

水環境分野の若手人財へ のメッセージ*

久保田健吾



Kengo Kubota 博士 (工学)

平成18年 長岡技術科学大学大学院工学

研究科博士後期課程修了

19年 東北大学大学院工学研究科土 木工学専攻助教

同大学大学院工学研究科土木 26年

工学専攻准教授

令和3年 同大学大学院環境科学研究科

先端環境創成学専攻准教授 4~5年 クイーンズランド大学客

員研究員

平成27年度科学技術分野の文部科学大臣 表彰若手科学者賞

日本水環境学会が対象とする分野は裾野が広い。社会 インフラとの繋がりも深く、人々の安心・安全な生活に は欠かせない。人口減少下のわが国において、分野の維 持・発展には、若者にとって魅力があることが重要であ る。若き学生にとっては、年齢の近い大学院生や若手研 究者の生の声を聞くことは、自身のキャリア形成に大き な影響を与える。そのような話はキャリア支援やワーク ショップなどで聞くことはあっても、 学会誌という媒体 で特集され、文章として形になっているものはあまり見 かけない。文書化されることで、「その場」にいなくて も, また後に続く人財にとっても, 「当時」の若手人財の 声に触れることができる貴重なものとなる。

若手人財にとって水環境分野の魅力とは何だろうか。 高度経済成長期に見られた公害を含む様々な問題を乗り 越えて取り戻してきた健全な水環境を維持することだろ うか。日本の経験・技術を伝え、途上国の水環境問題解 決に共に取り組むことだろうか。気候変動にともなう水 資源や生態系への影響を明らかにし、将来予測にともな う対応策を講ずることだろうか。豊かな水環境や新たな 価値を創造することだろうか。この分野の魅力は若者に どのように映っているのだろうか。我々はその魅力・必 要性を十分に伝えきれているのだろうか。

水環境分野における研究は、地球規模から分子レベル を対象とし、また分野の垣根を超えたものである。例え ば生物学的排水処理プロセスの研究において、プロセス を理解するためには化学や熱力学、反応工学が必要であ る。生物叢は環境微生物学. 分子生物学を基礎に. 情報 科学を使って解析する。病原微生物の理解には医学的知 識も必要である。研究の面白味は増す一方で、研究室内 だけ、あるいは国内だけで完結するものではなくなって いる。そのため国内外の繋がりがより重要になっている。

例えば若手のみなさんは行ってみたい研究室があるだ ろうか。私はこれまでに数回、海外に滞在する機会に恵 まれた。そのモチベーションは、この国に行きたい(高 専時), この先生と研究したい、という単純なものだった ように思う。どういった理由であれ、外に目を向けるこ

とは自分の世界を広げる一歩になるかもしれない。そし てとりあえずやってみることである。考えることも大事 だが考えすぎて進まなければ停滞したままである(これ は研究についても同じ)。まず一回挑戦すれば次は経験者 である。そうして前に進むこともある。海外でやってい けるのかな、と尻込みするかもしれない。ただ、研究室 で机を並べて, 国や地域に根づいた時間を過ごすことは, 研究面、生活面においてかけがえのない財産となる。こ れまでの自分とは異なる価値観や捉え方、全く新しい考 え方などに触れることで、新たな研究の展開があるかも しれない。海外研究者とのネットワークもかけがえのな いものになる。申し添えておくと、私は日本は素晴らし いと思っている。ただ海外に住み、直接肌で触れて感じ る経験は、また違う豊かさを与えてくれるのである。

研究も学生生活も仕事もやりがいがあって楽しいこと が重要である。ただ楽しさは与えられるものではなく. 自ら楽しむものである。もちろん大変なこともある。私 は修士課程に入り微生物を検出する FISH 法の高感度化 に関する研究を始めたが1年間ほぼデータが出なかった。 清水の舞台から飛び降りる思いで買った1本20万円のプ ローブ(×3本)を用いて実験を行った時. 標的微生物 からの眩いばかりの Cv3 のシグナルを見た時の感動と興 奮は忘れられない。そしてその直後に見たネガコンから の強烈なシグナルも忘れられない(つまり実験としては 失敗)。ただ研究を始めてからほとんど真っ暗な顕微鏡し かのぞいてこなかった若者にとっては、何であれ強く光 ったことが嬉しく、今でもその瞬間を覚えている。そし てこんなニッチなネタを理解してくれる人がいるかも知 れないと期待を込めて楽しんで書いている。

本特集の巻頭言の話をいただいた時、私が書いていい のかと思う一方で、私も年を取ってきたのかなと、最近 悲鳴をあげだした体とは裏腹に気持ちだけは若い気持ち でいた自分を振り返った。本特集が、若手人財が自分の キャリアを考える一助となること、また若手人財がどの ように考えているかを知ることで、分野の魅力を伝える、 分野を発展させていくための一助となることを願う。

^{*} Message to Young Researchers in the Field of Water Environment

若手水環境人財が挑む 水環境研究の未来とキャリア

日本水環境学会では 2023 年 12 月現在で 411 人の学生会員が所属し、日本水環境学会年会や日本水環境学会シンポジウムなどで発表賞を競うなどして切磋琢磨している。本会では学生会員を対象にキャリア支援に関する活動も積極的に実施してきた。一方で、学生会員や若い研究者自身のキャリアに対する考え方について話を聞く機会はあまり多くない。そこには進学や就職への意思決定の考え方、大学院進学における研究テーマの選び方、研究へのモチベーションの保ち方など、企業・大学・研究機関などにとって人材育成を考えるうえで必要な情報が隠されているのではないだろうか。そこで本特集では、若手人財の体験談や将来への展望などに関する忌憚のない意見を寄稿いただくことで、今後の水環境分野の未来を考えていく材料としたい。

(担当編集企画委員 産業技術総合研究所 黒田 恭平)

私が水環境研究の夢を抱くまで*

工 藤 千 紘

1. 水環境を学び始めたきっかけ

私が水環境分野に初めて興味をもったのは,八戸工業高等専門学校(八戸高専)の「水の環境調査」という公開講座の時である。高専進学を考えていたところ,中学時の先生から勧められて何気なく参加したものだった。水環境の汚染や保全についての講義を受け,実際に近くの河川に行って水の透明度やpHを測定したり,生息する生物について調査したりする内容であった。水は生活に必要不可欠なものであるが,水一つで命に関わってしまうということを学び,最も身近で人の暮らしを守れる責任ある分野であると感じた。

当時は建築に興味があり、他学科ではあったが姉が在



Chihiro Kudou

工学学士

令和4年 八戸工業高等専門学校産業システム工学科環境都市・建築デザイン

コース卒業

同年 長岡技術科学大学工学部環境社会 基盤工学課程編入学

6年 同大学工学部環境社会基盤工学課 程卒業

> 同大学大学院工学研究科環境社会 基盤工学分野在学中

* How I Came to Have a Dream in Water Environment Research

学していたことも影響して八戸高専へと進学した。私の出身である「環境都市・建築デザインコース」では、1~3年までは全員が建築分野と土木分野の両方を履修することになっていた。その後、4年の進級時に土木コースもしくは建築コースの中から主とする専攻を決めるためのコース選択があった。2年生までは建築コースに進むことしか考えておらず、自分が土木コースに進んでいるビジョンが全く見えていなかった。しかし、住宅設計など芸術的なセンスが問われることの多い建築分野は成績があまり振るわず、これを今後の専攻にしていくことに不安を感じた。その時、公開講座や水環境の授業を思い出し、やっぱり面白そう!という直感を信じて土木コースの選択と水環境研究室への所属を決めた。

もし普通高校に進学していたら、大学進学を前にこのような自分の向き不向きに気づけていなかったのかもしれないと思うと、高専への進学は私にとって非常によい 選択であった。

2. 「自主探究」での挫折

八戸高専では、本科1~5年生の全員が「自主探究」を行う。自主探究とは、1年間を通して自らが決めた新規性のある好きなテーマ(4、5年生は卒業研究に関するテーマ)を自由に設定し、科学的な方法で検証する、課題発見・解決能力を養うためのカリキュラムである。指導する先生方は全員研究者であり、卒業研究を見据えて入学と同時に研究に触れることができる、八戸高専ならで

はの取り組みである。この自主探究を経験したことで、「科学とは何か」という基本的なことから、発表資料の効果的な作り方やプレゼンテーション能力を養うことができた。しかし、この自主探究を進めるにあたっての最難関はテーマ設定である。よく「テーマが○割」などというテーマ設定の影響力の大きさを示す言葉があるが、自分の興味や実際に実験・検証が現実的にできることだけでなく、人の興味を引く、役に立つテーマである必要があるため、毎年苦戦していた。3年間気合いで何とか絞り出したようなテーマで研究を行っていたが、今見返しても微妙な出来である。賞を取るような面白い研究をする人を見て「私は研究に向いていないのだな」と研究に対して苦手意識をもつようになっていた。

3. 研究の楽しさを知った卒業研究

高専の卒業研究では、バクテリオファージを用いて下 水処理過程において多剤耐性大腸菌を除去する研究を行 った(写真1)。自分が携わったこの研究が将来、社会に 実装され、人々の暮らしや健康を守ることに貢献できる かもしれないという感覚が、研究を進める上での大きな モチベーションとなった。また、手を動かして実験する こと, 目に見える結果が得られる過程, 先行研究を調査 して知見を深めること、これらが純粋に楽しく感じた。 信頼のおける指導教員の熱心なご指導のおかげで、5年 時の自主探究と卒業研究は優秀賞をいただくことができ た。自分の「得意」と「楽しい・好き」が初めて評価さ れた瞬間の嬉しさは、今でもはっきりと覚えている。こ れらが自信となり、研究への意欲が高まる中で、指導教 員から「博士を目指してみてはどうか?」と勧められた。 大学編入を決めたのは4年時であったため、正直なとこ ろまだ就職したくない…という思いからの進学であった が、大学院までの進学意欲はこの時に強くなった。



写真1 高専の研究室メンバー

4. 大学編入をして

私が長岡技術科学大学に編入学した理由は2つある。1 つは大学院進学率が高いことであり、長岡技術科学大学では学部卒業者の8割程度が大学院に進学している。志望校として決めた段階では、大学院に行くことをはっきりと決めていなかったが、ほぼ確約された選択肢があることは安心であった。

もう1つの理由は、学部4年時に長期インターンシップ (実務訓練) が設けられているためである。実務訓練は大学院進学者のための必修科目であり、国内外の企業

や官庁, 大学等に派遣さ れ、組織の一員として実 務経験をする。就職活動 の一環として参加するイ ンターンシップよりも長 い期間, 自分の専攻を生 かした業務をできるとい う点で魅力的なものであ った。学部での卒業研究 に代わるようなものであ るため、大学院に入るま で本格的な研究は行わな いことになる。私はこの 機会を利用して、実際の 研究現場を経験してみた いと思い, 実務訓練先と して産業技術総合研究所



写真2 産総研での実務訓練

を選び、大学の研究室の OB でもある黒田恭平主任研究 員のもとで研究に携わらせていただいた(写真 2)。プロ の研究者、そのもとで研究を行う技術研修生の学生、テ クニカルスタッフの方々とコミュニケーションをとるこ とができ、非常によい刺激を受けた。この貴重な出会い と経験は、現在の研究活動の意欲にもつながっている。

5. 大学院進学と今後の進路

現在は修士課程に在籍し、膜分離活性汚泥法(Membrane Bioreactor: MBR)の運転において問題となる目詰まり(膜ファウリング)を発生させる原因微生物を分離・培養し、ファージを用いて制御する研究を行っている(写真3)。高専時代での研究においても下水処理やファージを用いた研究を行っていたことから、その知識を生かせると思いこのテーマを選択した。しかし、自分の知識の浅さを日々痛感しており、先輩の論文や先行研究の論文で勉強をしている。4月から研究を開始したため、まだ成果と言えるものは出ていないが、今後研究が進んでいくのが楽しみである。

今後の進路について、周りが就職活動を本格的に始めている中で、博士課程に進学するか就職をするか悩んでいるところである。このような時に相談を聞いてくださり、応援してくださる方々とこれまで多く知り合うことができて、非常に恵まれていると感じている。支えてくださる方々に感謝しながら、悔いのない進路選択をしていきたい。



写真3 大学院での研究の様子

土木工学を専攻する私が挑む薬剤耐性の研究*

段吉新大

1. 私の研究テーマ

私は「薬剤耐性菌」について研究している。薬剤耐性 菌とはその名の通り、抗生物質といった薬剤に対して耐 性を持つ細菌のことを指す。通常、抗生物質は細菌を殺 したり、その増殖を抑制したりする働きを持ち、細菌感 染症の治療に用いられる。しかし、抗生物質の誤用や過 剰使用が主な原因となり、細菌は抗生物質に対して抵抗 力を持つようになる。このような薬剤耐性菌が増加する と、これまでは軽症で済んでいた感染症の治療が困難に なり, 重症化したり, 死亡に至る可能性が高まる。実際 に 1980 年代以降, 従来の抗生物質が効かない薬剤耐性 菌が世界中で確認され、感染症の予防や治療が困難にな る事例が増加しており、今後も抗生物質が効かない感染 症の増加が予想されている。一方で、これらの薬剤耐性 菌に対抗する新たな抗菌薬の開発は減少傾向にある。世 界保健機関 (WHO) によると、細菌性の薬剤耐性は、 2019年に世界で127万人の死亡に直接関与し、495万人 の死亡に寄与したと推定されている1)。さらに、世界銀 行は、薬剤耐性によって2050年までに1兆米ドルの医療 費が追加され、2030年までに年間1兆米ドルから3.4兆 米ドルの国内総生産 (GDP) が失われると推定してい る1)。これらの背景から、薬剤耐性菌は世界的に深刻な 公衆衛生・経済上の脅威となっている。

2. 私が学部時代に行った研究

薬剤耐性菌は、遺伝子の水平伝播という現象により急速に拡散していることが分かっている。これは、遺伝情報が親から子へと垂直に伝わる通常の遺伝とは異なり、異なる個体や種の間で遺伝情報が直接伝達される現象である。このうち、接合と呼ばれるプラスミドを媒介とした水平伝播の一種は、供与菌が受容菌を性繊毛というチューブのようなもので捕捉することから始まる。その後、タンパク質分泌機構によって形成された両細菌をつなぐ通路を介して、断裂したプラスミドの片側一本鎖 DNA が輸送される。最後に、供与菌と受容菌それぞれが細胞



Arata Danyoshi 学士 (工学)

令和6年 愛媛大学理工学研究科理工学専攻 環境建設工学分野修士学生

* My Perspective on Antimicrobial Resistance Despite Majoring in Civil Engineering

内のプラスミドー本鎖 DNA を二本鎖に複製することで プロセスが完了する。このプロセスは、プラスミドの高 い可動性から異なる細菌種間でも効率よく薬剤耐性遺伝 子を伝達可能である。また、病院や下水処理場、畜産場 などの細菌が密集している環境で頻繁に発生し、一度接 合によって薬剤耐性遺伝子を獲得した細菌はその後の分 裂で娘細胞にその耐性遺伝子を引き継ぐため、薬剤耐性 菌拡散の主な原因と考えられている。そのため、私は学 部時代にこの接合というプロセスに焦点を当てて研究を 行った。具体的には、細菌の中でもアシネトバクターと いう細菌種に着目し、愛媛県内の病院、下水処理場、畜 産場,河川で単離した計38株のアシネトバクターの中か ら、接合が確認され、薬剤耐性遺伝子が複製・伝達され る供与菌と受容菌の組みあわせを探索した。アシネトバ クターは真正細菌 Pseudomonadota 門ガンマプロテオバ クテリア綱シュードモナス目モラクセラ科アシネトバク ター属に属するグラム陰性桿菌である。アシネトバクタ ーは土壌などの湿潤環境を好み、自然環境中に広く分布 する一方で、乾燥した環境でも長期間生存できるため、 院内環境においてもしばしば確認される。さらに、複数 の抗生物質に耐性を示す単離株も多く報告されており, 国際的に懸念されている薬剤耐性菌の一つとされている。 こうした理由から、本実験ではアシネトバクターを供試 菌として採用した。結果として私は、同じ下水処理場で 単離された供与菌: Acinetobacter pittii から受容菌: Acinetobacter baumanniiへカルバペネム耐性遺伝子であ る blaOXA72 遺伝子が、接合によって伝達されることを 発見した。bla OXA72 遺伝子はカルバペネム系抗生物質 を加水分解し、その効果を弱めたり無効化したりするカ ルバペネマーゼという酵素を産生する遺伝子である。カ ルバペネム系抗生物質は、抗菌活性が非常に強く、広範 囲の抗菌スペクトラムを持つため、多剤耐性菌に対する 最後の手段として使用される抗生物質のグループである。 今後の展望については、この2つの菌株を用い、接合実 験中の培養温度や抗生物質の圧力の有無などさまざまな 条件を変えて接合伝達頻度を比較したり、blaOXA72を 獲得した受容菌のその後の挙動をモニタリングすること で、接合による薬剤耐性遺伝子の伝達・拡散メカニズム を解明し、細菌間の接合を抑制するための処理方法を模

3. 現在の研究室を選択したきっかけ

索する。

私が現在所属している研究室は、分子生物学を専門としており、主に薬剤耐性、ウイルス、生物多様性に関する研究を行っている。必要な専門知識は完全に生物学に特化しており、工学部にある研究室としては非常に珍しい。私は、学部3回生まで土木工学を専攻しており、構

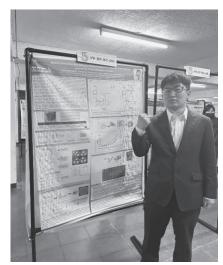


写真 1 2024 年 7 月下旬にフィリピンで開催された 「Philippine Society for Microbiology」の学会 において、ポスターセッションの部に参加した

造力学、土質力学、水理学など物理学に関連する分野を 学んでいた。そのため、研究室に配属される前、生物学 の知識は皆無だった。また、当時はインフラ関係の仕事 に就きたいと考えていたため、就職に有利になるような 土木工学に関連した研究を行う方がよいのではないかと さえ思っていた。しかし一方で、研究所などで行われる 試薬や化学物質、細胞や微生物を扱うウェットラボ実験 に憧れがあり、国際的な社会問題に挑戦する研究がした いという強い思いがあったため、この研究室を志望した。

