



Photo Masashi Abe

Index

レーザー共鳴イオン化による 放射性核種分光・分析法の開発……………	富田 英生	1
年間被ばく線量の国際比較 ～ 大学や地域の支援と貴重な出会いに支えられて～ 新保 恵太／東海林航太／遠藤 涼馬 阿部のどか／小坂 丈翔／高橋 逞人 ……		6
[コラム] 74th Column 【福島市での9年間の個人線量測定】 ……	中川 恵一	11
[学生応援企画] 放射性同位元素と核酸医薬を組み合わせた 新たな医薬品の開発……………	林 亜里沙	12
[放射能・放射線単位・元素名の由来] 第9回 ラザホージウム ₁₀₄ Rf：rutherfordium (その2) ……	高橋 正	17
[「ガラスバッジを収納袋に入れてご使用している皆様へ」]……………		18
[サービス部門からのお願い] ガラスバッジWebサービスをご利用ください ……		19

レーザー共鳴イオン化による 放射性核種分光・分析法の開発



富田 英生*

はじめに

放射性物質の定量は、対象とする放射性核種の壊変に伴って放出される α 粒子・ β 粒子・ γ 線などを放射線検出器で計数することで実現される。しかし、長半減期放射性核種、純 β 線放出核種などの従来の放射線計測では分析が困難な核種（難分析放射性核種）に対しては、対象核種の原子数を直接計数する手法が有用である。例えば、加速器質量分析法や誘導結合プラズマ質量分析法を用いた¹⁴Cや⁹⁰Srなどの分析がなされている。質量分析により微量な放射性核種を分析する場合、質量スペクトルにおいて着目する同位体（放射性核種）のイオンと同じ質量電荷比を持つ夾雑イオンによる干渉（同重体干渉）を低減する必要があり、元素分離などの化学的前処理が必要とされる。そこで、レーザーを用いて着目する放射性核種の元素の単原子を選択的にイオン化し、質量分析を行う手法であるレーザー共鳴イオン化質量分析法：Resonance Ionization Mass Spectrometry (RIMS) の開発を進めている。また、不安定な放射性核種に対する高分解能共鳴イオン化分光：Resonant ionization spectroscopy (RIS) を用いれば、微量な放射性核種の原子のエネルギー準位における超微細構造や同位体シフトなどの測定結果を通じて、原子核構造の解明のための基本情報（核荷電半径など）を得ることができるため、原子核物理学における重要な研究分野の一つとなっている。

共鳴イオン化の原理とそのための波長可変レーザー光源の開発

単原子は元素固有の離散的なエネルギー準位を有しているため、エネルギー準位の差に相当するエネルギー（つまり波長）のレーザー光を、加熱・レーザーアブレーション・（一次）イオンビームなどで発生させた単原子に照射することで、測定試料中の着目する元素の原子のみを選択的にイオン化することができる。また、多段の共鳴励起・イオン化過程を用いると、より高い元素選択的なイオン化を実現できる。

原子核のスピンの違いや体積などが核種によって異なるため、単原子のエネルギー準位には核種毎にごく僅かな差異（超微細構造や同位体シフト）がある。このため、これらを区別できるほどに発振線幅の狭いレーザーを用いることができれば、核種選択的なイオン化も可能である（図1参照）。

レーザー共鳴イオン化は、1980年代に盛んに開発されたが、幅広い理工学分野に応用される

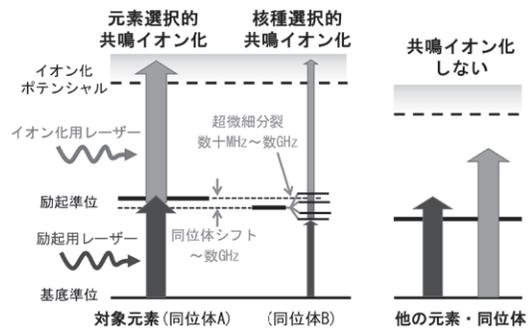


図1 レーザー共鳴イオン化の原理

* Hideki TOMITA 東海国立大学機構 名古屋大学 大学院工学研究科 総合エネルギー工学専攻 教授

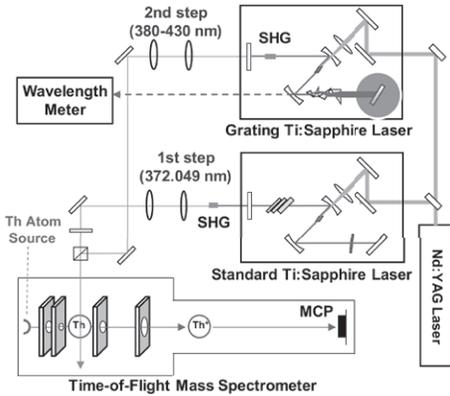
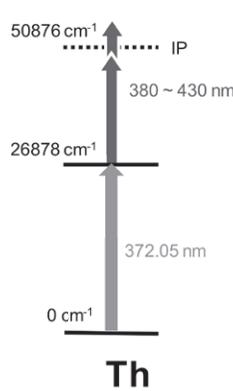


図3 Thに対する回折格子型Ti:Sapphireレーザーを用いた共鳴イオン化質量分析の実験体系と使用した共鳴イオン化スキーム



たフィラメントや酸化トリウム含有Wワイヤーを用いた抵抗加熱原子源にて真空下でTh原子を生成し、2色のレーザーを照射することで共鳴イオン化させ、飛行時間型質量分析計により質量毎にイオン計数を行った。基底準位からの共鳴励起用レーザーの波長を372.05nmに固定し、回折格子型レーザーを380-430nmの範囲でスキャンすることにより、複数の共鳴を確認した(図4参照)。2段目が401.03nmとなる2色共鳴イオン化スキームの効率は、3台の波長可変レーザーを用いる3色スキームと比較し、約1/3であると見積もられ、より簡便なシステム構成で放射性Th分析を実現できる見込みが示された。

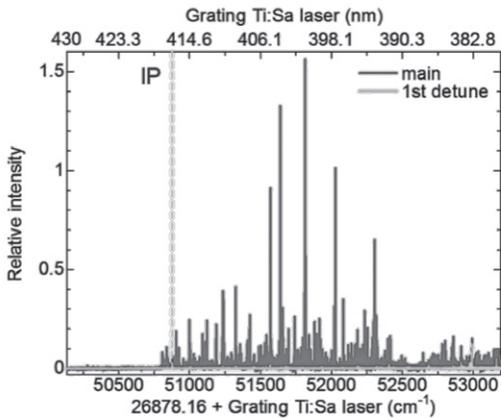


図4 Thイオン化ポテンシャル(IP)近傍の共鳴スペクトル

2. 環境微粒子の分析に向けたレーザー共鳴イオン化2次中性粒子質量分析法の開発⁶⁾

レーザー共鳴イオン化は環境微粒子中の放射性核種分析にも応用できる。福島第一原子力発電所事故により多量の放射性物質が環境中に放出されたが、放射性Cs同位体を含む不溶性の微粒子が環境中で確認され、その生成過程と環境中での動態の解明が求められている。そこで、単一微粒子内の微小領域における放射性同位体の分布を取得するために、元素選択的なレーザー共鳴イオン化により同重体干渉を抑制しつつ、集束イオンビームのスキャンによって微粒子内の同位体分布測定が可能、レーザー共鳴イオン化-二次中性粒子質量分析法: Resonant laser Secondary Neutral Mass Spectrometry (Resonant laser SNMS) の開発を行っている(図5参照)。工学院大学 坂本らにより開発された集束イオンビームの制御と飛行時間型質量スペクトルからの同位体イメージングを得る手法に、Ti:Sapphireレーザーを組み合わせ、Resonant laser SNMSの測定を行った。福島県双葉町で採取された不

