

第 58 回アイソトープ・放射線研究発表会印象記

第 57 回の中止から第 58 回のオンライン開催に至るまで

田野井 慶太郎

Tanoi Keitaro

2020 年 7 月 7～9 日に予定していた第 57 回アイソトープ・放射線研究発表会は中止となった。新型コロナウイルス感染症の拡大が原因である。その前年 2019 年に実施した第 56 回は、招待講演制度等の工夫により発表件数が前年より増加した良い流れがあった他、特別講演やパネル討論の企画も充実したものが準備できたこともあり、中止は残念であった。この中止の判断は、発表要旨提出締切よりおよそ 1 か月前の 4 月中旬に行ったが、卒業前最後の年の学生のことを考えて、要旨提出まで待ってから発表実績とする判断もあり得たかもしれないとの反省が残った。

新型コロナウイルス感染症の終息が見えない状況の中、2020 年 7 月には、翌年の第 58 回の開催形式の初案作成がスタートした。上菟常務理事（運営委員長）、荒野常務理事、藤浪理事（理工・ライフサイエンス部会長）、アイソトープ協会の事務局の方々、筆者（副運営委員長・幹事長）で検討する中で、2021 年も引き続きコロナ禍にあることを想定しオンラインでの開催方法を探った。開催形態としてポスター発表を中心とするのか、若手優秀講演賞の制度をどのように運用するか、口頭発表をする場合は録画ファイルを公開するのかライブで実施するのか等を様々検

討した結果、できるだけこれまでどおりの形式を維持しつつ、聴衆の興味を引くために録画ファイルではなくライブでの発表とする案をたたき台として作成した。その後、開催会議にて運営委員・幹事各位のご協力（特に不慣れなオンラインによるプログラム編成では幹事の方々には多大なご尽力を賜った）により、なるべくこれまでどおりのプログラムを維持したオンライン開催となった。

いよいよ第 58 回アイソトープ・放射線研究発表会が始まる初日、オンラインの運営がなされているアイソトープ協会の会議室を見学させていただいた。写真 1 に示すように、各セッションのシフトに従いアイソトープ協会のみなさんがマネージメントをやってくださっていた。講演者や座長、若手優秀講演賞の審査委員がオンライン上に待機しているか逐一チェックし、いなければ直接に電話をしてオン



写真 1 シフト表を見るとすべてのセッションで万全な体制が取られていることが分かる



写真2 感染症対策に万全を期しながら4つの会場すべてをハンドリングしてくださった

ライン会場へ誘う業務もこなしてくださっていた(写真2)。こうした支えのおかげで、欠席やシステム上のトラブルはほとんどなかった。改めて感謝を申し上げたい。

コロナ禍が始まってそろそろ2年が経過する。多くの参加者がオンラインに慣れていたことも幸いし、発表会は大変スムーズに進んだ。心配していた参加者数もそれほど減少することなかったのは、運営委員や幹事の方々の努力の成果であると共に、これまで対面では東京開催であったところ、オンラインとなって全国から気軽に参加できるのは大きなメリットであると感じた。次の第59回開催は対面、オンライン、そして両者のハイブリッド、どのような形式となるだろうか。様々な利点を考慮しながら、参加者にとって有意義な形を常に模索していくことが求められている。

(東京大学大学院農学生命科学研究科)

パネル討論 放射線でがんが増えるか？

島田 義也
Shimada Yoshiya

放射線は、諸刃の剣である。病気の診断や治療に不可欠である一方、組織障害や健康リスクを高める危険もある。とりわけ、「がん」は、2人に1人発

生し、4人に1人が亡くなる。胃がんや肺がん、大腸がんなどの上皮組織に由来する固形がんは全体の9割を占め、多くは、50歳以降加齢とともに増加する病気である。一方、小児がんでは、白血病や脳腫瘍など非上皮系の部位からのがんが多い。放射線被ばく後、白血病は4、5年たって増加するが、多くの上皮系のがんは被ばく後20年以上経ってから増えてくる。

発がんは多段階に進行することは定説である。がんのゲノムを解析すると主要ながん関連遺伝子の変異(driver mutationという)が複数同定される。古くから放射線は突然変異を誘発することが知られている。それゆえ、放射線は、driver mutationを誘発することで正常細胞をがん化させると考えられてきた。しかし、放射線が直接的に標的細胞に突然変異を誘発することに加え、被ばくによってがんが進行しやすい組織環境をつくることの重要性が指摘されている。本パネル討論では、放射線発がんにおける突然変異誘発説について再検討を試みた。

