prof. R. Breslow : 写真(左)佐藤, (真ん中)Prof. R.Breslow, (右)木村君: 周りは Prof. Breslow の研究室。現在は学部生, 大学院生を受け入れず, 研究員の方のみ雇用して研究中



また、学生や教授は非常に活発であった。例えば先の Prof. Crabtree の学生はディスカッションに意欲的で、研究室内に多くある黒板をもちいて熱心に研究の詳細を説明してくれた。質問をするとためらいなく白墨をとり黒板に構造式を書く姿が非常に印象的で刺激的だった。同様に教授も活発でエネルギーにあふれていた。

Prof. Breslow はすでに 80 歳を超えているが、力強くまくしたてるような声で、一時間ずっと議論を続けられた。学生の居室と同様に様々な分野の本が所狭しと並んでおり、分野の全く異なる二人（自分と木村君）のプレゼンにもかかわらず、的確なアドバイスをいただいた。大教授とはこのようにエネルギーで深い知識をもたれているのかと思い、大変感動した。

このように、今回の海外研修では研究室訪問を通して多くの刺激をうけた。研修中に感じた長所を日本での研究活動にもいかすことで、海外研究を意義あるものになりたい。

謝辞

このたびは、このような貴重な経験を得られる場をもうけてくださった MERIT 事務局のかたに感謝申し上げます。また、現地では今回のプログラムの引率を担当され、初日の Yale 大学訪問プログラムをくんでくださった合田先生、古市先生に感謝いたします。現地で訪問を快く受け入れてくださった Prof. R. Crabtree, Prof. R. Breslow にもこの場で感謝の辞を述べさせていただきたいと思います。

M1 Eunice Phua

Department of Chemistry

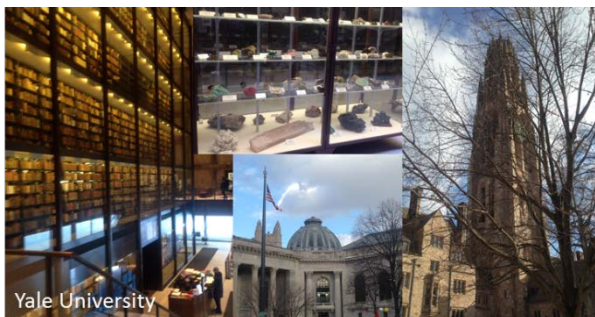
MERIT Overseas Training (Yale and Columbia University)

After a 13-hour flight coupled with a 14-hour time difference, we finally arrived in America, excited but lethargic. The actual program started on 25th February with our visit to **Yale University** with the day's activities kindly planned by the Yale's Office of International Affairs.

We visited two **Physics laboratories**, two Chemistry laboratories and a Geology laboratory headed by an UTokyo alumnus, Professor Shun-ichio Karato. At Jack Harris' Physics lab, he explained to us how he fabricated micro cantilevers on Silicon chips as probes of closed mesoscopic systems, allowing the possibility to study such isolated systems. The other Physics laboratory we visited was Steve Lamoreaux lab, where we learnt about the study of Casimir effect, and how the thermal Casimir force between two gold plates could be proved experimentally.



For the **Chemistry laboratories**, we went to Patrick Vaccaro laboratory, where we saw the power of very strong lasers. I was most interested in the Cavity Ring-Down Polarimetry (CRDP), a technique they developed to investigate the inherent optical activity of a chiral molecule in the gas phase. We also visited Mark Johnson laboratory, where they have established a method of extracting, isolating and rapidly freezing chemical species from their native solution environment to determine their reaction mechanisms.



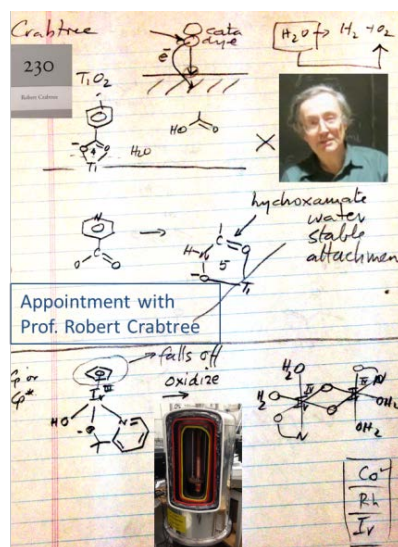
After the laboratory trips, we went on a campus tour of Yale, where we had a peek of the student life, culture and history of Yale and its surrounding area. Among the oldest universities in America, Yale houses the work of some of the world's greatest architects, with intricate details down to small 'Y's hidden in

the window panes, which we probably would not have noticed if not for our guide.

