

# 若手研究者が語るアイソトープ・放射線の“これから”



出席者	しま たか こ なが ふじ ふる	ぞえ はし ばやし つ しま かわ	けん み な こう じゅん	じ わ こ こ たろう 純 <sup>6)</sup>
	島 高 小 永 藤 古	添 橋 林 津 島 川	健 美 奈 弘 か お り	次 <sup>1)</sup> 和子 <sup>2)</sup> 通子 <sup>3)</sup> 太郎 <sup>4)</sup> 純 <sup>6)</sup>

【2019年8月21日（水）開催】

**古川** 本日は若手研究者がどうアイソトープを使っているか、これからどう発展していくのかをお話いただけます。

自己紹介ですが、私は筑波大学のアイソトープ環境動態研究センター、昔のアイソトープ総合センターで放射線取扱主任者を務めております。研究内容は植物生理学と土壤肥料学の分野になります。アイソトープを使って植物が根から栄養素を吸収して、それがどう運ばれ、どう使われていくのかということをやっています。イメージングプレートを使ったり RI イメージングで動画撮影という仕事もしています。

大学の学部時代に、のちにボスになる先生が「普段見えない元素がどこにどれだけあるか分からないのを、アイソトープで見えるようにしたい」という

お話が非常におもしろそうだなと思ったのが業界入りのきっかけです。

本日は座長をさせていただきますので、どうぞよろしくお願いいたします。

**島添** 東京大学工学系研究科の特任講師をしている島添と申します。JST さきがけ研究者を兼任しています。

私は、東大理学部生物科学の出身で、その後東大工学系の研究室に移り現在は原子力国際専攻に所属しています。研究は主に放射線検出器の開発で、 $\gamma$ 線、中性子等様々な放射線の検出技術とそれを PET 装置等分子イメージング・医用量子イメージングと呼ばれる領域に応用した装置の研究開発をしています。

放射線を取り扱うことになったきっかけですが、脳機能を可視化する技術に非常に興味がありました。最初は生物的な側面を研究しましたが、装置開発をしてもっときれいに可視化したいと思い、工学系の研究室に進んで PET 装置を開発するようになりました。

**高橋** 放射線医学総合研究所の高橋美和子と申します。私は、2002年に医学部を卒業し、2018年3月まで核医学で診療の第一線におりました。医学は考えるための根拠がまだまだ十分とは言い難く、いつも不安な思いをしながら診療に当たっていましたが、核医学と出会って、確かな根拠を持てる学門領

- 1) 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻・バイオエンジニアリング専攻 特任講師
- 2) (国研)量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部 イメージング物理研究グループ 主幹研究員
- 3) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属アイソトープ農学教育研究施設 放射線植物生理学研究室 准教授
- 4) (国研)量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部 放射性核種製造グループ 研究統括
- 5) 日本アイソトープ協会品証・安全管理室課長
- 6) 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター／生命環境系准教授



島添健次氏

域だと思ひ、核医学を専門にしました。

何年も診断がつかない患者さんに、核医学では、ここに、こういう病変があるということが言えたり、外科医に組織診断のためにはこの部分が良いのでは、と伝え、次の日には、その部分が適切に切除され、きちんと診断に結びつくという経験をしてきました。核医学は非常に高度な技術の結集ですが、それを患者さんに安全に、有効に届けられるというところに魅力を感じ、貢献していきたいと思っています。

現在、放医研のイメージング物理研究グループにいます。きっかけは、アカデミアで核医学の土台がきちんと築きにくい状況にある中で、私がいま所属している放医研のイメージング物理研究グループは、世界と対等に核医学を推進しており、私もその一員として従事しています。

**小林** 東京大学農学部の小林と申します。所属しているのは農学部に附属しているアイソトープ農学教育研究施設というところで、放射線管理業務にも携わっております。

研究内容ですが、植物が無機元素をどのように根から吸収して、それを運んでいるのかということをやっております。2011年以降は、福島第一原発事故を受けて、環境中の放射性セシウム動態の調査活動も行っております。毎年冬に福島の山に行き、木の枝や土をサンプリングして、前年からどのように減ったか、あるいは増えてしまったか等、結構長い調査期間を要する活動ですが、継続しているところではあります。

放射線を使うことになったきっかけですが、4年



高橋美和子氏

生の卒論時に最初に配属された研究室が、中西友子先生が主宰されている放射線植物生理学研究室だったということです。最初は、放射化分析というものに携わっておりまして、原子炉に出向いて実験をしていました。ポスドクになってから、自分で研究計画を立てるにあたって、当時は稲のカドミウム汚染が植物栄養学分野では結構大きなトピックだったので、カドミウム汚染の研究について $^{109}\text{Cd}$ を使ったのが最初です。

**永津** (国研)量子科学技術研究開発機構 放医研の永津です。加速器を使って医学だけではなく幅広いサイエンスに有用なRIを製造する技術開発やシステム化を進めております。現在は、世界的に注目されている $\alpha$ エミッターの製造に注力しており、例えば $^{211}\text{At}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ の医学利用を目指して、高品位なRIの製造に向けて研究しているところです。

放射線を扱うことになったきっかけは、管理区域に張られている三つ葉マークのサインに不思議な魅力を感じて、ここに行ったら何かおもしろいことができるのではないかという理由から、放射性医薬品の研究室に入りました。学部4年生の時に、放医研で $^{38}\text{K}$ という半減期7分半のRI製造を最初のテーマとして始めたことがきっかけです。いざやってみると物理、化学、工学、その他、非常に幅広い分野の集合で放射線の分野が成り立っていることをだんだん理解してきて、よりのめり込んだのがいまに至るまでの流れかなと思います。