4. 研究をしていくうちに分子生物学の奥深さに魅了された

研究を進めるためには、基礎から応用に至るまで、幅 広い知識を身につける必要があった。実践的な実験にお いても正確かつ迅速に行う技術が求められ、最初の数ヵ 月は非常に大変だった。しかし、生物学に関する知識や 実験の経験は私にとって非常に新鮮で、興味深いものだ った。その過程で、未知の分野に挑戦し、自分の理解や 技術が深まる感覚に大きなやりがいを感じた。ある程度. 実験に慣れてくると供与菌と受容菌のペアを色々試した り, 実験条件を調整するなど試行錯誤する毎日が続き, 先行研究を読み解きながら仮説を立てて検証するという 手探りの状態が続いた。実験結果は仮説通りに進むこと もあれば、うまくいかないこともあり、一進一退の状況 だった。思い通りの結果が得られず、苦しい時期もあっ たが、少しずつ真相に近づいていく過程で研究の楽しさ を実感し、より積極的に取り組むようになった。そのた びに、挫折を乗り越えて、新しい発見を得られる瞬間が、 私にとって研究の醍醐味であると感じるようになった。

大学院進学を固く決意したのは、研究室に配属されてから約2ヵ月後のこの頃であり、自分の研究テーマをさらに深く掘り下げるためにはより専門的な知識や技術が必要であると感じたからである。特に、大規模な生物データをコンピュータ技術や数学的手法を駆使して解析・処理するバイオインフォマティクスの分野に興味を持ち、習得したいと考えるようになった。また、これらの技術を応用し、社会や環境に貢献できる研究を進めることで自分自身の成長だけでなく、より多角的な視点で問題に



写真 2 2024年8月中旬から1ヵ月間, インドネシアの Gadjah Mada University に短期留学し, 学部の授業内で自身の研究を発表した

取り組むことができると感じた。

5. 国際学会・短期留学を経て、発展途上国の現状を知った

国際学会や短期留学を通じて、発展途上国が直面している薬剤耐性の問題に対する理解が深まった(写真 1, 2)。この経験は、現地でしか得られなかった貴重な学びだと感じている。また、現地で薬剤耐性の拡散を含む多くの公衆衛生上の課題を抱える発展途上国の現状を知り、これらの課題に対処するための新たな研究や対策について考えるようになった。さらに、同じ分野を学ぶ学生たちとの議論は自分の研究に対するモチベーションを大いに高める刺激となった。これらの経験を通じて、グローバルな視点で研究を進める意欲が一層高まり、発展途上国の公衆衛生問題を解決したいという思いもさらに強くなった。加えて、国際的なネットワークの重要性も実感した。現地での研究者や学生とのつながりは、今後の研究活動において新たな視点や知見をもたらすだけでなく、コラボレーションの可能性を広げるものだと感じた。

6. 今後の展望

今後の具体的な進路については、博士後期課程に進むか就職するかまだ迷っているが、環境へのリスクを事前に調査・評価し、環境問題に取り組む仕事に将来就きたいと考えている。そのために、これまでの研究で培った知識や技術をさらに深めるとともに、世界が直面する薬剤耐性という課題に対して、具体的な解決策を見出すことに注力していきたい。将来的には、研究成果を実社会に適用することで、環境保護や公衆衛生の向上に貢献することを目指している。加えて、国際的な研究ネットワークを広げ、他分野の研究者や専門家と協力しながら、グローバルな視点で研究を進めていくことも目標の一つである。

参考文献

1) 日本 WHO 協会,2023. 薬剤耐性. URL. https://japan-who.or.jp/factsheets/factsheets_type/antimicrobial-resistance/(2024年10月時点).

ご縁の中にあった私*

丹原弥空

私は、「海面魚類養殖由来の有機物の海洋細菌による無 機化に関する研究」について取り組んでいる。海洋細菌 は溶存有機炭素を取り込み、無機化を行っている。この はたらきが水質浄化に直結するので、持続可能な海面魚 類養殖を実施するためには、細菌の無機化量を私たちは 知らなければならない。本研究では、配合飼料由来有機 物が細菌に無機化される量と速度を調べることで、海面 魚類養殖による影響を見積もることを目的としている。 将来的には、適切な範囲での養殖活動を行うための根本 的な知見になると考えている。私が行っている研究は1 人で黙々と作業することが多く、分析に没頭するあまり 時間を忘れてしまい、深夜になることがある。データを 出してその解釈について考えているときは、難しすぎて 頭を悩ませる時もある。悩みながらも考察し、指導教員 に相談し指導を受け、新たな可能性や自分では思いつか ない発想を得ることができるこの日々は、自分の成長や 実験の発展を実感することができるので、非常に有意義 で充実した日々である。室内実験だけでなく、研究調査、 養殖漁場調査を実施したり、泊まり込みの野外実習をし たりして、この環境がきれいなままであり続けることを 願いながら、楽しい研究室生活を過ごしている。

私の研究テーマ選びの出発点は、高校時代にまで遡る。 テレビ等で海の特集を見たときに、「大好きな海を守りた い」というありきたりで漠然とした大きな夢を持った。 家族と沖縄旅行したときに見た、色とりどりの魚たちや サンゴ、底が見えないくらい深い海の中をウミガメが悠々 と泳ぐ美しい環境を守りたいと思ったからである。海を 守りたいと思っても、個人にできることには限界があり、 そもそも海とは何なのか、人間とどのように関わってい るのか分からなかった。そこで、私は海について勉強し ようと心に決め、将来、海に関わる仕事をするためにも、 4年生大学を目指すことにした。海と人が交わる分野と いえば水産、水産で実家から通える範囲で一番有名な所 …近畿大学だ!!と考え,入学を決意した。授業の中身は 幅広く, 水圏環境, 増養殖, 水産生物, 水産資源管理, 漁業技術, 水産物利用, 水産経済など, 様々なことにつ いて学んだ。研究室分属では、多くの授業のなかでも水



Mikuu Nihara

令和5年 近畿大学農学部水産学科卒業 同年 同大学大学院農学研究科水産学専 攻博士前期課程 現在に至る

* Moving Forward Through Connections

圏環境についての授業が面白いと感じ、現在所属してい る水族環境学研究室に決めた。何があっても絶対にここ に行くと決めていたが、(サークルの先輩から、水族環境 学研究室が一番厳しいらしいよと噂を聞き…), 真相を確 かめに友人と私含めて3人で、少し緊張しながら研究室 の見学に行った。実際に見学してみると、研究室の雰囲 気や先生の人柄がよくて、厳しくても、ここ以外の研究 室は考えられないというのが第一印象だった。不思議な ことに、友人2人は研究室の空気が合わないと話してお り、肌に合う研究室というのは、人それぞれ違うのだな あと実感したのを覚えている。「海に直接関わる研究がし たい」という思いを聞いた指導教員から、海の水質浄化 を担う細菌の無機化について提示していただき.「未だ誰 もやっていない」の言葉に惹かれ、このテーマをするこ とにした。高校時代から抱いていた「大好きな海を守り たい」という夢があったから、興味を持てたのだと思う。 実際に海を守ることにつながるような研究ができている 現在は、高校時代の私からは想像もできない。しかし一 方で、大きな夢だけは抱きつつも、実は最初から研究が 好きというわけではなかった。研究室分属が決まってか らの私は不真面目で、研究調査の時ばかり参加し、「言わ れたことは極力やるけれど、自分から積極的に何かをす るのが苦手」という学生だった。そんな私が研究を楽し いと思えたのは、データについて考えたときだった。悩 みながら考察し、緊張しながら指導教員と話をし、次の 研究に向かう達成感は非日常的で、研究室分属が決まっ た頃の自分に「研究の面白さはここにある!」と伝えた くなるくらいである。

私が大学院進学を気にするようになったのは,母が大 学院生活の話を楽しそうにしていたからである。大学院 での人間関係の話や研究への思い、学部生では得られな かった経験談はどれも興味深く、それを聞いていた私は、 これまでの甘えた自分を変えて、そのように有意義な学 生生活を送りたいと考えるようになっていった。それと なく考えていた進学を深く考え始めたのは、学部4年生 に進級した時である。「あと残り1年, やっと楽しく思え てきた研究を続けずに卒業してしまっていいのか。自分 の肌にあう研究室で高校時代に思い描いていた海につい て深く知りたい。楽しいと思いはじめたこの研究をより 水産分野に役立てるためにも内容を深掘りしていきた い。」と考えたからである。就職ではなく、研究の道に進 んだのは、尊敬できる先生や先輩・後輩のもとで、自分 の研究テーマのことについて学ぶことができたからだろ う。もしも、自分の性格に合わないと感じる研究室だっ たのならば、いくら研究テーマが好きだと気がつけたと しても、修了後の見通しが悪い大学院生活を最後まで頑 張れる自信はなく、将来が見通しやすい就職の道を選ん

でいたかもしれない。逆もまたしかりで、肌に合う研究 室でも、知的好奇心のくすぐられない研究テーマだった のならば、私は20代の2年間を研究に費やす進学に対し て真剣に向き合ったのだろうか。この指導教員のもとで 様々なことを勉強したい、研究したいと思えたことは、 私にとって幸運なことだった。大学院に進学してからの 日々は、母が話してくれた大学院生活と共通する部分や、 大変すぎて本当にこんな日々を送っていたのだろうかと 思う日もあった。大学院生になると、当たり前な話だが、 学部生では経験できないことができる。例えば、学会で の発表, 他分野で研究を行う院生との交流, 学部生への 指導, 研究室の雑務!? など。研究面では、学部生の頃よ りもさらに発展した内容に取り組んでいく。非常に得難 い経験をしており、何かをなすことの大変さも、自分の 不甲斐なさに落ち込んでも諦めずに何かを達成した時の やりがいも、研究への楽しさもひとしおで、どれも就職 せずに大学院に進学したからこそ得られた経験である。 私が大学院に進学してから、研究のモチベーションとし ているのは、研究のことや研究に関係ない雑談を研究室 の先生や皆とお話しすることである。例えば、休日の過 ごし方や研究の進め方、人間関係の悩みなどを誰かと共 有したり、相談したり、自己開示したりすることによっ て、人との間につながりができ、私にとって研究のしや すい環境となっていった。もしも、気分が上がらないと きは、是非試してみてほしい(写真1)。

私は博士後期課程 (ドクター) の道に進むのを辞めて, 就職の道を選んだ側の人間である。私の就職活動の道は、 正直、大学受験の方が精神は安定していたと思えるくら い辛い日々を送ることから始まった。私は、M1の後期、 研究が楽しく、自分の悪いところを忌憚なく評価してく れるこの研究室で、就職はせずにそのまま博士後期課程 に進学するものと考えていた。博士後期課程に進学した 後の将来に対しては楽観的で、博士前期課程修了後に就 職し安定するよりも、3年間挑戦する方が自分のために なると思っていたからだ。2月頃、所属研究室教員のも とへ、ドキドキしながら進路について相談すると、すん なり進学できるかと思いきや. 私の精神力の甘さを心配 され、一度社会に出てから、研究の道に戻ってくるのも どうかと勧められた。実際に社会に出てから研究の道に 戻ってくる人も多くいると聞き、そこで初めて、私は研 究室のコミュニティから外に目を向けるようになった。 就職活動の経験がなかった私は、どのようにエントリー シート (ES) を書けばいいのか分からず、自己分析もま まならない状態だった。就職活動の本を読んだり、友人 や就職支援室を頼ったりした結果、まともに ES を書け るようになったのは5月である(当然, 周りと比較する とかなり遅い)。求人票を確認したり、企業説明会に足を 運んでみたりして、様々な職業を調べてみた結果、やっ ぱり私は依然として研究活動が好きだと再確認した。研 究職や技術職の道に進み、大学院生の間に培ってきた研 究に対する思考力やスキルを企業先でも活かしていきた いと考えていた。就職活動に関して危機感の薄い私は、 博士号の取得に対して支援や理解のある研究機関に挑戦

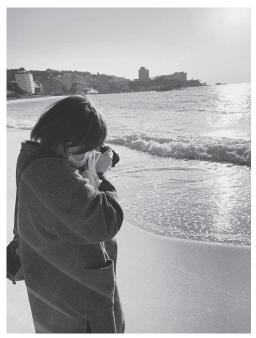


写真1 研究の合間に趣味のカメラを構える著者

した。しかし、そう現実は甘くなく、あっけなくお祈り メールをいただいた。それが6月上旬のことだった。M1 の後期半ばまでに進路について相談しておけば良かった と後悔しても内定はない(友人は5月に内定持ち)。行き たいところもない。やる気も出ない。つのる焦り、溜ま るストレス (そしてサンプル), 持病のアトピーも再発 し、メンタルのコンディションは最悪だった。それでも 何とか諦めずにという覚悟を持って挑戦して、機械系の 会社から内定をいただいた。私の気持ちを察してか、「本 命あるでしょ。最後まで頑張っておいで」といってくだ さるあたたかい会社だった。内定をくださった会社や研 究室の方々、友人、先生方が背中を押してくださり、7 月には精神も安定し、自分の専門分野と関わりのある総 合技術部から内定をいただくことができた。最初に内定 をくださった会社のご厚意に応えられるようにも、自分 を律して社会に貢献していきたい。

学部3年生で研究室分属されてから4年間、周囲の様々 な方々に支えていただき, 時には厳しく指導していただ いた。進学も就職も、周囲の人達(家族、友人、研究室 の先生方や仲間) に進路の悩みを打ち明け、悩んだから こそ、今があると私は信じている。現在、博士前期課程 修了に向けて、実験の追い込みや修士論文の執筆に取り かかっている。審査のために修士論文を提出するときが、 研究生活の努力が実る瞬間かもしれない。そして、研究 成果を世に出すべく論文執筆を目指す人達に倣い、私も その達成感を得たい。知的好奇心を刺激する研究テーマ に巡り会い、実験を重ねる中で多くの場所や人とつなが れた日々を思うと、得難いご縁の中にあると思う。これ からも多くの方々に支えられるかもしれないが、私自身 も少しでも支える側に回れるように努力したい。3月に 笑顔で修了できるように、最後まで諦めずに走り抜き. 充実したものにしようと考えている。

上下水道システムが続くために PPPの研究から実務へ*

村上周平

1. 現在の研究内容

私の研究テーマは「下水処理場における運営効率と PPP (Public Private Partnership, 官民連携) による影響」であり、水環境における挙動を実験で解明する工学的アプローチというよりは、経営学と工学的要素を組み合わせたアプローチによって分析を行っている。

日本の下水道システムは極めて危機的な状況にある。 止まらない人口減少によって有収水量の減少にともなって料金収入は低下し、自治体における高齢の技術者の退職や人員削減などによって担い手も不足していく。一方で課題は多く、地球温暖化対応として温室効果ガスの排出量削減が求められ、さらに老朽化が進む各種施設の改築更新も必要となっていく。このように、ヒトもカネも不足するなかで課題が山積する現在の下水道事業においては運営のさらなる効率化が求められるが、これに寄与できると考えられているのがPPPという手法であり上下水道をはじめとするインフラ分野では国の重要政策の一つとなっている。すでに多くの下水道事業は自治体から事業運営を委託する民間企業なしでは維持できない現状であることを踏まえ、今後のさらなる事業の持続可能性向上と運営の効率化を期してPPPは推進されている。

一言に PPP と言っても、実際には様々な制度がある。 自治体は通常、業務ごとに仕様を定めて単年度で業務を民間業者に発注する。これを、仕様は規定せず性能のみを規定して具体的な手段は民間に任せ、かつ期間も複数年度で発注するようにしたのが包括的民間委託などの PPP 形態である。包括的民間委託は最も普及している PPP 形態であり、令和5年度時点において全国 2193 の下水処理場のうち 579 の処理場で導入されている。一方、10年を超える長期契約や使用料の徴収権限を含めた業務の一括的委託など、最も民間の権限が大きいコンセッション契約の事例は4事業者7処理場にとどまっている。政府はコンセッション事例を増加させるため、2023年に「ウォーターPPP」という制度を新設した。これは、これまで維持管理のみを対象としていた包括的民間委託に施設の改築等を



Shuhei Murakami

平成31年 東京大学理科一類入学 令和5年 同大学工学部都市工学科卒業 同年 同大学大学院工学系研究科都市工 学専攻入学

* For Sustainable Water Systems: From PPP Research to Practice

組み合わせたもので、コンセッション契約の前段階のような枠組みであり、2031年度までに下水道において新たに100件のウォーター PPP 事例実現が目標とされている。

このように強く推進されている PPP ではあるが、期待される運営効率への影響を定量的に評価した事例は不足している。そこで私の研究では、PPP 導入が最も進んでおり、かつプロセスモデルが明瞭で運営の評価が比較的容易な下水処理場を対象として分析を行い、PPP は下水処理場における運営効率を本当に改善しうる手法なのか、現状の PPP は効率を改善しているのか?といった問いへの答えを探っている。

具体的な研究の進め方として、経営効率の評価で一般 的に用いられる DEA (Data Envelopment Analysis, デ ータ包絡分析)という手法を用いており、より少ないコス トと温室効果ガス排出量でより大きな量の下水を処理し ている下水処理場をより効率的であると評価し、PPP 実 施の有無によって比較を行った。今後はこれをさらに発 展させ、時系列での DEA を行う Malmquist Index 法に よって計算を進めることで PPP 導入前後での効率改善効 果の測定を行う。これらの計算結果を分析し、例えばPPP 導入によって効率が改善する自治体と改善しない自治体 の差から、PPP の導入が効果を発揮する条件はどのよう なものか、例えば大規模自治体と小規模自治体のどちら で PPP がより効果的なのか、といった考察や、PPP 導入 後に効率改善が見られた自治体の各種指標を比較するこ とで効率改善のメカニズムの解明などを目指している。 また、コンセッション等の PPP 事業を実施する企業や自 治体を訪問し、生の声のヒアリングも同時に行っている。