Our first day was then concluded with a dinner with Japanese graduate students in Yale. Through sharing their experiences, we were able to further understand the research environment and culture of Yale and America. Despite the fact that many of us were jet lagged and tired after a long day of activities, we definitely gained much through the interaction with the students, who patiently answered our many questions.

The next day was the commencement of our own appointments with different professors. I set up an appointment with Professor **Robert Crabtree**. For students interested in Inorganic Chemistry, Bob (as he is fondly called by his students) is definitely a professor many would wish to meet since most of us have used his textbook "*The Organometallic Chemistry of the Transition Metals*" during our undergraduate years. This is a very comprehensive textbook which serves as an introduction for organometallics, which is well used since its first edition in 1994 and is now on to its sixth edition.

Our appointment started with Bob outlining his current research topics, one which involves research with the ultimate goal of oxidising water using visible light. This is achieved by using Iridium complexes as catalysts and the reaction of water oxidation is driven much faster. After some understanding of his research, I then gave him a simple introduction of my current research project in exchange. Although our research is not immediately related, he was very kind and gave me quite many interesting ideas and advice, especially with regards to the synthesis of my ligand.



Bob then introduced us to two of his students, Jesus and Shashi, who brought us on a tour around the laboratory rooms and the facilities available to them. It was amazing to know that they had their own glassblowing laboratory in Yale, meaning that they could have creative glassware customised for their needs. This is exceptionally useful for experiments dealing with air-sensitive compounds. Furthermore, undergraduates could also choose to learn about the art of glassblowing, which I think would be useful for chemistry students constantly using glassware.

For the third day, I visited Columbia University in New York, where I attended a colloquium conducted by Professor **Daniel J. Mindiola** from the University of Pennsylvania. Presently the Associate Editor for

Dalton Transactions (the Americas), Prof Mindiola's research work involves the design and assembly of reactive early metal complexes and their role in unusual transformations such as C-H activation and C-N bond cleavage reactions.



The title of his talk was “*Titanium Alkylidynes: C-H Bond Activation and Beyond*”. The activation of C-H bonds forms the basis of catalytically converting hydrocarbons from inexpensive sources to important commodity products. His group discovered that transient titanium alkylidynes, when generated by an α -hydrogen abstraction reaction, can activate intermolecular sp^2 and sp^3 C-H bonds of arenes and hydrocarbons under mild conditions.

The seminar concluded my trip to Yale and Columbia University. On a lighter note, our trip also happened to coincide with the passage of the polar vortex in North America, which sent the temperatures plummeting into the negative regions. Imagine our bewilderment when we saw the local students walking around in shorts as though it was summer, when we felt that it was freezing in New Haven.

Although the trip was rather short, the knowledge that we have gained with regards to our own research and the understanding of other new topics is definitely worth the time and one full week's of jet lag. I really hope to go back to America or other countries in the future to visit more professors and their laboratories.

物資系専攻 修士1年 大森 康智

今回の研修は日程こそ厳しかったものの、刺激的で良い体験だったように思える。全体行動では複数のラボの見学、Yale 大学のキャンパスツアー、現地学生との食事会を行った。キャンパスツアーは大学の歴史や学生生活を知れて面白いものだった。こちらでは大学は学問だけでなく、人間関係の構築などキャリアパスの場としての役割を担うためにできたのだと思った。そういった点で日本の大学とは事情が異なるように思えた。自由行動では1日目にYale 大学で有機物質の全合成を行う Herzon Lab.を、2日目はマサチューセッツ工科大学で biophysics のセミナーを聴講し、薄膜の磁性研究を行う Moodera Lab.を訪れた。自由行動での体験は面白かった。自分でアポイントを取るのも、相手先の教授から返信が来ないなど、やってみなければ分からない苦労があった。Moodera Lab.ではポスドクの1人と研究について深くディスカッションができた。時間が足りなかったため今後連絡を取り合えるようにした。こういうところから共同研究やキャリアパスのコネクションは生まれるのかもしれない。

