

# 基礎科学と加速器放射線安全のあいだで： 放射化学の立場から



若 者

渡 邊 瑛 介\*

Between Basic Science and Accelerator Radiation Safety:  
From the Perspective of Radiochemistry

Key Words : Radiochemistry, Accelerator, Radiation Safety, J-PARC

## はじめに

筆者は2014年に大阪大学理学部化学科に入学し9年間大阪大学に学生としてお世話になりました。2023年3月に大学院理学研究科化学専攻にて博士後期課程を修了し、翌月より大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(KEK)に所属しています。専門は放射化学で、現在、大強度陽子加速器(J-PARC)の放射線安全管理に携わりつつ研究を行っています。本誌は大阪大学と深い関係にあるとのことですが、大阪大学での学びが現在の仕事にどのように生きているかにも触れつつ、掲題のように基礎科学と放射線安全の両者に接して見えてきたものについて述べます。

## 大阪大学での学生生活①：放射化学研究室(篠原研、笠松研)での研究

大学入試の点数が微妙に悪く、第一希望の物理学科ではなく第二希望の化学科に入学した筆者にとって、化学的な手法で原子核を取り扱う核化学・放射化学を学びたいと思うのにそれほど時間はかかりませんでした。無事に4回生から放射化学研究室で卒業研究することがかなった私は、やはり基礎科学がしたい一心で超重元素の化学的性質を解明する研究を研究テーマとして選択し、博士課程修了までの6年間、篠原厚先生と笠松良崇先生の指導のもと研

究に専念することができました。なお両先生による放射化学研究室や超重元素研究についての紹介の記事が、すでに本誌に掲載されております<sup>1-2)</sup>。博士論文では、寿命がわずか数分のノーベリウムという人工放射性元素を対象に、その化学的な挙動を溶液化学的手法により調べる実験に取り組みました。理化学研究所の重イオン加速器を用いて単一原子レベルの<sup>255</sup>No原子を製造し、ガスジェット搬送を用いて化学実験室へ運び、抽出実験と放射線測定を組み合わせ水溶液中でのNo<sup>2+</sup>とクラウンエーテルとの錯形成挙動を調べる実験を行いました。想定から逸脱したノーベリウムの興味深い挙動についての満足する考察がなかなか進まず、博士論文提出ギリギリになるまで笠松先生とディスカッションしたのは忘れられない思い出です。

放射化学研究室では、福島原発事故に関わる土壌中の放射性物質の調査や、がん治療研究に大きく貢献する $\alpha$ 線放出核種の基礎研究も行われていました。放射能を測り放射性物質の化学的挙動を議論するという放射化学の研究スタイルは、基礎学理の追求から、放射線安全や人類の健康福祉にまで展開・貢献することができるのだということを、篠原先生や笠松先生は教えてくれました。その一方で、理学の立場に立って詳細なメカニズムを解明することの面白さや重要性についても常に説いていただきました。篠原先生や笠松先生には、ここに書ききれないほど多くの教えを授けてもらいました。受けたご恩は研究の成果や後進の育成で返すべきところで、まだまだ報えていないと思う日々です。

## 大阪大学での学生生活②：充実した教育プログラム

研究室での研究活動に加えて、各種教育プログラムの履修が、大阪大学での学生生活を充実したものにしてくれました。プログラム6期生として履修し



\* Eisuke WATANABE

1994年10月生まれ  
大阪大学大学院 理学研究科 化学専攻  
博士後期課程修了(2023年)  
現在、大学共同利用機関法人高エネルギー  
加速器研究機構 放射線科学センター  
助教 博士(理学)  
専門：放射化学  
TEL：029-284-4519  
E-mail：ewata@post.kek.jp

た、博士前期・後期5年一貫のリーディング大学院「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」の影響は絶大です。研究室ローテーションでは、基礎工学研究科の量子化学工学研究室にて故・中野雅由先生や北河康隆先生にお世話になりながら、量子化学計算について学ぶことができました。計算プログラムを走らせるだけなら、マニュアルを読んで数クリックするだけで高精度な計算ができてしまう時代です。しかし、理論・計算化学を専門とする先生方やそれを必死に学ぶ学生がどのような態度で研究に臨んでいるか、間近で彼らの息遣いを感じることは研究室ローテーションでなければできなかったと思います。本ローテーションをきっかけに計算化学に興味を持った筆者はその後超重元素研究にも積極的に計算化学を適用していくことができました<sup>3)</sup>。また、カデット国内研修ではパナソニックのコーポレート研究部門にてデバイス応用のための計算化学研究に触れることもできました。メンターで元パナソニックの飯島賢二先生からは、我が国のイノベーションをとりまく現状や課題について学ぶことができましたが、イノベーションという大きい枠から自分の研究を考へてみることの重要性を学びました。コロナ禍にあって海外研修に行けなかったという悔いは残っていますが、それを考慮してもカデットプログラムは非常に有意義でした。