2. これまでの経緯

現在は上のような研究を進めているが、学部での卒業 研究におけるテーマは「下水汚泥肥料の普及のための利 用者となる農家の属性と利用拡大のために効果的な説明 方法の分析」であり、工学と社会の関わりに着目する視 点からの研究であった。研究においては社会科学的な手 法を取り入れ、下水汚泥肥料を利用している農家の方々 を訪ねてインタビューを行って基本的なアイデアを集め、 その後アンケートによって裏付けを行った。このように 私は卒業論文でも修士論文でも環境工学の多様な側面に 着目して研究を行っているが、この姿勢は学部4年春の 研究室選びから始まっていた。

研究室選択において各研究室からそれぞれの研究の説明を受けていた際に、他研究室で扱っている水質や微生物に関する実験とは大きく異なる、下水汚泥肥料を利用する農家へのインタビューと説明されて強く惹かれたことを覚えている。そのテーマを選んだのは、第一に自分が様々な人の話を聞くことが好きで、インタビューを通

して新たな知見を得るという研究に興味を惹かれたからであったと思う。第二に、下水汚泥肥料の利用拡大は国が推進する政策の一つであり、そのトピックについての研究を通して社会により直接的に関わりを持てることも魅力的に感じられた。研究を進めている間に輸入肥料価格が高騰し、下水汚泥肥料は意図せずさらなる注目を浴びることになったが、研究内容が社会的な重要度を増してきていることは自分の研究を進める上でのモチベーション維持にとても役立ったように思う。

大学院に進学して同じ研究室内で研究テーマの変更を検討した際にも、人の話を聞くこと、政策的な研究内容を通して社会に直接的な関わりを持つことの二点を重視した。そこで着目したのが、すでに述べたように国の政策として現在強力に推進されており、実際の現場やそこに関わる民間企業の話を聞くことができる、PPPによる影響の分析というテーマであった。実際に一年半ほど研究を進めてきて、この研究テーマを選んだ自分の判断は間違っていなかったと感じる。データ分析が基本となる研究ではあるが、多くの現場や企業を訪問してそれぞれの立場からの話を聞くのはとても刺激的だし、すでに述べたように国が推進する政策の一つであるということは研究のやりがいにもつながっている。

とはいえ先行研究が豊富にあるとは言えない分野であり、 当初は方針も手法もわからずに手探りで進んでいて見通し がたたなかった。しかし自治体や企業の様々な方々がこれ までの PPP の実績や課題に今後の展望などを懇切丁寧に 教えてくれ、少しずつ理解が進んでいった。研究の進め方に ついても、類似の研究をしている研究チームの方々からた くさんのアドバイスやフィードバックを受けながら、なんと か道筋が見えてきた。研究を始めてから本当に多くの人と出 会い、話を聞き、思いがけない学びを得てきたが、今の研究 テーマを選んでいなかったらこれらの貴重な経験を逃して いたかもしれないと考えると、改めてよい選択をしたと思う。

3. 就職活動の進め方

私は就職先として水業界を選んだが、大学院進学時には進路として水業界は選択肢に入っておらず、いわゆる"文系就職"をして有名企業に入れたらいいな、程度の軽い気持ちでいた。一つの転機となったのは、修士一年の夏に参加した下水道展であっただろう。そもそもそれまでに水業界で知っていた企業は片手で数えられるほどしかなかった。しかし、下水道研究発表会で発表したついでと思って参加した下水道展で、多くの企業や業界の方々が会場を埋め尽くす盛況な様子に驚き圧倒された。これほど賑わっている水業界は、自らの進路の選択肢として十分過ぎるほど魅力的であると感じた。

一言で水業界といっても様々な企業や職種があるだろうが、私がとくに惹かれたのは研究の題材である PPP に 実務者として関わることだった。研究を通して業界の人々と話をしながら、PPP という手法が今後の日本の上下水道システムを維持するために重要な要素であると考えていたし、これまで理論やデータばかりで理解してきた PPP の現場がどうなっているのかにも興味があった。とはいえ水業界で PPP に関わる企業は多く、どの企業が自分にとって理想的かを知るのは簡単ではなかった。

企業選びにおいては指導教員と所属学科の OG の協力が

大きかった。まず指導教員にPPPに関わる形で仕事がしたいと相談し、どの企業が候補になるか、およびそれぞれの企業の強みや弱み、展望を教えてもらうことでイメージを掴んだ。また、自分の興味がある企業の社員の方が研究室を訪れる機会があったためそれに合わせて話を聞く時間を設けてもらい、事業概要の説明や研修制度・キャリアパスなどについて質問をさせてもらった。さらに指導教員が講義で学部生を連れて別の企業を訪れる機会があった際にも同行させてもらい、そこで偶然現在PPPに携わっている学科OGと会って話すことができた。このOGの方にはその後何度も企業選びについて相談し、同じ業界で働く社員という視点からそれぞれの企業の雰囲気やキャリアなどを説明してもらうことができた。このような助けを受けながら、最終的にPPP業務を受託して実際に運営する企業への就職を決めた。

4. 水業界を選んだわけ

こうして興味を抱いた水業界に最終的には就職することを決めたのにはいくつか理由があった。第一に、これまで進めてきた研究で学んだことを仕事で活かせる、という点がある。全く別の業界に就職すれば当然今まで学び研究してきた上下水道に関する知識は用いなくなってしまうが、全力で取り組んできた分野をせっかくならば今後のキャリアにおいても活かしたいと考えた。就職先の企業であれば研究で得たPPPについての知識を引き続き用い、さらに現場での経験によって深めていきながら成長できると考えた。

また、研究テーマを選んだ時にも重視した二つの要素も重要だった。人と関わり合うことという点で言えば、上下水道でPPPの業務を受託するためには自治体や業界内の他企業、時には省庁などと関わりながら大きなプロジェクトを動かしていくことになる。すでに研究でお世話になった人々とのネットワークを活かし、さらに広げていくことはとても魅力的に感じられた。

最後に政策的な内容から社会に関わっていくことについては、PPPの拡大を通した日本における上下水道システムの持続可能性向上に自分の仕事を通じて貢献できる、という意識がやりがいにつながると考えた。自分は、"文系就職"で有名企業に入社できたとしても、その仕事を何のために、誰のためにしているのか?と考えてしまう性格だ。しかし水業界における PPP 業務という仕事においては、その意義が今までの研究で得た知識や経験によってはっきり理解できており、自分で納得ができると感じたことが大きな決め手になった。

5. 最後に

冒頭に述べたように、私の研究は工学的な主流からは離れていると思う。そして私の進路選択やそこで重視した価値観も、いわゆる理系学生的な、研究者的な価値観とは少し違うかもしれない。私にとってなにより重要だったのは、自分が納得できるか、ということだった。今まで打ち込んでいた研究を活かせる仕事か、様々な人と関わり合える仕事か、社会に対して意義のある仕事か。自分の価値観の基準それぞれにおいて納得できるかどうかに基づいて進路を選んだので、現在の選択に納得し、満足している。

私は、周囲の人々に恵まれて研究をなんとか進めることができている。今後は研究ではなく企業で働くことになるが、周囲への感謝を忘れず引き続き水業界に関わっていきたい。

地球環境を制御する化学合成独立栄養細菌に魅せられて。*

池田秀斗

1. はじめに(現在の研究テーマについて)

私は、早稲田大学大学院先進理工学研究科生命医科学専攻で、廃水処理で活用されるアンモニア酸化細菌(Ammonia-oxidizing bacteria: AOB)を対象に研究を行っている。AOBは、アンモニア(NH₃)を亜硝酸(NO_2)へと酸化する過程で発生する電子を使ってエネルギーを作り出す化学合成独立栄養細菌で、人工的には生活排水中に含まれるアンモニアを最終的に窒素ガス(N_2)として大気中へ戻すために活用されている。また、AOBは環境中にも広く分布して、地球全体の窒素(N)の循環を担う。窒素はすべての生物に必須の元素であるため、AOBは微生物生態学の観点からも着目されている。

私の所属している研究室では、環境中からの AOB の 単離培養と単離株の解析を行ってきた。環境中から単離 した一部の AOB は、高い細胞密度で継代培養している と安定して培養できるものの、低い細胞密度で継代培養 すると増殖挙動が著しく不安定になる¹⁾。私は、1細胞レ ベルでの増殖挙動解析を通じて、AOB単離株に特有な増 殖挙動の不安定さのメカニズム解明を目指し、日々研究 活動に勤しんでいる(図 1)。

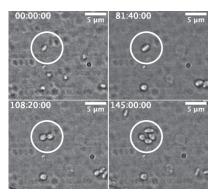


図1 AOBの1細胞レベルでの増殖挙動解析の様子 (例えば白枠内の細胞は1細胞が4細胞に増殖している。)



Shuto Ikeda 工学修士

平成30年 早稲田大学高等学院卒業

令和 4 年 同大学先進理工学部生命医科学科 卒業

> 6年 同大学先進理工学研究科生命医科 学恵攻修士課程修了

同年 同大学先進理工学研究科生命医科 学専攻博士後期課程入学

第11回日本生物工学会東日本支部コロキウム ポスター賞(金賞)

2. 大学の学部選びと大学院進学(研究を始めるまで)

両親に幼少期から色々な博物館へ連れて行ってもらったり、サマーキャンプや地元の実験教室へ参加させてもらったりしたおかげで、その頃から自然や科学に興味を持ち、漠然と将来は地球環境の保全や、地球と人の共生のために働きたいと考えていた。しかし研究を通じて新しい発見をし、世の中の役に立つことをカッコいいとは思っていたものの、身内に研究分野で活躍している人がいなかったことから研究者のイメージは全く湧かず、自身が研究を行うとは一切考えていなかった。

私は高校3年生の時に初めて研究活動を行うことになった。きっかけは高校の卒業論文で、せっかくならば科学的な実験検証を介した卒業論文を書きたいと思い、今となっては恩師の生物科の先生に研究活動の相談をした。具体的なテーマを考えていなかった自身に、身近な犬を題材にした研究計画を考案してくださったおかげで、人生で初めて研究活動に触れることができた(写真1)。これがきっかけとなり、早稲田大学の生命医科学科への進学を決めた。



写真1 高校生向けの研究発表会で受賞した当時の写真

私の所属していた生命医科学科では、7割以上の学部生が修士課程へと進学するため、大学院へ進学することに対する心的なハードルは比較的低かったように思う。それでも考えずに進学するのが嫌だった私は、簡単な就職活動としていくつかのインターンシップへ参加した。しかし就職活動を通じて、自身が本当に行いたいことは研究活動を通じて世の中の役に立つ知見発見や技術開発を行うことであると再認識し、また日本で修士号も取らずに民間企業で研究活動を行うのは難しいことを知り、大学院への進学を決めた。

^{*} Fascinated by Chemosynthetic Autotrophic Bacteria That Control the Global Environment.

3. 研究室選びと研究テーマ選び

昔から何かを途中で辞めるのが嫌いな性分だった私は、大学院進学を決めた時から半分、博士課程への進学を決めていた。よって博士課程への進学を念頭において、進学する研究室は選んだ。進学しやすい同学科の研究室の博士課程の在籍人数や論文の出版間隔を調べ、絞った研究室の中から自然環境分野に関する研究室を選んで訪問をした。当時はCOVID-19が流行していたことから研究室訪問は Zoom 上でしか行えなかったが、自身が博士課程までいても精神を壊さずに研究を続けることができると考え、現在の研究室を選んだ。

私が研究室に配属された時は、研究室からテーマを与 えてもらうことができ、その中から自分の好きなテーマ を選ぶことができた。研究テーマの中には、創薬や新規 技術開発など明確に応用先が見えやすいテーマから、結 果的に自分が選ぶことになった応用先の見えにくい基礎 研究に相当するテーマまで、様々なものが存在した。そ の中で自分が一番ワクワクすると感じたのが、現在取り 組んでいるテーマであった。その理由は、具体的な応用 先が見えないからこそ、まだ誰も気づいていない未知の 可能性に繋がるというロマンがあったからであった。ま た研究テーマが、論理的な思考から生み出されたもので はなく、これまでの研究室の経験から生まれた純粋なサ イエンスに関する疑問であったことも、自身が魅力を感 じた要因であった。そのように感じることができたのは、 学部生時代に, 基礎研究は様々な研究に応用する可能性 を秘めている、という話を講義で聞いて共感し、一見す ると応用に繋がらないように見える基礎研究こそ、本当 の意味で地球社会に貢献できると考えていたからだと思 う。このような背景もあり、環境に関連するテーマの中 でも、AOBの1細胞レベルでの増殖挙動解析という基礎 的な研究を行うことにした。

4. 博士課程への進学と研究のモチベーション

研究テーマを選ぶ前にはわからなかったが、AOBの1 細胞観察は実験系としてのハードルが高く、初めは実験 系自体がうまく機能しなかった。学部生時代までの授業 式の教育では、如何に教わった通りのことをテストやレ ポートでアウトプットするか、というのが求められてい たのに対し、研究室では如何に自分で課題点を見つけ、 如何に自分で解決策を生み出すか、という点が問われて いた。しかも AOB の培養には時間がかかるため、1回の 実験系に長い時間を要した。自分で考案した成功するか どうかもわからない長期スパンの実験系に取り組むこと を恐れ、初めは本腰を入れて検証をすることもできてい なかったように思う。しかし自分が困っているだけで、解 決策が自分の前に突然現れるわけではない。AOBや顕微 鏡に関する知識を付け、実験を繰り返しながら課題点を 見つけ、それに対する解決策を模索するという工程を繰 り返すことで、少しずつ研究を進められるようになった。 私の所属する研究室の修士課程は、1学年が4-5人ほ

どで、そのうちの1人が博士課程に進むというケースが

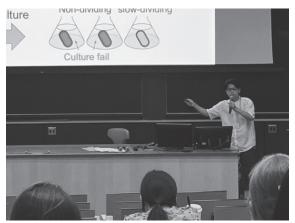


写真 2 ICoN 8th での口頭発表の写真

多い。研究室に配属された当初から博士課程に進みたいという気持ちはあったが、それに加えて、なかなか研究がうまく進まなかったことから、自身の研究に区切りがつくまでは諦めたくないという気持ちが湧き、また近年の日本における博士学生支援の強化が追い風となって、博士課程への進学を決断した。

最近では実験系が少しずつ確立できてきたこともあり、 International Conference on Nitrification(国際硝化会 議, ICoN) や International Symposium on Microbial Ecology (国際微生物生態シンポジウム, ISME) へ参加 する機会を得られるようになってきた (写真2)。国際学 会では、新規の生理機能を有する細菌の発見など、興味 深い研究テーマを取り扱っている人が多いことはもちろ んだが、微生物生態学というテーマを通じて国の垣根を 越えて交流できる点も魅力である。自身のポスター発表 にも多くの人が訪れてくれて、以前の学会で会ったこと を覚えてくれていた方もいらっしゃった。世界の研究者 からの刺激と、また来年の国際学会へ自分の研究を昇華 させてから参加しようという気持ちが、現在の自身の研 究モチベーションとなっている。また、そもそも幼少期 にはイメージすらできなかった研究という活動を通じて、 地球環境に重要な AOB の解析に従事できていること自 体が、研究室に配属されてからの自身の研究モチベーシ ョンとなり続けている。

5. 今後の展望と就職についての考え

現時点では研究を成し遂げて、論文を執筆し、卒業することを第一に考えている。博士学位を取った後に民間企業でやりたいことが成し遂げられるのであれば、民間企業に就職するのもよいと考えているが、うまくポストが見つかればアカデミアにも挑戦してみたい。まずは学生という身分を使って博士課程の間に海外の研究室へ研究留学することが目標である。自身のキャリア選択の経験談が、今後の人材育成に役立てば嬉しい。

参考文献

1) Isshiki, R., Fujitani, H., Tsuneda, S., 2024. Variation in growth rates between cultures hinders the cultivation of ammonia-oxidizing bacteria. FEMS Microbiology Letters 371, fnae013.

