

第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会印象記

パネル討論 1 「トリチウムの環境動態と生物への影響」

笹谷 めぐみ
Sasatani Megumi

2024 年 7 月 3～5 日の 3 日間、東京お台場の日本科学未来館を会場に日本アイソトープ協会主催の第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会が開催された。大会 1 日目の 14 時半～16 時半の 2 時間にわたって、パネル討論 1 「トリチウムの環境動態と生物への影響」が行われた。福島第一原子力発電所の廃炉作業により発生するトリチウムを含む処理水の海洋放出の観点を含め、国内外のトリチウムへの関心は高い。そこで、トリチウムの性質から環境中のトリチウム量及びその動態、更には、トリチウムの生物への影響に関する知見を広く周知することを目指し、本パネル討論が企画された。

まず、弘前大学の赤田尚史氏が「環境中のトリチウムとその挙動」というタイトルで講演された。天然起源のトリチウム量に加え、第 2 次世界大戦後の大気圏内核実験で放出されたトリチウム量、世界中の原子炉・再処理施設からの放出量、東京電力福島第一原子力発電所 (FDNPP) からの放出量についての説明が行われた。その後、環境中のトリチウムの挙動や形状に関する説明があった。

福島大学の平尾茂一氏は「福島における環境中トリチウムの動態解析」というタイトルで講演された。FDNPP 周辺の大気、土壌、植物におけるトリチウ

ム量の長期観測を実施し、大気、土壌、植物間のトリチウム濃度変動を実測で明らかにした、大気放出源付近の環境トリチウム影響評価のための貴重な知見が報告された。

茨城大学の田内広氏は「トリチウム生体影響研究の歴史と未解明の課題」というタイトルで講演された。我が国におけるトリチウム生物影響の歴史と、国内外におけるトリチウム生体影響研究の現状が報告された。トリチウムによる β 線の飛程は、細胞 1 個分にも及ばないことから、トリチウムの化学形ごとの細胞内分布や滞留時を基にした、線量評価体系の構築等、今後解明されるべき研究課題が紹介された。トリチウムのリスク評価研究は、我が国のイノベーション戦略の柱の 1 つであるフュージョンエネルギー開発においても欠かせない。そのため、トリチウムの生物影響研究のみならず、安全研究を担う人材の確保に留意した施策が必要であることが説明された。

東北大学の鈴木正敏氏は「低濃度トリチウムへの持続曝露による DNA 二重鎖切断誘発に関する検討」というタイトルで講演された。環境トリチウムによる生物影響を理解するために、正常ヒト上皮細胞への低濃度トリチウムの取込み及び局在と DNA 二重鎖切断の関係性に関する研究を行った知見が報告された。また、有機結合型トリチウム (OBT) を正常ヒト上皮細胞へ持続処理した場合には、OBT の種類により、細胞内取込み量や細胞内局在が異なることが報告された。

環境科学技術研究所の長島明輝氏は「高感度検出系を用いた低濃度トリチウム水による突然変異解

析」というタイトルで講演された。放射線の生物影響は、確率的影響と組織反応（確定的影響）に分類されるが、低レベル放射線のリスク評価を行う際には、突然変異や発がん等、放射線防護において閾値がないと考えられている確率的影響が重要と言える。独自に開発した体細胞突然変異高感度検出系及び、検出系を用いたトリチウム水による突然変異誘発頻度に関する結果が報告された。また、放射線の生物影響は、同じ線量でも線量率が異なると放射線の生物影響が異なる（線量率が高いほど、生物影響は大きい）、これを線量率効果という。開発した高感度検出系を用いた、トリチウム水による体細胞突然変異に対する線量率には閾値が存在する可能性を示唆する知見が紹介された。

最後に筆者が「発がん高感受性マウスを用いた低レベル放射線被ばくによる発がんリスク評価」というタイトルで講演を行った。確率的影響と考えられているがんに着目し、大腸がんモデルマウスである *Apc^{Min/+}* マウスを用いることにより、自然発症由来の腫瘍と放射線誘発腫瘍が区別できることを紹介した。また、低線量域に関する発がんリスク、線量率効果、被ばく時年齢が発がんリスクに及ぼす影響に関する知見を紹介した。

各講演の後、講演者間及び聴講者との間で、活発な総合討論が行われた。パネル討論を通じて、トリチウムの量を正確に測定し、その生体影響まで総合して評価することができる研究体制の構築の重要性が共有された。