以下は旅を通じて考えたこと及び雑感。

寒い。まず寒い。とにかく寒い。やはりこれだけ寒いと研究するか家に帰るか以外やることがないのだろうか、などと勘ぐってしまうくらいに寒い。

建物が大きい。部屋も大きく居室はゆったりとし、羨ましい限りだ。企業見学した時の似たような配置だった。大学は街と一体化し、そのような環境の中で合理的な配置なのだろう。全然関係ないが食べ物も無駄に大きい。なおかつ高糖質高脂質なものほど安い。タンパク質や繊維質は高い。肥満大国万歳。

皆コーヒーが好きだ。セミナー室でも、図書室でも、コーヒーメーカーが置いてある。近くには黒板なんかもありディスカッションのしやすい空気が出ていた。こういう交流の場を設けることが研究機関として重要なものかもしれない。東京大学でも真似た試みは多くあると思うが空気が違うのは何故だろう。教授や異分野の人間が遠くに感じるのは何故だろう。国民性の問題かもしれないが、だとしたら形式だけ取り入れてもあまり効果的で無いのかな、などと思った。

自分の英語ヒアリング能力が低い。想像以上に。交通や買い物などの一般生活で必要な英会話で求められるスキルはアカデミックなそれより高い。皆さん口が速い。それでも最低限生きるだけならなんとかかなる。一方でセミナーに行ってみて、ここで英語が聞き取れないのは問題だ。将来的に海外で生活することを視野に入れない訳にもいけないのでヒアリングスキルを磨く必要がある。話は変わるが個人的なアカデミックな議論にはあまり困らない。分かるまで話してくれるしホワイトボードがあればなんでもできる。

海外は仕組みが日本と異なる。当然だが制度が違う。Ph.D の学生は大抵の場合、学費も生活

費も貰っている。出処は多く教授の持つ資金だ。教授の資金源は大体国だ。国が資金を割けることが前提だ。結果キャリアパスの選択肢として **Ph.D** は有り得る。好きじゃなければやっていけない雰囲気 of 日本と異なり、単純に、生きていくための戦略として可能になる。その是非はともかく（博士人材がどれほど必要かは議論の余地があるだろう）、博士人材の活用を日本が必要とするなら、企業の採用戦略にも問題があるのかもしれないが、個人が効果的に生きようとすると狙い通りにいくようなシステムを作る役割が国にはあるのだろう。**MERIT** が産学に加えて官の人材育成も掲げているのにはそれなりの意味があると思った。

以上まとめると、アメリカでは博士を多く出すことにためらいのないシステムが出来上がっているようだ。また交流を促す仕組みがキャリアパスを助け、アカポスに限らず生きやすくなっているのかもしれない。システムを作る力を持つ国と、システムに応答して活動し、またシステムにフィードバックを与える企業と、それら人材を産み出す大学、という関係性を見出すに至った。

最後にこの旅を取りまとめてくださった合田先生、引率の古市先生、**MERIT** 事務の皆様にお礼申し上げます。非常に貴重な旅となりました。

物質系専攻 修士1年 木下 雄斗

Yale 大学

海外研修初日は Yale 大学の5つの研究グループ(物理2,化学2,地学1)を訪問した。各グループ30分という短い時間であったため、立ち入った話までは聞くことができなかった。しかしながら、海外の研究室の雰囲気を肌で感じることで非常に有意義な時間であったと思う。特に印象的であったのはどの研究室でも、教授が実に楽しそうに自身の研究についてひたすら話していることであった。どの教授も、多少の質疑応答はあったがほぼノンストップで話し続けた。研究に対する情熱、積極的な姿勢を実感するとともに、自分の研究に対する姿勢において学ぶべきところが多いと感じた。研究内容については自身の英語力不足および自分の専門とは異なるためにおおざっぱにしか理解することができなかった。MERITの目指す人材で必要とされる広範な基礎知識がまだまだ足りないことを強く感じた。研究室訪問の後は学部生がガイドをつとめるキャンパスツアーに参加した。Yale 大学についてはほとんど無知であったが設立の歴史や建築物の雑学などを知ることができ、楽しめた。