PET診断が社会的にも注目されて、短寿命RIの有用性が認知されFDG等が保険診療に組み込まれたことはやってきて良かったことだと思います。



小林奈通子氏

**藤島** アイソトープ協会の藤島と申します。よろしくお願ひします。

私はもともと工学系というか、学部時代に原子力を専攻していました、そのままの流れで協会に入りました。いまは放射線管理を主業としてやっていますが、現場でRIを取り扱って検品したり、加工したりというのを一番長くやっていました。どう使われているかという実態をあまり分かっていませんが、日本でこういった種類の放射性同位元素が流通されているという情報は身近にありました。

原子力の業界に入ったきっかけは、私も永津先生のように関係者以外立入禁止のゾーンが気になるというのはありましたが（笑）。チェルノブイリの事故の影響で原発反対が起こっている中で、近所に住んでいる人がエネルギー関係の人で、原子力発電がいかに大事かという話をしてもらった機会がありました。その人が言っていることとメディアで言っていることが全然違っているところが最初の疑問になって、本当はどうかを知りたくて勉強を始めたのが、きっかけになっています。結局、いまだにどうあるべきなのか分かってなくて、いまはリスクコミュニケーションに興味を持って取り組んでいます。

**古川** ありがとうございます。これからはいま自分の分野ではこれがおもしろいというのをご紹介いただきたいと思います。島添先生、装置のことで、脳の働きを見るのにもっときれいに見たいとおっしゃいましたが、当時と比べていまどのくらい進歩してきていて、こういうところが変わってきたというのを何かご紹介いただけますか。



永津弘太郎氏

**島添** PET技術自体はものすごく進化していて、空間分解能や感度は非常に向上しています。最近では時間情報（TOF Time Of Flight）を使ってイメージの質を上げることが可能になり、分野としては僕がそんなにやることがないくらい進化しています。

最近少しトピックになっているのは、生体分子の動態や相互作用の可視化でしょうか。もともとPETは陽電子放出核種を使うため、その集積が見えます。ただ、陽電子放出核種を複数一緒にに入れてしまうと、2つの判別をつけることができません。

**古川** 511 keVだから。

**島添** 複数の生体分子がどう動いているかという多分子をイメージングする技術がいまトピックになろうとしていて、PETではなくてももうちょっと幅広い領域の $\gamma$ 線を同時に撮れるような技術の開発、ガンマカメラ、コンプトンカメラの開発が検出器分野では非常に進んでいます。集積だけではなくて、複数の生体分子の動きが見えるようになってくるというのが、1つトピックかなと思っています。開発は高橋美和子先生と一緒にやらせていただいたところですが、PETとコンプトンカメラと一緒に撮るハイブリッド技術というのが1つあると思います。

それから、 $\alpha$ 核種は主に治療用途ですが、 $\alpha$ 核種がどこに集積していて、効いているのか効いていないのか $\gamma$ 線を使ってみるとというのが非常にホットなところかなと認識しています。

**古川** 我々植物の世界でもコンプトンの検出器は、理研さんと一緒にやらせてもらっていますが、複数のものを同時に見られるというのはすごくアド



藤 島 か お り 氏



古 川 純 氏

バンテージがあると思います。ただ、難しい技術ではあるので、そこがなかなか。

**島添** そうですね。難しい技術だと思います。

**古川** 生体で言うと、蛍光の話は入ってくるじゃないですか。蛍光物質で見られるようになってくると、お互いの相互作用ももっとはっきり見えるような場合もあるので、そこに対して、アイソトープと蛍光のイメージングがうまくすみ分けできて、更にお互い相互作用していければ良いかなと思います。

高橋先生、どうですか。

**高橋** 複数の分子の動きを見られるというのは、人類の夢なんじゃないかなと思います。体内での物質の動きなんて本当に分かってなくて。病気のきっかけは分子の動態バランスがどこかで崩れたからだと思います。通常は何か異常な物質がたまってきたり、形が変わったりしないと病気が分かりませんが、一緒に開発している装置だと、たぶんその上流、原因まで突き止めることができちゃうかもしれないですね。

**島添** 蛍光との比較という観点だと、基本的に全身で体外から撮像できるという、圧倒的なメリットがあると思っています。

**古川** アイソトープのアドバンテージですね。

**高橋** 蛍光は、せいぜい数 mm から 1 cm ですね。生体から取り出したものを見たり、実際に軽い手術でアプローチできる部位であれば良いですが、ヒトサイズで体の深部まで見ようとか、手術中に開けても脂肪に隠れてしまっているところは、透過性がないと分かりません。深さに関わらず情報を得るというのは、蛍光では手の届かない世界だと思います。

**古川** 複数核種の場合に、速度というか蓄積部位とかのことは分かってくると思いますが、ある物質と別の物質をそれぞれラベルしたとして、それが相互作用しているか分かる方法があると、次に行けるのかなと思いますが、そういう可能性はありますか。

**島添** いまさがけの研究としてはそういうのをやろうとしていて、多数の光子を連続的に放出する核種があります。これらの空間的相関や時間的相関は核スピンの関わっていて、相互作用が起こった時にこれらが動けば、外から $\gamma$ 線で観察できるかもしれないという研究に興味を持っています。単純な集積の分布だけではなくて、何か起こった時に外から $\gamma$ 線なり放射線で観察できるという可能性もあるのではと思います。これらの技術は化学とか分析の分野では使われているので、人とか生体に応用していくというところは非常に興味があります。