（広島大学 原爆放射線医科学研究所）

パネル討論 2 「イオンビーム育種で生まれたカドミウム低吸収米について事実を知ろう」

小林 泰彦

Kobayashi Yasuhiko

コメに含まれる有害なカドミウムと無機ヒ素を同時に低減するために、イオンビーム育種によって新品種「コシヒカリ環1号」が開発され、まもなくその性質を受け継いだ「あきたこまちR」が全国に先駆けて秋田県に登場する。各地の様々な優良品種に

カドミウム低吸収性の特性を付与した新品種も続々と開発中で、これらが全国に普及することで日本人のカドミウムと無機ヒ素の摂取量が大幅に低減するだけでなく、日本より厳しい基準値を定めているEU等の海外への輸出拡大も期待されている。

ところが、2023年春から「放射線」への不安を煽る反対運動が始まり、間違った情報がSNS等で拡散され、農家への誹謗中傷まで起きている。そこで、育種や放射線の専門家、ジャーナリスト、生協等様々な立場の演者によるパネル討論がアイソトープ・放射線研究発表会の2日目に開催された。

最初に座長・ファシリテーターの市川まりこ氏（食のコミュニケーション円卓会議）は、中西準子著「環境リスク学」を引用し、車やスマホのように利便性で売り出され広く受け入れられた「幸運な技術」と、原子力や遺伝子組換え作物のようにリスクに対する消費者の不安が大きく利用が極度に制限されている「不幸な技術」を対比し、「新しい技術は新しいというだけで消費者の不安が大きくなる。過大な不安が政策決定に大きく影響した事例は過去にいくつもあったし、今も解決できていない」と指摘した。海外で一般的な香辛料類の照射殺菌が国内ではいまだに禁止されていて植物検疫処理や生レバー等の食中毒防止にも使えないことや、国も安全性を認めた遺伝子組換え作物の栽培が地方条例等で拒まれていることを例にあげた。そして一般にはほとんど知られていないイオンビーム育種という新技術とカドミウム低吸収米の開発についてパネリストに解説を求めた。

東洋大学の津田麻衣氏は、「作物育種の歴史、そして現在の食生活を支える育種」と題し、現在の栽培種は原種に自然に生じた人間にとって有用な変異が選ばれ続けてきた結果、変異が集積したものであり、放射線育種もイオンビーム育種もゲノム編集も、自然界で変異が生じる過程と同じ原理に基づきながらより精密な育種を目指す技術革新であると述べた。

続いてQST高崎研の長谷純宏氏は、「イオンビームを利用した突然変異育種と変異の特徴」と題し、イオンビームはγ線より少ない変異数で大きなバリエーションを生むという最新の研究成果を紹介した。

東京大学の中西啓仁氏は、「低カドミウムイネの

作出」と題し、選抜された新品種の予想をはるかに上回る特性を説明、ヒ素とカドミウムの吸収・集積は栽培条件においてトレードオフの関係にあるが、この新品種で両者の同時低減が可能と強調した。

元毎日新聞記者でジャーナリストの小島正美氏は、「低カドミウム米『あきたこまち R』はどう報じられたか」と題し、NHK 等の肯定的な報道が先行したことが根拠のない誤情報の拡散に一定の歯止めをかけたと考察、しかし全国的な関心ごとにはなっておらず、カドミウムと無機ヒ素のリスクを確実に減らせるメリットが広く伝わっていないと指摘した。

東都生協の吉澤正義氏は、「『あきたこまち R』反対活動が消費者にどう受け止められているのか」と題し、反対運動を展開している一部の生協や有機農業団体の学習会や子どもを介したネットワークのように誤情報が訂正されず客観的な情報や異論が排除された環境で、印象操作で不安を煽られ、詳細を理解しないまま「よく分からないけど不安」になった人から誤情報が拡散されている現状を報告した。

後半の質疑応答での会場からの質問の1つ、「反対派が言うように遺伝子変異によるフレームシフトで生じた新たなタンパク質が人に危害を及ぼすかもしれないから安全性を調べなければならないのでは？」に対し、科学的に厳密に答えようとするパネリストの回答がやや釈然としない印象を与えたことは否めない。そもそも「ゼロリスク」はあり得ず、100%安全と言い切ることはできないが、従来品種と同程度のリスク＝同程度に安全ということを腑に落ちるように説明する難しさを感じた。イオンビームによる変異誘発の特徴の意味や照射直後の放射化等についての質疑応答は残念ながら時間切れとなった。

