

第 62 回アイソトープ・放射線研究発表会印象記

パネル討論「短飛程放射線の核医学治療薬剤としての可能性」

清野 泰

Kiyono Yasushi

2025 年 7 月 2～4 日の 3 日間、東京お台場の日本科学未来館にて日本アイソトープ協会主催の第 62 回アイソトープ・放射線研究発表会が開催された。大会 2 日目の 15 時 25 分～17 時 25 分の 2 時間にわたって、パネル討論「短飛程放射線の核医学治療薬剤としての可能性」が行われた。本パネル討論は日本アイソトープ協会の理工・ライフサイエンス部会の放射線照射標的分子探索専門委員会の第 1 期の調査報告という側面も有している。近年、本邦においても核医学治療が注目されてきており、 α 線やオージェ電子（以下 AE と略す）等の短飛程放射線を利用した核医学治療薬剤の開発研究が進められているが、その標的分子は DNA が主である。そこで、専門委員会では、これら短飛程放射線の更なる可能性を検討するために、短飛程放射線を利用した核医学治療薬剤の開発状況の情報収集や調査を行ってきた。その調査報告を行い、短飛程放射線の核医学治療薬剤としての可能性を討論することを目的に本パネル討論が企画された。

初めに、量子科学技術研究開発機構（QST）量子医科学研究所の永津弘太郎氏が「核医学治療薬剤の標識に資する短飛程候補 RI」というタイトルで講演された。永津氏は α 線放出核種と AE 放出核種の

2 つについて、それぞれ将来性のある核種とその課題について報告を行った。 α 線放出核種は、 ^{211}At と ^{225}Ac がこの分野をしばらくは牽引していくとのことであった。AE 放出核種は超短飛程であるために創薬上の困難を伴うものの、種類も多く小型加速器での製造が可能なものも多いため、入手の容易性という点から将来的には重要になってくる可能性があるということが個人的には印象深かった。

次に QST 高崎量子技術基盤研究所の大島康宏氏から「短飛程放射線放出核種による抗腫瘍効果の分子メカニズム」という講演が行われた。大島氏は α 線と AE のそれぞれについて抗腫瘍効果の分子メカニズムの詳細な報告を行った。 α 線に関しては、DNA 損傷が起点となって様々な細胞障害経路が働くことを報告されたが、バイスタンダー効果やアブスコパル効果といった α 線が当たらない細胞に対しても細胞障害活性を有する報告も増えてきていることが非常に興味深かった。AE に関しては、飛程が非常に短いため細胞核がメインのターゲットであるが、細胞毒性に最適な細胞内での核種の分布が存在することや、バイスタンダー効果が存在すること等興味深い報告も行われた。

次いで千葉大学の鈴木博元氏からは、「短飛程放射線放出核種を利用した核医学治療薬剤開発の現状」という講演が行われた。 α 線放出核種については、 ^{225}Ac と ^{211}At を用いる薬剤を中心に報告が行われた。特に ^{225}Ac の反跳エネルギーが大きいため子孫核種がキレートから外れて副作用を発現することに対する様々な工夫が印象的であった。更になんかだけではなく、再生医療や感染症治療への応用につ

いての報告もあり将来的な拡がりの可能性が示された。AE 放出核種については、低分子の薬剤開発が主であり、大島氏の講演と同様に多くの薬剤が核を標的としていることが報告された。

最後に QST 放射線医学研究所の飯塚大輔氏より「短飛程放射線核医学治療薬剤による二次発がんの可能性」というタイトルで講演が行われた。短飛程放射線放出核種による核医学治療はまだ歴史が浅いため、飯塚氏は重粒子線を用いた外照射治療と β^- 線を用いた核医学治療の紹介から α 線放出核種による核医学治療による二次発がんの可能性を論じられたが、まだまだデータ不足でこれからの研究が待たれるとのことであった。

講演後にフロアからたくさんの質問があり、それぞれの講演者が丁寧に答えていたことが印象的であった。最後に筆者から AE を用いた治療に将来性はあるのかという質問をしたところ、AE にも今後の発展可能性があり、特に細胞膜やミトコンドリアを標的とした新しい戦略の進展が期待されているとの回答をいただいた。

今回のパネル討論で改めて α 線放出核種の治療効果は誰もが疑うことのないレベルまで到達していること、AE 放出核種の治療効果は α 線のレベルには達していないものの、核種の豊富さや薬剤設計により想像以上に発展する可能性を秘めていることをフロアの皆様と共有でき非常に意義深いパネル討論であった。

(福井大学 高エネルギー医学研究センター)