**古川** 私の知識だと、そこまでは無理なのかなと思いましたが、いまお話を振ってみたらできそうだというお話で(笑)。そうすると、あと、装置のことでセットになるのは製造のことだと思います。

**永津**  $\alpha$  エミッターによる治療ですが、娘、子孫核種とカスケードが続くものは、少量でも効くという傾向がありそうです。しかし、RI がずっと患部、標的部位にとどまっているのか、決してそうではないと思います。例えば Ac が崩壊したら次は  $^{223}\text{Fr}$  になって、細胞の外に出てしまえばウォッシュアウトされてしまうでしょう。仮に最初の娘が流されてしまうと、付与線量の蓄積という意味では、以降の効き目が説明できない。したがって、ある程度そこにとどまっている気もします。線量と効き目には相関

があると思うのですが、いまどこにどの RI がいるかという情報がつかめない。そんなのを外部から見た時に追跡でき、どのへんから外に出てしまうかという情報があれば、また一段先に進んだ治療薬の開発ができるだろうと思います。

診断薬が目的の部位に十分集積するから絵が撮れるという前提で考えると、同じように集積する治療薬というのは、進歩のかたちだとは思いますが、イメージングと異なるのは、治療薬には細胞障害性があるわけですから、安全領域の確保は、我々の重要な課題です。実際の治療効果と安全性、それに管理体制が全部集合する時、本当の核医学治療が見えてくるのかなと思います。

日本はどうしてもまだ治療の分野が遅れている、国内でやっと  $\alpha$  エミッターを使い始めたというのがここ数年の話だと思いますから、 $\alpha$  に限らずですが、診断と対をなす治療分野というのは、同じ核医学という中で見たらもっと積極的に進めても良いのかなと思いますね。

**古川** 治療の前の診断の段階になるかもしれませんが、 $\alpha$  だとなかなか検出は難しいわけですよね。

**永津** X 線と弱い  $\gamma$  線はもちろん放出するので、そこを拾えば良いとは思いますが、診断と比較すると、許容投与量は 1 桁、2 桁低いので、検出できる感度を満たせるかどうか。これがまだ、開発要素なのかなと理解しています。

**高橋**  $\alpha$  線放出核種はまだ謎に満ちていて。体内に入れた後も崩壊し続けて、元素自体が次々に変わってしまいます。化学的性質と物理的性質の両方が変わってしまう。これが体内でどういう動態をしているか正確に調べるのは非常に難しいと思います。だから、一緒に出てくる  $\gamma$  線を島添先生が作ってくれた装置で撮れば、どの娘核種がどこにいるか、半減期が非常に短いものはおそらくそんなに動かないと思うので、長いものをターゲットにして調べる。これがすごいのは、 $\alpha$  線は細胞障害性があるのが周囲 10 個の細胞分ぐらいです。ということは、がんが集まれば抗がん剤だけでも、がん以外行くと副作用です。 $\alpha$  核種の体内動態の画像がもしてきたら、治療効果と副作用予測が両方できるというすごさがあります。

**古川** どちらかという植物はユーザー側かなとは思いますが、ユーザー側の興味というか、こうい

うことができたらというのはありますか。

**小林** 多元素を同時に観察というのは大きいですよ。植物のイメージングの分野、技術では、大規模に植物を同時に取り扱って、大規模な集団の中の 1 つひとつの植物の特徴を画像データに基づいて分析していくというフェノタイピングの 1 種がすごく盛んで、そこでイメージング技術が生かされています。主力として働いているのは、蛍光イメージングとか普通の可視光もありますし、近赤外とかによるイメージング技術で、それを補完するかたちで PET 技術、CT も入っております。

そういうイメージング技術を全部使ってフェノタイピングをしていくというプラットフォームのようなものがヨーロッパではもうできていて、European Plant Phenotyping Network, EPPN が 2012 年からありますが、現在、その後継として EPPN2020 というものが走っています。それは、ヨーロッパ中にあるイメージング機器を全部 1 つの集合体としてユーザーに提供するというものですが、そこで PET を提供しているのがユーリッヒ総合研究機構です。

ユーリッヒの研究室は、独自の植物用の PET 技術を開発していて、それも改良を重ねて、ちょっとだけ視野が大きくなったものがいま提供されています。ただ、PET 技術はスループットがどうしても低く、植物ですと、セッティングから投与して撮像までの時間を考えると、1 時間で数個体ということで、ほかの蛍光イメージングに比べると大規模解析には応用がしにくいという状況があります。そこが突破できれば、PET 技術も最先端の植物科学にもどんどん生かせるのではないかなと期待しています。

同時に複数核種が見られるというのも、スループットを向上させるという意味ではすごく強力だと思うので、そこは何か革命的なものがあるとうれしいなところですね。

**古川** フェノタイピングを大規模にやっているところは、ベルトコンベアの上に植物を並べておいて、ずっと上からカメラで撮って、自動で流れてくるようなぐらいのスケールでやっているの、例えばアイソトープをずっと与えっぱなしで、それがずっと回ってくるような感じで、1 枚撮ったら次、1 枚撮ったら次となればすごいなと思います。