最後に市川氏は、新しい技術の恩恵が社会に届くためには、1) 技術の正しい理解と意義の共有が不可欠！研究機関や行政は一丸となって対処すること、2) 誤解を生まない、誤解を広げないことが重要！メディアは不安情報に弱い人のサポートの最前線に立っている自覚を、と訴えて締め括った。

(食のコミュニケーション円卓会議 (元 QST 高崎量子応用研究所))

パネル討論会 3「核医学サイコウ (再考・再興・最高)」

辻 厚至

Tsuji Atsushi B

日本の核医学を「最高」にするための活動の一環として、多くの方々と現状を把握・検討 (再考) し、再び盛り上げる (再興) きっかけにしようとパネル討論会が企画された。

様々な立場からの意見を紹介するために、分野の異なる 6 名のパネリストが参加した。物理学分野からは、山谷泰賀 (量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所) と黒澤俊介 (東北大学 未来科学技術共同研究センター)、医学分野からは、高橋美和子 (量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所)、伊藤公輝 (国立がん研究センター中央病院)、樋口隆弘 (ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク)、生物分野からは、筆者である辻厚至が参加した (敬称略、以下同)。

会場は日本科学未来館の未来館ホールだった。200~300 席の会場で、すり鉢状になっており、パネル討論にちょうどいい広さと構造だと感じた。朝一番のセッションだったため、朝の涼しさを期待していたが、既に日差しが強く、駅から会場までの道中で疲れ切ってしまった。そのせいか、まだ会場に人がほとんどいない状態だったためか、始まる前の嫌な緊張感を感じずに済んだのは逆によかった。

客席で、他のパネリストや知人と近況や最近の研究の動向等の情報交換をしている間に、いつの間にか会場に人も増えていた。知らない方も多く、核医学分野外からの参加者も多いと感じた。他分野からの参加も望んでいたもので、企画どおりではあったものの、もともと展開の予想がつかない企画だったこともあり、緊張感が一気に高まってきた。そんな中で、畑澤順の顔があるのに気づき、ホッとした。

パネル討論の前に、各パネリストから短時間の話題提供があった。最初は、座長の山谷から「核医学物理の課題と展望」についてであった。日本には高い研究開発力があり、PET 黎明期の 1979 年に国産の PET 装置の開発に成功する等、世界に先駆けて多くの技術が開発されてきた。しかし、せっかくの

高い開発力を産業化にうまく活かせていないことが課題であるとの内容であった。早速フロアから、それは核医学に限らず、他の分野でも同じで、最初に日本で開発された技術が、国内で産業応用されず、海外でされることで、後進が育たないとのことであった。核医学に限らず、多くの分野で共通した課題であるようだ。更に、物理学だけでなく、工学の貢献も忘れずとのコメントもあり、筆者も忘れていたと反省した。次に、黒澤から「核医学を支える高エネルギー物理学」についての発表があった。2つの大事な点について紹介があり、まだ高エネルギー物理学が核医学に貢献する余地は大きく、若い人の参入が必要だと訴えた。次に、高橋から「核医学診断の課題と展望」についてで、核医学がなければ診断できなかった症例の紹介を交えながら、医療における核医学診断の重要性を示した。また、日本ではPETの普及が遅れており、正確な診断にはPETの普及が欠かせないと強調した¹⁾。次に、伊藤から「核医学治療の課題と展望」について紹介があった。新たに核医学治療を始めるための使用許可を得るための労苦の紹介であった。時間が掛かっただけでなく、施設改修も必要となり、予算の確保に相当苦労したとのことであった。国内では、核医学治療に従事する医師が少ない中で、診療以外のことで煩わされることがない合理的なルールが制定されることを強く望む。国立がん研究センターだから乗り切れたが、同じ状況になった場合、断念する病院の方が多いのではないかと危惧した。次は、筆者から「核医学研究の魅力」についてで、現在の核医学分野は、これまでにないくらい研究環境が整ってきていることを紹介し、新規参入、特に若い人の参入を促した。最後は、樋口から「核医学サイコウ：ドイツからのヒント」についてであった。ドイツは、言わずと知れた核医学先進国であり、充実した診療、研究体制が敷かれている。ドイツをそのまま真似するのではなく、日本の状況に合わせて取り入れられることを取り入れていくことが重要であるとのことであった。また、ドイツにはない日本の良さもあるので、コラボレーションできるとお互い発展できるとのことであった。その後、フロアからの質問に答える形で、討論会が始まった。フロアからも活発な質疑、討論があったが、オンライン参加も多かったようであった。予想した以上に、盛り上がったので、胸を