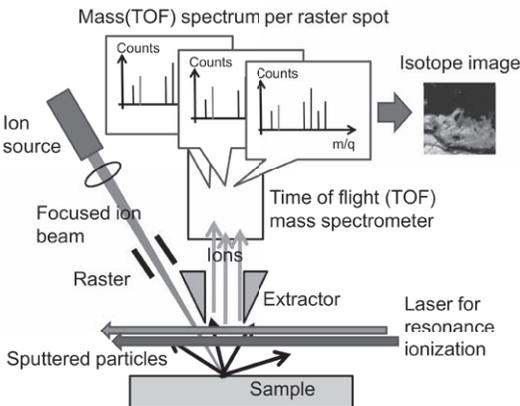


図5 レーザー共鳴イオン化-二次中性粒子質量分析装置の概略

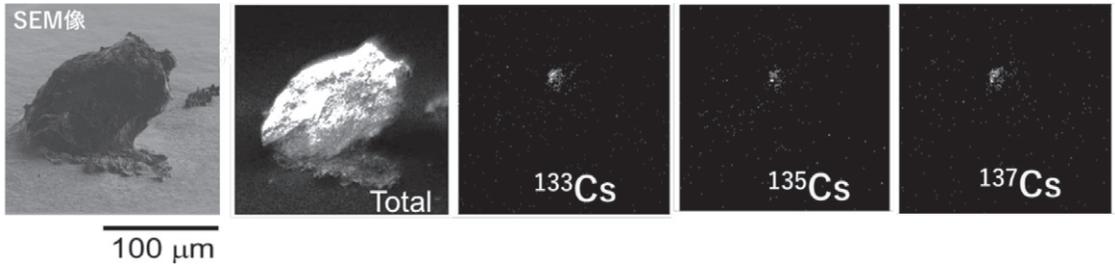


図6 環境微粒子中の放射性セシウムの可視化(文献6より引用)

溶性Cs微粒子をResonant laser SNMSシステムにより分析した結果、単一微粒子中の放射性Cs同位体分布を取得することに成功した(図6参照、面分解能100nm以下)⁶⁾。各質量数のイオン計数より求めたCs同位体比は、福島第一原子力発電所より放出されたものと一致することが確認された。

3. 多元素迅速共鳴イオン化の実証⁵⁾

RIMSは元素選択的な共鳴イオン化であるため、対象元素をイオン化するために(少なくとも)2台の高繰り返し率波長可変パルスレーザーの波長を精密に制御する必要があり、対象元素を迅速に切り替えることが難しかった。そこで波長の精密制御が可能なグレーティング型Ti:Sapphireレーザーを用いてRIMSにお

ける分析(共鳴イオン化)対象元素の迅速な変更の実現に取り組んでいる。

イオン化領域内に多元素の原子が存在する場合に、ある元素の共鳴イオン化用に設定された二台のレーザーの発振波長を、別の元素の共鳴イオン化用波長に即座に変更することで、複数の元素の分析を順次行うことが可能となる。UとZrを含む混合試料を原子化し、2台のグレーティング型Ti:Saレーザーの波長をU用(366.6nm、436.3nm)からZr用(371.2nm、379.2nm)に切り替えつつ、質量スペクトルを取得した。得られた質量スペクトルを図7に示す。2つのイオン化スキームの切り替えに要した時間はおよそ100sであり、イオン化スキームに応じてUとZrの質量数に共鳴イオン化により生成されたイオン信号をそれぞれ確認できた。

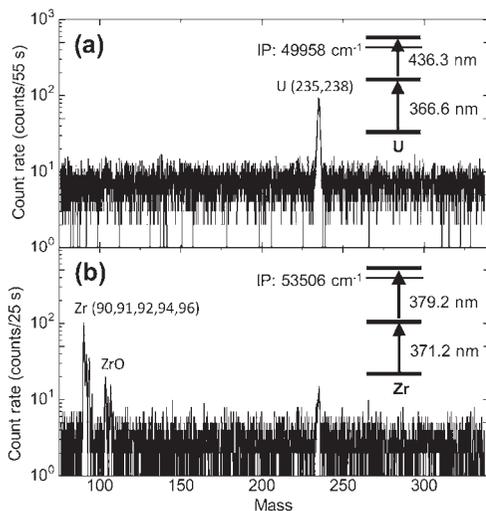


図7 U/Zr混合試料の質量スペクトル測定結果
(a) Uスキームを使用、(b) Zrスキームを使用

4. 放射性核種のための共鳴イオン化イオン源と高分解能分光法の開発

理化学研究所RIビームファクトリー(RIBF)では、園田らにより、低速RIビーム生成装置の一部として、Parasitic Laser Ion-Source: PALISの開発が進められている⁷⁾。これは、RIBFに既設の入射核破砕片分離器(BigRIPS)から提供される高速RIビームをガスセルによって高効率に減速・中性化し、レーザー共鳴イオン化を用いて特定の元素のみを再度イオン化することで、低速RIイオンビームとして取り出すイオン源である。BigRIPSのsecond focal plane近傍にPALISガスセルを設置することによって、メインビームを切り出す際に本来なら捨てられるはずの不安定核を取り出し、

メインビーム実験と平行して各種の実験に提供することが可能となるため、RIBFで生成されるRIの効率的な利用につながる革新的な手法である。また、PALISガスセルより放出されるガスジェットRIビームを用いれば、同位体シフトや超微細構造(数十～数GHz)を区別できるような放射性核種の高分解能レーザー共鳴イオン化分光が実現できると期待されている。

PALISにおける共鳴イオン化用レーザー光源として、高繰り返し率Ti:Sapphireレーザーと注入同期型Ti:Sapphireが導入され、テスト測定に用いられている^{8,9)}。名古屋大では、高分解能レーザー共鳴イオン化分光法の開発のために、放射性核種ではなく安定Zr同位体の高分解能共鳴イオン化分光を行った。約20MHzの発振線幅を持つ注入同期型Ti:Sapphireの第2高調波(1段目379.25nm)と標準型Ti:Sapphireレーザー(2段目373.61nm)を用いた2色2段共鳴イオン化により、Zr原子を共鳴イオン化し、飛行時間型質量分析計にて質量分離して検出した。共鳴波長の同位体シフトを確認するとともに、奇数核である⁹¹Zrは超微細構造があるためピークが複数に分裂していることが明瞭に確認できた。本レーザー光源を用いた、放射性核種の分光への適用を進めている。

まとめ

元素・核種選択的なレーザー共鳴イオン化を用いた放射性核種の分析、および、分光法の開発について、著者らのグループの研究について紹介した。レーザーによる共鳴励起・イオン化プロセスは、分析や分光のみならず、放射性核種のレーザー核偏光や核種製造過程におけるターゲットの元素・核種分離などへの応用も可能である。また、共鳴イオン化用として開発されてきたTi:Sapphireレーザーは、放射性核種を含む分子の分光・分析においても有用である。今後、レーザー共鳴イオン化のみならず、レーザー分光に基づく放射性核種の理工学応用が広がると期待される。

謝 辞

本研究の一部は、日本学術振興会 科学研究費若手研究(B) 20760592、基盤研究B JP23K25132、学術変革領域B JP22H05023、JST 先端計測分析技術・機器開発プログラム JPMJSN16B2、JAEA 英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業JPJA21P21465814、中部電力(株)原子力安全技術研究所 公募研究などの支援を受けて実施されました。また、関係する共同研究者・学生の皆様に深く感謝します。

参考文献

- 1) S. Rothe *et al.*, "A complementary laser system for ISOLDE RILIS", J. Phys.: Conf. Ser. **312**, 052020, (2011).
- 2) Th. Kessler *et al.*, "An injection seeded high repetition rate Ti:sapphire laser for high-resolution spectroscopy and trace analysis of rare isotopes", Laser Physics **18**, 842-849, (2008).
- 3) V. Sonnenschein *et al.*, "Characterization of a pulsed injection-locked Ti:sapphire laser and its application to high resolution resonance ionization spectroscopy of copper", Laser Physics, **27**, 085701, (2017).
- 4) H. Tomita *et al.*, "Development of Two-color Resonance Ionization Scheme for Th using an Automated Wide-Range Tunable Ti:Sapphire Laser System", Progress in Nucl. Sci. Tech. **5**, 97-99, (2018).
- 5) H. Tomita *et al.*, *preparation for publication*.
- 6) T. Sakamoto *et al.*, "Isotope-selective Microscale Imaging of Radioactive Cs without Isobaric Interferences using Sputtered Neutral Mass Spectrometry with Two-step Resonant Ionization using newly-developed Ti:Sapphire Lasers", Analytical Sciences **34**, 1265-1270, (2018).
- 7) T. Sonoda *et al.*, "Development of a gas cell-based laser ion source for RIKEN PALIS", Hyperfine Interactions **216**, 103-107, (2013).
- 8) T. Takatsuka *et al.*, "Development of resonance ionization in a supersonic gas-jet for studies of short-lived and long-lived radioactive nuclei", Nucl. Instrum. Meth. B **317**, 586-589, (2013).
- 9) M. Reponen *et al.*, "Towards in-jet resonance ionization spectroscopy: An injection-locked Titanium:Sapphire laser system for the PALIS-facility", Nucl. Instrum. Meth. A **908**, 236-243, (2018).

