

## 核医学の魅力と新たな展開

登壇者 (50音順) :

伊藤 藤 公 輝 氏 (国立がん研究センター中央病院 放射線診断科)

黒澤 俊 介 氏 (東北大・未来科学技術共同研究センター (NICHe))

辻 厚 至 氏 (量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所 分子イメージング診断治療研究部 核医学基礎研究グループ)

樋口 隆 弘 氏 (ユリウス・マクシミリアン大学ヴェルツブルク / 岡山大・院医歯薬学総合研究科)

山谷 泰 賀 氏 (量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所 先進核医学基盤研究部 イメージング物理研究グループ)

司会者 :

高橋 美和子 氏 (量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所 先進核医学基盤研究部 イメージング物理研究グループ)

[2021年8月25日 (水) オンライン開催]

### —自己紹介—

高橋 *Isotope News* 編集委員の高橋です。新春座談会ということで、今回は「核医学」をキーワードにふさわしい先生方にお集まりいただきました。

核医学というと、非密封 RI 医薬品を使うという点で、他の研究領域や診療科とだいぶ違ってきます。それゆえにいろいろ課題がありますが、患者さんにはものすごく役に立っています。

その難しさというと、物理のことだけでなく計測系も知らなければいけない。病気だけを診ているわけではなく、正常な段階から病気まで連続した状態を計測したり見たりすることができるので、病態はもちろん生理学を知らないと、物理学的に計測されたものを医学的に解釈するというのができません。かなりいろいろな領域が集まった集学的な領域であると位置付けられます。ですので、それなりの規模や専門家が集まるような施設あるいはネットワークがないと、初めて核医学を学びたいという若い人達が効率良く学べていないというのが日本の現状です。そういうことにも私たちは危機感を覚えているわけです。

課題はあるのですが、核医学を1番楽しんでいる、あるいは研究を推進している私たちが実際にどうな

のか、どういう経験をしてきているのか、どう考えているのかを読者の皆様とも共有して、今後良い方向に向かっていくのではないかなと思って企画させていただきました。自己紹介ですが、まず私から。

私は最初の研修2年間が終わった後も、ずっと核医学です。大学院も診療科も核医学で、2018年3月まで東京大学医学部附属病院にいて、その後、QSTの山谷さんのラボに異動してきました。いまいるグループは、MD (医学博士) は私だけで、多くは工学系の研究者です。

自分が培ってきた臨床経験と最先端のPETや放射線計測、ここをうまく繋いで患者さんに核医学を届けるというのが自分の現在の役割だと思っています。最先端の山谷グループで開発したものをまずは、ちゃんと患者さんに届けたいというのもあるし、一方では現場でこういう装置が欲しいと思ったものも作りたいし、もう1つは開発した装置のすごさを医学研究に結び付けて見せて行きたいと考えています。

次は50音順で伊藤先生お願いします。

伊藤 国立がん研究センター中央病院の伊藤です。私の核医学の経験は20年ぐらいです。初めは国立国際医療センターという病院で、PET/CTが日本で3台か4台目ぐらいのときにPETに携わり以降は臨床のみに従事しています。

核医学は放射線科という部門に含まれているので

すが、放射線科を専攻する医師から核医学を選択する方はあまり多くなく、核医学が面白いものだということを広く知ってもらうためにはどうすれば良いかと常々考えています。

米国留学から帰国し国立がんセンター中央病院に勤めて日本と海外との違いを感じたことは、国内の核医学は海外に比べて専門家が少ない。診療を回すだけで精一杯、研究まで追いつかないということです。基礎研究から面白そうな話があれば臨床に応用したいと常々狙ってはいるのですが、マンパワー不足で苦労しています。

**黒澤** 東北大学の黒澤と申します。私自身はもともと宇宙天文観測のための検出器を作っており、その検出器を人体に向けても有用である点から核医学をスタートして、10年ちょっとになります。

いま、PETやSPECT等に代わる検出器の開発を進めていて、重粒子線治療におけるリアルタイムモニタを開発するための検出器に取り組んでいますが、放射線用の検出素子というのは材料全体の中ではごくごくマイナーであり、世界的に見てもそんなに進んでいない分野であったので、ある意味ブルーオーシャン的な分野でした。

良かった点は、粉を「まぜまぜ」して材料を開発するところから検出器として回路を含めて構成するところまで一通り取組み、垂直的にできる環境やスキルが身に付いた点です。これは日本独自の環境があったおかげかなと思っています。私自身は生理学等を全く知らない人間で、検出器だけ開発しても単なる検出器屋さんの自己満足に終わってしまいます。ただし、それはもったいなことで、社会全体として損だと思しますので、ぜひ皆さんと共同で時間的にロスのない有効的な開発をやっていけたらなと思っています。