Boston 大学

二日目は、Boston 大学の R.D. Averitt 准教授の研究室を訪問した。不幸なことに、Averitt 准教授は出張で不在であったため、研究室の学生に実験室を案内してもらい、研究内容についてレクチャー・ディスカッションさせていただいた。自分の研究内容と近い研究室であったため、苦手な英語でもなんとかフォローすることができた。これまで日本を含め自分の研究室以外で同じ研究分野の研究室を訪問したことはなかったため、非常に刺激を受けた。また、近い研究を行っている現地の学生とつながり(ちいさなものではあるが)ができたことも今後の研究において非常にプラスになる経験であったと思う。

総括

今回の海外研修で一番強く感じたことは、(幼稚な内容で恐縮なのだが)英語の重要性であった。研究室訪問において、英語力不足のためにうまくディスカッションができない、内容がわからないということが多かった。今後の海外活動のためにもより一層英語の勉強に励みたいと思う。



Yale 大 学生寮にある塔

MERIT 海外研修報告書

新領域・物質系 修士 1 年 松浦 慧介

まず、今回の海外研修を遂行するにあたってお世話になった東京大学の MERIT 事務局の方をはじめ、訪問させていただいた研究室の方々などにこの場を借りて感謝したいと思います。大変お世話になりました、ありがとうございました。本研修では、準備の段階から海外の研究室のアポイントメントをとり、移動等を含め一連の活動をおおよそ計画し、それを実際に実行に移すという経験を得ることができました。大変なこともありましたが、こうした経験を修士課程の比較的早い段階で積めたことは非常に有意義であったと考えています。また、普段の日本での研究活動の枠組みを超えて、海外のトップ大学の研究室に訪問し、そこでの研究活動の取り組み方や実際の研究内容・研究設備にふれることができたことは、これまでの自分の研究活動への姿勢をふりかえり、今後の研究活動への糧とするきっかけになりました。以下で具体的に本海外研修の過程で感じたこと(アポイントメントを得る過程を含めて)を自分への記録の意味も込めて述べていきたいと思っています。

(1) 2/25 Yale University の見学

初日は Yale 大学の研究室の研究内容について短い時間で説明を受けながら回り、大学内の見学をしたのち、現地の日本から留学してきた学生と夕食をとるとするという行程でした。特に、化学科の Patrick Vaccaro 教授のプレゼンテーションが異分野の私にとっても面白いと感じました。短時間で自身の研究内容について興味をもってもらえる説明ができるようにならないといけないと強く感じました。どの教授も学部生でわかるような説明で最先端の研究内容を説明していただきました。異分野の学生と研究内容について議論しなければならない私(たち)にとって今後学んでいかなくてはならない姿勢だと感じました。

(2) 2/26 Nuh Gedik 研究室 (MIT)

本研究室では光学測定技術を生かし、トポロジカル絶縁体、イリジウム酸化物、高温超伝導体、量子スピン液体など現在の物性物理で注目されている物質に関して研究が行われています。Nuh Gedik 教授は連絡したものの返事はなかったため、PD の Joshua Lui 博士に上原君と共同でコンタクトをとりました。教授に直接コンタクトをとれないのであれば、PD や大学院生の方にとるのも一つの策だと今回学びました。Joshua 博士はこの日不在であったため、今回は大学院生の Daniel Pilon 氏と Alex Frenzel 氏に短い時間ではありましたが、研究装置を一通り見学させていただきました。ポンプ・プローブ分光・時間分解光電子分光・第二高調波発生・テラヘルツ分光など光に関する測定のほとんどを一つの研究室の中で行うことができる点が非常に驚きであると同時に魅力的に感じました。日本ではそれぞれの測定を行っている研究室はありますが、すべてを一つの研究室単位で行うことができる環境は僕の知