書を捨てて、町へ出る*

鈴木陸太

1. 研究テーマの選択

私は現在、「未培養微生物の培養手法の開発」を主な研 究テーマとして研究を行っている。このテーマを選んだ 経緯は高校時代の苦い経験に遡る。私が通っていた高校 は文科省から SSH (スーパーサイエンスハイスクール) に指定されていたため、物理部、化学部、生物部、数学 部などがあり、それぞれが活発に活動していた。現在は 生物の領域で研究をしているが、解剖みたいなグロテス クなことが苦手だったことと高校までの生物は暗記ばか りで退屈に感じていたため、生物に興味がなかった私は 物理部に入っていた。この物理部で苦い経験をすること になる。入部してしばらくすると研究テーマを決めるよ うに言われるのだが、これにとてつもなく苦戦したので ある。私は重箱の隅をつつくようなテーマではなく全く 新しいことがやりたかったのだが、当時の私が考えつく ような研究テーマはすべてがとっくに誰かにやられてい るものばかりだった。もちろん今考えると、高校生の義 務教育上がりの知識というのは微々たるものしかなく. そんな中で大きなことをなしてやろうというのはかなり 無謀なことだったかもしれない。だが、その時の私はそ んな楽観的にはなれず、恐怖と絶望を感じていた。私の ような凡人が考えつくようなことは当然のように過去の 人々が思いついているわけで、ましてやアインシュタイ ンなどといった過去の天才たちを超えなければ研究テー マを考えることはできないのか、と。その当時の私にと っては物理の巨人というのはあまりに大きく、乗るよう な肩ははるかに遠く見えないところにあった。このこと がきっかけで、大学に進学する際には物理の道を諦めて 化学と生物の専攻からなる学部を選んで入学した。大学 に入学してからさまざまな講義を受けることになるが. 現在の指導教員でもある青井議輝先生の講義を受けたこ とがテーマを決める転機となった。そこで初めて未培養 微生物の存在を知ることになるのだが、そのあまりにも 巨大な未踏領域に強く惹かれたのだ。誰にも研究されて



Rikuta Suzuki 修士 (工学)

令和2年 広島大学大学院統合生命科学研究 科統合生命科学専攻博士課程前期 修了

同年 同大学大学院統合生命科学研究科 統合生命科学専攻博士課程後期入学

13th ASME Excellent Poster Award, 未来博士 3 分間コンペティション2023 特別協賛動画賞, SATテクノロジー・ショーケース2024ベスト新分野開拓賞

* Throw Away Your Books Rally in the Streets

いない未開拓領域を求めていた自分にとって、99%が培養されておらず、右を見ても左を見ても未知だらけという未培養微生物の世界はまさに高校生の時から求めていたものだった。未培養微生物の開拓に惹かれた私は、それから青井先生の研究室に入り、現在の研究テーマである「未培養微生物の培養手法の開発」に携わるに至る。

未知領域が大きいということはそれだけ困難をともなうが、そこには新たな発見と大きな科学の進歩をもたらす可能性が秘められている。私は、この挑戦を通じて得られる発見が、将来の科学の発展に貢献すると信じている。

2. 博士課程の選択

私は現在、博士課程(後期)に在学し、日々を研究・食事・睡眠・娯楽・勉強に充てている。博士課程進学の理由として「指導教員に勧められて」や「研究が楽しかったから」という答えをよく聞くが、私の場合は正直どちらでもなかった。私なりの理由を端的に言えば、「なにもうまくいっていなかったから」だ。奇妙に聞こえるかもしれないが、振り返ってみればそれが真実だった。

学部 4 年で研究室に配属されてから博士課程後期 1 年までの 4 年間,研究においてなにもうまくいっていなかった。自分が研究者に向いているとさえ思えなくなるほどに。研究室配属前の学部 3 年までは向いていると思っていたし,4 年生になってからもその自信は多少あった。しかし,日本学術振興会特別研究員(DC)などの申請書や報告書を書き始めた頃から現実と直面した。業績も受賞歴もなく,研究者志望の学生として自分をアピールできる要素が皆無だった。そこから徐々に,自分は研究者には向いていないのではないかと思うようになった。

研究の進捗も芳しくなかった。思うように研究は進まず、結果が出ないことも多く、1年間を振り返ってなにをしていたのかわからない期間すらあった。修士2年にさしかかり進学か就職かを考えた時に、私はこの状況に全く納得できず、満足していなかった。その時の自分は何者でもなく、ただ漠然と大学4年間と修士2年間を過ごしただけの学生であるかのように感じられたのだ。それが心底嫌だった。業績も論文も受賞歴もなかったが、自分なりに努力してきたつもりだった。それなのに何者でもない状態で修士を卒業して就職することに納得がいかなかった。

博士課程へ進学すれば、少なくとも博士号取得者にはなれる。そして、自分の研究を形にするための時間も得られる。これが私が博士課程へ進学した最大の理由だった。もちろん、それまでに「うまくいっていた」ら、研究者に向いていると思ってどちらにしろ進学していたかもしれないし、修士で論文を出していたらそれを武器に就職していたかもしれない。存在しない過去を考えても

仕方ないが、振り返って考えるとやはり、「なにもうまくいっていなかった」ことが博士課程進学の理由だったように思う。

おそらく、このような「なにもうまくいっていなかった」自分が博士課程に進学するという際には、指導教員に多大な心配をかけたに違いない。正直なところ、今でも心配の種になっているだろう。それでも受け入れてくださった指導教員には言葉では言いあらわせないほど感謝している。

また、ありがたいことに現在は研究が進捗しており、成果を少しずつ出すことができるようになってきた。博士課程に入ってからの研究生活は決して楽ではないが、あの時進学を決めていたからこそ今の自分があり、博士課程の経験を通じて自分の成長を実感している。研究の進展とともに、自信も少しずつ芽生えるようになってきた。今後も努力を重ね、研究活動に邁進していきたい。

3. 博士課程進学後の孤独との戦い

博士課程に進学する直前に、博士課程の先輩から「博士課程は孤独との戦いだ。がんばれ」と言われた。ある程度覚悟はしていたつもりだったが、実際に進学してみると、その言葉の重みをひどく痛感することとなった。まず、博士課程に進学する同期がいない。入試の合格者発表欄には番号が一つ。研究室を見渡せば博士課程我一人。共に切磋琢磨する相手なし。一方でインスタグラムを開けば就職して遠くへ行った友人は会社の同期に囲まれて日々の楽しそうなアフターファイブの様子を公開している。先述した先輩は早々にインスタグラムをアンインストールしたらしいが、それは一つの正しい戦略だったのだろう。SNS は就職組と進学組の差を痛いほど際立たせ、社会から孤立していく感覚を強める。

さて、そんな孤独を感じていた博士課程において孤独を払拭し、モチベーションを維持する上で重要だったことの一つは同年代の博士学生とのつながりを持つことだった。とりわけ学会の存在は非常に大きかった。私が博士課程(後期)に進学する頃には幸いにも対面での学会開催が再開し始める頃で、1年目から学会へ顔を出すことが叶ったが、そこでようやく自分以外の博士課程の学生と出会い、悩みや研究の話をした。そうしてやっと自分が孤独でないことを実感することができた。まるで焚き火を囲んでいるかの如く話し込むことができた。これまで、現在、これから。研究、生活、含めて。そして、「みんな頑張ってるな。」と感化されると共に、自身の研究への思いを再確認する。こういった同年代との相互作用は私にとってモチベーションを高める重要な要素となった。

また、孤独を払拭し、モチベーションを維持する上で 重要だったことがもう一つある。博士課程に進学してから急にアイドルを推し始めたのだが、これがかなり心の 支えとなった。彼らアイドルは幼少期よりジュニアという括りに属し、一般社会とは異なる芸能の道に進むこと を決める。デビューしてからはコンサートの練習と本番、 雑誌の取材に撮影、テレビ番組の収録や映画ドラマの撮 影と昼夜問わずさまざまな仕事をこなし、人気があれば サラリーマンよりも少ない休日を過ごす。そして人生の 大半の年月を世間一般とは異なるアイドル人生に捧げる。 そんな彼らと自分を比較して、彼らの行いに比べれば自 分の悩みがどれほど小さいかと思い、彼らに負けぬよう 自分を奮い立たせる。「推しが頑張っているのだから、頑 張ろう。」そう思えるのである。

もちろんこれはアイドルに限らない。例えば人気のお 笑い芸人は朝の番組から深夜のラジオまでいつ休んでい るのかわからない働き方をしている。深夜に辛いと感じ た時は芸人の深夜ラジオを聴いて,彼らも頑張っている のだから頑張ろうと思い,朝起きることが辛いと思った 時は,朝の番組に出演している芸人を見て,起きて頑張 ろうと思う。なんだか小手先のライフハックみたいだが, 頑張っている人を見れば誰しもが頑張ろうと思えるのは 人間の本質だと思うので,ぜひ試してみてほしい。

4. 自我による選択

最近. 研究室内の人間関係が希薄だなと思うことがよ くある。連絡がうまく回らないとか、学生間で回すよう な役割がうまく遂行されないとか。小さなことだが、以 前ほどうまくいかないことが多くなった。コロナの影響 によるものなのか、飲み会をしてこなかった影響なのか。 研究室単位の団体行事を積極的にやることも減ってきた。 多くの学生が飲み会の幹事をめんどくさがり、 やらない 方が楽だという結論に至る。これは私が単に飲み会が減 って寂しいな、という話をしたいわけではなく、目先の 自己利益を重要視している学生が増えているという話を したい。つまり、これの指し示すところとしては損得勘 定を行動原理とする若者が社会全般で増えているという 話だ。これは最近の「コスパ」や「タイパ」といった損 得勘定による行動を重要視する言葉が流行っていること とも一致している。彼らは損得に則ってリスクの低い行 動をする方が賢明でクールだと考えている。この損得勘 定で物事を考える世の中の流れは、博士人材を増やして いこうとする過程において大きな障害である。というの も彼らの行動指針となる損得勘定に則って進路を考えれ ば、博士課程への進学は将来的なリスクを高めるだけで なく経済的にも不利な選択であり、 進学をせずに就職す る方が賢い選択となるからである。私は損得勘定によっ て進路を決める学生に対して、本当にそれでよいのか、 と疑問に思うことがある。ここで誤解を避けるために述 べておくと、私は進学せずに就職していくことを非難し たいわけではない。ただ、損得勘定のみにしたがって進 路を決めようとすることに対して疑念を抱いているので ある。損得勘定に基づく選択は、内発的な当人の意思に よって決定されず、社会システムや外的要因に依存して 決定される。自分の人生の選択でありながら、本人の意 思がともなわない。極端な場合、「みんながそうしている から」という、自我を失った選択になりかねない。本当 にそれでよいのだろうか。自分で納得し、後悔のない選 択ができているだろうか。今一度自分の胸に手を当て, 自分の意思と感情に向き合ってほしい。自分の人生なの だから、他の誰でもない、自分自身の意思を尊重して進 路を決定してほしい。

博士後期課程のキャリアパス*

玉 井 荘一郎

1. はじめに

私は、幼いころからものづくりや化学、とりわけ水環境分野への関心が高かった。そのため、中学を卒業後は大分高専の都市環境工学科に入学し、工学や環境について学んだ。卒業研究に取り組む中で、より高度で専門的な水にまつわる研究を行いたいと考えるようになり、宮崎大学への編入学を決意した。編入学後は鈴木祥広教授が率いる水環境研究室に所属し、現在、博士後期課程2年次に至る。本稿ではこれまでの研究紹介や私が博士課程に進学した理由について記す。

2. 研究紹介: コロイド吸着泡沫濃縮法による溶存遊離 DNA の高感度検出, 定量法の開発

2.1 研究背景:水環境中には、細菌の細胞活動や死滅によって細胞外部に放出された DNA である、溶存遊離 DNA (free-DNA) が存在する。また、細菌は形質転換と呼ばれる機構によって外来の DNA を自身のゲノム内に取り込むことが可能である¹⁾。したがって、水環境中に薬剤耐性菌や病原細菌が存在する場合、それらから放出された遺伝子が通常の細菌に取り込まれ、新たな形質を獲得することも否定できない。しかしながら、free-DNAは水環境中に極低濃度で存在し、0.22 μm のフィルターを通過するため、濃縮と回収が困難である。そこで我々は、水中の懸濁物のコロイドへの吸着特性と疎水化したコロイドの気泡への濃縮特性を応用した泡沫濃縮法に着目した²⁾。本研究では、free-DNA の回収方法として、泡沫濃縮法の最適化を実施した。さらに、実サンプルへの適用性の検証と free-DNA の遺伝子解析を実施した。

2.2 研究目的:本研究では、泡沫濃縮法によって、水環境中に存在する free-DNA を高感度に検出、定量することを目的とした。さらに、遺伝子解析によって free-DNA の機能を解析した。

2.3 実験方法

2.3.1 free-DNA の濃縮回収法の原理

泡沫濃縮法では、水酸化コロイドを free-DNA の吸着 担体として利用した。凝集剤の添加によって発生した水



Soichiro Tamai 修士 (工学)

令和5年 宮崎大学工学研究科工学専攻修了 同年 同大学農学工学総合研究科資源環

境科学専攻環境共生科学教育コース入学

同年 科学技術振興機構次世代研究者挑 戦的研究プログラム

令和6年 日本学術振興会特別研究員 DC 2

* Career Paths in the Doctoral Course

酸化コロイドに free-DNA が吸着し、界面活性タンパク質であるカゼインの添加によってコロイドが疎水化される。疎水化されたコロイドは、試料水を曝気することで気泡に濃縮され、容易に回収される。その後、酸・アルカリ溶液を使用してコロイドを溶解し、溶解液中に存在する金属イオンをキレート剤によってマスキングする。これにより、pH を中性に調整した際に、free-DNA がコロイドへ再吸着することを防止した。

2.3.2 free-DNA を回収するための最適なプロセスの 検討

泡沫濃縮法によって free-DNA を高効率に回収するために、最適な凝集剤、コロイド溶解液、キレート剤を検討した。

2.3.3 コロイド吸着・泡沫濃縮実験

前項で決定した最適な条件を適用し、コロイド吸着・ 泡沫濃縮法を実施した(図1)。free-DNAを添加した1L の人工河川水に鉄塩凝集剤とカゼインを添加し、疎水化 された鉄コロイドを曝気によって回収した。コロイドを 塩酸で溶解後、溶離した free-DNA を精製した。これに より、1Lの試料水が 400 uL に濃縮される。

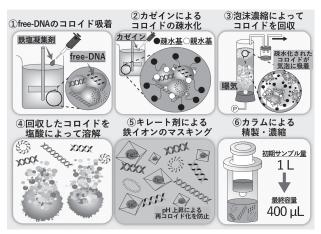


図1 泡沫濃縮法による free-DNA の濃縮回収

2.3.4 下水処理場試料への適用

本法の妥当性を確認するために、下水処理場から採取した流入下水、活性汚泥処理後の二次処理水、塩素消毒後の放流水からfree-DNAの回収を行った。試料水は0.22 μm のフィルターでろ過後に実験に供した。回収したfree-DNA に対して遺伝子解析を実施し、free-DNA に含まれている遺伝子を網羅的に検索した。

2.4 実験結果

2.4.1 コロイドからの free-DNA の最適な溶離法

凝集剤として鉄塩凝集剤、キレート剤としてデフェロキサミンメシル酸塩(DFOM)を使用した場合、0.1M塩酸では $69.4\pm17.1\%$ 、1M塩酸では $44.5\pm3.0\%$ の free-DNA が回収された。1Mのアスコルビン酸を使用した場

合,61.8±14.9%のfree-DNAが回収された。アルミニウム系凝集剤では、鉄塩凝集剤を使用した場合よりも高い回収率は確認できなかった。高濃度の塩酸を使用することで回収率が低下したが、少ない容量でコロイドを全量溶解することが可能であり、濃縮率が高くなった。溶解後の容量が多い場合、後段のカラムによる精製・濃縮が困難になることから、鉄塩凝集剤、1M塩酸、DFOMを使用した条件をfree-DNAの最適な溶離法とした。

2.4.2 泡沫濃縮法による free-DNA の回収

原水に free-DNA として大腸菌のゲノム DNA を添加し、処理前後の遺伝子コピー数から回収率を算出した。ゲノム DNA の回収率は 66.3 ± 3.3%であり、泡沫濃縮法によって free-DNA を回収することが可能であった。

2.4.3 下水処理場から回収された free-DNA の情報

泡沫濃縮法によって,下水処理場の流入水,二次処理水,放流水の free-DNA を回収した。各地点の free-DNA 濃度はそれぞれ, $0.92\pm0.092~\mu g~L^{-1}$, $0.45\pm0.069~\mu g~L^{-1}$, $0.70\pm0.18~\mu g~L^{-1}$ であり,二次処理水から放流水で濃度が増加した。これは,塩素消毒による細菌数の死滅にともない,多くの DNA が細胞外部に放出されたことによって濃度が上昇したと推察される。塩素消毒後の放流水中にも多くの free-DNA が残存しており,河川に放流されていることが明らかになった。

2.4.4 遺伝子解析による free-DNA 中に存在する薬剤 耐性遺伝子と病原遺伝子の検索

下水処理場から回収した free-DNA の遺伝子解析を実施した。流入水、二次処理水、放流水中における、薬剤耐性遺伝子は、4,092、689、3,056 read 検出され、病原遺伝子は、738、99、294 read 検出された。これは、Total readの $1.91\times10^{-4}\sim8.84\times10^{-3}\%$ に相当し、薬剤耐性遺伝子と病原遺伝子が free-DNA 中に占める割合は極めて少なかった。また、各 read 数は塩素消毒後に増加し、塩素消毒によって free-DNA の多様性が豊かになることが明らかになった。

2.5 結論と今後の展望

本研究によって、水環境中から free-DNA を回収し、遺伝子情報を蓄積することが可能となった。蓄積された free-DNA のデータに基づいて、特定の汚染源等における free-DNA の除去、不活化処理の適用を検討することも可能であり、公衆衛生の向上に大きく寄与する。

水環境中のfree-DNAの情報は明らかになったが、形質転換による遺伝子伝播の実態は未解明である。水環境中での形質転換による遺伝子の拡散の実態の解明は、これまで見過ごされてきた衛生環境の喫緊の課題であり、早急に対策が必要である。そこで我々は、水環境中における形質転換の実態解明を目的として、模擬環境下での細菌の形質転換を実験的に検証している。水環境中でのfree-DNAと形質転換の実態、細菌の進化、変異との関連を明らかにすることができれば、極めて重要な発見となり、世界に大きなインパクトをもたらすことができる。

3. 博士課程に進学した理由と今後のキャリアパス

私が博士課程に進学した理由は、学部から修士にかけて研究活動を続ける中で、未知を追求する喜びを知り、より研究を深めたいと感じたためである。しかしながら、博士課程を検討してから、進学を即決できたわけではなかった。世の中には、博士課程に進学すると就職に不利

であるといったようなネガティブな意見が多く存在する。 その他にも、金銭的問題やモチベーションの低下なども 挙げられ、就職活動と進学のどちらを選ぶべきか大いに 悩んだ。私がそれらの不安を払拭できた理由は、指導教 員からの後押しや、過去の博士課程に進学した先輩たち の現在の地位やキャリアに憧れたためである。とくに、 同じ研究室を卒業した先輩方が第一線の研究者として活 躍する姿は、思い悩む私にとっての刺激となった。

これらの後押しを受け、無事に博士課程に進学し、約 1年半が経過した。現在, 進学前の懸念していた点はす べて解消されている。現在就職活動の際中であるが、水 環境の分野においては、博士卒の人材も採用する企業が 多く,安心して就職活動に取り組めている。また,日本 学術振興会の特別研究員として採択されたことで、金銭 的不安を抱えずに研究活動に取り組めている。博士課程 の学生には、学術振興会をはじめ、科学技術振興機構や 民間の奨学金などの様々な経済支援が存在している。経 済的不安が要因で博士課程の進学に悩んでいるならば、 いずれかの経済的支援を受けられる可能性があるため、 自己投資という意味でも博士課程の進学を進めたい。研 究のモチベーションに関しては、研究室の面々や担当教 員である鈴木教授が毎日熱意をもって研究活動に取り組 んでいるため、その環境に触発され、切磋琢磨しながら 研究に取り組めている。さらに、博士課程の学生は専門 性を深めすぎるあまり、自分の研究分野のみに特化しす ぎてしまう傾向があるため、自分の研究テーマ以外の専 攻領域に関する幅広い知識を身につけることを意識して いる。実際に、博士課程に進学後に、公害防止管理者水 質1種の資格を取得するなど、水環境の知識を広く深く 身につけることを意識している。また、大学では座った ままで作業を行うことが多いため、休日には積極的に体 を動かすなどして、適度にリフレッシュすることを心が けている。

今後の進路については、現在のところ、民間企業の研究職を志望しているが、特別研究員 (PD) やテニュアトラック制度を利用したアカデミアの道も視野に入れている。博士課程では、修士課程では選択肢になり得なかったアカデミックの道が開かれている点が大きな魅力であるといえる。水環境の分野に身を置き、修士課程への進学に迷っている方には、進学を強く推薦する。修士課程の期間はわずか2年間であるが、積極的に研究に取り組めば学部時代と比較して飛躍的に成長する可能性を秘めている。自己研鑽とキャリアアップの観点から、進学を選択することは大いに価値がある。修士課程を経て未知の追求の楽しさを知り、さらに研究を続け、自分の限界に挑戦したいと感じた人は博士課程の進学を検討してほしい。博士課程で得られる経験と成長は、研究者としての人生だけでなく、様々なキャリアにおいても価値ある財産となる。

参 考 文 献

- von Wintersdorff, C.J.H., Penders, J., van Niekerk, J.M., Mills, N.D., Majumder, S., van Alphen, L.B., Savelkoul, P.H.M., Wolffs, P.F.G., 2016. Dissemination of antimicrobial resistance in microbial ecosystems through horizontal gene transfer. Frontiers in microbiology 7, 173.
- 2) Suzuki, Y., Maruyama, T., 2002. Removal of suspended solids by coagulation and foam separation using surface-active protein. Water Research 36(9), 2195-2204.