著者プロフィール

2006年 名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了、同年 博士(工学)。2008年 名古屋大学大学院工学研究科助教。以降、レーザーを用いた微量同位体の分光分析法、 γ 線・中性子のイメージングおよび分光法の研究開発に従事。2011年 准教授、2024年 教授、現在に至る。所属学会：応用物理学会、日本原子力学会、Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)。

年間被ばく線量の国際比較

～ 大学や地域の支援と貴重な出会いに支えられて ～

新保 恵太*1 / 東海林航太*2 / 遠藤 涼馬*3
阿部のどか*4 / 小坂 丈翔*5 / 高橋 逞人*6

1. 福島高校放射線班について

私たちは、2022年度に福島県立福島高等学校（以下福島高校）に入学し、スーパーサイエンス部の放射線班に加入しました。放射線班は、10年以上にわたり原子力発電所事故で放出された放射性物質と発生した除去土壌の問題のような、地域特有で解決が難しい課題の打開に向けて研究をしています。生まれ育ってきた福島に大きく関わる研究に強く心を惹かれたことが、放射線班加入の動機となりました。この班の発足当初は福島高校周辺の放射線量の測定を主な活動としていましたが、現在では除去土壌の最終処分材料化に向けた放射性セシウムのポルサイト化をテーマにしています。この研究は株式会社千代田テクノロから放射能測定器RAD IQ™ FS200を借用し、福島高校OBでもある福島大学共生システム理工学類の大橋弘範准教授のご指導をいただきながら進めています。

2. 国際共同研究へ参加

2023年6月に立命館中学校・高等学校で主催している国際共同研究プロジェクトに参加することを決めました。これは自分の視野を広げ、研究に新しい要素を取り入れたいという思いがあったためです。また、国際的な活動へのあこがれもありました。このプロジェクトは、日本国内の高校生と海外の高校生が、互いの興味分野に近い生徒同士でグループを

組み、約1年間共同で研究を行うものです。私たちは、互いに物理分野の放射線に興味があるという理由で、タイのプリンセスチュラポーンサイエンスハイスクールのムクダハン校（Princess Chulabhorn's Science High School Mukdahan）の生徒3名と共同研究を行うことになりました。

福島の私たちとタイの生徒たちはオンラインのコミュニケーションツールであるZoomやSlack、LINEなどを用いて、普段はテキストベースでの連絡、週に1回ほどはオンラインのミーティングで顔を合わせる機会を設け、交流しながら研究を進めていきました。開始当初は、お互いの高校で持っていたγ線の放射線測定器（本校では「はかるくん」）を使って、学校の昇降口や教室、グラウンドの放射線量を測定して比較していました。その後文献調査を行っていたところ、年間当たりの被ばく線量の内訳が国際間で大きく違うことに気付き、内部被ばくを含めた年間当たりの被ばく線量の国際間比較を共同研究のテーマとすることをタイの生徒たちと話し合い決定しました。私たちはさらに、研究を通して、福島県の人々の年間被ばく線量が他の地域と大きな違いがないことを示すことができれば、放射線に関わる機会が少ない人達に福島県が安全であることを伝え、福島県をめぐる風評被害の解決につながることも考えました。そのため、風評被害払拭へ貢献することも、この国際共同研究の1つの目標となりました。

具体的には、「放射性ラドン・トロンの吸

*1 Keita SHINBO 福島県立福島高等学校 2年
*2 Kota TOKAIRIN “ 2年
*3 Ryoma ENDO “ 3年

*4 Nodoka ABE 福島県立福島高等学校 3年
*5 Takeru KOSAKA “ 2年
*6 Takuto TAKAHASHI “ 1年

入摂取による内部被ばく線量」「外部被ばく線量」「食品に含まれるカリウム40の線量」の3つの被ばく線量をそれぞれ測定し、結果を合計する事で、おおよその全体被ばく量を見積もり比較することができると考えました。

研究が始まって最初のうちは、オンラインミーティングという慣れない環境のみならず、英語を使ってコミュニケーションを取るのは大変なことでした。しかし、ミーティングも回数を重ねると次第に慣れ、積極的に話し合いをすることができるようになりました。そして、回を増すごとにタイの生徒たちとも仲を深めていきました。

3. 放射性ラドン・トロンの吸入摂取による内部被ばく線量の推定

私たちの国際共同研究では、放射性ラドン・トロンの吸入摂取による内部被ばく線量の推定を行いました。ラドン・トロンは、吸入摂取による内部被ばくの主な要因であるにも関わらず、国ごとの平均データしか見つけることができませんでした。そのため、日本の福島県やタイのムクダハンのような特定の地域でのデータを取ることに意義があると感じ、測定を試みることにしました。

ラドン・トロンの吸入摂取による内部被ばく量の測定方法を調べたところ、インターネットで公開されていた弘前大学被ばく医療総合研究所の床次真司教授によって開発されたパッシブ型ラドン・トロン測定器「RADUET」についての論文が非常に参考になりました。この論文から私たちはラドン・トロンの被ばく線量の測定方法を学ぶことができましたが、RADUETの購入方法や設置後のRADUETの化学処理の方法、そして被ばく線量の計算方法まではわかりませんでした。そのため、担当教諭と相談し、勇気を出して論文の著者であった床次教授に電子メールで連絡を取ろうと試みました。驚いたことに、床次教授からすぐに返信があり、RADUETの購入先、薬液の処理方法など丁寧に教えていただきました。床次教授のおかげで、私たちはラドン・トロンの吸入摂取による内部被ばく量の調査を開始することができました。

RADUETは電気を必要とせず、測定地点に一定期間設置するだけで最終的にラドン・トロンの吸入接種による被ばく量の推定を行うことができる装置です。RADUETは担当教師に相談し、学校のスーパーサイエンスハイスクール（SSH）の予算で購入してもらいました。そして、タイにも一部、国際郵便で送付し測定を開始することになりました。RADUETを設置した箇所は、福島県の私たちの家のリビング、タイの生徒たちの住んでいる寮の部屋、そして福島県内の温泉3か所、タイの山小屋でした。測定した温泉は、大橋准教授の助言もあり、家のリビングの測定がうまくいっているかどうか確認するため、ラドン・トロン濃度が高いと想定される地点を考えて選定しました。タイの山小屋に関しては、近くに温泉がなかったとのことで、タイの生徒たちがなるべく遠い山小屋を選んだとのことでした。

温泉地3か所へRADUETを設置するには温泉施設の許可が必要でした。電話で交渉をする前はとても不安になりましたが、電話口でご対応いただいた温泉施設の方はどの方も非常に親切で、高校生の研究のためであればと快くRADUETの設置を認めてくださいました。その後、実際に温泉を訪ねてRADUETを設置した際にも、施設の方々から飲み物や、参考になればと温泉の成分表をプリントアウトしたものをいただいたりするなど、大変親切にいただきました。今思い返しても、よい出会いであったと心が温まります。私たちの研究を応援してくださる地元の方々がたくさんいるということに気付くことができる良い機会となりました。このように温泉関係者の皆様のご協力のおかげで、温泉地の測定も実現することができました。RADUETの回収は、高校のテスト期間と重なったこともあり、担当教諭にお願いをして回収することになりました。先生も地域の方の温かいご支援に直接触れて感謝の念を抱いたとのことでした。