る限りないように思います。個別の装置を見れば日本の方がまさっていると思いますが、一つの研究室の中で光物性全般について情報を得ることができる点は研究室として脅威に感じました。単に測定できる環境が整っているだけでなく、学生がその環境を活用し、光学測定全般に関して深い知識・技術を身につけています。Pilon 氏に「本研究室の強みをどのように考えていますか」という質問をした際にも、「何か一つの物質を調べたいと思ったときに研究室の中で電子構造をほぼ研究し尽くすことができる点が強みだと考えています」という風に話されていました。ちなみに、物質合成は面倒くさいので好きではないとのことでした。日本では一つの研究室の中で合成も測定も行うことが多いですが、海外では物質合成と物性測定は完全に分業化されています。どちらにも良い面もあれば悪い面もあるかと思いますが、いずれにせよここでは、自分の本当にしたいことに専念するという気質が大事にされていると感じました。また、何か一つ自分の中に強みを見つけ、磨いていくことが必要だなと感じました。



Nuh Gedik 研究室

(左から)Alex Frenzel 氏、Daniel Pilon 氏、一緒に見学した上原周氏

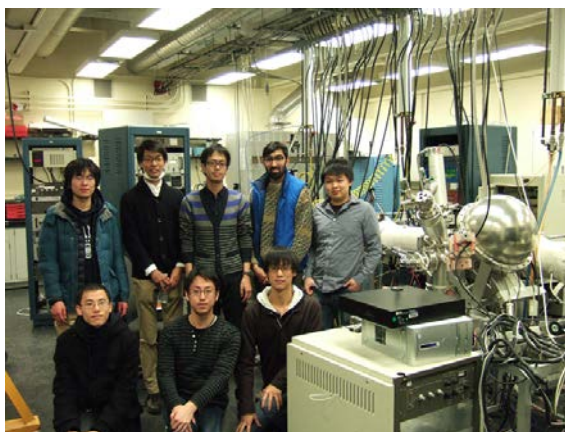


(MIT の紹介でよくでくる)MIT's Building 10 and Great Dome

(3) 2/27 Charles Ahn 研究室 (Yale University)

本研究室では強相関電子系の薄膜合成と輸送特性についての研究が行われています。Ahn 教授は、小野塚くんがコンタクトをとっていて、小野塚くんほか計 6 名で見学させていただきました。これまでバルク結晶の研究を行ってきたので、薄膜合成に関する知識がなく、(日本でも様々な研究室で薄膜合成が盛んにおこなわれています)見聞を広げるためにこの研究室で同行させていただくことにしました。まず、研究内容についてポスターを用いた説明を受けました。強相関電子系の中でもバルク単結晶に関するものを研究してきたので、薄膜研究がどういうモチベーションのもとで行われているかさえわからなかったのですが、今回の見学を通して学ぶことができました。強相関薄膜は基本的には界面相における新規物性の発現を目的としていて、異なる相の組み合わせが幅広く存在するところに面白さがあるとのことでした。その後、研究装置を一通り見学させていただきました。実験室には、薄膜合成用

の分子線エピタキシー装置が複数台あり、(基本的に薄膜は表面への不純物の吸着が命取りになるので、)合成してそのまま真空中で抵抗測定や XPS(X 線光電子分光)を行うことができるようになっています。薄膜合成をしてそのまま輸送特性や電子構造に関する知見を得ることができるという非常に魅力的な装置環境ではありますが、これだけの装置を一つの研究室で整備するには莫大な時間や資金、またそれを保守していく人々のノウハウや技術が不可欠であることに非常に感銘を受けました。今回の見学を通して薄膜研究について知るきっかけを得たので、今後もっと自分で勉強していきたいと考えています。



Charles Ahn 研究室

一緒に見学した MERIT 海外研修メンバーと説明していただいた研究室の方(この写真には写っていませんが、もう一人熱心に説明していただいた方がいます。)

最後に今回お世話になった方々全員にもう一度お礼を申し上げて、この報告を締めくらせていただきたいと思います。

また、ここで学んだことは必ず今後の研究生活の中で生かし、役立てていこうと思います。

(文責: 松浦)