博士課程、進学してみませんか?*

中島芽梨

1. はじめに

私は現在、博士後期課程の3年生である。幸運にも、本稿の執筆時点で就職活動も無事に終了しており、博士号取得と卒業に向けた準備を進めている。研究が楽しくて続けたいからという理由で博士課程まで進学してしまったため、あまり参考にならないかもしれないが、少しでも学生のキャリア選択の助けになれば幸いである。

2. 私が育った水環境

私は群馬県吾妻郡草津町という,草津温泉で有名な標高約1200mに存在する小さな町で幼少期を過ごした。草津温泉の泉質はpHが1から2程度と非常に強酸性であり、塩化物や硫酸塩、様々な金属イオンを含んでいる。そのため、この源泉が流れ込む利根川水系の吾妻川は、かつては魚が生息できない「死の川」と呼ばれており、農業用水や飲料水として使用することが困難であった。しかし、源泉中には一部の好熱・好酸性の極限環境微生物が生息しており、それらの繁殖により水はきれいなエメラルドグリーンを呈色する。一見、人間の目には非常に美しく素晴らしい水環境に見えるが、多くの生物は生きることができないというアンバランスさに惹かれたことが、水環境に関する研究をするきっかけになったように思う。

3. 北海道大学工学部への進学

草津と同じように涼しく、雪が降る場所で暮らしたいと思っていたので、北海道大学に進学した。水産学部以外が集まる札幌キャンパスは、札幌駅のすぐ北に位置するためほどよく都会でありつつ、緑に囲まれ非常に自然豊かである。構内にはエゾリスやキタキツネなどが生息しており、学生は在学中に何度も遭遇することになる(図1)。

私は総合入試理系の区分で入学したため、学部2年へ 進級する際に専攻学科を選択する必要があった。生物学 に興味があり、とくに微生物やウイルスに関することを



Meri Nakajima

令和4年 北海道大学工学院環境創生工学専 攻博士後期課程入学

同年 日本学術振興会特別研究員(DC1) 第56回土木学会環境工学研究フォーラム優秀 ポスター賞(令和元年),第55回日本水環境学 会年会年会優秀発表賞(クリタ賞)(令和3 年),第56回日本水環境学会年会年会優秀発 表賞(クリタ賞)(令和4年),第35回日本微 生物生態学会年会優秀ポスター賞(令和4年),第59回土木学会環境工学研究フォーラム環境技術・プロジェクト賞(令和4年)



図1 著者が北大構内で遭遇したキタキツネ

学びたいと考えていたため、理学部や農学部なども進級 先の候補であった。しかし、実学であることと他学部に 比べて就職しやすいことから、工学部環境社会工学科環 境工学コースを選択した。進級後には専門的な内容の講 義や学生実験が始まった。当時、学生実験は結果がわか っていることをやるだけで面白くないと感じていたが、 皆が同じように実験しても必ずしも同じ結果にはならな いという、実験方法を正確に理解しその通りに行う重要 性や結果の再現の難しさを学ぶよい機会だったと今では 田う

学部4年次には、所属研究室を決定するため研究室紹 介や見学が行われた。私は水質変換工学研究室(1講座) と水環境保全工学研究室(3講座)の研究に興味を持っ た。そのうち3講座は、のちに指導教官となる佐藤久教 授の方針で、研究活動と両立することを条件に、サーク ル活動やバイトが推奨されていた。大学のマンドリンオ ーケストラの活動にも力を入れていた私は、3講座への 配属希望を出し、4月から研究活動を開始した。配属後、 指導教官から二つのテーマを提示された。一つは、先輩 も取り組んでいるテーマであり、成果が出ることがそれ なりに見込まれるもの。もう一つは、全く新しいテーマ で、学部、あるいは修士まで研究を続けても満足のいく 成果が得られるかわからないというもの。せっかくなら 難しいほうが面白いかなと思い、私は後者の「金ナノ粒 子修飾 DNA (金ナノ粒子プローブ) を用いた下水中の 細菌を検出するペーパーチップの開発」を選んだ。この ペーパーチップは、新型コロナウイルスの診断キットの ように検出ラインの色の変化で検出対象の核酸の有無を 判別するというものである。最初は、専門外であった分 析化学やナノ材料科学について学ぶところから始まった。 研究を進める中で、肉眼では見えない核酸をナノ粒子で 可視化できることに感動し、8月の大学院入試の時点で 博士課程への進学を決めていた。その後、発展的なテー マとして、分光光度計などを用いた光学的分析により核 酸の定量を行う「金ナノ粒子プローブを用いた微生物の 簡易核酸分析法の開発」にも取り組み、順調に成果を挙

^{*} An Encouragement of Enrolling a Doctoral Program

げていた。研究室の先輩方や同期も非常によくしてくれ、楽しい研究室生活を送っていた。しかし、初めての日本水環境学会年会への参加となるはずであった第54回年会が、新型コロナウイルスの感染拡大によって開催中止となったことを皮切りに、研究室生活が一変した。

4. コロナ禍とともに始まった修士課程

修士課程へ進学した時点で、大学への登校が禁止され、 講義はすべてオンラインとなった。こうした制限は少し ずつ緩和されたが、私は修士課程のすべてをコロナ禍の 中で過ごすこととなった。研究室のゼミもオンラインで 行われ、2ヵ月ほど実験ができない期間があった。卒論 を書き終え、これから思う存分実験しようという時に歯 痒い気持ちもあった。研究室のイベントも、対面での学 会もなくなってしまったのが残念だったが、この間に腰 を据えて論文を執筆できたのは良かったと思う。

学部の同期 50 人のうち, 8 割強が修士課程へ進学したが, 最終的に博士課程へ進学したのは私だけであった。専攻の同期も含め, 熱心に研究に取り組んでいた知人は何人もいたが, 経済的な理由や博士課程に対する心理的なハードルの高さなどから断念した。寂しさもあったが, 今はかつての同期達が水環境関連分野の企業で活躍する様子を見聞きして, 私も研究を頑張ることができている(図2)。



図2 修士課程の卒業式 研究室のメンバーと

5. 博士課程への進学と新たな分野への挑戦

博士課程進学までに論文を数編発表し、学会賞もいく つか受賞したおかげで、日本学術振興会の特別研究員 (DC1) として研究奨励費を貰いながら研究を続けること となった。しかし、修士課程に続き分析手法の開発を行 う中で、よりよい手法を開発するためには、検出対象で ある微生物や分子生物学について深く学ぶ必要があると 思うようになった。指導教官に相談したところ、知り合 いの産業技術総合研究所 (産総研) 生物プロセス研究部 門の成廣隆グループリーダー、黒田恭平研究員(現主任 研究員)を紹介していただいた。そして博士1年の秋頃 から、産総研の北海道センターで技術研修生として、「廃 水処理システム内の未培養微生物の生態解明」に関する 研究も始めた。微生物の培養経験もほとんどなかったが、 たくさんの方々にサポートやご指導をいただいたおかげ で、成果を論文として発表することができた。また、国 内外の研究者とのコネクションができるなど、新たな環

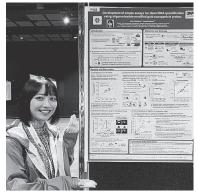


図3 コロナ禍を乗り越え初めての国際学会

境に身を置いたことは非常によい経験になった。

産総研で研究を始める前は、卒業後も大学で研究を続けるだろうなと漠然と思っていて、民間企業や公的研究機関への就職は全く考えていなかった。しかし、産総研で様々なバックグラウンドを持つ方々と交流する中で、大学、民間企業、公的研究機関のそれぞれに良さがあると感じた。私は、自分がやっていて楽しい研究であるということはもちろん、皆が暮らしやすい社会になるとか、困っている人が減るとか、成果が社会の役に立つような研究がしたいという気持ちがあったので、社会課題にアプローチできる国立の研究機関を就職先の一つとして考えるようになった。

無事に博士号を取得できれば、来春からは公的研究機関の研究員として「廃水処理システム内の未培養微生物の生態解明とその作用機序を利用した応用技術開発」を行う予定である。この研究を通して、民間企業や自治体の廃水処理における問題について、微生物を軸としたアプローチにより解決したい。また、微生物を対象とした簡易分析手法の開発も引き続き行う予定である。今後は若手研究者として水環境分野を一層盛り上げ、その発展に貢献できればと考えている。

6. 学生の皆さんへメッセージ

博士課程というと、 辛いとか苦しいといったイメージ を持つ学生が多いかもしれない。忙しさとか、研究の行 き詰まりとか、研究室の人間関係とか、原因は人それぞ れだが、誰でも一度は辞めたくなる時があると思う。私 もそうだったが、卒業が見えてきた今となっては、総合 的には楽しかったし、進学して良かったなと思っている。 大学の知人でも、修士課程で就活を終えた後に卒業に向 けて研究に打ち込んでみたら、意外と楽しくて、もっと 研究をすれば良かった、博士課程に進学しても良かった かなと思った、という人が少なからずいた。迷ったら、 あえて茨の道(難しそうな方)を選ぶ、というのも悪く ないと思う。壁にぶつかった時も、一生懸命に、真摯に やっていれば、助けてくれる人や応援してくれる人が現 れて、案外なんとかなるので、少しでも研究が好きなら チャレンジしてみてほしい。また、ここ数年で博士学生 に対する経済的支援策が非常に充実しつつある。民間企 業も積極的に博士学生を採用するようになっており、博 士課程に進学したら就職できないということもなくなっ てきているように思う。博士課程進学を迷っている人は. ぜひ前向きに検討してみてほしい。

夢の途中*

波多野 雄 大

1. これまでの水環境研究の紹介

私は、学部時代は横浜国立大学で化学工学を、修士課 程以降は東京工業大学(現・東京科学大学)で土木工学 を専攻して水研究を行ってきた。横浜国立大学理工学部 には ROUTE という、4年次での研究室配属以前から学 部生が研究室での研究を行うプログラムがある。私はそ のプログラムを利用し、学部2年次から分離工学を専門 とする中村一穂先生のご指導のもと水研究を始めた。学 部2,3年次は講義の合間を縫って当時修士課程の先輩か ら教わりながら,「促進酸化処理による難生分解性有機物 の生分解性の向上」について研究を行った。難生分解性 有機物としてエチレングリコールおよびポリエチレング リコールを対象に、フェントン反応処理による生分解率 の向上を示した。中村先生および先輩から手厚くご指導 いただき、学部3年次の時点で基本的な実験操作を習得 し、研究の楽しさを知ることができた。また中村先生の 積極的に学会発表をしようという教えのもと、国内外の 学会で発表する機会もいただいた(写真1)。当時はまだ 自身の研究しか知らなかったため、多くの先生方、先輩 方の発表を聞き、学術研究の幅広さ・マニアックさに驚



写真1 令和元年化学工学会横浜大会にて、中村先生と



Yuta Hatano 工学修士

令和5年 東京工業大学環境・社会理工学院 修士課程修了・博士後期課程入学

6年 日本学術振興会特別研究員(DC2) 化学工学会横浜大会2019学生奨励賞(令和元年),横浜三工会学生ベストプレゼンテーション賞(卒業研究発表)(令和3年),東京工業大学物質・情報卓越教育院優秀特別賞(令和5年),日本水環境学会年間優秀論文賞(メタウォーター賞)(共著)(令和6年)

* Teenage Dream

き、多くの刺激を受けた。学部4年次の卒業研究では、ROUTEで得た知識・技術を活かし、「促進酸化処理による余剰汚泥の生分解性の向上」について研究した。処理コストの高い余剰汚泥に対して促進酸化処理(フェントン反応、UV処理、オゾン処理)を施した結果、余剰汚泥の可溶化および易生分解化を示した。

修士課程以降は東京工業大学の土木工学コースへ進学 し、吉村千洋先生のご指導のもと研究してきた。修士課 程では当時博士後期課程の先輩から教わりながら「UV 消毒後の大腸菌を対象とした水質マトリックスに基づく 再増殖能の評価」について研究した。以前より報告され ていた UV 消毒後大腸菌の再増殖に対して共存する溶存 有機物の特性(カルボン酸、タンパク質、糖類、フミン 酸) および無機イオンの存在が及ぼす影響を明暗条件で 調査し、タンパク質や抗酸化作用を持つ有機物が再増殖 を促すこと、無機イオンの存在が大腸菌の生存能力を向 上させることを明らかにした。本研究では、自身が所属 する東工大物質・情報卓越教育院のプログラムの一環と して国立研究開発法人物質・材料研究機構(NIMS)の 出村雅彦先生、永田賢二先生のご指導のもと「二乗誤差 の代わりにポアソン分布を活用したベイズ推定によるモ デルフィッティング精度の向上」にも取り組んだ。一方 で、自身の研究に加えて先輩や後輩が主体となって取り 組んでいる研究にも参加した。吉村先生の幅広い知見, 広い視野のもと水環境分野全般のあらゆる研究が組織的 に行われていることが吉村研究室の特徴である。そんな 恵まれた環境において、自身の研究に関連のある消毒技 術に関する研究に加えて下水疫学に関する研究、水環境 中における光化学反応に関する研究にも取り組んだ。博 士後期課程へ進学してからは自身の研究も水環境中にお ける光化学反応に変更し、「水環境でのラジカルの光生成 に与える水利用・水処理の影響解明」について研究して いる。水環境保全や下水処理の最適化を目的として、太 陽光による溶存物質の励起により発生する水環境中の光 化学反応に対して、人間が放流する下水処理水がどのよ うに影響を与えるかを明らかにしたい。

2. どのように進学を選択したのか

私が水研究を志したのは高校生の時である。中学・高校時代に2年間ほど不登校だった私は、望んでサボっていたわけではないが、勉強や運動など自分のやりたいことに没頭できる恵まれた環境にいながら、その権利を放棄している自分が嫌だった。そこで学校へ行けるようになってからは、世界中の子どもたちが夢を追いかけられる世界の実現に貢献したいという思いから、世界中の生活環境を向上させるために勉強したいと考えるようになった。高校時代、化学を担当していた先生が化学の魅力

が非常に伝わる授業をしてくださっていた。その授業に 魅了されて化学に夢中になった私は、化学を学んで生活 環境の向上に貢献したいと思うようになった。当時高校 生だった私は感覚的に"化学的な生活環境=水"と考え、 水研究の道を志すようになった。

大学受験では化学を専攻して水処理に関する研究を行える大学を探し、横浜国立大学理工学部化学・生命系学科へ進学した。第一志望校には合格できなかった分入学後頑張りたいと思い、前述のROUTEへ志願した。指導教員および先輩方に恵まれ、結果として非常に有意義な学部時代の研究生活を送ることができた。

修士課程への進学にあたり、土木工学をバックグラウ ンドとした水研究を行える研究室を志望した。化学工学 における水研究は主に産業廃水の処理を目的としていた が、将来的には上下水道や水環境といった人々の生活に 近い水に関する研究を行っていきたいと考えたためであ る。研究室を探すなかで吉村先生のもとで学びたいと強 く感じた。志望理由として、まず吉村・藤井(藤井学先 生)研究室の幅広い研究内容が挙げられる。当時,水環 境研究のなかでどの研究内容が自身のやりたいことか定 まっていなかったなかで、研究テーマの選択肢が広いと いう点で処理技術を含む上下水道・水環境・生態系とい った幅広い研究を行っていた吉村・藤井研究室を魅力的 に感じた。また私のような研究室訪問に来る学生に対し てまとまった時間を用意し、丁寧かつ楽しそうに研究に ついてお話してくださる吉村先生の姿を見て、吉村先生 のご指導のもとで研究者を目指したいと思った(写真2)。

3. どのように研究テーマを選定したのか

前述の通り学部時代は分離工学を専門とする研究室に 所属していた。膜分離、晶析、産業廃水処理、水素発酵 などの選択肢から、最も自身のやりたかった水研究に近 かった廃水処理に関する研究を選定した。