次に長期間設置し回収したRADUETを化学処理し、データを読み出す段階になりました。以前のメールのやりとりで、床次教授からは化学処理の方法から被ばく線量の見積もりのための計算処理の研修会も必要であれば行え

るとご提案をいただいております、福島高校の施設で実際に行える処理であるか不安もあったため、担当教諭と相談の上、12月に弘前大学被ばく医療総合研究所で研修会を実施していただくことになりました。

弘前大学で行われた研修会では、主として同研究所の大森康孝准教授から優しく丁寧に化学処理の方法やRADUET内部のチップに残った傷の計数処理の方法を教えてくださいました。実際に設置したRADUETをこの研修会で学びながら化学処理と計数処理を行いました。研修会では、床次教授、大森准教授だけでなく、Chutima Kranrod准教授（タイ出身）や大学院生の方からも心のこもったご指導をしていただきました。この研修を通して、RADUETの扱いだけでなく、ラドン・トロンの量を定期的に測定する意義や現在の課題についても学ぶことができ、自然放射線に関する理解と視野が格段に広がったと感じています。そして、普段の学校内での活動では知る機会がなかった放射線測定の基礎技術が、どのような人達によって、どう支えられているのかも知ることができました。このような科学技術の最前線で働く方々は、自分たちの研究を一流にこなすだけでなく、私たち



弘前大学での研修会の様子



弘前大学訪問時の集合写真

高校生に対しても非常に温かく接して応援してくれる方々でもあると知ることができました。

4. 外部被ばく線量の測定

私たちの国際共同研究では、外部被ばく線量の測定も行いました。精度良く外部被ばく線量を測定するためには、10年以上前に放射線班の先輩もお世話になった株式会社千代田テクノル製のD-シャトルを使って測定するのが良いと考えました。そのため、担当教諭を通して千代田テクノルの担当者に事情を説明してもらい、D-シャトルを貸していただけないかお願いすることになりました。すぐに千代田テクノルでも検討の上、私たちの研究に理解を示していただき、D-シャトルを貸していただけることになりました。

借用したD-シャトルのうち4台は、タイの生徒たちの外部被ばく線量の測定を行うために、国際郵便でタイに送付しました。そして、タイのムクダハンに在住する生徒たちと福島県福島市に在住する私たち4名はD-シャトルを約2か月間携帯し、普段通りに生活を送り、測定を開始しました。

約2か月が経過しD-シャトルからデータを読み取る時期がやってきました。タイの生徒たちが身につけていたD-シャトルは国際郵便で送ってもらうことになっていましたが、D-シャトルの内部にコイン電池が入っていたため、空港の税関は通らずタイの生徒たちとの



D-シャトルのデータを取り出している様子

ところに戻ってきてしまい、日本に送り返すことができなくなると言われました。日本からは送ることができていたため、これは想定外でした。そのため、私たちは千代田テクノルに事情を説明し、何か方法はないか相

談しました。すると、すぐに千代田テクノルの担当者の方から電池を外す方法の資料と電池を取り外したD-シャトルからのデータの読み出しを支援できると連絡がありました。このように外部被ばく線量の測定から読み出しに関しても千代田テクノルのご支援をいただき、無事に日本の福島県在住の私たちとタイのムクダハンに住む生徒のデータを取得することができました。

思えば、震災直後のまだ小さかったころに、放射線の測定のためにガラスバッジを携帯したことはありましたが、どのようにデータを取り出すか、データからどのようなことが分かるのかを考えたことはありませんでした。今回の経験は私たちに過去の記憶を思い出させ、過去の記憶とつながる貴重な経験にもなりました。

5. 食品に含まれるカリウム40の線量の測定

次に私たちは食品に含まれるカリウム40の放射能測定を行いました。福島県産の食品の風評被害については、よく新聞やニュースで耳にしていたので、食品の放射能の測定は特に実施したいと考えていました。私たちの研究では、普段の食事から任意の量をサンプルとして抽出する、陰膳調査という方法で測定を行いました。採取したサンプルは、千代田テクノルから別の研究のために借用していたRAD IQ FS200を使い、この装置に内蔵されているNaI (Tl) シンチレーションカウンターでカリウム40の放射能を測定しました。測定の結果、予想と異なりカリウム40がいくつかのサンプルで検出限界未満となりました。原因調査を行ったところ、気温や湿度の変化によって測定器にピークシフトが起きていることが考えられました。そのため、新たに検量線を作成し、これを用いてカリウム40の線量を計算しなおしました。

タイの生徒たちも同様の測定をするように提案をしていましたが、食品の放射能を測定する装置が借用できず、すぐには難しいとの回答でした。国際共同研究の成果を発表するInternational Corroborative Research Fair

(ICRF) が1か月後に開催を控えていたこともあり、代わりに福島市内で提供しているタイ料理で測定することを検討することにしました。福島市のタイ料理屋であるタイ食堂TARAYAさんに連絡をしたところ、研究に協力していただけることになり、タイ料理3食分の放射能測定をしてもよいという許可を得ることができました。せっかく作っていただいた料理を食べずに測定に使うのは少しはばかられましたが、無事データを手に入れることができました。これらの測定の結果を比較すると、福島で食べる普段の食事とタイ料理のカリウム40の量に大きな差はありませんでした。また、それぞれの国の結果を合計し、年間被ばく線量の世界平均(カリウム40以外の摂取による被ばく線量を除く)と比較しましたが、大きな差はみられない結果となりました。

これらの結果をタイの生徒とともにまとめ考察し、国際共同研究の発表会であるICRFの発表に向けて準備を行いました。

6. International Corroborative Research Fair (ICRF) での発表

2023年6月から始まった国際共同研究もいよいよ最後の発表会になりました。この発表会は2024年1月に開催され、国際共同研究を行っている全国の高校生からなる約30チームほどが発表を行いました。

この発表会に向けて、これまでの研究内容をスライドにまとめて、タイの生徒と一緒に英語で発表練習を行いました。そして、オンライン接続ツールを用いて一緒に研究の成果を発表することができました。発表会を終えて、やりきったという達成感を得られました。

7. 学会での発表

国際共同研究のプロジェクトが終了した後も、私たちはデータの取得を続け、新たに取得したデータの分析と考察を続けました。大橋准教授のご提案もあり、分析と考察した内容は、第13回環境放射能除染研究発表会(除染学会)での発表を目指すことにしました。また、大森准

教授のご提案もあり、国際学会であるThe 11th Educational Symposium on Radiation and Health by Young Scientists in 2024 (ESRAH2024)での発表も目指すことにしました。

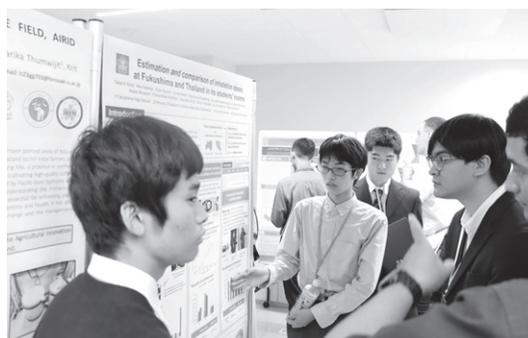
大橋准教授に助言をいただきながら研究成果を分析・考察しなおし、ついに2024年9月4～5日に開催された除染学会でポスター発表をすることができました。除染学会では、たくさんの専門家や除染関係の企業の方に発表を聞いていただきアドバイスをいただくことができました。特に、食品による被ばく線量の測定については、複数名の専門家の方々に放射性ポロニウムの測定をしていないことを厳しく指摘される結果となりました。この指摘は残念ながら私たちが発表するまでは気付くことができなかった内容で、指摘された後は、自分たちの知識や経験の乏しさを強く感じて胸が苦しい思いでした。しかし、しばらくして学会発表に挑戦し専門家の方々の意見を聞く機会を作ったことで、研究の弱さに気付くことができた前向きに思うようになりました。研究の発表を行い多くの人から意見をもらう大切さを、身をもって学ぶことができました。