**小林** あと、視野拡大ですよ。視野を拡大して、ワンショットで一気に出てくる。いま私たちが開発

しているリアルタイムイメージング技術ですと、横 10 cm、縦 20 cm でどうしても視野が小さいです。ユーリッヒが提供しているものも同じぐらいで、20 cm そこそこです。それを拡大することによって、大規模に植物を一気に撮像というのも 1 つの方法かなと思って、それもいま私たちが手掛けています。

**古川** 植物科学だけではなくて、例えば PET の検出の人もあるだろうし、CT とか MRI といったいろいろな人たちとの研究グループがいまヨーロッパでは作られ、進んでいる。

**小林** 福島のことがあったので、 $^{137}\text{Cs}$  の木の木の動態が結構注目されて、私たちもコナラとか広葉樹を持ち込んで育てながら、トレーサ実験と考えたこともありました。土付きで何年も育てて、トレーサ実験というのは現実的ではなかったので、結局は水耕、溶液栽培にして、K と Cs の吸収実験を実際にやりました。ただ、現実の山に生えている木にどのぐらいそこから得られた知見が応用できるかというと、限定的と言わざるを得ないですね。

福島に関しては、野外にフォールアウトしてしまった放射性 Cs の量が結構あったので、それを濃縮して野外でそのまま投与という試みもありました。管理区域に持ち込めないのだから、外にある環境中の Cs を濃縮して、それをトレーサのようにしてその場で使うということもやりましたが、撮像装置は間に合わないの、結局破壊分析、ただ単に取って定量的に見るというだけですね。

**古川** 難しいですよ。野外なので、もしやるとすると、フォールアウトで来たものなのか、濃縮して投与したものなのか区別も難しいかもしれない。

**小林** そうですね。そこに汚染されていない樹木を移し替えてという大掛かりな実験になるから、数 (n) が稼げないということもありますね。いままで私たちが使ってきたモデル植物と、屋外で実際にニーズがある知見にも少し乖離があって、イメージング技術もどちらかに特化したものが多いと思います。

**高橋** コンプトンとか使えると良いですよ。

**小林** コンプトンカメラを使って、環境中にいまどこに、どれぐらいの Cs があるのか見ることはできないですかと聞かれますが、検出限界の問題もあってなかなかお勧めはできないですね。

**島添** そうですね。感度とか定量性というところは、検出技術として研究開発段階だと思います。

**古川** いまいろいろトピックもありますが、その中で、藤島さん、昔からいままで利用されてきているアイソトープ、核種の変化みたいなものはありますか。

**藤島** あると思います。いま皆さんが専攻されている医療系の分野がすごく発達してきていると思うので、特にここ最近では  $\alpha$  核種、いままで聞いたことがなかった核種の製造や輸入をしたいという希望がすごく増えてきています。医療分野が変化は多いのではないかなと思います。規制の問題にも触れていただいたかと思いますが、短寿命の  $\alpha$  を大量に使うということが、いまの規制の中では賄えないのではないかと感じていて、そのへんが日本では治療が遅れている原因の 1 つにもなっているのではないかと思います。

あとは、いま医療系の法律と放射線を使う法律の 2 本立てで動いていて、その境目をどうするのかというのがあります。いま使いたい、あるいは患者さんにとってこれだけ有益になるという情報がたくさん出てきているので、いまのうちにうまく規制ができると良いのではないかと感じます。

**永津** おっしゃるとおりですね。許可を取るのとは相当厳しくて、特にいままで診断目的で成り立っていた管理区域に新たに治療という上乗せ感がある。いままでの研究は当然止められないですから、上乗せして許可を取ろうと思うと、どこかを削るなり、あるいはできる範囲で増やすとなる。実践的な使用量を取るのが厳しいというのが日本中の各ラボから聞こえてくる話なので、これから考えなければいけないところかなと思います。

**古川** いま管理区域というか、たぶんどの施設も各組織で持っていたものを統合して 1 か所という流れは大きいと思いますが、そういう流れで  $\alpha$  のことも考えて、しっかり遮蔽計算をしたようなものを作っていくというのも、本当にやらなければいけないという。

**永津** そうですね。

**藤島** 管理区域の考え方も、木を丸ごと持ち込むことができないとか、動物を飼育する環境が管理区域にないというのがすごくあると思うので、管理区域という考え方そのものも新しく 1 から考え直して

も良いのではないかなという気もしています。

**古川** 管理区域の考え方としては、下限数量のこともあって、外でというのは1つ突破口だったのかもしれませんが、あくまで低い値しか使えないですよ。

いまの話には応用できないのかもしれませんが、少しずつ変わり始めてはいるのかなというところもあるので、あとは、現実には即した使い方ができるようなものを設計する側も考えないといけないし、ユーザーと管理する側がうまくコミュニケーションを取って、どういうニーズがあるのかしっかりくみ取らないといけないと思います。私も主任者で管理をしている側ですが、使ってもらわないと困ります。

多核種とか $\alpha$ 核種といった新しいトピックが出てきているものに対して、ユーザーとしては使いたい、でも、それに対してちょっと追いついていない部分があるということで、課題といえば課題になるわけですね。

ほかの課題として、なかなか新規参入者がいないというのがあります。いまの日本の世代構造的なものかもしれませんが。どう新人に興味を持ってもらうか、リクルートしていくかというので、この分野に入ってくる方への期待とかアドバイスはありますか。