修士課程では水処理,水環境・生態系,上下水道といった選択肢があるなかで,上下水道の水処理技術に直結する研究がしたいという思いから,消毒技術に関する研究を選定した。博士後期課程への進学を決めていたため,実際には,ある程度予備知識があり,すぐに成果が出せそうであるという側面も意識して選定した。

博士後期課程では、修士課程での研究がある程度まと まったうえで、将来的に専門分野を限定するために学生 のうちに様々な知見を増やしておきたいという考えから、 研究テーマを変更した。化学が好きだったこともあり、 修士課程の時にも取り組んだテーマである水環境中にお ける光化学反応に興味を抱いた。そこで環境中における 光化学反応と水利用を関連付けた研究を選定した。

4. モチベーション維持のための取り組み

私は映画鑑賞を趣味としている。簡単に様々な物語に 没入でき, 感情を豊かにしてくれるからである。 とりわ け研究のモチベーションを挙げるためには、学者を題材 とした映画を観て「学者はかっこいい」という感情を奮 い立たせている。一方で、映画ではないが、最も繰り返 し見ているものは、2014年に YouTube で公開された俳 優マット・デイモンが ALS アイス・バケツ・チャレンジ に挑戦した動画である。すべての人が安全な水と公衆 衛生にアクセスできることを目的とした非営利団体 「Water.org」の共同創設者であるマット・デイモンは、 途上国の人々が飲む水より先進国のトイレの水の方がき れいである等の世界中の水問題に言及したうえで、頭か らトイレの水を被った。当時高校生であった私は、この 動画を観て世界中の水問題の深刻さを知り、水研究を志 すきっかけにもなった。水問題を解決したいと感じた当 時の気持ちを思い出して研究へのモチベーションを高め るために今でも繰り返し視聴している。

5. 最後に

私は高校生の時からアカデミアを志していたため、迷いなく博士進学した。博士学生となった今、立場を理解されない時もあり、就職して働いている友人が眩しく見え、劣等感を感じることもある。ただ、物事、とくに興味ある内容の本質を追及し、自身の将来を熟考できる、間違いなく有意義な時間を過ごしている。もし博士進学を悩んでいる後輩がいれば、これからの人生の準備期間であると捉え、恐れずに検討してほしいと思う。

今現在、私は楽しんで研究に励むことができている。 これもひとえにこれまで関わってくださった皆様のおか げである。今の私へ導いてくださった先生方、先輩、後 輩、友人、恋人、家族へ感謝し、夢の実現に向けて駆け 抜けていきたい。

また本企画への参加の機会をくださった黒田恭平先生、藤井学先生、その他関係者の皆様に深く御礼申しあげる。



写真2 吉村研究室のメンバーと

未来の水環境を支える人材になるための 研究への取り組みと進路選択について*

三浦宏斗

私は現在、膜通気型バイオフィルムリアクター(通称 MABR)と呼ばれる省エネルギー型排水処理技術の実用 化に向けた研究に取り組んでいる。MABR は、ガス透過性を有する高分子膜を介し、その外側に形成されるバイオフィルムに対して、気泡を生じることなく酸素を供給することができるプロセスである(図1)。この方式により、MABR は従来のばっ気と比較して酸素供給におけるエネルギーコストを最大86%削減可能」と報告されている。下水処理におけるばっ気コストは、プロセス全体のエネルギーコストの約半分を占めると言われている。ため、MABR の導入により運転コストや環境負荷の削減が期待されている。

もう一つの特徴として、MABR では好気的なバイオフ ィルムの深部(ガス透過膜近傍)で硝化反応が起き,嫌 気的な排水側の部位では脱窒反応が進行する(図1)。こ の機構により、下水中のアンモニア除去性能はバイオフ ィルムの厚さに影響を受ける。具体的には、バイオフィ ルムが厚くなりすぎた場合、アンモニアがバイオフィル ム中に拡散(浸透)しづらくなり、アンモニア除去性能 は低下する。このような状況を避けるために、MABR の 運転ではバイオフィルムが適切な厚さになるよう粗大な 気泡を用いた剥離操作 (スカウアリング) を導入する必 要がある。しかしながら、スカウアリングの最適な頻度 を決定する手法は確立されておらず、実用化に向けて開 発が求められている。そこで、私が着目したのが窒素除 去のプロセスから副次的に生成する亜酸化窒素 (N2O) で ある (図 2)3。硝化反応の副生成物や脱窒反応の中間体 として生成する N₂O は、硝化および脱窒速度のバランス によって生成量が変化する。これらの事実から、硝化脱 窒のバランスに影響を及ぼすバイオフィルムの厚さを N₂O 生成量から推定し、バイオフィルム剥離の頻度制御に応 用できるのではないかと考えた。現在は、実際にバイオ フィルムの厚さと N₂O 生成量の相関を求めることを目的



Hiroto Miura

令和3年 沼津工業高等専門学校物質工学科 卒業

同年 東京農工大学工学部化学物理工学 科入学

5年 同大学工学部化学物理工学科卒業 同年 同大学大学院工学府化学物理工学

6年 同大学大学院工学府化学物理工学 専攻博士前期課程修了

専攻博士前期課程入学

同年 同大学大学院工学府化学物理工学 専攻博士後期課程入学

Research Efforts and Career Choices to Become a Future Contributor to the Water Environment

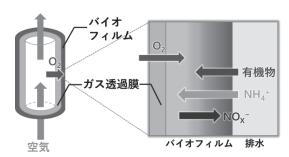


図1 MABR におけるガス透過膜近傍とバイオフィルム – 排水間の基質交換の模式図



図2 硝化脱窒反応における N₂O の生成経路

に、両者を定量的に評価するための実験を進めている。

現在、MABRに関連するテーマは下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)に採択され、実用化に向けた取り組みが本格化している。最終的に本研究がMABRの運転制御に進歩をもたらし、実用化に貢献する未来を描きながら今後も研究を進めていく考えである。

私はこの研究テーマに関わる以前に、沼津工業高等専門学校にて酵素に関連する内容の研究を行っていた。そのような中で、酵素自体を産生する微生物の能力に興味を惹かれたことに加え、広く社会に貢献することができる"水"や"環境"というキーワードを軸に編入学する大学と所属したい研究室を選定した。そこで候補に挙がったのが現在所属している東京農工大学化学物理工学科および寺田・利谷研究室である。学科のカリキュラムが"環境"を一つの軸とした方針であったため、自身の希望に沿った内容を学ぶことができると考えた。さらに、現在の指導教員である寺田昭彦教授が、微生物プロセスを利用した排水処理のプロフェッショナルであることを大学のHPやパンフレットなどから知り、最終的に東京農工大学の化学物理工学科へ進学することを決定した。

実際の研究テーマ決定は学部3年の後期から実施された研究室体験配属というプログラムの中で行われた。教授陣から提示された数多くのテーマの中から自分の希望

するテーマを選択する形式であったため、それぞれのテ ーマにはどのような社会的インパクトがあり、実際にど のような実験を行う可能性があるのかを吟味した。個人 的な価値観で、実際に排水処理を模した装置を動かして マクロな性能を評価するような実験を行いたかった点, 加えてより社会実装を見据えたような研究を行いたかっ たという点から現在の MABR に関するテーマを選択し た。テーマ選択後は修士1年の7月頃まで、日数にして 420 日間にわたってラボスケールの MABR の連続運転を 実施した。リアクターの連続運転は自身の想像以上に厳 しく、日々の排水流入量の管理やポンプのメンテナンス、 人工排水の調製から、時には突発的な漏水の対応などに 追われることもあった。しかしながら、自身の努力が運 転データの蓄積としてあらわれていき、教授からも安定 して運転をできていると声をかけていただけた時には苦 労が報われる思いがあった。

博士課程への進学を考え始めたのは学部4年時の中頃 で、きっかけは教授からの博士課程進学に関連する様々 な大学の制度を紹介いただいたことである。 具体的には, 農工大では条件を満たすことができれば修士課程および 博士課程の1年間ずつを短縮修了することができる制度 があり、結果として最短3年間で博士号を取得すること ができること、また博士課程の学生は大学から一般的な 生活費相当の給付型奨学金の支給を受けられることをお 話いただいた。私は将来的に社会実装やモノづくりに関 わりたいと考えていたため、大学院卒業後は民間企業へ の就職を予定していた。そのため、就職時期が大幅に遅 れることを懸念して当初は博士課程への進学を選択肢に 含めていなかった。加えて、在学中の金銭的負担も懸念 していたため、修士課程で研究を終えて就職するのが無 難な進路であると考えていた。しかしながら、教授から 紹介いただいた制度を活用することでそれらの懸念事項 を解消できることが分かり、短縮修了制度を利用した博 士号の取得を考え始めた。

短縮修了を視野に入れ始めてからは、制度上のノルマとなる査読付き論文誌への投稿を目指して日々の実験や文献調査を進めた。初めての論文執筆作業は困難の連続で、思うように筆が進まない時もあった。それでも、教授の多大な助力もあり前述のラボスケール MABR 運転の結果をまとめ、無事に査読付き論文誌への投稿を達成することがきた。投稿後は査読者からいただいたコメントをもとに修正を行い、再提出を経て晴れて掲載を叶えることができた。この一連の経験を通して、単に修士課程短縮修了の条件を満たすことができたという結果だけでなく、自身が博士課程に進学しても研究をやり遂げることができるだろうという自信を得られたと感じている。

このような過程を経て現在は博士課程1年目に在籍しているが、博士課程も同様に短縮修了を視野に入れているために今年度から就職活動を始める必要が生じている。現在の就職活動は早期化の動きがより強まっており、倍率の高い企業あるいは職種はインターンシップに参加できるかどうかが今後の選考に大きく影響するとも言われている。私は"水"や"環境"というキーワードをもとに大学や研究室、研究テーマを選択してきたこともあり、就職活動においても同様のキーワードに基づいて企業の選定を行ってきた。業種としては、水処理プラントや上

下水道インフラに関わるエンジニアリング企業やメーカーにターゲットを絞っている。そのような企業の中からインターンシップや選考にエントリーする企業をさらに 選定していく際には、次の二点を意識している。

一点目は、その企業がどれだけ研究開発に力を入れているのか、さらには研究分野が自身の専門とマッチしているかどうかである。なぜなら、研究開発職に就き自身の専門性を活かした技術開発に携わりたいと考えているからである。今後の社会における水処理は、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミー実現に向けた需要に対応する必要があり、加えて公共の上下水インフラにおいては人口減少に対応するための制御自動化や設備の老朽化対策などが重要視されている。これらの社会課題に対応するためには、新たな技術開発は欠かすことのできない要素であり、自身の専門性を活かしてその過程に貢献したいと考えている。

二点目は事業の海外展開にどれだけ力を入れているかである。前述のとおり、日本国内では人口減少にともない上下水インフラの需要に関しては縮小傾向にあり、基本的には維持管理や更新、運転管理といった内容がメインになると予想される。一方で海外に関しては、水インフラが未発展で飲用水や生活・工業排水の処理が行き届いていない地域がまだまだ存在する。したがって、ニーズとしては国内よりも海外の伸び代が大きいのは明らかである。しかしながら、海外での水ビジネスにおいては金銭的な問題やその国の認証取得など、参入障壁が大きいと言われている。それらを乗り越えて高い技術力を提供することができる企業に就職し、日本国内に留まらず世界の水環境の改善に貢献することが私の目標の一つである。

ここまで就職活動に関して述べてきたが、研究活動と の両立を図るのは正直に言えば苦労する部分もある。そ のような中でモチベーションを維持するために、私が欠 かせないことは自身が課題を乗り越えた姿や研究成果を あげた姿,就職して活き活きと働いている姿を繰り返し, 具体的にイメージすることである。現状が辛く追い込ま れているような状況にあっても、これを行うことで「あ と少しだから頑張ってみよう」、「これを乗り越えれば成 果をあげることができるかもしれない」と前向きな思考 を取り戻すことができる。このようなメンタル的なアプ ローチ以外には、研究とそれ以外の時間の切り替えを意 識している。具体的には、基本的に自宅には研究関連の 作業を持ち込まず、時間が遅くなろうと研究室内で作業 は完結し、自宅に帰ってからの時間は休息や趣味などの リフレッシュに充てている。今後の研究および就職活動 においてもこれらを意識し、努力を形にしていきたい。

参考文献

- 1) Aybar, M., Pizarro, G., Boltz, J.P., Downing, L., Nerenberg, R., 2014. Energy-efficient wastewater treatment via the air-based, hybrid membrane biofilm reactor (hybrid MfBR). Water Science and Technology 69(8), 1735–1741.
- 2) Rosso, D., Larson, L.E., Stenstrom, M.K., 2008. Aeration of large-scale municipal wastewater treatment plants: State of the art. Water Science and Technology 57(7), 973–978.
- 3) Stein, L.Y., 2020. The long-term relationship between microbial metabolism and greenhouse gases. Trends in Microbiology 28(6), 500–511.

分野横断的な研究者を目指して*

赤 星 怜

1. はじめに

現在、国立環境研究所の海域研究室にポスドクとして 在籍しており、私自身は最も世間のイメージに近い研究 職に就いていると感じている。しかし、世間には様々な 研究職の名を冠する職業があり、キャリアを考える上で 自身のキャリア形成に合った「研究職」を探す必要があ るということを感じた。本稿では、現職に至るまでの自 分なりのキャリアの考え方についてと、研究活動紹介と 展望について述べさせていただく。

2. 環境分野に至るまでのキャリア

私のキャリアプランの軸となっているのは、中学2年 生の冬に出会ったヴェネツィアという都市である。当時 テレビ番組で紹介されていた美しい建物群、船を主たる 移動手段としたレトロ感、高潮時の水面に反射する景観 とパッセレッレ(高潮時に設置される渡り通路)のよう な独特の文化に惹かれ、私はヴェネツィアという都市に 憧れを抱くようになった。中学校3年生の時、政治・経 済の授業の課題で世界が直面している問題について発表 する機会があり、私は気候変動とそれにともなうヴェネ ツィアの水害対策をテーマに選択した。当時ヴェネツィ アでは、地球温暖化等の影響による高潮位の発生頻度増 加にともなう都市部の浸水被害が激甚化しており、その 対策としてモーゼ計画と呼ばれる浮体式防潮堤建設プロ ジェクトが進行していた。私はこの時に都市と人間生活 を守る土木工学の重要性を学んだが、一方で閉鎖性水域 であることから、土木構造物の建設によってラグーン内 の水質が悪化することが懸念されており、複雑な問題を 抱えた地域であることを知ることになった。進路選択を 考える際には、将来的にヴェネツィアの環境や街づくり に携われる職業に就きたいと考えていたため、その周辺 知識を身に着けるためにも汽水域や土木というキーワー ドに着目して、進学先の大学を決めた。

島根大学では技術士補等の資格を取得できる生物資源 科学部の農業土木の学科に所属しながら、汽水域の生態 学に関わる講義やフィールドワークを積極的に受講し、



Rei Akahoshi

平成27年 島根大学生物資源科学部卒業 令和2年 名古屋大学大学院工学研究科土木 工学専攻単位取得退学

同年 いであ(株)水環境解析部 5年 国立環境研究所特別研究員

* Wants to be a Cross-sectional Researcher

汽水域への理解を深めていった。また,ヴェネツィアのような観光資源,汽水域,地盤沈下,高潮等といった複雑な問題を抱える地域を理解するためには多面的・多角的な視点を持つことが重要であると考え,経済学部や理工学部の講義も積極的に受講した。

島根大学では海の物理的な話や数値モデルについて詳しく学ぶことができなかったため、大学院は波浪場と構造物や土砂の関係について数値モデルを用いて解析している研究室、かつ大規模な実験室を有する研究室から進学先候補を絞り、名古屋大学大学院に進学した。研究内容は、実験をメインに数値波動水槽の土砂モデルの改良等を実施し、粘着性を有する粘土と非粘着性の砂を混合した土砂の波浪場における挙動の解明に努めた。沿岸域の局所的な課題に着目した研究に多く触れることができた一方で、津波に関連するもの以外で海域全体を考えるような視点を養う機会はあまり多くはなかった。そこで就職時には大学院で培った土砂輸送の知識を活かしつつ、海域全体の気象場・流動場を考慮する必要がある海の生態系モデルを扱い、国家プロジェクトに資するような業務に携わりたいと考えた。

上記の理由から研究要素の強い職種がある企業または研究機関に絞って就職活動を行い、新卒で環境コンサルタントの民間企業に就職した。実際に希望していた生態系モデルや海域モデルを使用した解析業務や担当する機会をいただき、それまでに経験した土木とは異分野の業界で働くことで、その業界で必要な知識やスキルを多く学んだ。また、大学院進学時には注目されていなかったAIに対するニーズが大きくなっており、業務を通して最先端のAI技術を研究し、業界で求められている活用方法等を知ることができた。一方、国立研究開発法人等の研究機関からの委託業務を行う中で、自ら研究内容を計画し実施することで、より自分の持っている知見を活かした社会貢献が可能になると感じ、現職に就いた。

現在までにインターン等も含めていくつかの研究ができる職に就いたが、その業務内容は様々であった。民間コンサルの研究職は、社風によっては業務時間内に論文を読む時間の確保や利益に繋がることが見込める研究を進めることができるが、自由度は比較的低く、基本的にはチームで業務に携わるため密な連携が重要である。また、企業によってはアイディアの創出とロードマップで成のみ自分の手を動かし、中身は外注し、出来上がってきたパッケージを売り込むのが主業務のようになる場合もあるため、何をもって研究職とするのかというところは就職する際に留意すべき点であると感じた。国立の機関は自由度が高い分、責任は完全に個人にあり、社会や分野内外の研究者が求める成果を出すことが大事である

と感じている。近年では大学や国立研究機関も社会実装に繋がるような研究を今まで以上に求められており、企業や他機関の研究者、他分野の研究職との密な連携がさらに重要になっている。このような連携を円滑に進めるためには、自分の専門分野を深めつつ、多角的な視野と分野横断的な知識を集約するスキルを若手のうちに身につけることが必要であると感じており、意識しながら業務に携わるようにしている。

3. 研究所と研究活動について (写真 1)