**辻** 量研機構の辻です。私は核医学の診断・治療の基礎研究を行っています。最近、ヒトへの橋渡し研究にも手を出しているところです。

核医学は、診断の感度が非常に高いことが大きな特徴です。2020年、『Science』\*1に、リキッドバイオプシー\*2とPETを組み合わせることで手術可能な

患者さんを見つけることができるという論文が載りました。早期発見にPETが非常に有用だということです。日本の臨床では、海外で実績のあった薬剤が非常に多いです。日本独自のいい成果が出ています。そういった成果を日本で早く臨床で使っていける体制作りが必要だと思っています。

今月（2021年8月）やっと7年も前に見つけたトレーサのFirst-in-human\*3ができました。もっと早くできるころはあると思いますが、現状ではどうしても時間がかかってしまいます。

それは治療に関しても同様です。最近、ある治療薬剤のPMDA（医薬品医療機器総合機構）の事前相談を始めました。欧米と同様の非臨床試験パッケージで、臨床試験ができることを示したいと思っています。それによって、もっと多くの臨床試験が日本でもできるようになり、核医学の有用性をもっとアピールできればと思っています。もっと多くの若い人が進みたいと思ってもらえる魅力的な分野にできればと思っています。

**高橋** 辻先生は核医学に来たきっかけはあったのですか。

**辻** 偶然です。放医研ではまず放射線生物学をやって、外照射が非常に良く効くなという思いがありました。数年後に分子イメージングセンターができました。イメージング研究が主でしたが、佐賀恒夫先生（現・京大）が治療もやるとのことで参加しました。外照射に比べて核医学は効かないという印象を持たれています。ポテンシャルを生かしきれていないので、そこを何とかしたいと思って研究しています。

**樋口** 樋口です。いまドイツのヴェルツブルク大学というところにいます。バイエルン州というドイツ南部の州で、フランクフルト空港から1時間ぐらい電車で行ったところにあります。分野的には辻先生と同じように核医学診断・治療の研究をしています。

ヴェルツブルク大学はレントゲン博士がX線を発見した場所として有名なので、放射線科の先生だったら聞いたことあるかもしれません。

私は金沢大学の核医学科に入局して核医学を始めました。志望動機は、“ほかの科は行っても自信が

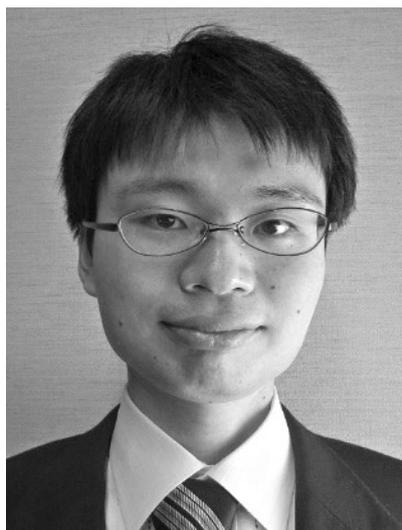
1 Lennon, A. M., et al., *Science*, **369**, eabb9601 (2020)

2 血液、尿、唾液、脳脊髄液等の体液サンプルを用いて、がんの超早期発見やがんの詳細な遺伝子情報の入手が可能となる斬新で画期的な医療技術

3 創薬開発における臨床試験で被験薬を動物ではなくヒトに対して世界で初めて投与



伊藤公輝氏



黒澤俊介氏



辻厚至氏

ない”というかなり後向きなものでした。内科や外科といったメジャーな科に行っても優秀な人がたくさんいるので、埋もれてしまうのではないかという思いがありました。一方、基礎医学分野だと臨床と触れ合う場面が少ない。そこで、核医学が候補に挙がったという経緯があります。

金沢大学で核医学を勉強した後、ミュンヘン工科大学に行きました。今年引退された Prof. M.Schwaiger という高名な核医学の先生がおられたので、そこを希望しました。ミュンヘンには、4年ぐらいいました。更に、せっかく留学したのでアメリカにも行ってみたいという気持ちが湧いてきて、ジョンズ・ホプキンス大学に移り、そこで4年間過ごしました。

その後、2011年からドイツのヴェルツブルク大学に異動し今日に至るわけですが、ここでの10年間は、日本から多くの留学生に来ていただいて、一緒に研究する等、日本との関わりも増えています。

最近、2021年は核医学分野の大きなターニングポイントの年になるのではないかと感じています。その理由の1つ目は、 $^{177}\text{Lu}$ -DOTATATE 治療の NETTER trial の最終報告がなされたということです。放射性同位元素トレーサを用いたセラノスティクスという新しい概念によるアプローチが、きちんとポジティブに結論づけられました。ドイツでは、既に10年以上臨床利用が続けられています。