**永津** 魅力を表に出せば良いですかね。放射線の分野は各学部がある程度まとまって1つの仕事をしているので、そういった応用性というか。進路選択においてまだ悩んでいる時期だと、とりあえずうちに来ておいたら間違いはない。選び直したり、先延ばしできる感。新たな興味を身近な分野の中から見つけることもできるという幅広さを出してみたら状況も変わるかなと。

**古川** 我々の関わっている分野は、とにかく裾野はすごく広いですよ。

もちろん裾野だけではなくて高みを目指しても良いわけですし。

**永津** 最先端のことに関わりながら、他の分野の基礎も同時に学べると思います。あとで興味が変わったとしても、進路変更、分野変更に対応できる1人の研究者なり技術者になれるという魅力が、放射線業界にはあると思います。

原発事故後ですが、夏休みに福島から高校生がサマーキャンプで我々のラボを見学に来られて、そこ

である意味大学生を超えるような知識を持っている高校生に初めて会いました。身近にそういう出来事があると、興味を持つ人は持つのだと分かったので、情報や興味の発信がいかに大事なのかなとその時に思いました。放医研が当時情報発信の基地になっていたのも、その情報をすごく頼りにしてくれていたとか、将来研究者になりたいです、勉強してみたいですと言ってくれたので、来てくださいと言ったことを覚えています。とても嬉しかった。

**高橋** 身近な興味というと、自分のおじいちゃん、おばあちゃんが痛い痛いと言っていたのが $\alpha$ 核種で痛くなくなって、良くなってきたというのも、良いきっかけではないかなと思います。

私はRaを患者さんに投与していて、奏功すると痛みがなくなって、1か月に1回ずつ全部で6回投与するのですが、数か月经つうちに、だんだん若々しくなれる患者さんもおられました。 $\alpha$ 核種を扱うのに、院内の安全管理体制を整えたり、スタッフの教育をしたり、パンフレットを作ったりとかすごく大変で、自分も最初は怖いなと思いましたが、治療は注射1本で終わるので、患者さんのほうが、「ラジウムはすごく大変だって聞いていたけど、これで終わりなの？」、という感想で、これがまさに $\alpha$ 核種のすごいところだなと感じました。こうした実感をもった経験に若い時から自分の家族の経験を通して身近に触れていただけると、大きなきっかけになるのかなと思いました。

**島添** 僕は、放射線の検出技術を開発研究しているので、どうやってうまく放射線を検出するかということ自体は個人的にすごく面白いんですが、いきなり学生に言っても、多分理解してもらえないのかなと思います。高橋美和子先生と一緒に仕事をさせてもらった時に、お医者さんがこの技術は本当に意味があると実例を交えて語っていただけるのが、すごくインパクトがあると感じました。

放射線をこう検出するというよりは、実際こういう画像が見えて診断ができるというのは説得力があると思います。そういうところから入って、最終的にそれを実現するためには放射線が不可欠という方向性でも良いのかなと。

**藤島** 先ほど福島の高校生の話があったように、学生とか生徒はあまりそういう実体験はないじゃないですか。ですが、学生、生徒は、機械の構造とか

を見せてあげると、そこに食いつく人も一定量いたりするので、それぞれ違ったアピールの仕方ができると、食いついてくれるのではないかと思います。

福島での事故も、全般的に放射線の良いイメージはあまり伝わらなかったと感じるし、皆さんもたぶん経験されたと思います。その中でも、学生、生徒に放射線の話をしに行くと、原発事故が悪かったから放射線は悪だと一方的に思い込む人は意外と少なく、良いこともあれば悪いこともあるとすごくフラットに受け止めてくれる人が多かった、思っていたより良い印象だったので、そう思ってくれている人たちの囲い込むというか、引っ張ってこれると良いなと感じます。

**高橋** それは藤島さんがお話しされたからではないかと思います。病院内でも、放射線に対して嫌悪感を示す人は多いですね。だけど、きちんと説明してあげると、そういうことなのかと理解して、かえって自信を持って業務にあたることができます。だから、分かる人がきちんとお話しされたというのがすごく重要なことだと思います。

例えば管理的な役職に就いた人が適当に大丈夫ですよとか言っているわけではなく、しっかりした知識と経験を持ってお話しされたのが重要で、そういうことは、子どもや生徒はすぐ察知するので、そこはきちんと理解したのではないかと思います。

**古川** 共同研究が進んでいるということは、それぞれの専門家がいるということなので、そのパッケージでお話をできる1つのセットだと思います。なので、臨床から検出まで1パッケージで高校生とか学部の学生にお話しできるような機会があって、この技術がここに使われている、ここに繋がるといのがもっと分かると、より興味を持ってもらえるという気がしました。パッケージでお話しする機会があっても良いのかもしれませんが。

**高橋** それはおもしろいですね。いま私は物理チームにいて、工学研究者と授業に行ってお互い質問し合ったりしています。放射線の計測技術は、物理も分かってないといけないうし、計測技術も分かってないといけないうのですごく難しく、いきなり学生が質問するレベルに行かないので、多角的にアプローチしていくというのはすごく良いアイデアだと思います。

**古川** 若手に対してのアピールというのは、まだ

まだ我々もできることがあるし、それはやっていかなければいけないのかなという気がしています。

ところで研究者になっている人たちが減っているという実感は我々にはあまりないのかなと思います。増えてないのは知っているけれども、減っているということではないような気もして、これを活発にしていくうえで、何かありますか。

