

「第51回アイソトープ・放射線研究発表会」から

パネル討論 1

農業利用のための RI イメージング の新展開

古川 純
Furukawa Jun

近年、 γ 線、 β 線、ポジトロンなど様々な放射線を用いたイメージング技術が急速な発展を見せている。植物を対象とした RI イメージングの分野においても、従来から進められてきた環境浄化、食糧確保といった世界的な問題の解決に加え、福島第一原子力発電所事故からの復興に貢献するための基礎研究などに重要な知見をもたらしつつある。本パネル討論は植物 RI イメージングに関する最近の動向と将来性、課題について議論するために実施され、筆者は座長を担当した。また、一般講演による関連研究の発表を同一会場で行うことにより、分野全体の方向性と個々の具体的な研究についての理解を相補的に高めることを意図した構成になった。ご尽力いただいた皆様にこの場を借りて御礼申し上げたい。

パネル討論では、まず初めに日本原子力研究開発機構の藤巻秀氏から「植物 RI イメージングは植物の何を解明するのか？」というタイトルで話題提供していただいた。藤巻氏は植物の非破壊リアルタイムイメージングを牽引している PETIS 法による成果から、画像を基にした数値化、特に植物機能の定量解析への応用について「核農学」という新たな視点を会場に提供

された。可視化という定性的な観察のみならず、放射線計測の利点である定量性を活かした物質移動速度の数値化により、何らかの植物機能の解明にまで到達することが今後の展開には必須であるとのメッセージを分かりやすく提示された。

続いて、東京大学の廣瀬農氏には「植物 RI イメージング手法の改良-時間/空間分解能の向上を目指して-」というテーマで話をしていただいた。PETIS 法と同様に非破壊でのイメージングが可能である RRIS 法や、連続切片法によるマイクロオートラジオグラフィなどが、従来のオートラジオグラフィに比してどのように時間/空間的な分解能の向上に貢献可能であるかを紹介された。また、個々の手法の利点を相互に活用することで、植物機能の解明により効果的にアプローチできるとの視点を示された。

以上の話題提供の後、パネリストとして日本原子力研究開発機構の河地有木氏と筆者を加えて討論が行われた。まず河地氏から“核農学”を確立させる上で指針となる核医学分野におけるイメージングについて紹介があり、画像情報を生理機能に翻訳する技術が植物 RI イメージングの分野では遅れており、更なる進歩・改善を要するとの提言がなされた。それに対し、各パネリストから植物イメージング研究に対する意識を、現象の理解から機能の解明にまで引き上げる必要がある、あるいは医療分野には治療という日常生活との接点があることから、植物機能の解明についても応用面からアピールする必要があるといった意見が交わされた。

また、河地氏の RI イメージングでは定量性

こそが重要であり、対象に適した実験系を用いて定量性を担保することが空間分解能を超えたミクロな機能の理解をもたらす、面白さにつながる。との意見に対し、実験系の選択については常に試行錯誤を要するが、新旧手法の相乗的な活用も可能ではないかとの発言もあった。新規ユーザーの参入あるいは異分野連携については、藤巻氏、河地氏から RI 製造のための加速器マシンタイムの確保が最優先であり、そのためには研究拠点の充実が急務であるが、それと同時に医療用のサイクロトロンを持つ組織などとの連携が有効であるとの提案がなされた。また、廣瀬氏からは市販アイソトープを利用したイメージングについても更に検討と推進が必要であろうとの意見が出された。

最後に、機能解明を志向する新たな植物学の確立に向けて今後も協働していくことが確認され、様々な研究分野との連携を望むことが述べられて閉会となった。筆者としては討論会並びに関連発表を通して RI イメージングに興味を持つ若手参加者の意識の高さが印象的であった。今後の本分野の発展に彼らの貢献が大であることを期待して本稿を終わりとしたい。
(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター)