まず、中村典氏(放射線影響研究所)は、「放射線は組織炎症を通じて自然発症のがん化を早期化する」と題し、マウスの生存曲線が被ばくによって全体的に若年方向に平行移動することに着目した。もし、放射線が一部の個体にがんを誘発するのであれば、平行移動にはならないと考察し、放射線によって誘発される組織炎症が全体的にがんを早く発生させると提案した。フロアからは、放射線は多段階発がんモデルの時間軸を縮める、すなわち、時間軸のスケールの変化でも説明できるのではないかという数理モデル研究者からの意見があった。

飯塚大輔氏(量子科学技術研究開発機構)は、「実験動物の乳がんは上皮細胞を照射しなくても生じる」と題し、組織環境ががん化の方向性を変えうる例を報告した。まず、通常は移植しても腫瘍を生じることがない乳腺細胞株を、放射線被ばくした動物個体の乳腺脂肪組織に移植すると腫瘍が生じる。一方、乳がんの組織片を他個体の正常な乳腺脂肪組織に移植すると正常な乳腺組織が発生する。正常な組織環境はがん細胞を健全な細胞に教育するようである。

柿沼志津子氏(量子科学技術研究開発機構)は、「マウスでは突然変異説が当てはまる場合もある 放射線はゲノム変異を起こしてがん発生を早期化する」

と題し、放射線が直接的に突然変異を誘発し発がんを進行させる説を支持する結果を報告した。がん抑制遺伝子 *Ptch1* のアリルを1つ欠損したマウス（もう片方のアリルは正常）は脳腫瘍の一種、髄芽腫を自然発生するが、その発生率は放射線被ばくによって線量依存的に増加する。腫瘍では正常の *Ptch1* のアリルが介在欠失によってなくなっており、その頻度は、線量に依存して増加した。がん抑制遺伝子の介在欠失は放射線誘発の T リンパ腫や B リンパ腫でも観察され、被ばく後早期に発生する腫瘍では、放射線による直接的な欠失があることを示唆した。

最後に筆者は、「放射線発がんを俯瞰的に見る」と題し、放射線被ばく後のがんの起源細胞と隣接する細胞や周囲の組織環境組織との相互作用に関する最近の知見を紹介した。近年、発がん初期においてがん遺伝子 *ras* が活性化した細胞を隣接する正常細胞が組織から排除する細胞競合という現象が注目されている。おもしろいことに、低線量被ばくによって正常細胞が、前がん細胞にアポトーシスを誘導する例もある。他方、放射線によって誘発された炎症性サイトカインは、前がん細胞の選択的増殖を促す。放射線の分野で研究が一挙に進んだバイスタンダー効果を組織レベルでの発がんの視点から見直すとおもしろい。

放射線・RI 利用は安全第一である。本パネル討論において、被ばくによる発がんリスクは組織環境を制御することで低減できる可能性が示唆された。被ばくの低減とともに、リスクの低減も考慮しつつ、RI 利用を進めて行くことが期待される。

((公財) 環境科学技術研究所)

パネル討論

我が国の RI 製造供給の現状と将来

羽場 宏光

Haba Hiromitsu

我が国の RI 利用は、これまでその多くを外国からの輸入品に頼ってきた。しかし、近年、市販品がない ^{211}At や ^{43}K 等の短寿命 RI の需要が急速に増している。イメージングや核医学治療に必要とされる

短寿命 RI の需要は、今後ますます増大していくと予想される。我が国の RI 利用を推進していくためには、国内の RI 製造拠点が連携し、RI の製造と利用者への安定供給の体制を整備していくことが重要である。今回、研究用 RI の製造拠点の先生方をお招きし、我が国の RI 製造供給の現状と将来についてパネル討論を行った。

まず、大阪大学核物理研究センター (RCNP) の福田光宏先生より、「短寿命 RI 供給プラットフォーム」事業について紹介があった。2016 年度、科研費新学術領域研究 (研究領域提案型)『学術研究支援基盤形成』を基盤として、RCNP、理化学研究所 RI ビームファクトリー (RIBF)、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター (CYRIC)、同大学電子光物理学研究センター (ELPH) が連携し、市販されていない短寿命 RI を研究者に供給する事業を開始した。その後、量子科学技術研究開発機構量子医科学研究所 (量医研) と同機構高崎量子応用研究所 (高崎研) が参画し、2019 年度より 2 期目に入っている。短寿命 RI 供給プラットフォームの利用者は年々増加しており、これまでに 170 件を超える実験課題を支援している。RCNP の AVF サイクロトロンは、間もなく増強工事が完了し、数 $10\mu\text{A}$ の α ビームを出力できるようになる。これによって、特に α 線核医学治療に期待される ^{211}At の製造効率が大幅に向上する予定である。