私としては、主任者をやっているということもありますが、若手にはぜひ主任者を取りなさいと言っています。それは私の元ボスから主任者と博士の学位を同時に持っている人は少なく、それはその後のアピールになるから、頑張って資格を取りなさいと言われて、確かにそのとおりだなと思います。主任者はいろいろ面倒くさいところも出てくるかもしれませんが、研究者として自分のやる仕事にはプラスになる部分もあるので、勧めています。皆さん、学生さんにこういうのをしてみたらというのを何かお話しされることはありますか。

**小林** 興味を持つというよりは、必要に迫られてRI実験を始める人がいますね。昔、生命科学系の実験ですと、ノーザンとかプローブで<sup>32</sup>Pを使ったというのが大ききなRIの消費の仕方だったと思いますが、いまそんなにニーズはありません。ただ、イオンや、何かの化合物の動きを追いたいという実験、いろいろな変異体を使ったような実験をしている中で、元の株とは何か動きの違いがあると予想されるのでそれを調べる1つの手段としてアイソトープを使った実験をやりたいというふうにピンポイントで入ってくる学生も結構います。ちょっとやってみると実はいろいろできるのが分かる、じゃあこういう実験もできるかみたいな感じで広がっていくという方は何人かいますね。

**古川** 使ったことのない人は多いですよ。

研究室のボスたちは昔アイソトープを使っていた、経験を持っている人たちがいましたが、いまのトップの人たちはアイソトープを使わなくなってきた人が増えているので、あまりアイソトープ、管理区域になじみのない方々がラボのトップにいらっしゃる。私の経験から言っても、実際実験で一般的だと思っていたことが、そんなことができるんですかと言われて、普通にできますよということがこの2年ぐらい確かにありました。

実験でこんなことができますか、もっとフランク

に入ってこられるような場を提供するのも1つかなという。そこから実際に興味を持って、どんだのめり込んでくれる人が出てくれば、そっちの分野に来てもらえるかもしれないし、もともとのバックグラウンドがあるわけなので、アドバンテージとして上乗せできるというのは明らかだと思います。

**高橋** 医者同士でも、核医学の手法を使った研究のニーズはすごく高いですが、お金がかかるとか、使える場所がないとか、始めるにあたって非常にハードルが高いです。それなりの専門スタッフも必要ですので、そこで研究に至らなかったというか、治療に至らなかったことは数多く見てきましたね。

**古川** ちょうど筑波大センターも、全国の共同利用拠点に今年からなりましたので、使いたいというユーザーにはどんどん手を挙げていただければと思います。先ほどの選択と集約ではないですが、できるところはいろいろ提供していきながら、最初のスタートのハードルは高いですが、あるものを使ってくださいとアピールして、周知しないことにはなかなか難しいのかな。今回幸いに100件ぐらいの応募が全国からありました。

ネットワーク型なので、筑波大だけでやっているわけではなく、5か所、6か所でやってそれぐらいの件数ですが、そうやってどんだんアピールして、皆さんに使っていただいて、そこからもっとのめり込みたいという人を増やしていくというのが1つのやり方かなという感じになりますかね。

**島添** 我々の研究室は、幸運なことに博士に進学してくれる学生がわりといて、アイソトープも使い始めるとその魅力というか力みみたいなものを良く分かってくれるので、興味がどこから来るのかというところをちゃんと押さえておいたほうが良いのではないかなと思います。

**高橋** 基礎知識が足りないなと思う学生は多いですね。医者は特にそうです。そこから説明しなければいけなくなってくるので、どうにかならないかなと思う時はしばしばありますね。

**古川** そこも結局はアピールになってしまいますかね。

**高橋** 教育というのはあるかなと思いますね。きちんとした教育を積み上げられるか。これは1世代、2世代では無理だと思いますね。

**古川** それはかなり幅広い教育ですね。

**高橋** ええ。例えば医者は、大・中・小のチームで学んでいくわけです。ボスがいて、中ボスがいて、若手がいて、この3世代ぐらいないと良い医者が育たないので大変です。医者もかなり集学的な部分がありますが、放射線、アイソトープの世界はいろいろな知識、ベースが必要なもので、それなりに世代をまたいで育てていかないといけない領域だと思いますね。少し学んでできるようになるものでもありません。高度なものなので、基本が分かっている、安全に扱える知識もなければいけないですね。

**古川** 裾野を広げられるけれども、その中できちんと核になるような人をしっかりと。

**高橋** そうですね。育てていかないといけないと思いますね。

**永津** 我々は育てる過渡期ですかね。1世代目がいて、5世代目ぐらいもいますかね。

**高橋** そうでしょうね。これは私たちがきちんとやっていかないといけないところですよ。このままだと、本当に先進国ではなくなってしまいますね。

**古川** いまの話だと、ちょうどアイソトープ協会の奨励賞も今回できているので、これから核になっていきそうな方をピックアップして、我々は見ている、そういう方に期待しているということをお伝えしていかなければいけないし、それを外にもアピールしていかなければいけないというところも出てくるのかなと。