除染学会の集合写真

次に9月21～22日に国際学会であるESRAH 2024で、英語によるポスター発表を行いました。高校生の参加は私たちが初めてだったそうで、はじめは非常に緊張しました。この国際学会での発表では、弘前大学の被ばく医療総合研究所の研究者や学生の方も多く参加していたため、私たちの発表により具体的なアドバイスをいただくことができました。発表は全て

英語だったため、専門家の前で良いコミュニケーションをとることができるかどうか不安がありましたが、最終的にたくさんの方に発表を聞いていただき、意見交換をすることができました。タイの留学生の方にも発表を見ていただき、タイ国内でも地域によって地質が異なるため測定箇所を増やしてみると違った結果が得られて面白いだろうというアドバイスをいただきました。ESRAH 2024では、いろいろな地域・国から来た方々と交流でき、視野を広げる良い機会となりました。



ESRAHの発表の様子

8. まとめと今後の展望

今回の年間被ばく線量の国際比較という国際共同研究を通して、自然放射線についての理解、自然放射線の測定方法、そして福島県の放射線に関する現状の理解を深めることができました。特に、研究を通して多くの人と関わりましたが、それぞれご自身の仕事があるにも関わらず、例外なく私たちの研究にご協力いただき、感謝の気持ちでいっぱいであるとともに、社会の人たちの優しさや、社会で働く人たちの姿勢を学ぶことができました。

今後放射線班として福島県の地域課題である原子力発電所事故の問題に取り組む中で様々な経験をし、知識を蓄えていきたいです。そして、将来的に今回のプロジェクトも含めこれまで受けてきた恩を地域全体に返せるような活動をしたいです。

この場を借りて、私たちの研究に協力していただいた皆様にお礼申し上げます。本当にありがとうございました。



中川 恵一

東京大学医学部附属病院

福島市での9年間の個人線量測定

まもなく東京電力福島第一原子力発電所事故から14年を迎えようとしています。福島第一原子力発電所から北西の方角に「チーム中川」がお世話になった飯舘村があり、その先30kmに福島市があります。福島市でも事故後に放射線量の上昇が認められ、除染などの業務を行うために東京電力の社員も福島市に居住し活動していました。

2024年8月、福島市に居住する一人の東電社員の2014年からの9年間の個人線量、GPSによる位置情報、行動記録に関する論文(出典①)が公表されました。この社員は、居住場所や勤務場所が偶然にも9年間変わらず、就寝と入浴時以外は連続して個人線量計とGPSを所持し、行動を根気よく記録し続けたそうです(図1)。当時は福島での線量に不安を持つ方もいて、実際に暮らした際の被ばく線量を自分のデータで示したいとの思いで測定したのではないのでしょうか。これほど長い期間、放射線量が上昇した地域で、同条件で連続した個人線量を記録し続けた結果を私は見たことがありません。東電は事故後の早い時期から個人線量をきめ細かに測定することに目を付け、メーカーと共同で1分単位、1nSv単位で測定ができる個人線量計を新たに開発しています。この社員は、個人線量計の測定に合わせて、建物に入る時や車に乗るといった際に、より正確に記録できるよう秒針

が60秒になるのに合わせて行動していたということです。私の思い描く東電社員とはだいぶ違うことに驚きました(笑)。

この結果からは、年間追加被ばく線量結果が示されています(図2)。一般的には数日~数十日間測定した結果から一年間の被ばく線量を推定しますが、この社員は年間を通じて記録しているのでかなり実態に近い年間追加被ばく線量が示されていると言えます。同じような生活パターンの福島市住民の方等は参考になるデータでしょう。また、事務所、徒歩通勤時、自宅を区別して、その1時間あたりの個人線量の推移を示しています。鉄筋コンクリート造の4階の事務所では、事故で屋外の空間線量率が上昇しても事務所内の個人線量は9年間低いままで、屋外の放射線の影響が事務所内に及んでいなかったことがわかります。また、徒歩通勤時は屋外の空間線量率よりも個人線量が低く、減衰のペースは同程度であることがわかります。さらにコロナ禍で在宅勤務の増加が個人線量に影響したことも結果に表れてきています。こうした正確な記録は今後の住民の安心につながる貴重なデータです。

東電が福島第一原子力発電所事故で福島に及ぼした影響に対する責任を考える時に、「廃炉作業」や「賠償」等が真っ先に頭に浮かびます。ただ、こうしたコツコツとしたデータを積み上げ、実態を公表するといった、住民の安心につながる活動をすることも、福島への責任の一つの在り方のようにも思ったわけです。

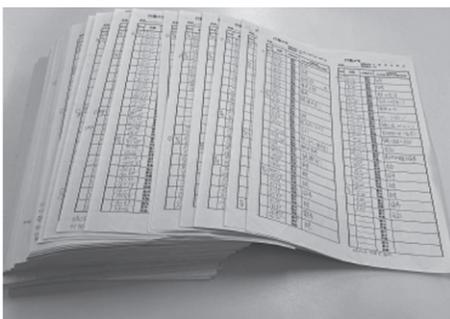


図1 9年間の行動を手書きした用紙

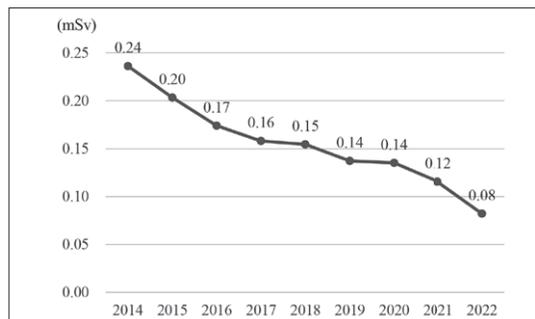


図2 個人線量測定から評価した年間追加被ばく線量

【出典①】 T. Ueno et al 2024 J. Radiol. Prot. 44 031505

放射性同位元素と核酸医薬を組み合わせた 新たな医薬品の開発

林 亜里沙*

1. 東京大学アイソトープ総合センター

赤門で有名な東京大学本郷キャンパスは、加賀藩江戸藩邸の上屋敷跡にある。藩邸時代の名残は御守殿門として建てられた赤門だけでなく、大名庭園三四郎池（正式名称は育徳園心字池）もその一つである。江戸時代の趣がそのまま都心に残っているので、訪れれば江戸時代にタイムスリップしたかのように、荘厳な雰囲気を感じさせている。

東京大学アイソトープ総合センターは1951年に放射性同位元素（ラジオアイソトープ、RI）の取り扱い施設として本郷キャンパスに隣接する浅野キャンパス（元々は水戸藩屋敷跡）に設立され、我が国のRIに関する研究開発を牽引してきた。放射線イメージング環境も充実しており、PET（陽電子放射断層

撮影、島津製作所製Clairvivo PET）装置1台、CT（コンピュータ断層撮影、島津製作所製Clairvivo CT）装置1台、工業用X線検査装置（ZEISS製METROTOM）1台を揃え、学内での共同利用に提供されている（写真1）。研究に加えて、アイソトープ総合センターは放射線取扱者の教育・訓練を行うとともに、2011年に起きた東京電力福島第一原子力発電所事故の後は放射線災害に対する広範な支援活動も実施してきた。現在、本施設では、RI投与を伴う動物実験が広く行われており、PET/CT装置による病巣部イメージング、さらにはアルファ線放出核種などを用いたRI創薬の基盤技術創出に向けた研究開発を進めている。

2. 核酸制御学教室（秋光信佳教授）

筆者の所属する秋光ラボ（アイソトープ総合センター RI防護・環境保全部門、東京大学大学院薬学系研究科 核酸制御学教室）では、秋光信佳教授、谷上賢瑞特任准教授をはじめ、助教1名、特任助教3名、特任研究員1名、技術職員1名、技術補佐員2名が在籍している。学生は一つの研究科に留まらず、薬学研究科および工学系研究科、外部校インターン生を含む10名（うち留学生6名）が研究を行っているため、秋光ラボは多様なバックグラウンドを持つメンバーから構成される。