パネル討論 2

認知症の画像診断最先端

羽生 春夫
Hanyu Haruo

最新の疫学調査によれば、我が国の認知症患者数は 462 万人と推定され、その前段階の軽度認知障害 (MCI: Mild Cognitive Impairment) も 400 万人と見積もられている。実に、65 歳以上の老年者の 4 人中 1 人が認知症またはその前段階と推定される。今後、高齢者が急増し (2025 年には団塊の世代が後期高齢者となり、後期高齢者数がピークに達する)、認知症患者は更に増加していくものと思われる。認知症の過半数を占めるのがアルツハイマー病 (AD:

Alzheimer's disease) であるが、現在治療薬としては 3 種類のコリンエステラーゼ阻害薬 (ドネペジル、ガランタミン、リバスチグミン) と 1 つの神経保護薬 (メマンチン) がある。これらは症候改善薬に分類され、根本治療薬ではないが、早期に投与するとある程度の進行抑制が得られる。さらに、最近の基礎研究の成果から AD の発症メカニズムが少しずつ明かとなりつつあり、創薬研究も飛躍的な発展を遂げつつある。実際に、脳内の β アミロイド蛋白を除去し得る薬剤も登場しつつある。このような観点から、認知症の早期診断と鑑別の臨床的意義は高く、画像診断の果たす役割は大きい。このパネル討論では最先端の知見が発表された。

筑波大学の朝田隆先生は、本邦における最新の疫学調査の成績を報告した。2012 年の調査から既に 2 年間の経過しており、現在では認知症患者数は 500 万人を超えているだろうと推定されている。その過半数は AD であるが、高齢者であるため多くは血管性病変やレビー小体病を合併した複合病型を示すものが多い。一方、65 歳未満の若年型認知症は約 5 万人前後 (全体の 1%) と推察され、病型としては血管性認知症がやや多いようである。

東京都健康長寿医療センター研究所の石井賢二先生は、約 10 年前に登場したアミロイド PET の臨床知見のデータを紹介した。本法によると健常高齢者の一部でも脳内沈着が認められ、発症の 10~20 年前から集積を証明でき、発症前診断や非定型例の診断に有用である。また最近、ドパミントランスポーター (DaT) scan も登場し、パーキンソン病やレビー小体型認知症の診断、さらに前段階と考えられる特発性 REM 睡眠行動異常の一部でも集積低下がみられることから、発症前診断に役立つ可能性がある。

放射線医学総合研究所の島田斉先生は、ここ 1~2 年の間に登場し注目されている PET によるタウイメージングの臨床応用について報告した。アミロイド集積が MCI レベルではほぼプラトーに達するのに対し、タウは MCI 患者では海馬領域に局限し、進行するにつれて広範な大

脳皮質に分布することから臨床症状との密接な関連が認められる。さらに、タウ沈着を病変とする神経変性疾患（タウオパチー）では、疾患によって異なる集積分布が確認されることから、臨床診断の困難な神経変性疾患の鑑別に有用となる可能性がある。

最後に、神経内科千葉 所長で放射線医学総合研究所の篠遠仁先生は、PET による神経伝達系の画像を示した。特にコリン神経系については、多くの自験データを紹介された。早期発症の AD と晩期発症の AD とではコリン神経系の伝達障害の分布や程度に差がみられ、病態の相違を反映した結果と推察される。また、コリン賦活薬による治療のモニタリングに利用できる可能性も述べられた。

認知症診療における従来の画像診断の役割は、補助診断の 1 つとして位置づけられてきたが、最近の急速な研究の進歩から、発症前診断や特異診断、病態診断が可能となってきた。今後の根本治療薬の登場とともに画像診断の発展は、認知症診療のパラダイムシフトにつながり、急増する認知症患者にも大きな福音をもたらすものと期待される。

（東京医科大学 高齢総合医学分野
（高齢診療科））

パネル討論 3

小型加速器施設の放射性廃棄物の 取扱いについて

柴田 徳思
Shibata Tokushi

パネル討論 3 では、1) 法令改正の概要（（株）千代田テクノル 遠藤正志氏）、2) 医療用リニアック（横浜労災病院 渡邊浩氏）、3) PET 診断薬製造用サイクロトロン施設における放射化物について（高エネルギー加速器研究機構 榎本和義氏）、4) 実用的な放射化測定（理化学研究所 上義義朋氏）、5) 日本アイソトープ協会による放射化物の集荷の現状（日本アイソト