国立環境研究所は、研究開発を主業務とする環境省所管の国立研究開発法人である。1974年に前身となる国立公害研究所として発足し、1990年には気候変動等を含むあらゆる環境問題を扱う組織として国立環境研究所と名称を改め、今年創立50周年を迎えた。国立環境研究所では、基礎研究、政策対応研究、知的研究基盤整備等の基礎・基盤的な取り組みを各分野内で進めるとともに、各分野横断的なアプローチで研究を実施し、地球規模の持続可能性と地域課題の統合的な解決の実現を目指している。また、主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンの濃度の衛星観測と解析を行う人工衛星 GOSAT プロジェクトや子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査)等の長期国家事業の中核を担っている。

私の所属する海域環境研究室は、日本近海、沿岸および干潟環境を対象として、海洋生態系や物質循環に及ぼす影響の評価・解明に関する研究を行っている。現在研究室に所属している研究員は7名おり、理学または工学出身の研究者で構成されている。各研究員が得意な分野を活かした研究活動を行っており、様々な海域を対象とした現地調査、数値解析、室内実験を実施している(写真1)。

4. 研究について

国内の沿岸域は、水質総量削減等の政策によって水質 改善の兆しがみられている一方で、生物多様性のある豊 かな海は回復されておらず、気候変動の影響が顕在化し、 全国各地の沿岸域において水温上昇が原因とみられる生 態系の変調が相次いで報告されている。国際的枠組とし てもネイチャーポジティブに向けて生物多様性の損失か らの回復を気候変動対策と連携することの重要性が説か れている。日本では2030年までのネイチャーポジティブ 実現に向けた 30by30 目標を主に保護地域以外で生物多 様性保全に資する地域 (OECM) の設定および管理によ り達成する方針としており、民間の取り組み等による生 物多様性保全区域についても自然共生サイトとして認定 することにより、30by30達成を目指している。これらの 国際的な目標達成のための取り組みを適切に評価するた めには、陸域からの流出から海域までの現象を気候変動 等の要因も考慮した統合的なモデルが必要であり、当研 究室でも様々な海域を対象として数値シミュレーション を実施している。

現在は有明海・八代海を対象海域として、水環境・生態系に気候変動が及ぼす影響を明らかにするため、外洋との海水交換に着目し、その低下を引き起こす気象場・海象場のパターンや頻度の把握を試みている。有明海・八代海は干潟と特有の生物相を有する閉鎖性海域であり、近年はノリの色落ちやアサリ等有用二枚貝の激減、赤潮



写真1 船上での採水調査

による養殖魚類の斃死といった漁業被害が社会問題とな っている。また、線状降水帯による記録的な豪雨出水も 頻発化しており、底質の変化や過去最大規模の貧酸素水 塊の発生等の水環境への影響が報告されている。貧酸素 化に繋がる要因として海水交換の低下が挙げられており. 海水交換の増減を支配する気象場または海象場の生起確 率を把握し、気候変動影響を予測することを目的として いる。具体的には、対象海域の当研究室で開発された生 態系モデルを用いて数値シミュレーションを実施し、数 値解析結果から抽出した海面高度や風向・風速の情報を 自己組織化マップによってパターン分類を行うことでパ ターン別の情報と河川流量を合わせて解析し、海水交換 との関係を検討している。現時点では海面高度や河川流 量等の限られたパラメータを対象に検討を進めているが. 有明海と八代海はそれぞれ外洋との海水交換について大 規模出水と海面高度等の季節的な要因に各々支配されて いる可能性が示唆されており、さらに詳細な海水交換メ カニズムの解明を試みている。

5. 今後のキャリアについて

私のキャリアゴールは青年期から変わらず、ヴェネツ ィアのような複合的な課題を抱える都市および海域の課 題を解決することであり、現在は国内の局所的な課題や 基礎的な研究に取り組むことで純粋な研究の力をつける 段階であると感じている。今後の研究活動は、自分が大 学院時代に専門としてきた土砂動態の知見を活かして OECMの生物多様性の評価・予測を取り扱う予定である。 OECMの評価にあたり生物相に大きく関与する底質環境 の変化も把握する必要があるが、 粒度分布や地盤高と底 質環境・底生生物の関係について定量的な解析事例や予 測モデルは少ない。そのため、短期的な目標とし現行の 生態系モデルに土砂移動と地形変化のモデルを組み込む ことにより、OECM に指定されているような局所的な干 潟や浅場の粒度組成や地形の時空間的な変動予測の高精 度化を試みる。最終的には、生物種数等の現地調査結果 と関連付けることにより、海域全体の生物多様性の評価 を可能にするモデル開発を目標としている。また、様々 なプロジェクトの中で関わる研究者や技術者との交流を 深め、学会等を通じて自分の専門とする研究の発信を強 めていくことで、多角的な視点を養いながら分野横断的 な繋がりを構築し、海域環境の課題にとどまらず、社会 が抱える様々な課題の解決に寄与していきたいと思う。

私の体験談と将来の展望*

大 石 若 菜

1. 自己紹介

私は、2014年に北海道大学工学部の衛生環境工学コース(現在の環境工学コース)を卒業後、同年4月に同大学大学院環境創成工学専攻の修士課程に入学した。修了後はストレートに博士課程に進学せず、民間企業に就職した。一般廃棄物の焼却発電プラントの設計業務や技術企画業務に携わったが、3年目に退社し、2019年に東北大学大学院工学研究科土木工学専攻の博士課程後期に編入した。博士号取得後、所属研究室の助教に着任し、現在に至る。

2. これまでの研究内容

これまで水系感染症を起こす病原微生物に関する研究 を行ってきた。とくに研究対象としてきたのは、下水道 を使わない衛生システム (Non-sewered sanitation)1) で ある。この衛生システムは、低中所得国に多く、2050年 には利用者数が49億人を超えるとも推定されている2)。 具体的な技術としては、ピットラトリンやセプティック タンクを使用するシステムをはじめ、し尿分離(Urinediverting dry toilet)等,資源回収が可能なものが含ま れる。資源化過程で病原微生物が十分不活化されない場 合、再利用にともなうヒトの病原リスクが懸念される。 積極的な再利用を行っていくためには, 病原微生物を不 活化するための消毒技術に加え、し尿由来の再資源化物 の衛生学的品質の監視が重要である。以上の背景のもと、 消毒条件と病原微生物の不活化率の関係をあらわす数理 モデルの開発と高度化に取り組んできた。このモデルに より、許容感染リスクから定めた目標不活化率を達成す るために求められる温度などの処理要件を設定すること が可能になる。さらに、処理要件が決まれば、要件を満 たしていることを連続的に監視することで十分に不活化 されていることを確認できる。病原微生物を直接測定す るのではなく、微生物の不活化・消毒モデルに基づいて 計算により推定することから、「ソフトセンサー」と呼ば れている3)。



Wakana Oishi 工学博士

令和3年 東北大学大学院工学研究科土木工 学専攻博士課程後期修了

同年 同大学大学院工学研究科土木工学 専攻助教

第24回日本水環境学会シンポジウム博士研究 奨励賞(オルガノ賞)優秀賞、令和3年度土 木学会論文奨励賞

* My Personal Experience and Future Prospects

また、博士研究から継続して、ウイルスの消毒への適応進化の研究に取り組んでいる。マウスノロウイルスをモデルウイルスとし、消毒の効きにくいウイルス集団の特徴を詳しく調べている。ウイルスの消毒への適応しやすさには、ウイルス粒子の物理的な損傷の程度が関わっていると予想している。適応進化メカニズムを消毒方法ごとに理解できれば、消毒の使いどころの見極めを含む、衛生システム全体での適切な感染症制御方法を見出すことが可能になると考えており、現在も研究を続けている。

3. 進路選択

環境工学への進学を決めたのは高校生の頃で、周りの 大人が親身になって情報を提供してくださり、学習の機 会も多い恵まれた環境で慎重に進路を選択した。元々, 開発途上国の保健医療に興味があり、経済学部や医学部 保健学科への進学を視野に入れていたが、経済活動にも 保健医療活動にも必須な水に関する仕事に携わりたいと 考えるようになった。衛生環境工学を知ったきっかけは、 担任の先生と関わりのあったベネッセの営業の方の卒業 研究がバングラデシュの地下水からのヒ素除去であった ことを教えていただいたことであった。また、あるとき 高校の図書館で偶然見つけた本40の中で、水場が寄生虫 による健康被害の場となることや、疾病を防ぐための水 と衛生設備の重要性を知り、途上国の水と感染症につい てとくに学びたいと考えるようになった。北海道大学の 高等教育機構に問い合わせたことがあったのだが、当時 担当されていた方が非常に丁寧に対応してくださり、工 学部に西アフリカをフィールドに研究を行っている研究 室があるということで、後に研究指導を受けることにな った船水尚行先生に繋いでくださった。その際に船水先 生から、開発途上国での公衆衛生に携わることのできる 職業の選択肢として、開発コンサルタントという仕事が あることを教えていただいたので、大学院まで学んで専 門性を身に着け、技術者として活躍したいと考えていた。

研究者の道を意識し始めたのは、卒業研究以降のことであった。仮説を証明するための実験計画を立てて、実験を行うプロセスや、ゼミの発表、先生方との議論等、研究活動全般に楽しく取り組めたこと、また、従来とは全く異なるコンセプトの衛生システムを作り出すという船水先生の大きなビジョンを実現するための要素研究に、自らの手を動かして携われることにやりがいを感じられたことがきっかけで、研究職を志すようになった。

博士課程に進学しなかった理由としては、工学系の学生として社会実装により近い立場に興味があったこと、修士課程終了後は大企業で技術職に就く学生が大多数であり、自分自身も6年間経済的に支援してくれた両親も就職を想定していたことや、民間企業でも研究職の可能

性はあること、経済的に自立してから博士課程に挑戦す るキャリアを経ている留学生を身近に見ており、一旦就 職して社会人を経験することは精神的な成長にも繋がる と考えていたことなどがあった。修士課程の間にベトナ ムへの研修旅行で日系企業の開発現場を訪問したことや、 民間企業の研究開発部でのインターンシップ、スイス連 邦工科大学の研究室に滞在し、トップレベルとの差に愕 然としたことも進路選択の上で重要な出来事であった。 就職した民間企業では、予想していなかった貴重な経験 や様々な人との出会い、研究機関では知り得なかった多 くの学びがあった。研究室という保護された環境では気 づかなかった自身の弱点や価値観を認識できたことや、 学術界を外から眺められたことも貴重な経験となった。 設計に関わる専門知識のほとんどを忘れてしまったが、 職場に適応する中で習得した先輩や上司、関係者とのコ ミュニケーションを含む仕事の進め方は、現在でも身に 染みついている。また、3年間の業務の中で得た着想は 現在の研究に活きている。一方で、博士課程に直接進学 しても、かけがえのない時間を過ごせたとも思う。これ らの経験から、選択肢は何にせよ、比較的自由の利くう ちに自分の気持ちに素直に行動する勇気が後悔のないキ ャリアに繋がると考えている。進路選択に関わらず、何 かに挑戦したいときに一歩踏み出せず諦めたり忘れてし まうことは寂しいことなので、背中を押してあげること、 また、壁に直面したら建設的に実現の手段を見出し、自 分で道を拓いていくためのサポートに努めていきたい。

4. 研究テーマの設定

卒業研究では、研究室配属前に各研究室のテーマ一覧 が掲示板に貼り出され、その中での興味に基づき研究室 を選ぶ方式であった。その時点で船水先生が提示されて いたのは、尿を原料としてカルシウムヒドロキシアパタ イトやウレアホルムを作るための現象の解明とモデル化 に関する研究であった。配属後に上記のテーマについて 説明いただく中で、今思い返すと感情が顔に出てしまっ ていたのであろうが、他に興味のある研究はあるか聞い てくださったと記憶している。病原リスクの仕事がした い、と話したところ、「やりたいことをやるのが一番成長 できる」と、濃縮した尿中における大腸菌の不活化メカ ニズムに関するテーマを設定してくださった。実際に、 目標に向かって主体的に研究に取り組むことができ、そ の中で多くの学びを得た充実した3年間の経験から、教 員としては学術的に重要な成果を期待できるテーマを設 定すべきではあるが、学生の興味に結びつけることは意 識したいと考えている。

修士課程では、ウイルスのサロゲートとしてバクテリオファージを扱うことになり、ウイルスの専門家である 佐野大輔先生と白崎伸隆先生から手厚いサポートをいただいた。研究室の垣根を越えて、指導教員ではない先生方からご指導いただき、知識や技量を高められたことは、 贅沢な経験であった。

博士論文のテーマは、指導教員の佐野先生に設定していただいた「分散型衛生システムでの排泄物の消毒」であった。博士研究全体の目的や仮説等は定まっていなかったが、マウスノロウイルスの「リバースジェネティックス」と「階層ベイズ」を用いたウイルス不活化モデル

をアプローチとして取り入れることは決まっていた。修 士課程からの継続ではなかったため、 当初はどちらにつ いても意味や意義を理解するのに時間がかかり、研究テ ーマとの繋がりも漠然とした状態で研究を進めることに 困惑したが、佐野先生との継続的な議論や、勉強を進め て集めた知見を整理していく過程で時間をかけて社会的・ 学術的な意義を見出すことができた。また、 在学中には Japan-YWP に参加しており、活動を通じて出会った専門 の異なる方々に自身の研究を説明したことも博士研究を 磨き上げる上でプラスにはたらいた。会話の中で認識し た理解不足や新たな疑問がきっかけとなり、視点を変え て既往研究を丁寧に整理していったことが、研究テーマ の深い理解と研究開始当初は想定していなかった展開に 繋がった。初めに設定した課題に囚われず、試行錯誤し ながらまとめ上げる研究のアプローチを経て得たものは 大きかったと思う。博士研究のテーマ設定については, 既往研究をレビューした上で学生自身がテーマを設定す るケースもあるようだが、短い期間でインパクトのある 成果が求められる博士課程において、分野のフロンティ アを熟知している佐野先生に提案していただいた独自性 の高い手法の習得に挑戦できたことが、技量の習得に加 え、修了後のキャリア形成の上で重要な成果を得ること にも繋がったと考えている。

5. 現在の研究内容と展望

現在は、これまでの仕事を通して着想した、廃棄物も含めた資源管理のためのインフラの全体最適化の実現に向けた新たな研究に挑戦しており、土木計画学分野の先生方のご指導のもと、多視点に立った持続可能性に基づきインフラを計画する研究に取り組んでいる。修士課程では環境工学、民間企業では化学工学、そして博士課程から現在にかけては土木工学と、専門も視点も様々な方々に囲まれた環境で過ごしたことが社会との関わりを意識して研究を展開する上で重要な経験となっている。

現在のモチベーションのひとつは、精神的な自由が許される環境で研究ができていることである。一度大学の外に出たからこそ、主張や自分が必要と思う仕事に取り組むことが許される「精神の自由」が、自分にとっては何物にも代え難いものであることに気づくことができた。大学だからこそできる研究があると思うので、進むべき方向性を科学的に示せるような社会的にも学術的にも重要な研究成果を国内外に発信できるよう励んでいきたい。

参考文献

- Strande, L., 2024. Integrating recent scientific advances to enhance non-sewered sanitation in urban areas. Nature Water 2, 405–418.
- 2) Cairns-Smith, S., Hill, H., Nazarenko, E., 2014. Urban Sanitation: Why a Portfolio of Solutions is Needed. The Boston Consulting Group, Massachusetts, U.S.A..
- 3) Kadoya, S., Zhu, Y., Chen, R., Rong, C., Li, Y., Sano, D., 2024. A soft-sensor approach for predicting an indicator virus removal efficiency of a pilot-scale anaerobic membrane bioreactor (AnMBR). Journal of Water and Health 22(6), 967-977
- 4) クラークロビン, キングジャネット, 2006. 水の世界地図, 第 1版. 沖大幹監訳, 沖明訳, 丸善出版, 東京.

窒素循環の研究から生まれた好奇心の先には…*

齋 木 真 琴

1. これまで行ってきた研究と現在の研究

私は、学部生の頃より環境科学を専攻し、卒業論文(卒論)から現在に至るまで、物質循環に着目した研究を行っている。卒論では水田内での窒素反応プロセスの解明、博士論文(修論)では水田内における窒素プロセスモデルの開発と農業地域の窒素循環解析への適用と、窒素という物質を中心に圃場スケールから地域スケールへと物質循環解析の幅を広げてきた。また、博士3年からは、窒素と他の化学物質(対象物質:水銀)の特性の共通点に着目して、これまで培った物質循環解析手法の応用にも挑戦している。

現在は、大学共同利用機関法人人間文化研究機構総合地球環境学研究所 Sustai-N-able プロジェクトの研究員として、研究活動を続けている。本プロジェクトは、未知が多く残る窒素の動態を解明し、窒素利用に伴う環境への負荷と影響を定量し、窒素利用の便益・脅威や対策・行動変容の効果を評価し、持続可能な窒素利用の実現に向けた将来設計を行うことを目的としている¹⁾。その中で私は、食料システムに着目した島嶼地域(対象地域:沖縄県宮古島市)での窒素フロー解析を行いつつ、窒素を切り口に「食と環境問題」をつなげる市民向けワークショップやイベントの開催(図 1)を行っている。

他にも地域住民の海洋漂着ごみ課題に対する認識調査など、これまで研究を行ってきた専門分野を超えた活動を行っている。

2. 研究テーマの選択と研究に対するモチベーション

2.1 学生時代

学部生では、化学・生物・物理・数学などの理数系科目を軸に、水環境の他にも大気や土壌などの環境中の事象について学んだ。学部3年生の研究室選択の際、様々



Makoto Saiki 工学博士

令和3年 日本学術振興会特別研究員 DC2 (川梨大学)

4年 山梨大学大学院医工農学総合教育 部工学専攻3年博士課程環境社会 システム学コース流域環境科学分 野修了

5年 総合地球環境学研究所研究員 第50回日本水環境学会年会学生ポスター賞 (ライオン賞), Award for best paper of young scientist, The 13th Vietnam Conference on Nuclear Science and Technology な環境をテーマとした研究室がある中から、水環境に関わるフィールドワークが多くできそうな研究室を選択して、私の研究が始まった。私の周りの学生も同様に、野外調査や室内実験、PC解析の有無など自分の特性と照らし合わせて選択する学生が多かったような気がする。もともと農業に関心があったことから、研究室の先輩が行っていた水田の窒素負荷に関する研究に加わり、野外調査だけでなく、実験室分析、数値解析の基礎を学んだ。これらの技術を網羅的に習得したことは、その後の研究を発展させていくための土台になっていると感じる。

修論では、水田内での窒素形態の変化に着目し、安定 同位体技術や数値シミュレーションを用いてプロセス解析を行った。卒論で行った水田の窒素収支計算の結果から、さらに流入・流出する窒素量の関係性や窒素形態が異なることに興味を持ち、卒論の研究テーマをさらに深めた。博論では、修論までに解析した水田における窒素の移動と反応のフローを同時に定量してみたいという気持ちから、プロセスモデルの開発に取りかかった。

さらに、水田を含む農業地域全体の窒素フローを解析することで、水田と農業地域内にあるその他の窒素負荷源との関係を明らかにすることを試みた。これは、それまでの水田の窒素循環に対する興味関心とは異なり、対象地域を知りたいと思う気持ちから生まれた研究だったのではないかと思う。現地観測をする中で、水田をお借りしていた農家と接する機会や、対象地域の一つであったベトナムの農村に滞在させていただく機会もあり、環境に対する理解や考え方が自分と異なることを実感したり、現代の日本とは異なる生活を体感したりすることができた。このような経験をする中で、水田の周りに存在する人や社会に興味を持ち、窒素循環研究を手段としてそれらに触れてみようとしたのではないだろうか。



図1 宮古島市で行った食と環境のつながりに着目したイベント(左)と食の歴史をたどり未来の食生活を考えるワークショップ(右)

^{*} Where My Curiosity, Originated with Nitrogen Cycle Study, Will Leads...

