

## コロラド大学留学レポート

### 1 はじめに

2023年3月1日から2024年4月30日までの1年2か月間、科研費国際共同研究強化Aの支援を受け、米国コロラド大学ボルダー校に、客員研究員として研究滞在させていただいた。そもそも研究留学どころか、海外で1か月以上暮らすこと自体が初めてであったこともあり、もちろんその当時は大変なことも度々あったはずであるものの、今思えば研究や日常生活の全てが新鮮で面白く、学びの多いひとときであった。本レポートではその一端を、読者の皆様と共有させていただきたい。



写真 1. 積雪のあるロッキー山脈、  
右側がコロラド大学ボルダー校。

なお、コロラド州ボルダー市は、ロッキー山脈の麓にある人口約10万人の都市である（写真1）。標高が1,606 m（Wikipediaによる）と、とにかく高い。高地トレーニングの聖地であり、マラソン日本代表選手の合宿先として、よく使われていると聞く。著者は普段登山などしないため、「ボルダーに行ったら歩くだけで息が切れるのかな・・・」と心配していたものの、さすがにそれほどきつくはなく、むしろ湿度が低くて天気がいいため（『地球の歩き方』によると、年間晴天日が300日以上とのこと）、快適に散歩やサイクリングを楽しめた。ボルダー在住の皆さんは健康意識が高いようで、日常的にランニング、サイクリング、ハイキ

ングをする方が多かった。ハイキングにいたっては、犬まで（場所によってはリードを外して）楽しんでいた。市民の皆さんの健康意識は数値にも反映されているようで、コロラド州の肥満率は全米で最下位、という統計データもある（2023年）。「米国滞在に関心があるものの、健康だけは損ないたくない」といった日本の皆さんに、是非ともおすすめしたい場所である。どれだけ見ても見飽きない魅力をもつ、プレーリードッグも歓迎してくれるはずである（写真2）。



写真 2. 大学キャンパス近くのプレー  
リードッグ。運がよければ1つの穴か  
ら6-7匹顔を出すことも。



写真 3. 通勤路の積雪。

とはいえ、何事も一長一短。コロラド・ボルダーの冬は極めて寒い。日本の本州でぬくぬくと育った著者にとっては、なかなか厳しいものがあつた。毎日徒歩 20 分で研究室に行くのだが（写真 3）、手袋を二重につけても指先が冷たく痺れ、暖房の効いた大学に着くと、血管内の血が急に流れ始めるような感覚を受ける。積雪が酷いときは、通勤路を歩くだけで、文字通り体の半分が雪に埋まることもあつた。2024 年 1 月には、気温  $-23^{\circ}\text{C}$  を経験した。息をするだけで喉と鼻がシャリシャリする気温である。自然の美しさや、自然と共生する人たちや動物たちの姿に癒されたのと同時に、自然の厳しさに心身ともに鍛えさせて貰った時間であつたように思う。

## 2 研究生活

さて本題の研究であるが<sup>3</sup>、Aerospace Engineering Sciences 専攻の Timothy K. Minton 教授の元、低地球軌道（low Earth orbit, LEO）と呼ばれる宇宙空間に存在する原子状酸素（atomic oxygen, AO）の、宇宙用材料への照射影響や、材料表面での散乱挙動に関わる研究をさせていただいた。LEO では、残留大気の主成分である AO と人工衛星が、衛星の周回速度である 8 km/s を相対速度として常時衝突している。これは並進エネルギー 5 eV で AO が衛星表面材と衝突することを意味し、熱制御や構造用途で用いられる有機材は表面を酸化、浸食されてしまう。また近年、超低地球軌道（very low Earth orbit, VLEO）と呼ばれる高度 300 km 以下の衛星利用に、注目が集まっている。VLEO は、高解像度の地球観測を、低輸送コスト、低宇宙環境リスク（宇宙放射線、デブリ由来）で実現可能である点が期待されている、いわば、「地球観測の最後のフロンティア領域」となっている。しかし、VLEO は大気密度が従来の衛星高度と比べ桁違いに高いがために（たとえば高度 300 km–150 km は、400 km と比べて 10 倍–1,000 倍の大気密度と推定される）、その主成分である AO による材料の深刻な損傷が懸念されるのに加え、大気抗力（大気ドラッグ）と呼ばれる大気が衛星を押し戻す力（の内、ガス衝突方向の成分、分力）も大きく、衛星の高度維持に要する推進システムの要求（推進剤や電力など）が高い。大気抗力は、大気の衛星材料表面での散乱され方のみによって決まる物理量である。し