カデットプログラムに加えて、「公共圏における科学技術 (STiPS)」副プログラムも数単位受講して履修しました。現職の立場から考へてみて、科学技術政策やトランスサイエンス、レギュラトリーサイエンスについて少しだけでも学んだことの意義は十分にあったなと感じます。

興味が発散しがちな筆者にとって、所属する研究室を一步出てみて興味の赴くままに学ぶことができた大阪大学の環境を維持してくださっていた先生方には感謝しきれません。放射化学という自分の専門分野の深化のみならず、自分の専門と異なる領域あるいは多種多様な専門性をもった集団に身を置くことではじめて自らの専門性の強みや弱みに向き合うことができるということを実践的に学ぶことができた学生生活だったなと思います。

### KEK に着任して：若者なりの意気込み

現職の高エネルギー加速器研究機構 (KEK) では、

茨城県東海村にある大強度陽子加速器施設 J-PARC にて、放射線管理や安全実務に携わりつつ、放射化学に根差した研究を行っています。J-PARC は、KEK と日本原子力研究開発機構 (JAEA) が共同で運営する共同利用施設であり、3GeV や 30GeV といった高エネルギーに加速した陽子をターゲットに照射することによって得られる中性子やミュオン、ニュートリノといった二次粒子を利用して物質・生命科学的研究や、素粒子・原子核研究を推進しています。加速器は法律上では「放射線発生装置」と呼ばれ規制されるように、運転中に放射線を発生したり放射性同位体を生成したりするため、放射線安全を確保することが求められます。残念ながら陽子加速器では超重元素が合成されることはないのですが、高エネルギー・ハイパワーであるがゆえに、他の加速器や原子力施設では見ることでできないような放射性核種を J-PARC では管理しなくてはならず、ルーチンの放射線管理業務にくわえて、研究開発が必要不可欠です。たとえば筆者は最近、J-PARC の加速器の運転に伴って放射性の水銀が意図せず生成するという問題に対し、その起源を探るという研究を行っています<sup>4)</sup>。放射化した空気をサンプリングし、放射性水銀を活性炭にトラップさせ、放射線測定により同位体分布を調べるといった実験手法を用いていますが、これは先述した超重元素の化学研究における実験プロセスときわめて類似しています。超重元素の性質を解明したいという好奇心が多種多様な技術を習得するためのこの上ない駆動力となっていたんだなど今になって痛感しています。逆に、放射線安全を志向してより高度な分析・測定技術を開発し、それがいつか超重元素化学に適用され基礎科学発展に貢献するという展開もあり得るのではないかと考へています。好奇心駆動の放射化学研究により、一見あまり関係が無さそうな基礎科学と加速器放射線安全のどちらも追求できればいいなど、欲張りですが本気で思っています。

また筆者は KEK 放射線科学センター放射化学グループとして、松村宏教授や吉田剛准教授らと共同して、大強度加速器のみならず医療用加速器等の遮蔽設計や廃止措置に関わる研究にも携わっています。とくに放射性廃棄物の問題は社会的インパクトが大きく、すでいくつかの産学共同研究に参加しています。それ以外にも加速器に関連する廃棄物や放射

線安全の問題には課題が山積しており、産業界とも積極的なコラボレーションをしていきたいと思っております。

国際共同研究拠点としての KEK や J-PARC に所属していると、研究開発スタイルやイノベーションというものについてもしばしば考えさせられます。大規模な国際コラボレーションを確立して、協力しながら研究を進めるのは加速器や素粒子原子核ならではの文化であり、ラボ単位での研究が当たり前だった化学畑の筆者からすると非常に新鮮です。加速器科学は非常に発達した総合科学を形成しており、自分の専門性が生かせる場面をいくつも見つけることができます。学生時代に他の専門性をもった研究者・技術者と仕事をするこの面白さを学ぶことのできた私にとって加速器施設で働くことは、ユーザーとしてビーム利用をして成果をあげるのとは違う面白さがあると感じています。また、たとえば CERN (欧州原子核研究機構) の研究者・技術者と交流すると、彼らからは素粒子原子核の研究所の一員というよりもイノベーション創出機関の一員としてのプロフェッショナルリズムをひしひしと感じ、刺激を受けます。技術に対して真摯に向き合いながら

も常に柔軟に出口戦略を見据え、産学連携や国際的なコラボレーションなどをうまく活用して研究成果を社会実装させていく。そのような研究者になるのが目標です。まだ十分に成果が出ていない中でこのようなことを述べるのは若干恥ずかしいところもありますが、若者なりの意気込みということで、温かく見守っていただきたく思います。

#### 謝辞

本稿執筆の機会をいただきました大阪大学大学院工学研究科の藤井俊行教授に厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 篠原厚、『生産と技術』第75巻 第4号, pp. 10-15 (2023).
- 2) 笠松良崇、『生産と技術』第75巻 第1号, pp. 70-73 (2023).
- 3) E. Watanabe *et al.*, *J. Phys. Chem. A* **128**, 2717-2726 (2024).
- 4) 渡邊瑛介、『放射化学』第51号, pp. 24-26 (2025).