2025 年日本アイソトープ協会奨励賞 受賞講演

門叶 冬樹
Tokanai Fuyuki

2025 年日本アイソトープ協会奨励賞の授与式に参加した。本賞は、放射性同位体及び放射線に関する基礎・応用研究において、独創的かつ顕著な成果を挙げ、将来的な利活用や社会貢献が期待される若手・中堅の研究者個人を顕彰するものである。第 6 回目となる本年は、島田幹男氏（受賞時、東京科学大学総合研究院）及び満汐孝治氏（産業技術総合研究所）

が受賞された。授与式では、小林誠・日本アイソトープ協会会長より賞状と祝辞が贈られ、続いてお 2 人による受賞講演が行われた。

島田幹男氏は、「放射線依存的な細胞内小器官中心体異常とゲノム不安定性発症機構の解明」と題した講演を行った。島田氏は、放射線により誘導される細胞内小器官「中心体」の構造異常と、それに起因する細胞死やゲノム不安定性の発症機構に関する研究に取り組み、放射線生物学に新たな視点をもたらす成果を挙げた点が高く評価された。これまで放射線の生物影響に関する研究は、主に DNA 損傷とその修復メカニズムに焦点が当てられてきたが、島田氏はそれに加えて、細胞分裂時に微小管の形成を担う中心体が、放射線照射により過剰複製や構造異常を示すことを明らかにした。特に、中心体の異常によって、細胞分裂の異常を感知して制御する仕組みがうまく働かなくなり、その結果として多極性分裂が誘導され、細胞死や染色体不安定性に至るという仮説を提示し、実験によりその機構を検証した点は画期的である。また、 γ 線、炭素線、鉄イオン線 (Fe 線) 等、線質の異なる放射線を用いた比較から、中心体の過剰複製が線エネルギー付与 (LET) の増加に比例して強くなることも示されており、丁寧な実験の積み重ねによる確かな成果であることがうかがえる。島田氏の一連の研究は、放射線生物学において小器官に着目して放射線の影響を捉え直した点で独創的であり、放射線治療や放射線防護の分野への応用の可能性も高い。こうした業績は、今後の放射線科学の発展に大きく貢献するものと期待される。

満汐孝治氏は「高品質ポジトロニウムビーム発生技術の開発」と題した講演を行った。満汐氏は、陽電子と電子から成る中性粒子「ポジトロニウム (Ps)」のビーム生成とその高精度制御に関する研究に取り組み、放射線・アイソトープ科学の応用範囲を大きく広げる成果を挙げた点が高く評価された。Ps は極めて短寿命でありながら、電子や陽電子との相互作用や物質中での反応を通じて多くの物理情報を引き出せるユニークな粒子である。これまで、エネルギー可変な Ps ビームの安定生成は技術的に困難とされてきたが、満汐氏はポジトロニウム負イオン (Ps⁻) の光脱離を利用したビーム生成法を確立し、高品質かつエネルギー可変な Ps ビームの取り出しに成功した。特に、パルスレーザーを用いた光脱離

と電場による加速制御を組み合わせることで、発生タイミングやエネルギーを精密に制御可能な Ps ビームを実現した点は注目に値する。また、生成されたビームの飛行時間測定の評価から、運動量の分布や偏光依存性を明らかにする等、ビーム応用の展開が期待できる。本研究では当初、高エネルギー加速器研究機構（KEK）の高輝度ポジトロンビームを活用して実証を進めたのち、 ^{23}Na 放射線源を用いた Ps 生成にも成功しており、汎用的な実験環境の構築にも貢献した。満汐氏の一連の研究は、ポジトロニウムという中性粒子をプローブとする手法に新たな技術的基盤を築いたものであり、基礎科学に加えて PET や材料評価、表面分析等、多様な応用展開に道を拓く成果といえる。こうした業績は、今後の放射線・アイソトープ利用の高度化と発展に大きく貢献するものと期待される。

島田氏及び満汐氏の両講演とも、放射線の基礎的挙動に対する理解を深め、かつそれを新たな応用へと橋渡しする内容であり、本賞の目的である「放射線・RI 技術の発展と社会貢献」に資するものであった。特に、生物学的視点と物理工学的視点の両面から放射線研究の最前線が披露され、参加者の関心と共感を集めた。今後の両氏の更なる飛躍が期待される。