以上のように、学生時代はたまたま入った野外調査を行う水環境分野の研究室で水田の窒素循環に出会い、それを起点に研究そのものや実施する過程での経験から生まれた知的好奇心に従い研究テーマも発展していった。研究のモチベーションも、知りたい、やってみたいという自分の中の欲求であったと思う。

2.2 博士修了後

上述したように研究者以外の人たちとの関わりが増え てきた博士課程の中頃から、研究と社会のつながりをそ れまでよりも強く意識するようになった。博士課程が修 了しようとするとき、たまたま父の仕事に誘われて沖縄 県宮古島市に行くことになり、水について調べてみると、 川がない島や洞井、地下ダム、農業による地下水汚染な ど研究テーマとして興味をそそられるワードが多く見つ かった。まずは島の人に話を聞いてみようと、地下水の 保全活動を行う市民団体の方に直接お会いし、宮古島の 地下水利用から汚染の現状、団体で行っている活動など についてお聞きすることができた。その後も、団体が行 う定期勉強会に参加させていただいたり、何度か宮古島 を訪れたりする中で、自然と島の窒素循環を研究し始め た。この時は、学生の時の自然科学的な現象や社会シス テムに対する好奇心よりも社会貢献に関心対象が変わっ ていたような気がする。もちろん、地下ダムがあり島独 自の水循環や農業が形成されている宮古島の窒素循環に はとても興味があるが、それ以上に(宮古島に関わる方々 には失礼かもしれないが) 地下水汚染が顕在化している 地域であれば何か分かりやすい形で社会への貢献ができ るのではないかと思った。宮古島市で研究を進めるにあ たって、研究で取り扱う窒素循環解析と島に住む住民の 生活との接点を知るために、島の人たちのもとを訪れ、 昔と今の生活や食文化、島の植物などの話を聞くように している。その中には、本には書かれていない文化や価 値観、環境に対する考え方などが見え隠れしているのを 感じ、とてもワクワクする。現在は、ワークショップや イベントの開催や環境問題(対象課題:海洋漂着ごみ) に対する認識調査を通じて、島の人と環境のつながりや 環境に対する考え方がどのようものであり、研究で得ら れた科学的知見はその人たちにどのような影響を与える のかに興味があり、研究テーマの一つにしたいと考えて

一方で、これまで行っていた物質循環解析をさらに探求する研究も行っている。その一つが博士課程の頃から始めた水銀循環解析への挑戦で、共同研究者とこの秋から研究を再開した。窒素に比べて環境中の存在量が少なく、その挙動の把握がまだ十分でない水銀を数値解析技術と同位体技術を用いて明らかにしたいと考えている。

ここまでの研究生活を振り返ってみると、研究に対するモチベーションは現在も変わらず、知りたい、やってみたいという好奇心や欲求であると思う。しかしその対象は、自然科学的な現象や社会システムだけでなく、研究と社会のつながりにまで幅を広げている。私の場合、この好奇心や欲求は、様々なところに行き、様々な人と話す中で湧き上がってくることが多い。けれども、これらの行為は、好奇心や欲求を解消したいがために行うのであって新たな好奇心や欲求を生むためではないんだけどなと改めて思い、この現象自体が興味深い。

3. 進学と就職の選択

博士課程への進学は学部生の頃から決めていたわけではなく、2回の就職活動(就活)を、おそらく大学生の 平均よりは少ない程度に体験して博士課程まで進んだ。

私が所属していた学科の大学院進学は学科全体の3分の1程度で、その中の一人として私も卒論研究で所属していた研究室に進学を決めた。進学を決めた一番の理由は、研究室が楽しかったからである。早朝から始まる調査や、長時間集中し続ける分析、羅列した数字と向き合う数値解析、そしてこれらに追い討ちをかける研究室内で頻繁に行われた飲み会など、身体をぎりぎりまで使い切った卒論研究(修論まで続く)は、刺激的で生きている実感がとても強く、楽しみの一つでもあったと感じる。それに比べると、企業説明会などで聞く先輩社員の話からは、実際に働き、生活するイメージがなかなか持てなかった。また、就活開始時期は研究をしようと志が高い時期でもあり、その中で就活することを受け止められず、説明会に参加する程度で辞めてしまった。

修士課程に進学し、1年も経たない間に次の就活の時期がやって来た。一緒に修士課程に進学した仲間で博士進学を目指している人や日本人の博士課程の先輩が少なかったこともあり、なんとなくこのタイミングで就職しないといけないんだなと思った。企業説明会や面接も一応はこなしたものの、結局は就活の途中で博士課程に進学することを選んだ。その時行っていた研究が楽しいと感じていた、その研究を終わらせたくなかった、他の人に譲りたくなかったということが進学を選択する大きな理由だったと思いたい。しかし裏には、「働く」ということは何なのか答えを出せなかった、どこか自分を取り繕うように準備しなくてはいけない面接やエントリーシートが嫌だったというネガティブな理由がある。

博士課程修了後は、日本学術振興会特別研究員を1年間継続したことで博士時代にほとんど就活は行わなかった。その後、現在の総合地球環境学研究所に所属することになるが、これまで研究対象としていた窒素を取り扱っていたことや、学際研究だけでなく、社会連携を含む超学際研究に重きをおいている研究所であることなど、これから中心的に取り組んでいきたい宮古島市での研究と関連が強いことから、現職を選んだ。

就活に対してはあまりよい印象がなく、どちらかというと就職というものから逃げながら現在に至るような気がしている。しかし逃げた先では、研究を通して様々な人と出会えたし、自分の考えの幅を広げることができた。また、博士修了後の特別研究員の期間を利用して3ヵ月海外に滞在し、新しい研究に挑戦する機会を得た。キャリア設計もないに等しく、予測できない将来を歩んでいるが、興味のあることやその時の感情に従い選択してきた現状にそこそこの充実感を感じつつ、やりたいことも増え続けている。好奇心が尽きることはなさそうだ。

参考文献

 総合地球環境学研究所. Sustai-N-ableプロジェクト人・社会・ 自然をつないでめぐる窒素の持続可能な利用に向けて. URL. https://www.chikyu.ac.jp/Sustai-N-able/index.html (2024年9月時点).

博士課程学生から技術職員、そして研究者へ生分解性プラスチックの研究を通じたキャリア形成*

鈴 木 美 和

1. はじめに

私は群馬大学食健康科学教育研究センターにて、環境調和型食品パッケージングや農業用資材、漁業資材の開発を目的とし、生分解性プラスチックの活用および微生物を利用したプラスチック材料の有機リサイクルに関する研究に取り組んでいる。今回、私がどのように現在のキャリアを築いたか、学生時代から振り返りたい。

2. 学生時代

私は現在勤務している群馬大学工学部(現 理工学部)の卒業生である。高校生時に本学を志望したのは、化学を中心に物理、生物を幅広く学べる上に研究室数が非常に多く、大学3年次までの講義を経て興味を持った分野を研究できる点が魅力的であったためである。私は、生物分野に魅力を感じ、かつ環境問題にも興味があったため、粕谷健一教授が主宰する環境調和型材料科学研究室に所属した。

父が企業研究者であったため、国内で研究開発職に就くためには修士号の取得をした方がよいという助言もあり、高校生時から修士課程までは進学するつもりであった。そのため学部3年次には全く就職活動をしなかった。今振り返ると、大学1、2年次から企業研究や業界研究をしておくと研究室や専門分野の決定の助けになったと思う。4年次から研究室での活動が始まり、3年次までの座学や学生実験との乖離に気がついた。分野に関わらず研究室での活動は主にアクティブラーニングである。自らが与えられた研究テーマに対し、能動的に考え、仮説を



Miwa Suzuki 博士(理工学)

平成30年 群馬大学大学院博士後期課程修了 同年 同大学高度人材育成センター博士

研究員

同年 同大学理工学部理工学系技術部技 術職員

令和3年 同大学食健康科学教育研究センタ ー助教

ICPAC KK Lecture Awards, International Congress on Pure & Applied Chemistry Kota Kinabalu (ICPAC KK) 2022, SATELLITE SYMPOSIUM in Todai, Japan-South-East Asia Collaboration Hub of Bioplastics Study, JSPS-Core-to-Core Program STUDENT POSTER AWARD, 平成28年度繊維学会年次大会若手優秀ポスター賞,第44回繊維学会夏季セミナー優秀ポスター賞

立て、実験等で検証する。これは研究職に関わらず、どの職種でも求められる能力である。本学も含め様々な大学で低学年時からアクティブラーニングを導入する動きが加速しているが、やはり卒業研究や修士課程での研究を通じ、自ら手を動かすことでこの能力は身に付くと実感している。

私の卒業研究のテーマは化学合成生分解性プラスチッ クと微生物合成生分解性プラスチックの環境分解性の差 異についてであった。生分解性プラスチックは構造の違 いや、環境の種類・場所の違いによりその生分解性が異 なる。とくに海洋環境での化学合成生分解性プラスチッ クの分解速度は極めて低い。私は微生物学的観点からプ ラスチックの環境分解性にはどのような違いがあるか考 察することとなった。私は卒業研究を経て、この研究テ ーマを突き詰めるためには修士までの3年間では短すぎ ると感じた。とくに日本は修士1年から就職活動が本格 化するため、研究にかけられる時間は短くなってしまう。 また、自分が与えられたテーマに対する調査能力や、適 切な提案を考える力が社会で研究開発職に就くためには 不足していると実感していた。「もう少し研究に費やす時 間と自分が成長するための時間が欲しい」その気持ちだ けで博士課程へ進学することに決めた。当時本学には博 士課程の学生を対象としたリサーチアシスタント等の経 済的支援があり、そちらも進学の後押しとなった。近年 は学内外問わず様々な博士課程学生に対する助成がさら に増えている。経済的に博士課程への進学に悩む読者が いたら、一度指導教員や学生支援課に相談することをす すめる。博士課程では学術論文の作成および投稿.新し い研究テーマの立ち上げ、企業との共同研究、国際学会 での口頭発表、短期留学など、修士までではできなかっ た様々な経験を積んだ。その結果、2018年3月に博士号 を取得することができた。

3. 就職

本学には産業界においてグローバルに活躍できる博士 人材を養成する機関である高度人材育成センターがある。 本センターには、博士人材を重用している企業と研究員 をマッチングさせ、長期インターンシップ後に就職可否 を決定するプログラムがある。また、本センターでは就 業力養成セミナーと称し、ビジネスマナー、知的財産、 技術経営、アントレプレナーシップに関する講義等を開 講している。前述の通り、私は学部から博士課程まで研 究に注力しており、就職活動に割く時間がもったいない と感じていたため、この制度を活用することとした。そ のため、公募を経て、2018年4月からはポストドクター として本学に勤務し、研究活動の傍ら、就職活動を行っ た。本学以外でも博士号取得者へのキャリア形成支援事

^{*} From Doctoral Student to Technical Staff to Researcher: A Career Shaped by Research of Biodegradable Plastics

業は行われており、このような制度を通じて就職活動を 行うことで、就職先とのミスマッチを防ぐことができる と思う。

私はセンターのコーディネーターに就職活動を支援していただく中で、本学の理工学系技術部の化学系技術職員の募集があることを教えていただいた。本学の理工学系技術部の業務は、学生への実験・実習支援、大型機器の管理、学内の安全衛生の管理、研究室作業環境確保、廃液処理、構内環境整備、地域貢献活動等多岐にわたる。これらの業務に加え、研究教育支援業務の一環、あるいは自ら外部資金を獲得し、研究活動を行っている職員もいる。学生時代を通じ9年以上お世話になった母校に貢献でき、かつ主要業務ではないがこれまでの研究を継続できることに魅力を感じ、国立大学法人等職員採用試験を経て、2018年10月からは本学の技術職員として勤務することとなった。

技術職員としては、学生実験支援、安全衛生委員業務、廃液集荷作業、作業環境測定、地域貢献活動、学科事務作業等幅広い仕事を担当した。在学していた時には気がつかなかったが、様々な教職員の方が協力して、本学部の安全で健全な運用のために活動していることを実感した。国立大学法人職員であるため福利厚生や職場待遇なども公務員とほぼ同等であり、理工学系技術職員としての採用であったため異動もなく、非常に働きやすい職場環境であった。前述の通り、技術職員としての業務の傍ら、学術論文の投稿、生分解性プラスチックに関する総説の執筆、科学研究費補助金(奨励研究)を獲得し研究テーマを立ち上げるなど、細々ではあるが研究活動も継続していた。

私が技術職員になる前後から、プラスチックによる環 境汚染に関する報道が増えた。マイクロプラスチックが 健康被害を引き起こす可能性があることが報道され、ウ ミガメの鼻にストローが刺さった動画が世界的に拡散さ れるなど、海洋プラスチックごみ問題はひろく知られる ところとなった。このような背景から日本では2019年5 月に経済産業省が海洋生分解性プラスチック開発・導入 普及ロードマップを作成した。時を同じくして. 内閣府 の政策によりムーンショット型研究開発制度がはじまっ た。このムーンショット目標4には2050年までに、地球 環境再生に向けた持続可能な資源循環の実現が掲げられ ており、その一つとして海洋生分解性プラスチックの開 発が立ち上がることとなった。本制度に私の指導教員で あった粕谷健一教授がプロジェクトマネージャーを務め る研究開発プロジェクトが採択された。本プロジェクト の推進を目的とし、群馬大学食健康科学教育研究センタ ーにて助教の公募があり、2021年2月より現職に配置換 となった。

4. 研究者として

2021年2月以降,助教として生分解性プラスチックの分解開始時期や分解速度の制御技術の開発に取り組んでいる。生分解性プラスチックは使用している間に生分解がはじまる,あるいは生分解速度が遅く汎用プラスチッ

クと同様に環境中に滞留するなど、耐久性と生分解性の 両立に課題がある。私は、生分解性プラスチックが環境 中の微生物群によって生分解されることに着目し、微生 物群をコントロールすることで分解開始時期や分解速度 を制御することを試みている。具体的には海洋での生分 解速度が極めて遅い化学合成生分解性プラスチックに. これを分解する微生物を休眠状態のまま埋め込むことで. 海で破損した際に分解微生物が増殖型に戻り分解が開始 する仕組みを検証した。また、生分解性プラスチックの 分解を担う微生物を誘引させる物質を添加することでプ ラスチック周辺に分解微生物を集め、最終的に無機化さ れる技術を開発している。さらに、2022年4月からは東 京大学の野崎京子教授が研究総括を務めている ERATO 野崎樹脂分解触媒プロジェクトにも参画させていただく こととなり、微生物を利用したプラスチックの有機リサ イクルに関する研究を開始した。これらのプロジェクト や様々な企業、機関との共同研究を通じ、日々新たなこ とを経験させていただいている。

5. おわりに

非常に幸運なことに. 私は学部生の時に興味を持った 研究テーマに12年間も取り組んでいる。現在は研究者と してのポジションを得ることができたが、これは時の運 と人の縁に恵まれた結果と感じている。ここまで振り返 ってわかるように、私はこれまで一社会人、一研究者と してどのようにキャリアを築くかを深く考え研究テーマ や就職先を決めたわけではない。大学に進学した時も漠 然としていたし、就職の時もアカデミアにこだわってい たわけではなく、一般企業や公務員も視野に入れていた。 ただ、前述の通り運と縁もあったが、その時自分の興味 があることや, 自分に与えられた仕事に全力で取り組み, その結果が現在の私のキャリアとなったとも思う(図1)。 そもそもキャリアの語源は馬車の通り道である「轍」を 意味しており、それが転じて遍歴を意味することとなっ たと言われている。つまりキャリアとはこれまでの人生 の歩みであり、すでに読者の方々もキャリアを築いてい る。読者の方がこれまでに大事にしてきたことを主軸に. 自身のやりたいこと、それを実現するためのスキルを磨 き続けた先に望む未来があると私は考えている。



図1 海水サンプリングや生分解性プラスチック試料の設置、 回収時の様子。時には100 L以上もの海水を群馬県(海 なし県)へ運んだり、泥まみれになりつつ試料を設置・ 回収したりすることもある。このような経験も大切な キャリアである。