2つ目は、 $^{177}\text{Lu}$ -PSMA (前立腺特異的膜抗原) 治療のフェーズⅢ (VISION trial) の結果が、これも生存率の向上に寄与するという好ましい結果になり

ました。この2つによってラジオアイソトープを用いたセラノスティクスアプローチの幕開けが告げられたと理解しています。

また、PSMAは $^{18}\text{F}$ 標識のPET診断製剤がFDA(アメリカ食品医薬品局)に承認されました。このトレーサの有用性は非常に高いもので、FDGに次ぐ、今後の核医学診断の柱になるトレーサであると確信しています。

これらの技術は、この後の核医学を今後しばらく牽引してだけでなく、臨床医学へのインパクトが極めて高い。核医学を表舞台に押し出すきっかけになるのではと感じています。

**山谷** 山谷です。私とか黒澤先生のような物理工学系がいま核医学に携わっているのはかなり奇跡的なのではないかと。MDの先生が核医学を選ぶことに比べると、2桁、3桁ぐらい少ない確率ではないかと思っています。

私は東京工業大学出身で、もちろん医学部はありません。機械物理工学科というところで、もともとは機械等が好きでした。ところが当時は手荒れがひどくて、油を触るような仕事は向かないなという事情があって、卒研の研究室を選ぶとき、ちょっと外れた画像処理のところを選びました。そこでCTの画像再構成のテーマがありました。CTは、先生方は再構成された断層像しか見ていませんが、装置の中のデータはサイノグラムという、見た目が天の川みたいな形をしているのです。謎のデータが出てきていて、それを画像再構成すると断層像になる、そ



樋口 隆 弘 氏



山 谷 泰 賀 氏



高 橋 美 和 子 氏

ういう原理がCTの中にあります。この画像変換が面白いなと思ってこの分野に携わったのがきっかけでした。

それは1995年とか96年だったので、Windowsが普及しだして間もない頃、パソコンも遅かった時代です。私の最初の研究テーマは、いまでは結構当たり前ですが、逐次近似型画像再構成手法でCTの再構成をやる、その計算時間を速くするという課題でした。そのとき苦労していた高速化問題はいまのパソコンだったら一瞬でできてしまうでしょうね。

肝心のPETですが、修士に進んだときの先生から、これからはPETの時代だと教えてもらいました。修士論文は、Time-of-Flight (TOF) PETの逐次近似型画像再構成をテーマにしました。いまはPETというとTOF型が当たり前ですが、いまのTOF-PETは2次ブームみたいなもので、1980年代に1次ブームがあった。ちょうどTOFの1次ブームと2次ブームの間にそういう面白いテーマに携わることができたのは良かったと思っています。このテーマは面白い、もっと続けてみたいということで、PETを続けて、放射線医学総合研究所で職を得て現在に至るわけです。

PETは潜在能力が非常に高いと思います。やればやるほど可能性が見えてきます。一方、いまの技術では、その潜在能力が十分に生かされていないという思いもあります。そういう思いを持っている人は結構いて、私とか黒澤先生、それから海外にもこういう研究をしている人がいっぱいいて、そういう意

味ではすごくいい分野ですね。

日本の特徴は、高エネルギー物理学が得意なことです。世界のほぼすべてのPET装置には浜松ホトニクス製の光電子増倍管あるいはシリコンフォトマルが使われています。しかし、完成機、すなわち医療機器で見ると、日本メーカーの伸びしろは非常に大きくて、そこを何とか埋めたいと思っています。新しいアイデアですごい装置を作り、最終的にはお医者さんがそれで患者を救ってくれる、そこに少しでも貢献したいと思って研究を続けています。

—核医学のここが面白い！—

**高橋** 核医学をやっていないと気づかなかった面白いこととかを教えていただければと思います。順番は山谷先生から。

**山谷** 私が変なだけかもしれませんが、実は論文をじっくり読むのは苦痛なんです。逆に先行研究をあまり意識しないでニーズを先読みする、つまり、こういうところをこうしたら医療はもっと良くなるのではないか、ということのを常に考えています。そして解決する方法を思いついてシミュレーションして、実機で実証してということをやってきた。

いままで試作してきた装置が10台以上あるのですが、思った以上に誰もやっていない。もしかしたらやっている人がいるのではないかと思いながら論文発表とか学会発表をするのですが、意外と先行例がなくて、これはすごいね、面白いねと言ってもら

えることが多い。しかもそれが自分の満足だけではなく、最終的に患者さんの役に立つところにやりがいがあると思っています。それが面白いということです。

**高橋** どうしても医者は、伊藤先生もそうだと思うけど、先行研究とか教科書にあることをばっちり頭に入れて診療に挑みます。でも山谷先生は頭の中で、こうなるはずだというのが分かっているのがすごいなと思うところです。

**樋口** 一般的に言うと、アイソトープを使った基礎研究は、蛍光トレーサを使ったりするので、どんどん縮小していく傾向にあります。ラジオアイソトープを使える場所は放射線管理区域に限られているし、維持や運用に諸々値段も高かったりと、制限がかかっています。