（山形大学 理学部）

若手企画「研究者のキャリアパス」

立花 優

Tachibana Yu

理工・ライフサイエンス部会の若手ユーザ活性化専門委員会で企画した「研究者のキャリアパス」を最終日の午後に開催した。今回で 5 回目を迎えた。これから研究者になるかどうか迷っている方や、アカデミア、企業、研究機関等、研究者としてのキャリアパスをどこで築くべきか悩んでいる方を対象としている。様々なキャリアパスを歩んでこられた研究者の方々が、どのように道を切り開いてきたのかをお話いただく企画であり、自身のキャリアパスを考える上で役立つヒントや気づきを得ることを目的としている。今回はアカデミアから 1 名、企業か

ら 1 名、研究機関から 2 名の演者を招聘した。早速、先生方のご講演を紹介したい。

田中将裕先生（自然科学研究機構 核融合科学研究所）は、修士課程修了後、電機メーカー、建物設備メンテナンスサービス会社でキャリアを重ねた後、社会人ドクターとして学位を取得し、現職である核融合科学研究所に就職された。研究者・技術者は、どのような環境に置かれても、学び続けること（リカレント）、技術を磨くこと（リスクリング）、自省すること（自分自身を見つめ直す）が強く求められる。また、これからは複数の専門分野を持つ研究者・技術者を目指し、積極的に他分野（異分野）の方と交流しながら、新しい学問を拓く必要があると話された。学生・若手研究者のみならず、実現が難しい応用研究、あるいは停滞気味の基礎研究に携わる研究者・技術者にも共感できるご講演であった。

吉田昌弘先生（金属技研(株)）は、学部課程卒業後、重工メーカーに就職された。退職後、修士号、博士号を取得し、別の重工メーカー、精密機械部品メーカーへの就職を経て、現職の金属技研(株)に至る。吉田先生が当初描いていたキャリアパスは、博士課程を修了（学位取得）後、ポスドクとして大学や研究機関で実績を積み、将来的にパーマネントポジションを得て、加速器に関連する研究活動に専念することであった。しかし、実際のキャリアパスは大きく異なった。博士課程を 4 年かけて修了した後、アカデミアへの復帰も期待しつつ企業に就職し、営業（国内・海外）や事業の撤退による異動、複数回の転職等想定外の経験をされた。異動や転職を繰り返しながらも、一貫して加速器の仕事に携わることができている。まさに、「先のことは分からないので、迷ったときはやりたいことをやってみましょう」というキャリアパスである。

太田朋子先生（長岡技術科学大学）は、博士課程修了後、京都大学、北海道大学、国際原子力機関（IAEA）、電力中央研究所を経て、現職に就かれた。現代社会では、それぞれの機関（大学、民間、国際機関でも）のミッションを理解して様々な形で社会に貢献することが求められる。そのため、機関ごとに求められる素養は大きく異なる。例えば、教育研究機関である大学の PI（Principal Investigator）になるためには、分野に応じた論文実績（筆頭著者として）、外部資金獲得実績（研究代表者として）、教育

実績（大学の講義、他組織との連携講義）、社会貢献、組織貢献といった実績を積み重ねる必要があると述べられた。諦めずに粘り強く取り組む姿勢が、研究・教育・実務における成功を生むということを、改めて認識させられたご講演であった。

神崎訓枝先生（日本原子力研究開発機構（JAEA））は、博士課程修了後に情報系企業に就職され、その後、技術補佐員として大学に勤務しながら2つ目の学位（保健学）を取得し、現職のポストに就かれた。研究者になるため、JAEAの夏期実習や他の研究所への応募等、積極的に活動された。しかし、安定したポストの少なさや、想定外に高い専門性、英語でのプレゼン等、多くの壁に直面し、苦戦が続いた。そんな中、JAEAから人形峠環境技術センターのダイバーシティ枠（女性・キャリア採用）の公募の連絡を受け、応募したところ、あっという間に採用に至ったと振り返られた。異分野の専門性を高めつつ、

人とのつながりを大切にしながら研究に取り組む姿勢が伝わるご講演であった。

以上が4名の簡単なキャリアパス紹介であるが、読者の皆様も感じられたように、研究者には千差万別のキャリアパスがある。この多様なキャリアパスこそが研究者の魅力の1つであるが、一方で、自ら考え、周囲を巻き込んで行動できなければ、理想のポストに巡り合うのは難しい。専門分野の深化はもちろん、プレゼンテーション能力、論文執筆能力、プロジェクトマネジメント能力、データ解析能力、英語力等、どの分野でも役立つ汎用的なスキルを常に磨く必要があるのは言うまでもない。本企画が、研究者の道に進もうと考える方々の後押しとなれば幸いである。

（九州大学アイソトープ統合安全管理センター）