**高橋** 何世代、あるいは集学的、いろいろな領域で、多層で臨んでいかなければいけないかなと思いますね。仲間を増やすというところかなと思いますね。

**古川** 最後のトピックですが、仲間を増やしていく中で、こういうことを仲間たちとやっていきたいというものがあれば、ぜひお話をいただきたいです。アイソトープ、放射線利用……、夢なので、実現可能性はとりあえず脇に置いておいて、やはり治療関係ですか。

**高橋** 究極的には、生命の謎を解き明かしたい。ここですね。核医学はこれをできていると思っています。ヒトのサイズで、本当にわずかな分子の動きをとらえられるのは、この領域しかないですね。わずかな分子だけれども、確実に存在して、病態のキーになっているものを捉えられるのは、いまのところPETしかないです。そういう手法で、どうして人が病気

になるのか、あるいは人に寿命があるのかということに迫っていきたいと思います。

**古川** 生きている状態で、どのタイミングで、どの場所をピックアップして分析するべきなのかという情報は、アイソトープが一番適していると思います。

それをどんどん使っていけるようにはもちろんなると思うので、そこから生命の神秘までたどり着くことができれば。

**高橋** 究極的には。医学に関しては、先生もおっしゃるように、医学の進歩は精密な計測技術が必要です。計測技術があって、更にそこに医学なり農学者の洞察ですね。洞察を支える手法であると考えています。

**島添** 物理的には、今は量子技術が注目されていて、量子効果等をどう使っていくかということところがトピックになっていると思いますが、この辺りはもともと原子力と1番深く関わっている部分で、多光子放出核種もそうですが、量子現象等を検出できるような技術があって、量子と生体をうまくつなげられるというのも、アイソトープを使った分野で作っていけるのではないかと思います。あと、 $\alpha$ 核種に限らず、いろいろな核種をちゃんと探索して、どう使っていけるかを加えていくと、非常におもしろいのではないかと思います。

**古川** 量子力学にしてもまだどういう話になるのかなというのはつかみづらいところがあります。

**島添** そこはまだ研究的な側面が非常に大きいと思います。

**古川** ものすごく遠くの分野と思えても、実は放射線というキーワードではつながってくるかもしれないというのは。

**島添**  $\gamma$ 線自体はもともと原子核から出てくるので、非常に局所の領域での量子技術に関わっているもので、そういう点は非常に面白いというか、放射能をどう制御するかという話とも関わっていると思っています。

**高橋** かなり漠然と私も原子核エネルギーを使って、医学に応用していますが、その部分ですよ。そこがどうなっているかをもう1歩切り込めるかもしれない。

**古川** それが本当に我々の病気が治るかどうかにつながっていくと思うので、そのことに関してはは

れも反対はしないですよ（笑）。

**永津** 原子力、力ですから、各元素固有のエネルギーを持っていますね。

いまは、そのエネルギーの一部を測るなり、がんを焼くという仕事に使っています。新しい仕事、核が持つ力の使い方を見つけられれば、新しい魅力が出せるのかしらと思います。

エネルギーは仕事をする能力なわけですから、電池でも良いですし、社会への公共的な応用でも良いですし、そこを見つけにいきたいという気はありましたね（笑）。

アイソトープは何か力を持っています。よく考えたら、加速器を使って莫大なエネルギーを原子に詰め込んで、それを半減期に従って放出させて絵を撮ったりしているわけで、ずいぶんむだなことをしているわけです。

言いすぎかもしれませんが、もっと重い核、例えば $\alpha$ エミッターや $\text{U}$ とか、もともと天然に持っているエネルギーを上手く回収する仕組みを作ることができたら、これから来る世代にも受けが良いのかしらといま思いました。

**古川** おもしろいですね。思い切り電気を使いまくって、原子核を作っている。

**永津** すごく効率の悪いことをしています。ただ、エネルギーの使い道としたら、PETや粒子線治療も当てはまると思うのですが、いまの技術水準と応用例を考えると突っ込んだエネルギー分の価値は回収していると思います。無駄ではないと思いますが、もう少し別の使い方を考える時期なのかもしれないですよ。

1世紀なのか、半世紀なのか、10年ごとなのか分かりませんが、その時期や時代に応じて何かブレークスルーがあって、次の何かが発展するという例は多々あるので。さかのぼればレントゲン、そこから例えばPETが来て、治療器が来てという時代を重ねてますから、我々も次の何かを生まなければいけない。

**藤島** いまある技術を使って、更に向こうを目指すというのも私たちはやらなければいけないと思いますが、私たちはある種の固定概念にきつととらわれていますよね。だから、それを突破できる全く新しい概念を持っている若者とか、私たちが想像もしていないような理論を提唱してくれる人が出てくる

と、それをきっかけに私たちがいままで培ってきた技術を融合させて、新しい何かができるとすごく期待したいですね。私も、これ以上アイデアが出てこないというのがすごくありますが、そのへんも若手、これからの人たちがいろいろな意見を、私たちがそんなばかなと思ってしまうような新しいことを誰か言ってくれないですか。他力本願ではいけないのですが。

**古川** そういう若手がもし来てくれた時に、放射線という横串ですごく幅広い人がサポートできるかもしれないというのはありますよね。

だから、そういう意味で、ぜひ若い人に入ってきてほしいし、こんなにおもしろい分野で私たちは研究しているということを言い続けなければいけないところもあります。

**高橋** 原子核のエネルギーを本当に有効に使うというのは……。私はRaを初めて患者さんに投与した時、ものすごく感動しました。ずっと人類が英知を積み上げ、結集してきて、未知なるものがやっと患者さんの役に立つという、私も『キュリー夫人』とか読んでいましたから、120年前の<sup>226</sup>Raがいま安全に使えるという感慨深さがありました。だから、この領域はそれだけの重みがあるんだなと思ってきました。