写真1 PET装置（左）とCT装置（右）

* Arisa HAYASHI 東京大学大学院 工学系研究科 先端学際工学専攻



写真2 検見川運動会



写真3 研究室で行われた懇親会

留学生が多いため、セミナー等での公用語は英語である。また、所属メンバーは、有機合成化学や動物実験、核酸実験など幅広い分野の研究経験をもち、多角的な視点から研究のディスカッションが行われている。研究時間外のスタッフおよび学生間のコミュニケーションも活発に行われ、ラボ全体の雰囲気はより一層研究活動を進める上での後押しとなっている（写真2：検見川運動会で参加したソフトボールのチーム写真、写真3：研究室で行われた懇親会）。何より、学生はスタッフと1対1で研究テーマを相談できる体制をとっており、スタッフとディスカッションしやすい。One on one ミーティング制度では毎月1度、研究進展について教授と1対1でディスカッションする機会が設けられており、細やかな実験計画についてのアドバイスが得られる。

さらに毎週のジャーナルクラブではスタッフからの率直な意見を聞くことができるので、ウェット、ドライを問わず研究者として議論の腕を磨くことができる。たとえ研究が思い通りに進まない場合であっても、銀杏並木など自然豊かな本郷キャンパスを歩くことでリフレッシュして頭を切り替えることができるなど、研究をおこなうには最高の環境といえる。

秋光ラボの研究テーマは、「核酸（DNAとRNA）」の生体機能解明と薬学的応用である。このうち、薬学的応用を目指した研究の中で後述する核酸アプタマーを使った放射線創薬研究が行われている。秋光ラボでは核酸創薬と放射線創薬を融合した研究が行われており、世界的にもユニークな研究室となっている。

秋光ラボで実施されている研究の内、放射線創薬と関連するプロジェクトを紹介する。

3. RI-ドラッグデリバリーシステムの重要性

がん治療における病巣部イメージングは、腫瘍組織の正確な位置や大きさといった治療上必要不可欠な情報を得る重要な技術である。加えて、外科的除去処置や抗がん剤投与後の治療効果を適切に評価し、新たな薬剤投与の必要性の有無や、より有効性の高い治療法の決定を行うためにも、がん組織イメージングを行うメリットが高いことは論を俟たない。病巣部イメージングにおいて放射線は中心的役割を担ってきた。例えば、がん細胞が正常細胞よりも活発にグルコースを取り込む性質に着目し、陽電子放出核種であるフッ素-18 (^{18}F) で標識したグルコースアナログ (^{18}F -FDG) を患者に投与し、 ^{18}F -FDGが集積した腫瘍組織から発せられる消滅放射線をPETで検出することで、精度の高いがん診断が可能となる。秋光ラボでも、ポジトロン放出核種ジルコニウム-89 (Zr-89) に注目したPET創薬に取り組んできている。

一方、RIの中にはより強力なエネルギーの放射線を放出する核種も知られており、それらによる細胞障害作用を期待したがん治療薬の開発も盛んに行われてきている。放射線照射療法には、身体の外側より放射線を患部に当てる外部照射と、身体の内側に放射性核種を取り込ませて放射線を患部に当てる内部照射の2種類が存在する。従来の内部照射にはベータ線が主に利用されてきたが、近年、アルファ線が世界的に注目されている。すなわち、アルファ線の特徴である「短い飛程」と「強大なエネルギー」に着目し、がん病巣部にアルファ線の特異的に集積させることで、がん細胞へのダメージを最大化させるとともに、周囲の正常組織への障害は極小化させる治療薬の開発が注目されている。実際、2013年にラジウム-223 (^{223}Ra 、商品名ゾーフイゴ) が世界初のアルファ線内部照射療法薬剤として2013年にFDA (Food and Drug Administration :

アメリカ食品医薬品局) に承認された。 Ra はカルシウムと同族に属することから、生体内においてカルシウムと同様に骨に蓄積する。この性質を利用することで、ラジウムの放射性同位体である ^{223}Ra を骨転移がんを集積させ、がん細胞の増殖を抑制することが可能となる。また、新たな α 線内部照射療法核種として、最近、アスタチン-221 (^{221}At) が注目されている。2020年には、鉛-212 (^{212}Pb) の神経内分泌腫瘍に対する治療を目的とした薬剤が開発され、臨床試験段階に進展したことが発表された。現在の α 線医薬品開発市場予測では、2023年～2031年にかけて13.67%で成長すると予想されていることから (Straits Research, 2024年9月)、現在放射線治療薬開発の重要なホットスポットの一つと目されている。

放射線イメージングと放射線照射療法のいずれにおいても、その成功の鍵は放射性同位元素を標的となる病巣部へいかに正確に送達するかにかかっている。これまでに低分子化合物、ホルモンなどのペプチド、抗体を用いたDDS (Drug Delivery System : 薬物を、生体内の必要な場所に、必要なタイミングで、必要な量を供給する技術) が活発に開発され、多くの医薬品が市場に投入されてきた。近年では標的指向性キャリア分子と結合させたDDSの開発も盛んに実施されるようになってきた。

さらに、DDSシステムに結合させるRI核種を切り替えることで、がんの診断 (diagnostics) と治療 (therapeutics) を一体化する「ラジオセラノスティクス (radiotheranostics)」とよばれる新たな医療技術が近年注目されている。

4. これまでの秋光ラボにおけるRI-DDS開発

秋光ラボで開発が進むRI-DDS開発について紹介する。

日本人男性罹患数が第一位である前立腺がんは、骨やリンパ節に転移しやすく、新しい診

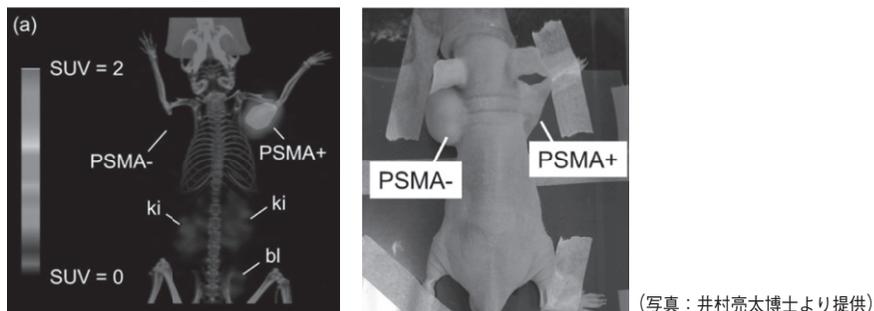


図1 担がんマウスの⁸⁹Zr-PSMA-617 腫瘍集積を示す PET/CT 画像：
PSMA (-) 腫瘍には集積が見られず、PSMA (+) 腫瘍に著しい集積が見られている。投与24時間経過時で放射性尿排泄後、腎臓、膀胱への集積は見られず、標的がんのみの可視化を実現させた¹⁾。

断手法と治療方法が必要とされている。現在、前立腺がんを選択的に結合性を示すペプチド分子 (PSMA-617) PET核種であるガリウム-68 (⁶⁸Ga) を用いた薬剤が診断薬として用いられているが、⁶⁸Gaの半減期が約68分と短く、その為病院内でPET診断薬の製造と品質管理を行う必要があり、一部の施設のみの利用に限定されるという問題を抱えていた。また、投与直後のみPET撮像が可能という時間的制約に起因する問題もあった。そこで、半減期は3.2日と比較的長い⁸⁹Zrに注目し、⁸⁹Zr標識PSMA-617の開発を行い、その有効性を示した (図1)。さらに、⁸⁹Zrをキレート (挟みこむように配位結合させること) させたDOTA (1, 4, 7, 10-テトラアザシクロドデカン-1, 4, 7, 10-四酢酸) を、乳がんバイオマーカーHER2特異抗体トラスツマブ (抗悪性腫瘍薬の一種) にクリック反応 (特定の分子同士が効率よく結びつく仕組み。反応速度は速く、特定の分子間での組み合わせだけに選択的に起こる反応) によって結合させることで、より製造工程が短く、品質の安定したRIイメージング薬剤の開発にも成功している¹⁻³⁾。