それでもずっと続けていると、希少価値が出てきて、他の研究者が自分でアクセスできないので、コラボレーションがしやすいというメリットがでてきます。私は心臓の研究を中心にやっているのですが、がん、脳、内分泌等の全身様々な臓器を研究している研究者達からラジオアイソトープを使った動物研究のコラボレーションを申し込まれたりします。私自身が関わる研究分野がどんどん広がっていく。そこは面白いところかなと思います。

それから、臨床医学分野では、実は今ちょうど日本から前立腺癌の治療に患者さんがこちらに来ていて、昨日、 $^{177}\text{Lu}$ -PSMA の投与治療を行いました。ケモセラピー（化学療法）を受けられていましたが、副作用により、体がしんどくて、意欲もなくなるということで中断して、副作用が少ないこの治療を受けるために日本からわざわざやってきました。今日はけろっとしています。全く元気です。そういうのを見ると、副作用が小さいという RI 治療の強みが垣間見れます。この治療が早く日本でできる状態になればいいなと思います。

**高橋** 患者さんが喜んでいてというのは一番のやりがいですね。

**樋口** コロナ感染症による渡航制限の中でのドイツ渡航になり、患者さんは帰ったら2週間隔離しなければならぬ。それでもケモセラピーのひどい副作用があり中断しているので、この治療に懸けてみたいということで実際に来て、まだ効果は分からないのですが、いまのところ全く副作用を感じずに喜

んでいます。現在は第1選択として  $^{177}\text{Lu}$ -PSMA 治療を行うエビデンスは出ていませんが、今後結果が出れば、よりファーストチョイスの選択肢に出てくる可能性があると感じています。今後、楽しみです。

**辻** ラジオアイソトープの物理特性はよく分かっています。前提がはっきりしているのです、自分の頭の中でいろいろ想像できるのがいいところだと思っています。そのうちのほとんどがモノにならないのですが、たまにしっかり組み立てられると、結果が伴ってくるというのがラジオアイソトープとか放射線系のいいところ。化学物質はやってみないと分からないというのがありますが、放射線の場合、積み上げていけば、結果も伴ってくるというのが面白いと思っています。

**高橋** 物理現象というのはいいですね。どこにあったって半減期は変わらないし、エネルギーも変わらないので、そういう確かなところに立脚しているというのは精神的にはすごく楽です。

核医学をやっている面白いなと思ったのは、周りの研究者が合理的な考え方をすることが多くて、こういう合理的な人たちと仕事ができるというのが最近1番面白いと思うことです。

**黒澤** 私の場合はもともと高エネルギー天文学、高エネルギー物理学をやっていたので、その分野以外の方に、社会的に何の役に立つのですかと聞かれることがあります。ミュオン、ニュートリノ、暗黒物質を見つけてどうするのかと聞かれる方もいます。物理学会の中ですと、「まあまあ」という感じで比較的シールドされて安全なところにいるのですが、ひとたび外に行くと、そういう「社会実装」を意識するというのがあります。

核医学というのはそういった意味で言うと、基礎的な物理と社会をつなぐ良い例だと思います。例えば電子対生成というのは物理学としてはベーシックなものでしたが、一般社会では「学者の遊び」と捉えられても不思議ではありません。ところがその現象ががんの診断に使われるようになった。このように、核医学は特に、社会実装、社会の役に立っていきその非常にいい入り口になる。

近年ですと、例えば、チェレンコフ発光を使った PET を作りましょうという動きもありますし、もともと物理にいた人間から言うと、核医学というのは



※座談会の様子 (Zoom)

(上段左より) 高橋氏, 伊藤氏, 黒澤氏 (下段左より) 辻氏, 樋口氏, 山谷氏

社会に還元できる1つの有効なゲートウェイであるということで、そういうところが面白いですね。私は暗黒物質探索用の素子や検出器等も開発しているのですが、そういうものがひょっとしたら暗黒物質ではなく、体内のがんの領域や腫瘍を見つけるものに使えないかとか、水平思考を働かせて、この技術をこう使うともっと良くなるかもしれないというのを考えるのが非常に楽しいところです。

**伊藤** 臨床核医学の魅力は、初めに面白くないとかやりたくないと思った仕事がだんだんと面白くなっていくところです。例えば研修医のとき、当直や病棟業務が辛くてCT, MRIが面白いと思っていたら、PET/CTやPET/MRIが出てきて、そっちに目移りして。PETが面白くなってFDG-PETばかり読んでくると、新しい薬をいろいろやってみたくなる。病気も目移りして腫瘍や炎症をやっていたけど、神経や心臓も分かったほうが良いということで、いろいろ診療や研究をしている。また行き詰ってきて、海外で触れた核医学治療のほうが面白いのではないかというので、核医学治療をすると当直や病棟業務に戻って、いまはどっぷりと核医学治療をやっています。