撫で下ろした。座長の山谷、高橋にとっては、なおさらだったろう。

最後に、座長の山谷の「核医学サイコウ！」の言葉で、パネル討論会は終了した。この「サイコウ」は、きっと「最高」のことだろうと思った。

終了後にステージに会場参加者が集まり、各パネリストを交えてディスカッションが始まった。この会の成功を改めて確信した。来場者の熱いディスカッションにも深く感謝したい。ただ、今回のパネル討論会では、核医学の様々な問題点を共有したに過ぎない。日本の核医学を「最高」にするためには、まだまだやることは山積みであり、解決のために活動を続けなければならないと改めて身が引き締まる思いである。

最後にもう一度、「核医学、サイコウ！」。

参考文献

- 1) M.Takahashi, *et al.*, *RADIOISOTOPES*, **73**(1), 109-116 (2024)

(量子科学技術研究開発機構 量子医学研究所 分子イメージング診断治療研究部)

2024年日本アイソトープ協会奨励賞 受賞講演

井上 優介
Inoue Yusuke

日本アイソトープ協会奨励賞は、放射性同位体及び放射線に関する基礎研究又は応用研究において独創的かつ顕著な成果を挙げ、将来の利用拡大・発展への寄与、社会貢献等が期待される若手・中堅の研究者を顕彰するものである。アイソトープ・放射線研究発表会の2日目に授賞式が行われ、日本アイソトープ協会の小林誠会長からの祝辞の後、3名の受賞者が講演を行った。

日本原子力研究開発機構 廃炉環境国際共同研究センターの佐藤優樹氏は、「異分野技術を統合した放射線源可視化の実証と波及効果の探索」で受賞し、この研究について講演を行った。東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置では、作業員の被ばく低減や作業計画の立案のために、放射能汚染の分布を把

握する必要がある。佐藤氏は、サーベイメータ、放射能汚染を2次元的に測定するコンプトンカメラ、3次元環境モデリング技術を統合して、3次元放射能分布を可視化する統合型放射線イメージングシステムを開発した。自己位置推定と環境地図作成を同時に行うSLAMやロボットと組み合わせて、高汚染環境における測定を実現した。実証実験において、原子炉建屋内のホットスポットの3次元的同定に成功した。更に、 α 核種及び β 核種の分布を特定できることも実証している。開発した技術を福島第一原子力発電所の廃止措置に活用すると共に、広く放射線施設の管理への展開を検討しているとのことであった。

広島大学 自然科学研究支援開発センターの二宮和彦氏は「負ミューオンを用いる非破壊的元素分析法の化学状態及び同位体分析法への展開」について講演した。本研究は、大阪大学核物理研究センターRCNP及び大強度陽子加速器施設J-PARCのミューオン施設で行われたものである。ミューオンは電子と同じ電荷を持ち、電子の207倍の質量を持つ素粒子であり、ミューオン特性X線のエネルギーは極めて高く、透過性が高い。緒方洪庵の薬瓶内容物や小惑星リュウグウの石の組成の非破壊元素分析への活用が紹介された。更に、二宮氏はミューオン特性X線のエネルギーが化学状態や同位体により異なることに着目し、ミューオン元素分析を用いた化学状態分析法及び同位体分析法を開発した。化学状態分析では、砂鉄を試料として鉄の酸化物の組成を測定し、メスバウアー分光法による値と一致することを示した。同位体分析では、鉛の同位体比を測定して質量分析法との一致を確認し、産地推定への活用が期待された。今後、更にミューオン元素分析の応用研究を推進するとのことであった。

大阪大学 大学院医学系研究科の渡部直史氏は「アスタチン (^{211}At) を用いた標的アルファ線治療の臨床応用」について講演した。渡部氏は、サイクロトロンで製造可能な α 線放出核種である ^{211}At を用いた内用療法に関する研究を行っている。現在、分化型甲状腺癌の多発転移に対する標準治療として、放射性ヨウ素 (^{131}I) を用いた内用療法が行われているが、十分な治療効果が得られない患者が少なくない。 α 線放出核種である ^{211}At を用いれば、より高い効果が期待されると共に、周囲への被ばくがほと

んどないために専用病室への入院が不要となる。渡部氏は ^{211}At が担がんモデルで ^{131}I を上回る治療効果があることを示した。マウスを用いた拡張型単回投与毒性試験を実施し、治験薬GMP体制を確立して、難治性甲状腺癌患者を対象とした ^{211}At NaAt治療の医師主導治験を実施している。更に、前立腺癌を対象とした治療薬 ^{211}At PSMA-5を開発し、非臨床試験を経て、医師主導治験を開始したとのことであった。