たがって、VLEO での大気抗力を精度よく推定するには、ガスの散乱挙動を実験的に導出することが不可欠となる。

Minton 教授の研究室では、回転機構付きの質量分析計が取り付けられたレーザーデトネーション装置（世界で唯一無二）が運用されており、材料表面への AO の照射と、材料表面で散乱された AO などガスの飛行時間分布を、ガスの入射角と散乱角を変えて取得できる。著者は滞在期間中、当該装置を使用して宇宙用材料への AO 照射と AO 散乱実験、さらには AO 照射表面の種々の分析をさせていただいた。結果的に、材料表面での AO のふるまいとそれに関わる物理化学、また、材料表面状態（モルフォロジーや組成）が散乱挙動へ与える影響を、「身をもって」学ぶことができた。あえて身をもって、を強調して書いたが、散乱実験はとても時間が掛かる。飛行時間分布スペクトルを、入射角、散乱角を変えながら必要な散乱成分に対して取得する必要があるのだが、一旦ビームを止めてしまうと同様のビームを再現することが困難といった理由で、装置を立ち上げると一通り必要なデータを取りきるまで実験が続く。12 時間以上のデータ取得を、多いときは 2 日に 1 回実施し続ける、そういった数か月間があつた。体力的には消耗した部分もあつたが（挙句の果てに、視界に稲妻が数分間見えるという体験をした。閃輝暗点というそう）、取得できるデータはいつも興味深いもので、時間と労力を投じたからこそ理解が深められたと思う。

以上のような経験を通し、米国ではよりよい成果取得に向け、地道な実験をこつこつと、金銭的・人的リソースをしっかりと割いてとても丁寧に実施していることがわかり、よい刺激をいただいた。また、「百聞は一見に如かず」、「一見は一動に如かず」というのを、日々感じ学ばせていただいた。散乱実験については、渡航前に論文で読んでいたものの、実際に見るとプロセスや必要な機器が思いの外多く、またそれらに関わる物理も把握できていないことが度々あり、論文のみからでは学びきれていない、ということを実感した。また見るのと自身で手足を動かしてやってみるのとでは、大きな解離があるというのも、複雑な実験を（母国語でない英語で教わりながら）実施する過程で痛感した。「何かを学ぶには、聞くより見るより動くべし！」というのは古今東西共通の真理であるようにも思うた



め、今後それを肝に銘じて研究に取り組みたい。

### 3 日常生活

コロラド・ボルダーでの日常生活についても少し触れたい。まず、著者が滞在した期間は、まさに「物価高・円安」であった。カフェでラテとクロワッサンを頼むと 2,000 円の世界である。また、ボルダーは「家賃高」も著しく、1LDK・光熱費抜きで月 35 万円–43 万円支払っていた。ことあるごとに脳内で円換算していると、何一つ楽しめなくなってくる。比較的短期の海外滞在であれば、お金のことは一旦忘れて（もしくは考えすぎず）目の前のことに集中するのがよいと思う。そして、帰国後冷静に見つめ直した上で（この文章を執筆する中で著者が思い出しているように）、一層がんばって働くのが望ましい姿勢ではないだろうか。



写真 4. ロッキー山脈国立公園。

言語や文化の違いも興味深かった。英語生活は徐々に慣れていったものの、否定で聞かれて同意する際に (Don't you ~? / Didn't you ~?), No といえるようになるために 1 か月要したり（日本語のように Yes といってしまうと、想定外の方向に話が展開する）、「はあ? (Huh?)」と聞き返されるのに慣れるのに半年要したり（最初の半年はいちいち緊張が走っていた）、馴染みのない単位が日常的に使われておりその程度が想像しづらい (°F, oz, lb, feet, mile) など、習慣が身に着くのに時間がかかる部分も多々あった。とはいえ、日本の学校教育では学びきれなかったさまざまな表現・言い回しを知り、そのニュアンスを理解し使えるようになる過程自体が面白かったように思う。文化の面では、コロラドは国立公園や州立公園が多いこともあり、季節