### —日本とドイツの違い—

**山谷** 樋口先生にコメントをいただきたいのですが、核医学はアイソトープを使うので希少価値が出てきている、でもドイツがすごいのは、希少であり

ながらも核医学治療を含めてどんどん攻めていますね。

日本だと希少価値というのはなかなか安定しない。少なくなってくるとどんどん減るといふ悪循環になる。要するに小規模でも大事なものをちゃんと維持させようというのはいまの日本だと難しい気がします。大きくなるか消滅するか2択を迫られる状況が結構あると思います。ドイツから見て日本の現状について何かコメントはありますか。

**樋口** ドイツ人は資格が大好きです。フィッシングやスキーにまで国家資格があります。非密封線源の取扱いをする医師は核医学専門医でないにだめということが国家資格になっていて、他の分野からしっかりとプロテクトされている感じです。

X線の発生する装置だったら放射線診断科が専門医で資格がある。しかし、MRIに関してはX線を出さないで心臓内科でもMRIを持っていたりします。そうするとMRIは、ドイツでは放射線科と内科等のほかの科がバタニングする。核医学の場合は、非密封線源を取り扱うという括りになるので、放射線科を含めたほかの科としっかりと役割分担されます。そういうストラクチャがあると、十分な人員が確保され、人が多いことで全体的に盛り上がるというポジティブサイクルがあるかもしれません。資格を作るというのは柔軟性にかけるという悪い面もあると思うのですが、核医学分野の盛り上がりという観点からは現在ドイツでは非常にいい風に働いていると思います。

**山谷** 職業に対する考え方の違いもありますね。

**樋口** そうですね。それから、核医学がドイツで成功している理由をもう1点上げるとすれば、医療制度の違いがあると思います。日本での考え方は、すべての国民にレベルの高い医療をなるべく平等に分配する制度だと思っています。ドイツの場合は独自性を持って各病院、特に大学病院が特徴のある医療を行っているという部分があって、例えばヴェルツブルク大学では核医学を中心とした新しい治療を積極的に導入する環境があります。逆に言うと、核医学があまり行われていない大学病院もあります。ドイツの保険制度は、国民皆保険制度ですが、民間保険と公的保険の2本立ての制度を導入しています。日本の画一的に新しい治療を導入して高いレベルの医療を目指してやっていくということだと、コストが高い技術は、どうやって多数の患者さんに行き渡らせることができるのか、どこかで妥協して導入を遅らせるのか、難しい選択だと思います。

**高橋** 職業組合、ギルドみたいな歴史が、ヨーロッパと日本、やっぱり違うのでしょうか。1世代、2世代で積み上げられるものではないと思うのですが。

**樋口** 日本は日本なりのやり方があると思うので、核医学の環境を改善していくという方向しかないのかなと思います。いきなり海外の制度をそのまま導入しても無理だと思うし、逆に副作用ばかり出てしまう。

例えば核医学科のストラクチャをいきなり日本に立てようとしたら、コストとニーズ、例えばヴェルツブルク大学の核医学のスタッフは総勢100人ぐらいいるので、そういう規模で大きな組織を立ち上げたら無駄が大きくなってしまいうという気がします。だから少しずつ積み上げていかないといけない。

**高橋** いま日本はコロナの患者さんが増えて、いろいろな医療関係者がテレビに出っていますが、やっぱり政府の制度に頼りきりですね。医者だったら患者さんを救うためにこうあるべきという主張がもっとあっていいと思うのですが、あまり出てきません。自分たちで自分たちのテリトリーをオーガナイズしたり自立させるという訓練があまりされてこなかったのだと思います。

日本では医者は医療に関してはほとんど何でもできる裁量を与えられているのですが、さて経営とか人事権に対するガバナンスには裁量がない。

**樋口** ドイツの場合は、大学病院が大枠としてありますが、その中で核医学診断治療病院というかたちで経済的に独立していて、独自性を持って経営も含めて運営しています。日本の大学の核医学科とは大きく違う点かもしれません。

経営が黒字になると、人事も含めて裁量を持ってお金を使う範囲が多くなり、モチベーションにもなります。

**高橋** ディレクターの先生は結構大変ではないですか。

**樋口** 大変だと思います。ディレクターは核医学専門病院の病院長も兼ねており、収益が上がれば収入にも反映されるような契約になっていて、その代わり経営が悪くなると契約解除の可能性もある。これが公立の州立大学で行われているのは合理的だと思います。