プ協会 ニツ川章二氏）の 5 人の講師の講演及び総合討論が行われた。

「法令の概要」では、1) 放射化物の法令への取り込みの経緯、2) 放射化物は、短い半減期で減衰するものを含み、加速器の放射化された部品が全てを管理することは合理的でないとして、最も数多く使用されている医療用リニアックの放射化の部位・放射エネルギーの算出法などが事務連絡により提示されたこと、3) 放射化物の法令取入による管理上の変更点の説明がなされた。

「医療用リニアック」では、1) クリアランス及び放射化物に関する医療関係学会等団体合同ワーキンググループを編成し、学会標準の作成を目指したこと、2) リニアックの部品の放射線測定により規制対象物を設定することができたこと、3) 医療関係者とメーカーとの意見交換会や放射化物の処理の作業手順と方法を示した小冊子を保守担当者に配布したこと、学会標準が平成 26 年 4 月に正式に公表されたことなどが説明された。

「PET 診断薬製造用サイクロトロン施設における放射化物について」では、1) PET 施設では照射エネルギーが低いことから高放射化部位は直接荷電粒子が照射されるところに限定されること、2) 室内の熱中性子のフルエンス率は $10^5 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度で、1 日 1 時間年間 250 日運転した時の中性子フルエンスは 10^{11} cm^{-2} となり、自己遮蔽体の外側では $10^2 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度であることから外側での放射化を考慮する必要のないこと、3) 建物の放射化では自己遮蔽型でない場合コンクリート中の Co がおよそ $10 \mu\text{g/g}$ 、Eu が $1 \mu\text{g/g}$ 程度含まれているので、10 年間使用すると ^{60}Co や ^{152}Eu が 0.1 Bq/g 程度生成されることなどが示された。

「実用的な放射化測定」では、1) $2.5 \text{ cm} \phi \times 2.5 \text{ cm}$ の NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータで表面を測定した際の線量率と放射能濃度の関連を計算により評価したこと、2) 30 MeV 陽子施設、10 MeV から 10 GeV の電子線施設で中性子により放射化したコンクリート、鉄、ステンレス鋼、アルミニウム（重量は 10 kg と

表 放射化物の集荷本数 (50ℓ換算)

年度 (平成)	集荷 事業所数	不燃物	非圧不燃物	放射化物
24	73	24	153	177
25	138	57	350	407

1 t) について停止後 30 日での各核種の濃度のクリアランス濃度に対する比の和が 1 となるようにした円柱形状の試料を底面から 3 cm の位置に検出器中心を置いて測定した場合、クリアランス濃度の放射化物は十分検出可能であること、4) ^{22}Na あるいは ^{60}Co を代表核種とした場合の表面線量率から放射能を評価する簡便な換算係数を求めたことが示された。

「日本アイソトープ協会による放射化物の集荷の現状」では、1) 近年の RI 廃棄物の集荷について、非密封アイソトープの使用数量の現象により、集荷本数は減少しているが事業所数はほぼ変化がないこと、2) 放射化物の集荷状況が表の通りであることが示された。

講演の後、総合討論が行われ、講演者及び会場からの質疑が行われた。1 つの原子力発電所の放射化物の量はおよそ 10 万 t といわれているが、PET 施設の廃止で生じる量はこれに比べると 1% 以下であり、クリアランスの場合の経費と労力を考えると、これまで通り放射化している部分としていない部分に分けて処理するのが合理的であり、その方法を関連する学会で標準化していくことが重要であり望まれるということが、大方の意見であった。

(日本アイソトープ協会)