によって趣が変わる大自然の中で休日を楽しむ人々が多かったように思う。著者も、ロッキー山脈国立公園、メサ・ヴェルデ国立公園、グレート・サンド・デューンズ国立公園などに足を運び、美しい自然や動物たちを眺めることができた（写真 4）。また、同僚間だけではなく街中などでも「Hi, how are you?」と気軽に挨拶し合う文化は、（そして場合によっては、たとえ初対面であってもその後少々の日常会話を楽しめる文化は、）新鮮で心地よく魅力的に映った。こういったコミュニケーション文化は、多民族国家で平穏に生き抜くための知恵、技術であるのかもしれない。空気を読む文化が根強く浸透している日本でも、「おはようございます。調子はどうですか?」という何気ない会話の積み重ねで、業務や研究が円滑に進む部分もあると思う。挨拶に限ったことではないが、“米国かぶれ”が多かれ少なかれ残っているうちに、米国で得られたよい文化・習慣を日本での日常生活に取り入れていきたい。

### 4 おわりに

コロラド大学ボルダー校への研究滞在では、学びの多く有意義で、貴重なひとときであった。本リポートが、海外研究滞中に少しでも興味がある方がそれへの第一歩を踏み出す勇気に繋がれば幸甚である。コロラド大学の Minton 教授には、本滞在中を快く受入れ、多くの面白い実験・評価の機会をいただき、また宇宙材料研究の重要性・奥深い面白さを教えていただいた。研究室や共用実験施設の皆さんには、実験や測定手順を基礎から丁寧に教えていただき、多くの会話を通して異文化の面白さを教えていただいた。現地の日本人の方々にも、日常生活で多くの支援をいただいた。JAXA 研究開発部門の山中 U 長、谷島 U 長、木本領域主幹、宮崎領域主幹をはじめ、材料領域のメンバーや研究推進部の皆様のご支援・ご協力なしでは、コロラドで 1 年以上も勉強させていただくことはできなかった。東大・山下先生には、本滞在中のきっかけとなる科研費申請の際、大変丁寧に添削をいただいた。家族を含め、その他支援してくださった皆さんにこの場をお借りして深く感謝申し上げる。最後に、本滞在中について文書として残す機会をいただき、日本放射線化学会編集委員会の皆様に御礼申し上げる。

(宇宙航空研究開発機構 後藤 亜希)

## 4th International conference on Ionizing Processes 2024 (ICIP2024) 参加記

2024年8月11日-15日の会期で行われた ICIP2024 に参加してきました。場所は放射線化学の聖地ともいえる University of Notre Dame (米国) でした。日本からの参加者は4名でした(米国の研究機関に所属する日本人の方が参加されていたため、数え方は色々あるかもしれません)。ICIP2024 の二週間後には同じ放射線化学を専門とする国際会議 Tihany Symposium on Radiation Chemistry の開催がハンガリーで予定されていることもあり、欧州からの参加者は数えるほどでした。会議自体の全体の参加者数は80人ほどで、やや寂しい印象でした。

University of Notre Dame ですが、South Bend 国際空港から車で20分くらいの場所にあります。公共交通機関で行けなくもないですが、タクシーかレンタカーを使うのがオススメです(UBER 超便利!)。日本から行くのであれば、Chicago から South Bend に行くのが一般的な方法になるんじゃないかと思います。ちなみに Chicago から South Bend って時差あるんですよ。なんかおかしいなーって思ってたら、Holmbeck さん(Greg) が教えてくれました(彼、めっちゃナイスガイ)。現地はといいますと、やはり物価高と円安の影響を受けて、ホテルが高い高い……。円安は少し収まった印象ですが、それでもなかなかです。大学付近のホテルは手が出なかったため、会場から車で10分程度離れた場所にあるホテルを予約することにしました。米国のホテルって、大体ワッフル焼けるんですけど、あれ結構好きなんですよねー!!!