**高橋** ある意味、合理的であり、厳しいなと思う人には厳しいかもしれない。

**樋口** 伊藤先生、日本ではどうですか。伊藤先生も核医学で売り上げをたくさん上げていらっしゃると思うのですが、その分を自立性を持って運営できたらどうでしょうか。

**伊藤** そうですね。日本の場合は基本的には、スタッフは少なく、売り上げは多くという、ブラック企業のようなところがあって（笑）、スタッフは少ないほうが病院の儲けは大きい。特に医者の人件費1人当たりに対してどのくらい稼ぎがあるかというふうに評価されるので、収益性の低いところは厳しいことを言われます。

ただ、核医学は1つひとつに意外とお金がかかります。何か新しい核種の申請や、放射線の使用量を少し変えるのに100万円とか50万円単位とかの金額がぼんぼん出てきます。事務方にもなぜこんなに申請が多くてお金がかかるのだろうみたいに思われて、肩身が狭い思いをすることも多い。実際、ドイツでは新たな核種の使用申請をする場合や放射線の使用量を増やすということに対して、どのくらい当局が口を出すとか、お金がかかるとか、このあたりが知りたいのですが。

**樋口** 一般的に、ドイツでは法律で細かく決まっていて、画一的にやっているという印象があるかと思っています。実際は、政府の担当官がかなりの裁量を持って運営していると感じています。例えばヴェル



ツブルク大学の放射線管理部署があって、管理当局とコミュニケーションを密にとっている。次第に信頼を得ていくことによって、信頼関係、人と人として管理していく。例えば、こういうことをしたいと言ったときに、あなたはこれまできちっと管理しているし、こういう条件下で許可しましょう。その逆に、信頼関係がないと、特別厳しくされることもあります。

**伊藤** 日本の場合、当局の担当官が替わると、いままで問題にされていなかった点が指摘され、書類や費用を準備する必要が出てきたりします。診療放射線技師が窓口となって対応することが多いのですが、診療の合間に書類を作ったり質問の返答を記載したりと、かなり負担が大きい。仲介となる業者もいますが、色々な金額の見積もりを持ってきて、費用の目安がなく困っております。

**樋口** 先ほどもお話ししましたが、専門医の資格、放射線管理の専門の職種があって、専門に管理しているので信頼感が生まれます。これは動物実験をするときも一緒に、研究所が獣医師により動物倫理のことをきちっと管理しているというかたちで、信頼を積み重ねていくことで、自由度が上がります。

**伊藤** 放射線管理の専門職は第1種放射線取扱主任者に該当するものでしょうけれど、日本の場合だとそこまで権限がありません。

**高橋** 伊藤先生がおっしゃっていたように、説明する相手がしょっちゅう替わる。担当官が結構替わって一から説明しなければいけないとか、信頼関係を築きにくいというのはあります。だいたい大病院の経営戦略室みたいなのは2~3年で替わっていきますよね。何も成熟していかない、議論

が積み上がっていかないというのはありましたね。

あと日本だと放射線に関して管理するという意識が強い。学ぶ機会も規制のことばかりで、本質的なことを学ぶ機会があまりないという気がしています。放射線のことを本当に分かっていないと分かりやすく説明できない。分からないと怖い怖いとなって、規制に言われたとおりのことをしないといけないという、精神的にそちらに働いてしまう。このへんをどうにかしなければいけないと思っています。大学生ぐらいがシームレスに物理の基礎から応用までを学ぶ。実経験をもって分かっている人から学ばないと、結局分かりにくくて難しいで終わります。そういうネットワークも将来的にできたらいいなと思っているし、このメンバーだったらできるのではないかと思ったりしているところです。

ではだんだん未来の話にもなってきましたので、将来こんなことを見据えているとか。

### —将来の展望—

**伊藤** 日本の未来としては、核医学の医師はさほど増えないまま、治療の件数がものすごく増えていって、ますますブラック化する可能性があります。何とか職域の権限をほかの職種に委譲して少しサポートしていただけるかたちにしていくほうがいいのではないかと考えています。

画像ももちろん重要ですが、今後は核医学治療の薬が多く出てきて、それに対して人員不足が一時的に起こると思います。盛んにはなるけれど、サポートできる人を増やす、ここを訴えていきたいと考え

ています。

**高橋** その忙しさはすごくよく分かります。この座談会も少しでも役に立てばと思います。

**黒澤** いまのお話に関連することと言えば、物理とか工学の人たちがどんどん核医学に参入できるような流れがより認知されるといいですね。ようやく医学物理士が認知されるようになって、学生からそれを目指したい、とこの前初めて聞いて、ついにそんな時代になったかと感慨深かったです。そういう道があるよというのを、例えば高校生レベルの子から知っている。そういうパスがあるよというのをちゃんと示せるといいですね。