パネル討論 4

北から南から福島を踏まえた放射線教育の全国展開パート II

宮川 俊晴

Miyakawa Toshiharu

7 月 9 日(水) 東大弥生講堂にて、約 130 名の参加者を得て開催された題記パネル討論会の概

要を報告する。

初めに文部科学省初等中等教育局主任視学官の清原洋一氏から 2014 年 3 月に改定された文科省の放射線教育の副読本について、東電(株)福島第一原発の事故を盛り込んだ改定内容が解説された。

続いて 5 人の先生から実践事例が紹介された。

1 番手は、奈良市立興東^{こうとう}中学校の西田敬子先生が「やってみよう、放射線教育」として、自ら近畿大学などの放射線教育セミナーで学び、授業で簡易測定器による学校の空間放射線量率の測定、放射線の用語などの興東オリジナルかるたを生徒に製作させ、ゲーム感覚で楽しく授業が進められたユニークな活動が紹介された。

2 番手は名古屋市立上社^{かみやしろ}中学校の佐野嘉昭先生が「名古屋市の中学校における放射線教育」について、科学リテラシーの向上を図りたいとし、福島第一原発の事故に関する新聞記事を教材に、授業前後の生徒の記事に関する感想・意見を抽出し、記事の内容に不十分な点や矛盾点があることを生徒自身が指摘し、科学的に分析する能力が向上したと紹介された。

3 番手は、東海村立照沼小学校の鈴木克己先生から、授業は、“自分の命は自分で守る”、“自分の安全を確認したら、他の人に役立つことができる”、“必要な基礎的・基本的な知識・技能を身につける”、そして“福島の原子力発電所の事故の事実が分かる”ことを目的とした 1 年生～6 年生で段階的に学ぶ体系的な計画であることが紹介された。また、茨城県独自に原子力とエネルギーの副読本を作成し、小学・中学・高校生徒全員に配布されていることが紹介された。

最後 4 番手は福島県飯舘村立飯舘中学校の吉田良平先生と荒木郁未先生の 2 人から、生徒からの“私たち将来、子供を産めますか？”などの放射線への不安の声に応えられるように、放射線と食の安全をテーマに、給食の放射能検査の内容を取り上げ、クイズ形式で興味を喚起しながらの授業が紹介された。食品検査の詳細は栄養士の荒木先生が解説を担当した 2 人のチー

ムティーチング (TT) の結果が報告された。

休憩を挟んで、コーディネーターの高嶋勇二氏（エネルギー環境理科教育推進研究所副代表理事）の進行でパネル討論が実施された。紙面の都合で討論の内容は全部紹介できないが、栄養士の荒木先生と TT という授業の工夫をされたメリットを聞かれた吉田先生は、社会科が担当の自分が理科的な放射線の内容を扱ったが、2人でやることで気持ちの負担が軽減されたこと、実際に給食の検査を担当されている先生からの話は説得力があったことが述べられた。

副読本の利用に関して、鈴木先生は、新副読本の風評被害の部分は、今後取り組むテーマと考えていることが紹介された。清原先生からは、改訂版はいろいろな教科の先生が活用できる内容なので、理科の先生だけではなく、全体で取り組むことが大切と述べられた。佐野先生は、自宅に副読本を持ち帰って家族と話した生徒の報告から、副読本の反応は比較的良かった

と話があった。

会場から、保護者への対応について質問があり、鈴木先生から、原子力防災として村の訓練を行っており、家族にも共有できていると回答があった。

次に授業の工夫の議論では、西田先生の興東オリジナルかるたに関して、生徒が興味を持てるように考えた経緯が話された。佐野先生の新聞記事も、原発に賛成・反対など思想的な方向にならず、かつ生徒が科学的に情報を読み取れる内容を選択した苦労話があった。

最後に先生方から、放射線の授業に活かせる情報を見いだすことの難しさと正しく分かりやすい教材や情報の提供の要望、全国で放射線授業を広げて欲しいとの希望、誰でもできる授業のシステムの構築、外部の専門家の活用などが述べられた。

(NPO 法人放射線教育フォーラム/日本原燃(株))