5. アプタマーとRIを組み合わせた研究紹介

現在秋光ラボでは、RI-DDSに用いるドラッグキャリア分子として「核酸アプタマー」に注目している。核酸アプタマーは、25~100塩基

程度の一本鎖オリゴヌクレオチドであり、分子内において高次構造を形成することで、抗体と同様に特定のタンパク質やペプチドに対して特異的に結合する性質を持つ。アプタマーはペプチドや抗体と比較して分子サイズが1/3~1/5と小さく、抗体分子では入り込めないような組織にも到達しうる。また、抗体に比べ、温度変化に対して高い分子安定性を示し、化学合成的大量生産が容易であるという点も評価されている。アプタマーはいわば「化学抗体」ともいえ、次世代の分子標的薬剤として、今後の臨床利用が強く期待されている。現在我々は、核酸アプタマーを活用したRI-DDSに取り組んでいるが、その一部を紹介する。

AS1411アプタマーはグアノシンに富む配列のため、独自の立体クアドロプレックス構造をとる。このため、AS1411は特に優れたヌクレアーゼ耐性をもち、血清中安定性が高く、がん細胞への標的分子としての応用研究が盛んに行われてきた。AS1411のターゲットは、がん細胞の細胞膜上に発現するヌクレオリンである。ヌクレオリンは、本来、健常細胞の核小体タンパク質であり、細胞増殖、細胞生存、そして細胞成長に関与しているが、一部のがん化した細胞では、細胞表面膜上に発現することが報告されている。そのため、健常細胞と区別するがん細胞バイオマーカーとして用いられる。我々は、1種類のアプタマー (本研究ではAS1411を使用) を用いるこ

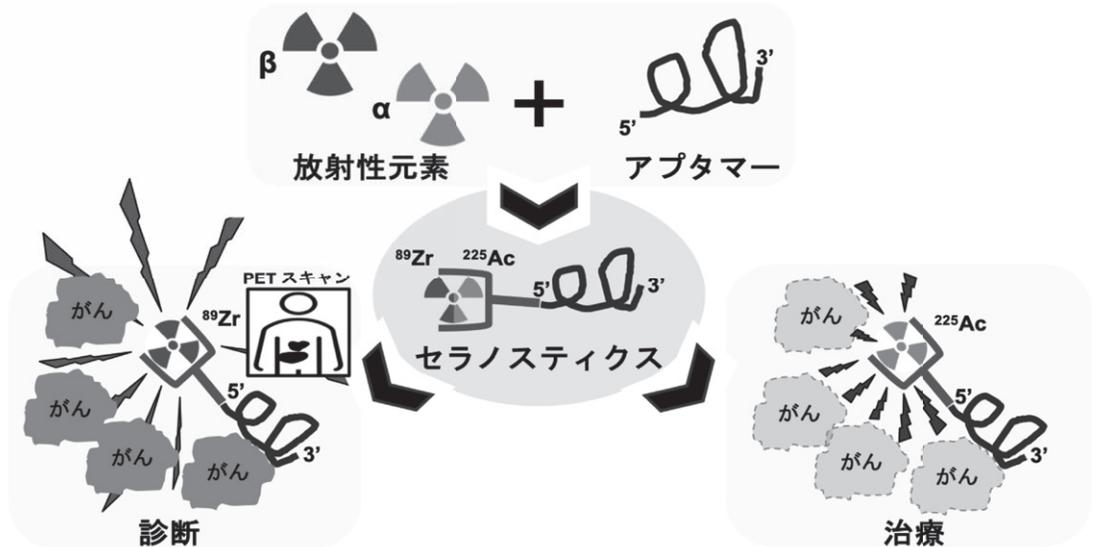


図2 放射医学と核酸医学を掛け合わせたラジオセラノスティクスのイメージ

とでがん細胞へのターゲティング性を保証しつつ、キャリア分子に対して結合させる放射線核種を切り替えることで、治療と診断を一体化させたラジオセラノスティクス薬剤の開発に取り組んでいる(図2)。大変興味深い結果を得られつつあるため、別の機会に本誌でもデータを紹介したいと思っている。

6. 終わりに

RIは、疾患治療や原子力発電など実社会の様々な場面で必要不可欠な役割を果たしている反面、世間からの風当たりは一層強まっております。関連規制は厳しくなっているのが現実である。当然、放射線核種を扱う研究を行える施設も限られている中、私はRIと核酸アプタマーを融合させた独創的かつ将来性のある研究に打ち込んでいる。RI-DDSは、純粋なエネルギー体であるRIを標的部位に送達することで疾患の治療に役立つ技術であるが、それは「人はそれぞれ輝き方が異なり、輝く場所も異なる」という私の考えと重なる。今まさに自分は秋光ラボで大きな成長を遂げられる機会を得ており、非常に幸運なことで

あると感じている。加えて最近はある種の使命感も感じるようになってきた。それは全世界に向けた最先端の研究成果の発信を通して、「RIが作る幸福な社会」の実現可能性を次の世代に明示することである。

今後は、世界で活躍するRI研究者となることを目標とするとともに、ここまで支えてくださった秋光信佳先生をはじめ当研究室のメンバー、関係者の皆様に深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) Imura, R., et al., *Radiolabeling of PSMA-617 with ^{89}Zr : A novel use of DMSO to improve radiochemical yield and preliminary small-animal PET results*. Nuclear Medicine and Biology, 2022. **106**: p. 21-28.
- 2) Imura, R., et al., *DOTA chelation through click chemistry enables favorable biodistribution of ^{89}Zr -radiolabeled antibodies: A comparison with DFO chelation*. bioRxiv, 2022: p. 2022.09.08. 507067.
- 3) Imura, R., et al., *Click Chemistry Enables [^{89}Zr] Zr-DOTA Radioimmunoconjugation for Theranostic ^{89}Zr -immunoPET*. Bioconjugate Chemistry, 2024.

放射能・放射線 単位・元素名の由来

高橋 正

第9回

ラザホージウム $_{104}\text{Rf}$: rutherfordium (その2)

★放射線関連分野での大きな功績を称え、その名前が単位や元素名に用いられている科学者の人物像や功績を紹介するシリーズ★

さて、ラザフォードはマンチェスター大学の教授となつて1907年にイギリスに戻つた。ガイガー (H. Geiger) が研究に加わり、二人は後にGM計数管となる α 線を電氣的に数える計数管を開発した。これを使って α 線の電荷は水素の約2倍であることを発見した。さらに巧妙なガラス器具を使って α 粒子を集めて発光スペクトルを測定し、 α 粒子がヘリウムのイオンであることをはっきりとさせた。

ラザフォードは α 線の比電荷の測定をするうちに、空気によって α 線が散乱されることに気づいた。ガイガーは本格的に α 線の散乱の研究をおこない、金属箔によって α 線が散乱されることを見つけた。そこで1908年ラザフォードはニュージーランドからの留学生マースデン (E. Marsden) に、 α 線が金属表面から直接反射されるかどうかを調べる実験を提案した。実験すると、ごく少数 (0.4 μm の金箔で1/20000程度) ながら、線源の方向に散乱することがわかった。この実験結果は全く予想に反するものであった。ラザフォードはこの結果を熟考し、1911年に有核原子モデル—原子の中心のごく小さな部分に一方の電荷が集中し、その周りの半径 R の空間にもう一方の電荷が分布している原子—を提案した。それは我々がよく知る原子に近いが、古典物理学に反する難点があった。それをラザフォードの下に留学したことがあるボーア (N. Bohr) が1913年に解決し、量子力学を発展させた。原子核の命名者にもなったラザフォードは、引き続き α 線の研究に邁進した。ガイガーとマースデンが見つけたこの散乱は、現在ラザフォード後方散乱分析法として化学分析に利用されている。

マースデンは1915年にニュージーランドに戻つたが、空気に α 線を当てると長い飛程をもつ粒子ができていたことを見つけていた。1914年に始まった大戦のために研究室にはひとけがなくなったが、ラザフォードはケイ (W. Kay) とともに軽い原子に α 線を衝突させる実験を繰返し、1919年に窒素原子に α 線が衝突すると、大きなエネルギーをもった陽子 (ラザフォードの命名) が出てくることを報告した。ラザフォードは窒素原子が α 線により破壊されて、原子核から陽子が出てくるものと考えた。しばらくして実際は ^{14}N (α , p) ^{17}O の核反応であることが、ブラケット (P. M. S. Blackett) の霧箱の実験で明らかになった。ラザフォードは最初の原子核の人工的な変換を観測していたのだった。