特に理学部の素粒子物理は、理論物理も含めて、せっかく核医学に相当する同じような水準の知識はあるのに、皆さん物理一辺倒となっている場面が多いです。一方で、核医学の世界を見ると人手の足りないところはいっぱいあるのですが、物理の知識等その人たちのスキルがほとんど生かせないような職業を選択される方も多々あります。そういうミスマッチをなくすためにも、物理と医学の垣根をどんどん低くして、そこの人的交流をやりたいというのが将来の夢ですね。

**高橋** 核医学はいろいろな専門家が出入りしている、そんな雰囲気はすごくいいなと思います。放医研に来たら、廊下でふっと辻先生みたいな研究者に高いレベルの事を教えてもらったり、こんな気軽に聞いていいのかしらと思ったりしています。

**辻** 非密封 RI はもともと我々の体内にいっぱいあるものです。少々体内に余分に入っても実はどうということはありません。リキッドバイオプシー等でかなり早期にがんが発見されるようになっていくので、インビジブルながんを核医学で予防的治療ができるようになったらいいなと個人的には思っています。ラドン温泉に入るような気分で治療を受けてみるみたいな時代が来るといいなと思います。

臨床の先生から、患者さんが受けてすごく楽だと言っていると聞きます。日本ではちょっとでもあると絶対だめみたいな感じになっているのですが、そういうのが変わってきて、もう少し気軽に核医学が受けられるようになるといいと思っています。予防的はともかく、海外で承認されているような治療が日本で普通に受けられるようになるといいと思います。それで、核医学を目指す若い人が増えていくこ

とで、右肩下がりがプラス方向に行くと非常にいいと思います。そういうところに少しでも貢献できればと思っています。

**高橋** 核医学をやっていて気づくことは、正常から異常までが連続していて、どこまで機能が下がると発症するというのも分かります。実は予備能も測れるので、予防的少量 RI 治療とか、ビタミン注射ではないけど、RI 治療をちょっと受けてきて「今日は調子いいわ」、そういう将来はいいですね。

**樋口** ドイツは核医学のセラノスティクスという新しい流れを、これからもより利用しやすい環境になるように牽引していくと思います。今後は日本発の色々なラジオアイソトープを用いたセラノスティクスが出てくるのにも期待したいですね。

**山谷** リキッドバイオプシーのお話が先ほど出たかと思うのですが、簡易的な検査法は、機械学習・AI と相性が良いので、いまブームになっていますよね。安く簡易的な検査、当然そういうものなので精度が多少悪くても許容される。スクリーニング検査法が普及してきたとき、その後の精密検査がますます重要になってきていると認識しています。私とか黒澤先生の分野、つまり核医学を支えるような理工系の分野の人が本質をちゃんと見る必要があって、それこそ PET は下火でリキッドバイオプシーが盛んだとか言っていて、そっちへみんなが流れてしまうと肝心の精密検査のところで足元をすくわれてしまう。我々は、世の中の流れにときには逆らってもやるべきところをちゃんとやるということが大事かなと思っています。

とかく PET はお金がかかる。それは放射線の管理も、使っている素材も、オペレーションもそうです。特に最近はお金がかかるものは、いままで以上に好まれない傾向がありますね。それにめげず、診断・治療の精度を上げるのはもちろん、それを普及できるようにする、そこにも理工系の人たちが貢献できるところがないかどうかを考えていきたいと思っています。

**高橋** 本当にそうですね。簡便な検査とか研究環境が整いやすいものはやりやすいのですが、結局、人間の生体内物質を画像化できるのは核医学ですね。動物だけではなく、ヒトと動物、同じ手法で病態を知ることができる私たちは、ここを守らなければいけない。私たちは少しずつ背景が違うのですが、



面白いと思っていることや考えていることは結構面白いと改めて感じました。

**辻** リキッドバイオプシー等で診断された後の画像診断の役割はすごく大事だと思います。微小ながんが、mmの範囲で存在することが分からなくても、例えば数cm範囲内にがんがありますよというのが分かるだけでも、実用上いいのではないかと個人的には思います。要するに感度が高いのがPET、核医学の売りで、それほど分解能を追求していなくても、ある範囲内にがんが確実にあることが分かるような装置開発でいいと思います。

**樋口** PET検査の高い感度というのがキーになっていくと思います。ほかの検査はどんどん分解能が上がっていく中で、PETが特徴づけられるのは高い感度ということになる。いま新しいPSMA-PET検査が注目されていますが、それも非常に高い病変検出感度が達成されたからです。“感度命”ではないかと思うのですが、山谷さん、装置的にも感度の改善の余裕はあるのですか。