さて、会議に話を戻しましょう。初日の Welcome Reception の前には若手研究者と学生が集まってそれぞれの研究を紹介するワークショップが開催されていました。若手研究者間の共同研究が生まれるというの狙いのようです。こういったワークショップはかなりいいものだなと思いました。自分も呼んでもらったので参加しようと思っていましたが、完全に寝坊しました。自分の研究紹介の時間を過ぎたタイミングで起床し、慌てて主催者に連絡し、最後の最後に発表を回してもらってなんとかセーフ(いや、アウト)。時差ボケおそろしや〜。とはいえ、悪い

事ばかりではなく、主催してくれたポスドクと話す機会ができ、かなり仲が深まりました。雨降って地固まるって感じですかね? 雨降らずに固まらせることを、次回の目的にしてみたいと思います。

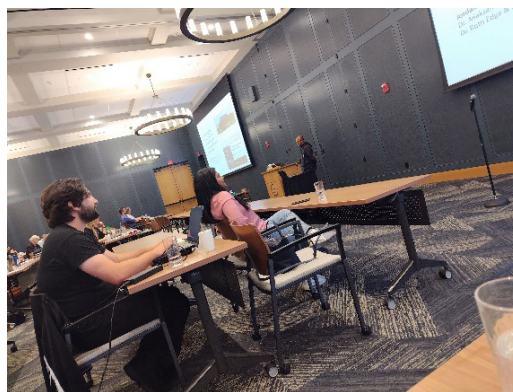


写真 1. 会場の様子。若手、もしくは学生の参加者が多く、積極的な議論が行われていました。

二日目からは、正式に会議が始まりました(写真1)。学生やポスドクの参加者が多い事もあり、Early Career Researcher セッションが多く組まれていました。プレゼンテーションのレベルが高く、学びが多かったです。欧米ではプレゼンテーションに関する授業があったりもするようです。一度、プレゼンテーションに関する講義を受けてみたいとも思いましたし、日本人の若手研究者や学生にとっては有益だと感じました。さて、自分はありがたいことに招待講演者として呼んでもらいました。FLASHに関する講演をしました。最近では水の放射線分解生成物の収率の線量率依存性を評価するだけでなく、プラスミドDNAを使った実験にも取り組んでいます。これらの結果を紹介すると共に、化学過程における反応がどのように生物効果に影響を与えるのかを議論しました。会場からはシミュレーションとの整合性に関する質問が出ました。シミュレーションの開発を目的とした共同研究を進めていくための議論を発表後にできたことは良かったです。

会期中には Notre Dame 大学の Radiation Laboratory の見学がありました。論文で読んでいた装置を間近に見ることができて感激しました。特に静電加速器が目を引きつけていました（写真2）。また、ツアーでは St. Joseph を訪問しました。Michigan 湖の周辺をゆっくり散歩しながら参加者らと雑談をしたりしながら過ごしました。この頃には日本人のお二人はクーラー等でダメージを受け、体調がすごく悪そうでした。

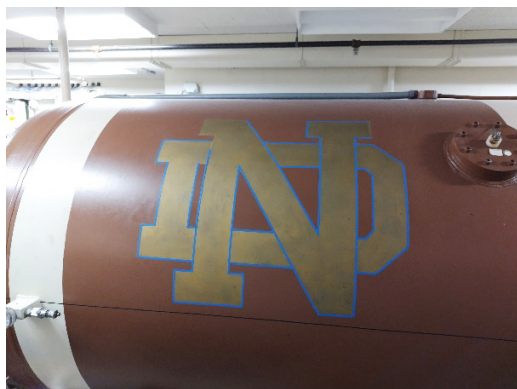


写真 2. アメフトボールを模した加速器。写真では見にくいですが、選手のサインがされていました。

ICIP は基本的に米国内で開催されるため、同国内から多くの参加者が期待できます。しかしながら、本年の会議では Tihany Symposium と会期が近かったこともあり、欧州およびアジアからの参加者がほとんどいない状況でした。そのため、国際会議というよりは、米国内の国内会議に参加したというのが率直な感想です。難しい点も多々あるとは思いますが、より多くの参加者が見込めるように開催していただきたいと思います。また、アジアにおいても Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry 等を通じて放射線化学を盛り上げていくことも必要なのではないかと考えさせられました。その中で、日本が存在感を示すことができれば、素晴らしい事なのではないかと思っています。自分も、国内外問わず共同研究ネットワークを拡大し、存在感を出していければと思います。