受賞した三氏の研究は、独創的な新規技術を開発するものであり、更なる研究の展開及び社会実装が強く期待される。我が国から世界への発信としても誇らしい。大きく異なる分野での受賞は、放射性同位体利用及び放射線利用の多様性と将来性を改めて実感させるものであった。

(北里大学医学部)

若手企画「研究者のキャリアパス」

杉田 亮平

Sugita Ryohei

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」を最終日に開催した。今回で4回目となる。対象はこれから研究者を目指す学生、研究者を目指し中の博士生、及びポストクや若手研究者等と非常に幅広く、研究者のキャリアパスにおいて選択の岐路に立った際の参考の一助となるよう、アカデミアや民間企業から幅広く演者を招聘した。4名の演者それぞれがバラエティーに富んだ講演であり、ここからは各先生の講演を紹介したい。

金子政志先生(大阪大学大学院理学研究科)は、研究者になるためには論文を書くこと、競争的資金を獲得すること、そして学会賞を戦略的に獲得すること等、シンプルながらも非常にメッセージ性の強い講演であり、それぞれに対してどのようにしたらよいかを提示した。加えて、金子先生が研究者になるにあたっての2冊の愛読本「できる研究者の論文生産術」「博士号だけでは不十分!」の紹介があった。筆者にとって研究者のキャリアパスにおいて本を参考とすることをこれまで一切考慮したことがなく衝

撃的であった。身近に相談ができる研究者がいない環境にいる場合は、本から学ぶという選択肢は特に有効であろう。

田中香津生先生（早稲田大学理工学術院総合研究所）は、大学での研究と先生自身が立ち上げた会社での科学教育の両立を行っており、どのようにして両立することになったかの生い立ちを紹介した。研究者のキャリアパスにおいて、教育面においてはクローズアップされることはほとんどなく、科学教育会社を立ち上げる、という別視点での選択肢は教育にも興味関心が強い研究者にとって有益であろう。

李恵子先生（量子科学技術研究開発機構重粒子線治療研究部）は、出産や子育てと研究を両立しており、女性の聴者にとって非常に参考となる講演であった。加えて、海外留学が場合によってはお金と時間の浪費になるというように必ずしも海外留学がすべてプラスになるわけではない、という警告は海外留学の経験が豊富であるからこそその講演であった。

物部真奈美先生（(株)アイング総合研究所）は、病院勤務、海外医療ボランティア、学生、大学教員、国立研究法人を経て、現在は民間の研究所に所属しており、研究者のキャリアパスは多様なルートがあることを認識させられた。加えて、研究テーマは医療分野から現在は緑茶による健康維持へと変遷して

おり、研究内容においても必ずしも一本道である必要がないことも強く感じさせられた。

以上が4名の講演の簡単な紹介であるが、4名全員に共通していることが、「やりたいことをやる」である。研究者になろうか迷った際に民間総合職が比較対象となる場合が多いが、もし研究としてやりたいことがあるならば、研究を続けつつ状況によっては民間総合職に転職する、というキャリアパスもあっていいのではないだろうか。「やりたい」は仕事を続ける上で最もモチベーションの向上につながり、Quality of life (QOL) の向上にもなる。現在では職種、業種問わず転職することも珍しくはなく、この傾向は今後ますます進むと考えられるため、研究職から総合職、もしくは総合職から研究職への転職という流れも今後は増えていくであろう。

本企画は会場による聴講及びオンラインによるハイブリッドで行った。来年度も恐らく同形式で開催するであろう（2025年7月予定）。興味がある方は是非アイソトープ・放射線研究発表会のプログラムを確認していただきたい。また、ラボで学生を受け持っている先生方は学生に本企画を宣伝していただけたら幸いである。

（名古屋大学アイソトープ総合センター）

最前線のアイソトープ・放射線研究紹介 —私が研究者になるまで—

放射線や放射性同位体（RI）を利用している研究者が、これから進学先や専門分野を選ぶ高校生や大学生に向けて、研究のきっかけやその面白さ等を紹介しています。



学生必見！

理工・ライフサイエンス部会
若手ユーザ活性化専門委員会

<https://www.jrias.or.jp/>
> トップページ > 協会を知る > 協会の活動成果を知る
> 理工・ライフサイエンス部会