**山谷** 感度と言ったときに、検査薬の性能の話と放射線検出する性能の話と分けて議論しないといけないとは思いますが、後半の話について言うと、いまのPET装置がγ線を検出できている確率は数%しかありません。理論上は、大変ではありますが、100%にできます。100を超えることはありませんが、全部のγ線を取り逃さず使うことは理想であって、そういうところに向けた技術の革新が必要だと思っています。

アメリカで2mのTotal-body PETが出ました。あれもそういう延長線上にあるのですが、15億円ぐ

らいコストがかかって検査室も2部屋分必要、そういう技術になるとどんなに良くてもさすがに医療現場での普及は難しいですね。だから同じようなことをもっと現実的な方法でできないか考えたい。100はさすが無理だけど、50%くらいを目指す、いまの感度よりも1桁上げるくらいはいずれ実現できると思います。

逆に辻先生にお伺いしたいのは、検査薬の性能、理工系、物理からするとそこはよく分からないところで、まだまだ上がる余地はあるのでしょうか。

**辻** 検査薬の性能は結構いいところまで来ていると思います。例えば、いま何Bqで見えるか分からないのですが、そこが1桁下がると有用性は非常に高くなると思います。その情報があれば、適切な治療選択ができると思います。ある程度の範囲内の位置情報が1桁高い感度で診断できれば、核医学で早期診断・治療というのが、もっと一般的になるのではないかと個人的には思うのですが、どうでしょう。

**伊藤** がんのステージングというTNM分類（がんの進行度を分類する方法）というのがあるのですが、その場合、概ね大きさを測っています。そこで限界が来ていて、そこに何か別の因子を加えて更に細かな分類ができないかという流れがあって、その候補の1つにPETが考えられています。1~2cmの間でSUV<sup>4</sup>の集積が高いものとか、推測できる体積が高いものとか、もう1つ細かな分類をしようとい

4 Standardized Uptake Value。体の比重を1とみなし、投与した薬剤がすべて均一に体内に分布したと考えた場合の放射線濃度を1とした場合、組織の単位重量あたりの集積はその何倍にあたるかを示したもの

う試みです。PET 自体はある程度の定量性があり、更に細かくがん患者さんの予後を当てるのには意味があるので、できる限り定量性を保ちつつ機器を開発していただければ診療に必須の検査になります。新たな分類に必要なになってくる可能性がある検査だと考えています。

**樋口** 2020年に発表された論文で、たった1つの細胞をマウスの体内で検出できたとの報告を見ました<sup>5)</sup>。細胞に放射性物質をたくさん取り込ませて、その細胞をマウスに投与して、どこに飛んでいって、どこにくっついたかを見事に検出できていました。これが臨床でも実現できればすごいと思います。

**辻** それは40 Bq ぐらいでしたか。

**樋口** 100 Bq/cell だったと思います。

**辻** 山谷さんがそれを10 Bq にしてくれるとすごくいい。

**山谷** 黒澤先生の領域になりますが、シンチレータも鍵になりますね。いまのPET装置で主流のシンチレータは、それ自体が微弱な放射能を持つという欠点を抱えています。つまり、10 Bq のイメージングになると、PET装置自体の放射能がノイズになってしまいます。放射能を持っていないシンチレータへのニーズが高まりますね。黒澤先生が得意な領域ですので、期待しています。

**黒澤** 頑張って作ります。

**高橋** がんについて言えば、CT、MRIで1 cm ぐらいの病変が見つかって、これは何ですかと核医学に来るわけで、それが何かというのが分かることが重要なと思います。

**辻** PETで先に見つかる時代が来るといいなと思います。

**高橋** 最近、認知症が疑われる場合にCT、MRIをやらなくて、いきなり脳血流SPECTをやって、脳血流が保たれているから大丈夫だよというプロセスが増えているように思います。分解能で言えば、脳神経とかすごく深い部分に謎の神経核があり、それがいったい何をしているのかというのはすごく興味があるので、引き続き感度のいい装置を開発していくことは進めたいと思います。

最後に、本誌読者の皆様、非密封RIを使っている仲間たちに。非密封RIを使っている者として、皆、元気で長生きする(笑)。アイソトープ協会の先生方も割と大先輩の方々がいらっしゃいますので、非密封RIを使った研究者は楽しく長生きするというお手本をみんなで示していくということですね。

引き続きこのメンバーではいろいろな委員会活動等をしていきたいと思っています。本日は様々なお立場から貴重なお話をお聞かせいただきありがとうございました。

(終)

5 Jung, K. O., et al., *Nat Biomed Eng.*, 4 (8), 835-844 (2020)



## ❖ Isotope News 読者アンケート リニューアル !! ❖

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。《目安時間:約3分》

◎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/Kx4wMssQR4bmnyz>)

◎締 切: 2022年2月18日(金)

郵送またFAXでの回答希望の場合、16ページをご参照ください。