**古川** 100年後に頑張ってくれるような人たちも必要にはなりますね。

小林さん、どうですか。今後こういうことができれば良いなという。

**小林** 私がこれができたら良いなと思っているのが、解像度のアップ、細胞レベルでの観察です。いま植物科学をやっている、いろいろな人にこれは見えますかと聞かれますが、細胞レベルは見えないですねとお答えすると、それで話が終わってしまうことが結構あります。放射線は広がりがあるので、細胞レベルで何かを観察するのはすごく難しいですが、いままで持っているものの改良ではない、全く新しいメカニズムで細胞レベルまでいけないかなと常々思っています。スタッフの間で試してみたりしていますが、細胞レベルでのイメージングが物質の動きを見る究極の目標かなと思います。

蛍光とかできてしまっていますが、蛍光物質ですから私たちが見たいものそのものではないわけですよね。それでも一応それらしき細胞レベルの画像

は撮れてしまっているのですが、実際の動きを放射性同位元素で見たいけれども、解像度が及ばないということで、何とかしたいと常々思っています(笑)。

**島添** 体外から細胞レベル1個が見られたら、それは夢ですね。

**高橋** 細胞としてはとらえられないけれども、例えば細胞に発現している分子にRIが付いて計測できれば分かるわけですよね。だから、細胞というかたちではとらえられないけれども、そこに存在するというのは分かりますよね。

**古川** あまりエネルギーの強いものは使いにくい。レゾリューションを上げる意味では、それはできません。でも、弱いと検出がまた難しくなって、アンビバレントになるので、そこを先送りにしてしまいが、ニーズはあるということですね。

生命科学の研究者、特に生理学とかをやっている人にとっては、そのニーズはものすごくあるので、何とかできるようにしたいというのは確かに強い。それはすごく良い夢ですね。

**小林** そうですね。実現してほしいですね。

**永津** keV, MeV オーダーではなくて、eV オーダーの何かというのが新しい時代ですかね。MeV オーダーの $\alpha$ 治療がいまクローズアップされていますが、個人的にはオージェでの治療をやってみたい。理論上はeV オーダーですが、飛程が短い分、 $\alpha$ 線と同じ高LETというカテゴリーになります。いまは高いエネルギーをどう使うかですが、エネルギーを下げて、それが有効になる、あるいはそのエネルギーの範囲で技術開発を進めて、放射線の使い道が広がるというのをやってみたいです。1990年代ごろはオージェでの治療はそれなりにやられていました。その後 $\beta$ の<sup>90</sup>Yが出て、みんなが飛びついた。10年たって $\alpha$ が出て、きっとこれから10年は $\alpha$ が流行りそうです。でもその10年後に、ルネサンスとしてオージェに回帰するのではないか、いまうちに経験を積んでおきたいと思います。

オージェだったら、扱いやすいと思うし、作りやすいという個人的な背景もありますが、個々のRIの特性に応じた、特化した何かがあっても良いのかなと改めて思います。生体はeV オーダーがちょうど良いと思うので、そこで何か欲しいですね。検出技術は全く新しいものになるのかもしれないですが、そういう未来を見てみたいですね。

**島添** eV オーダーというレベルのエネルギーを検出するというのは非常に的を射ていると思います。さきほどの多光子で見るエネルギーは非常に小さいので、それがγ線に反映して出てくるということは測れるかもしれないと思います。NMR とかも非常に高い分解能を実現できているので、同じような形で撮像できる可能性があるのではないかと考えています。

**高橋** さすが。

**永津** 良かった (笑)。

**古川** 検出だけでなく、いきなり画像化から入るかも。

今後こういうものができたら良いなというお話もいろいろ出てきました。

**島添** 細胞レベルは夢ですね。

**永津** 夢ですよ。

**古川** それに向けて、我々も研究し続け、アピールもし続けていかなければいけないということになりますかね。

夢としてこんなかたちで。放射線のこれからという意味では、いまみたいなお話をを引き続きできるように我々もどんどん積極的に頑張っていこうということにしたいかなと思います。

ありがとうございました。

(終)

## ❖ Isotope News 読者アンケート実施中! ❖

今後の誌面作りの参考のため、アンケートにご協力をお願いいたします。

◎回答方法：右のQRコードからアクセスし、入力をお願いいたします。

(<https://forms.gle/7nHYXn7vZUfBi2KT6>)

◎締切：2020年2月20日(木)

FAX または郵送での回答希望の場合は、16ページをご参照ください。



理工・ライフサイエンス部会 放射線設備機器利用推進専門委員会

## 放射線設備機器ガイド 「Gradin」公開中

### 2019年Web サイト リニューアル!

- ✓ 機器・設備・サービス等の詳細な情報がジャンルごとに分類表示されており、より検索しやすくなりました。
- ✓ 放射線設備機器に関連した論文や記事等を多数掲載し、無料で閲覧・ダウンロードできます。
- ✓ 製品の新規公開・更新情報や企業様イベント・セミナー開催等のご案内を掲載します。

ぜひご覧ください!

★アクセスはこちら★

[gradin.jp](http://gradin.jp)

検索

\*日本アイソトープ協会ホームページのバナーからもリンクできます。