ICIP ですが、今回は New Mexico 州にて 2026 年秋ごろの開催予定です。都合のつく方は参加してみてもどうでしょうか？

(量子科学技術研究開発機構 楠本 多聞)

## 第 15 回 Tihany Symposium on Radiation Chemistry 参加記

2024 年 8 月 23 日-28 日の会期で第 15 回 Tihany Symposium on Radiation Chemistry がハンガリー、エゲル（Eger）にて行われた。Tihany Symposium on Radiation Chemistry は基本的に 4 年周期でハンガリーの Tihany 半島周辺で開催される放射線化学の国際会議で、最初の開催は 1962 年の放射線化学関連の国際会議の中でも歴史の長いものである。私は前回、前々回に引き続き、3 回目の参加となった。COVID19 の影響により、前回（2019 年 5 月）からは 5 年目での開催であったが、ホストしているハンガリーの面々はみなさん元気な様子であった。みなさんとは、長年この会議を Chair として主催してきた Erzsébet Takács 博士や、

László Wojnárovits 博士、前回から Chair として活躍している Renáta Homlok 博士や Krisztina Kovács 博士である。会議の参加者は 80 数名で、東欧諸国を中心に、西欧、北米、南米、アジアからの参加者であった。本邦からは名古屋大学、日本原子力研究開発機構、量子科学技術研究開発機構、大阪大学（私）からの 4 名の参加であった。また、世界情勢、特にロシア-ウクライナ間の状況や、イスラエルを取り巻く状況は、当該諸国からの参加を難しくしていた。また、直近の会期で米国にて行われた第 4 回 International Conference on Ionizing Processes 2024（ICIP2024）の影響もあったものと思われる。私自身も、Tihany Symposium への参加



を決めていたため、他の事情も勘案して ICIP への参加を残念ながら見送った。

さて、会議の様子であるが、各セッションは fundamental processes in radiation chemistry, application-polymers, environmental protection (2 セッション), energy saving, biopolymers, food irradiation, nanomaterials であった。また、László Wojnárovits 博士の 80 歳記念セッションも 2 セッション組み込まれていた。セッション名からはあまり感じられないかもしれないが、前回と比較すると環境系の報告、特に水処理の報告が増えたように思われる。また、放射線化学反応自体を調べ上げた報告はそれほど多くなかった。また、ポリマー、およびバイオポリマーに関する応用は一部では活発で、企業のバックアップもされているものもあった。基礎研究としては米国、フランス、日本で行われた研究結果が多く、つまり、利用できる装置が整っていることに起因するものと思われる。装置に関連して、加速器等の新設の報告はなかった。

ところで、今回会議が行われたエゲルは有名な保養地で、温泉でも有名らしい。会場のホテルにも温泉プールがあり、無料で利用できた。とはいえ、真面目に会議に出ていたため、セッションとの時間の兼ね合いで私自身は残念ながら？ 体験できなかった。この Tihany Symposium は毎回アットホームな雰囲気での会議で、今回は特にホストは毎晩アクティビティを用意してくれていた。徒歩 20 分ほどにあるハンガリー産のワインを出すバーが 20 件ほど集まったエリアで結構な時間まで楽しんだ。このワインツアー？ は半分以上の参加者が参加したいのではないだろうか。また、別の日はホテル併設のバーを貸切り、ボーリングとピ

リヤードを見たりやったりしながら交友を深める機会を得た。エクスカーションは近くの古城見学であったが、会議中に体調を崩したこともあり、残念ながら参加せずに部屋で休まざるを得ない状況になったのは実に残念であった。会議の最後、カンファレンスディナーの後は、ヨーロッパの国際会議ではおなじみのダンスタイムであった。

この会議の特徴は、他ではなかなか会うことのあまりない東欧諸国の方の研究を聞いたり、関連研究者と知り合ったりすることができる点ではないかと思う。また、先述のとおり、アットホームな雰囲気、忙しすぎない日程であるため、この点でもある意味リラックスして参加できるのではないかと思われるので、参加したことのない方は、是非一度参加してみることをお勧めする。次回開催は 4 年後で、バラトン湖周辺での開催となる見込みである。



写真．ハンガリーはどこでも広く平ら。手前は向日葵畑、奥は葡萄畑。空港と会場間の送迎バスの車窓から。

(埼玉大学大学院理工学研究科 神戸 正雄)