ラザフォードは1919年に第4代キャベンディッシュ研究所長となつて、ケンブリッジに戻つた。年齢も50歳を超えるようになり、自ら手を動かすよりはディレクターとして若い科学者へアイデアを提供したり、議論を通して学派を作り上げた。研究所は原子核物理の世界的な研究拠点となった。特に1932年ごろの研究室は輝いていた。チャドウィック (J. Chadwick) は中性子を発見し、コッククロフト (J. D. Cockcroft) とウォルトン (E. T. S. Walton) は静電加速器による人工的な核反応を行ない、そしてノーベル賞の榮譽に浴した。ノーベル賞は逃したものの、ブラケットとオッキアリーニ (G. Occhialini) も霧箱を用いて宇宙線を観測し、そのなかに陽電子を見つけていた。後にブラケットもノーベル賞を受賞した。

ラザフォードは洞察力が鋭く、指導者としても高い力量をもっていたので、門下生からは11名ものノーベル賞受賞者が出ている。だがラザフォードのもくろみが外れることもあった。時代は1911年に戻るが、ヘヴェシー (G. de Hevesy) とパネット (F. A. Paneth) は鉛からラジウムD [^{210}Pb]*を分離する課題を貰った。2年を費やしても成功しなかったが、それを逆手にとってヘヴェシーはトレーサー法を発明し、ノーベル賞に輝いた。ラザフォードは謙虚な人柄で、自分の着想が反映されている研究でも名前を加えていない論文が少なくない。ガイガーとマースデンの実験、チャドウィックの発見、コッククロフトとウォルトンの実験では彼らに功績を譲っている。

ラザフォードは多くの科学賞や名誉学位を受け、王立協会会長など学会や組織の長も務めた。1914年ナイトに叙せられ、1925年にメリット勲章を受章した。1931年にはネルソンのラザフォード男爵の称号を与えられた。ネルソンはラザフォードの生い立ちの地である。紋章はユニークで、故国のマオリの戦士やキウイが描かれ、楯には自身が発見した放射能の減衰曲線と回復曲線があらわれている。

ニュージーランド時代からの習い性で、ラザフォードは庭仕事が好きだった。1937年10月、66歳の秋、庭仕事に木から落ちて腹部を強打し、これが原因で急逝した。突然の訃報に世界中が驚いたが、時代は転換点にさしかかろうとしていた。ラザフォードは純粋に物理学の研究ができた時代を勇往邁進した開拓者だった。

* 現代的な表記を [] 内に示す。

!!
ご注意ください

「ガラスバッジを収納袋に入れて ご使用している皆様へ」

平素よりガラスバッジサービスをご利用くださり誠にありがとうございます。

汚れ・汚染防止等の理由によりガラスバッジを収納袋に入れてご使用される場合、収納袋による遮へい効果により、収納袋なしでガラスバッジをご使用の場合と β 線の測定エネルギー範囲が異なりますのでご注意くださいますようお願いいたします。

収納袋	ガラスバッジ型式	β 線の測定エネルギー範囲 (残留最大エネルギー)
なし	FS、FJ、FT、FN、NS、NT、FW	130keV～3 MeV
あり	FV、FR、FK、FL、NR、NK、FU	530keV～3 MeV

いずれの型式も公益財団法人日本適合性認定協会(JAB)による放射線個人線量測定試験分野の認定を取得しております。

収納袋をご使用される場合は、Pm-147からの β 線（残留最大エネルギー：130keV）は測定できません。業務でPm-147をご使用で上記「収納袋ありの型式」のガラスバッジをご使用の方は、「収納袋なしの型式」へ変更のご検討をお願いいたします。

また、弊社が提供する収納袋以外をご使用の場合も正しく線量評価ができない恐れがありますので、必ず弊社提供の収納袋をお使いいただけますようお願いいたします。

本件に関する疑問やご相談につきましては、お手数ですが下記までご連絡をお願いいたします。

URL : <https://www.c-technol.co.jp/glassbadgesite/contact/>



弊社提供の収納袋の一例(ジーガード)



安全ピンタイプ



ポケットタグタイプ

サービス部門からのお願い

ガラスバッジWebサービスをご利用ください

平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用くださりまして誠にありがとうございます。

弊社では、インターネットでタイムリーにご使用者の追加・変更等の手続きができる便利な「ガラスバッジWebサービス」を提供しています。(通信料はお客様負担)

《サービス内容のご紹介》

- ・ガラスバッジのお申込み先、ご使用先やお届先などの登録内容変更

- ・ガラスバッジの追加・名義変更・休止・中止など

弊社営業日の午前中に追加操作をいただくと、当日中にガラスバッジを発送いたします。

また、変更操作された内容が、当日の報告書作成成分から反映されます。

- ・ご使用者名簿、お届け名簿のダウンロード

ご使用者名簿は、作成時点のご利用者の登録内容が確認できます。

線量計お届け名簿は、お手元にお届けしたガラスバッジの明細が確認できます。

- ・報告書類、電子報告データのダウンロード

個人線量算定値報告書、個人線量算定値管理票などをPDF形式でダウンロードでき、報告書をお急ぎの方に便利です。また、報告書の電子データをCSV形式でダウンロードすることができます。(放射線業務従事者個人管理システム「ACEGEAR NEO」に対応)

この他にも、ご使用者の登録・変更履歴の照会やリアルタイムで確認できるご使用者の登録状況、グループごとのご使用先の登録内容やご請求書等のお届先情報に関する検索機能を兼ね備えております。

弊社ホームページからお申込みいただけますので、ぜひ登録のご検討をお願いいたします。

【ホームページURL】 <https://www.c-technol.co.jp/>



記事に関するご意見や掲載希望の記事案については、こちらまでお送りください ctc-fbnews@c-technol.co.jp

編集後記

要約のような表現になったが、各記事著者の熱い思いがよみとれる。

- 富田先生には、「Ti:Sapphireレーザー」を用いた研究を紹介していただき、その手法は分析・分光のみならず、核種製造過程におけるターゲットの核種分離への応用も可能とのこと。今後は、理工学への応用も広がると期待される。
- 福島高校スーパーサイエンス部放射線班6名の学生さんによる活動報告で、故郷への思いが現れている。放射線の基礎やラドン、トロン測定方法を弘前大学の床次先生に学び、そこから調べた世界各地の状況を知り、またD-シャツを借り、その1部を国際協力を推進したタイの学生に貸し出してもらった。学会での発表を経験して専門家から学んだことも多かったようだ。若者の行動力に敬服する。これからも種々の事柄を学んで欲しい。
- 3か月に一度の割合で始めた「学生応援企画」、今回は東大アイントープ総合センター内に拠点を置く「秋光ラボ」

の林さんによる研究室の紹介である。留学生が多い大学院における多様な研究内容が、例と共に紹介され、自分たちの研究への誇りと情熱が感じられた。RFへの風当たりも感じつつ、有効性を強調した本稿から、大学院教育の重要性を感じた。

- 毎月のコラムで医学関連の情報を執筆いただいている中川先生から、今回は「9年間の個人線量測定」について報告していただいた。それは、2014年から毎日、東京電力社員で福島在住の方の日々の生活での線量測定記録であり、事実には勝るものはないと言える貴重なデータがあることを知った。作業内容や天候の関係など今後解析が進むと、より素晴らしい情報になるのではないかと思えた。
- 高橋先生による昨年11月号に続く「ラザホージウム」の後半である。前半は主に元素について、今月号では、彼の輝かしい功績と、彼が育てた数多くの研究者にも触れている。

E.F.

FBNews No.578

発行日/2025年2月1日

発行人/井上任

編集委員/小山重成 小口靖弘 中村尚司 野村貴美 古田悦子 青山伸 福田達也 藤森昭彦 篠崎和佳子 高橋英典 田谷玲子 東元周平 堀口亜由美 松本和樹 丸山百合子 村山賢太郎

発行所/株式会社千代田テクノ

所在地/〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

電話/03-3518-5665 FAX/03-3518-5026

<https://www.c-technol.co.jp/>

印刷/株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体364円)