筆者は、RIBF における RI 製造・供給の現状を報告した。RIBF では、3 機の重イオン加速器 (AVF サイクロトロン、理研リングサイクロトロン、重イオン線形加速器) を利用し、 ^7Be から 107 番元素ボーリウム (^{266}Bh) まで、元素周期表のほぼ全領域を網羅する 100 種以上の RI を製造・供給している。このうち、 ^{65}Zn と ^{109}Cd を 2007 年度より日本アイソトープ協会の協力を経て頒布している。2010 年に ^{88}Y 、2015 年に ^{85}Sr 、2017 年に ^{67}Cu を頒布リストに追加し、昨年度までに 50 を超える大学、研究所、企業に RI を供給してきた。短寿命 RI 供給プラットフォーム事業にも参画し、昨年度までに 68 課題を支援し、12 核種、136 件の頒布実績がある。

渡部浩司先生は、東北大学の CYRIC と ELPH における RI 製造・供給の現状について報告した。CYRIC では、サイクロトロンを 2 機 (大型サイクロトロン、小型サイクロトロン) 有し、陽子、重陽

子、 α 粒子等のイオン加速により RI の製造を行っている。主に供給している RI は、小型サイクロトロンを用いて製造される PET 用陽電子放出核種である。最近、大型サイクロトロンに負重水素イオンを加速する装置を整備し、加速器中性子による新しい RI 製造プロジェクト (DATE プロジェクト) を始動させた。DATE プロジェクトでは、今後、RI 医薬品として利用できる ^{64}Cu や ^{67}Cu の大量製造とがんの診断治療に有効な RI 医薬品の開発を推進していく計画である。一方、ELPH は、70 MeV 大強度電子線形加速器を所有しており、制動放射線による光核反応を用いた RI 製造が可能である。 (γ, n) や (γ, p) 反応を利用して、陽子や α 粒子反応では製造し難いユニークな RI を製造できる。ELPH では、特に植物研究において重要な ^{43}K の製造供給を行っている。

量研機構量医研における RI 製造については、永津弘太郎先生より報告があった。量医研では、大型サイクロトロン AVF-930 と小型サイクロトロン 2 機 (HM-18, BC2010) を用いて、臨床核医学や標識化学、自然科学研究等に利用する RI の製造・供給を行っている。PET 核種 (^{11}C , ^{18}F , ^{13}N , ^{15}O) の他、診断・治療に資するハロゲン・金属 RI (^{64}Cu , ^{67}Cu , ^{186}Re , ^{191}Pt , ^{211}At 等) の製造を定常的に行っている。

量研機構の石岡典子先生は、高崎研の K110 AVF サイクロトロンで加速した陽子や α 粒子を用いて、一般には流通していない RI の製造・供給を行っている。具体的には、医学研究用として ^{211}At や ^{76}Br 等、植物研究用として ^{11}C , ^{64}Cu , ^{107}Cd , ^{127}Cs 等である。

各 RI 製造拠点の現状報告の後、我が国の RI 利用推進に向けた意見交換を行った。短寿命 RI は国内製造が必須であり、製造拠点が連携して安定供給体制を確立することが重要である。この点で、短寿命 RI 供給プラットフォーム事業は重要な取組みであり、次年度以降への継続が切望された。また、加速器では製造し難い RI も多数あり、今後、原子炉施設との連携が重要である。その他、RI の利用普及に向けて、合理的な RI の取扱い規制や RI 製造に携わる人材の育成・確保の重要性が指摘された。今回のパネル討論では十分に議論できなかったが、RI 施設・設備の強化・維持や放射性廃棄物の問題も今後検討すべき重要な課題であろう。

本パネル討論会の参加者は 160 名を超え、多くの方と我が国の RI 製造の現状や問題点について情報を共有できた。最後に、最近、日本アイソトープ協会理工・ライフサイエンス部会 RI 利用推進専門委員会より、「2019 年度 RI 製造・利用調査」の結果が報告された¹⁾。国内外における研究用 RI の最近の流通と製造・利用状況を踏まえつつ、我が国の RI 利用推進に向けた考察が行われている。本稿と共にご参照いただければ幸いです。

参考文献

- 1) (公社) 日本アイソトープ協会理工・ライフサイエンス部会 RI 利用推進専門委員会, *RADIOISOTOPES* **70**, 251-260 (2021).

((国研) 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター)