



Photo Atsushi Koga

Index

インドの高自然放射線地域における環境調査から学ぶ……井上 一雅	1
アスタチン (^{211}At) を用いた標的 α 線治療 ……………渡部 直史	6
[コラム] 89th Column	
【森林再生】……………中川 恵一	11
[学生応援企画]	
北海道大学大学院獣医学研究院・獣医学部／放射線学教室の紹介 ……………杜 譚萱／植松 美久／大森 史裕／松園 千暖	12
[放射能・放射線単位・元素名の由来]	
第14回 ローレンシウム $_{103}\text{Lr}$: lawrencium ……………高橋 正	17
ガラスバッジ測定 1 億件を達成しました！ ……………	18
[サービス部門からのお願い]	
測定依頼票が見当たらないときは…？……………	19

インドの高自然放射線地域における 環境調査から学ぶ



井上 一雅*

1. 世界の高自然放射線地域における線量の特徴と課題

自然放射線による被ばくは、人類が常に受けてきた不可避の環境要因であり、その起源は地殻中に存在するK-40、U-238系列およびTh-232系列の自然放射性核種である。これらは、地球の誕生時から地殻中に存在しているもので、原始放射性核種と呼ばれる。原子放射線の影響に関する国連科学委員会（United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation：UNSCEAR）によれば、世界人口に対する自然放射線による年間実効線量の平均値は約2.4mSvとされている¹⁾。そのうち地殻起源の外部被ばくは約0.5mSv/年であり、世界人口加重平均の吸収線量率は約59nGy/hと報告されている。しかし、地質学的・地球科学的な条件により、この平均値を大きく上回る自然放射線量を示す地域が世界各地に点在する。これらを総称して高自然放射線地域（High Background Radiation Areas：HBRA）と呼び、イラン・ラムサル、インド南西部ケララ州およびオリッサ州沿岸、中国・陽江、ブラジル・グアラパリ、インドネシア・マムジュなどが有名である。

これらの地域では、地殻中のウラン・トリウム系列核種およびカリウムの濃度が高いことにより、地表付近の吸収線量率が世界平均を大きく上回る²⁾。例えば、インド南西部ケララ州沿岸では、おおむね100－400nGy/hの

範囲に分布し、一部地域では1,000nGy/hを超える値が報告されている。ブラジル・グアラパリでは、居住地域における吸収線量率は数十から数百nGy/h程度である一方、リン酸塩鉱物の一種であるモナザイト砂が集中する局所的な地点ではそれを大きく上回る線量率が観測されている。インドネシア・マムジュでは、近年の調査により吸収線量率が50－1,100nGy/hの範囲で分布することが報告されており、世界平均と比較して顕著に高い自然放射線環境が存在する。これらの吸収線量率を基に評価された年間実効線量は、地域や居住環境により幅があるものの、おおむね数mSvから数十mSvの範囲に分布する。例えば、ケララ州では平均で約4－9mSv/y、陽江では約5－6mSv/y程度と報告されている。一方、マムジュ地域では、局所的に10mSv/yを大きく超える年間実効線量が推定されており、世界のHBRAの中でも比較的高線量の地域に位置づけられている。

このように、世界の高自然放射線地域では、吸収線量率および年間実効線量が世界平均の数倍から十数倍に達することが共通した特徴として認められる。しかしながら、これらの線量は地域内で一様ではなく、地質構造や堆積環境の違いを反映して大きな空間変動を示す。したがって、単一地点や限られた測定点に基づく評価では、地域全体の被ばく状況を適切に代表できない可能性が高い。

* Kazumasa INOUE 東京都立大学 人間健康科学研究科 放射線科学域 教授

2. 従来の線量評価手法の限界

HBRAにおける線量評価は、これまで主として土壌試料の放射能濃度測定や、限られた地点における定点観測に基づいて実施されてきた（図1）。これらの手法は、地殻中の自然放射性核種の分布や地質学的起源を理解する上で極めて重要な情報を提供してきた一方で、空間的な変動が顕著なHBRAにおいては、実際の外部被ばく環境を十分に代表できないという本質的な限界を有している。

土壌試料分析に基づく線量評価ではU-238系列、Th-232系列およびK-40の放射能濃度から吸収線量率を推定する手法が広く用いられている。しかし、この方法は採取地点が限られるため、点的な情報にとどまりやすく、地質構造や堆積環境に起因する急峻な線量変化を反映しにくい。特に、モナザイト砂が斑状に分布する沿岸性HBRAや、岩相が複雑に入り組んだ地域では、数十メートル程度の距離で線量率が大きく変動することが知られており、少数の試料から得られた平均値が地域全体の線量を代表するとは限らない。

定点測定による環境ガンマ線量率の評価は、測定機器の設置位置や測定時間に強く依存する。HBRAでは局所的な高線量率域（いわゆるホットスポット）が存在するため、測定点の選択によって得られる値が大きく左右される。結果として、最大値に着目した評価では



図1 土壌サンプリング

は地域全体の被ばくを過大評価する可能性がある一方、低線量率域に偏った測定では被ばくを過小評価する危険性がある。さらに、従来手法では、線量率分布の連続性や空間構造を把握す

ることが困難である。定点測定したデータを補間して線量率マップを作成する場合でも、測定点の密度が低いと、実際には存在する高線量域や急峻な勾配が平滑化され、線量の不均一性が過小評価される。この問題は、住民の生活圏全体を対象とした外部被ばく評価や、線量と健康影響との関係を議論する際に重大な不確実性をもたらす。

放射線防護の観点からは、個人が日常生活の中で曝露される線量をできる限り現実的に評価することが求められる。しかし、従来の線量評価手法は、測定点と実際の生活動線との対応関係が必ずしも明確ではなく、道路網、住宅地、公共空間などを含む生活環境全体を反映した評価には十分対応していない。このように、土壌分析や定点測定に基づく従来の線量評価手法は、HBRAにおける自然放射線環境の基礎的理解には有効であるものの、空間的不均一性が顕著な地域において、実際の外部被ばく線量を面的かつ連続的に把握するには限界がある。この限界は、被ばく線量の代表性や不確実性を増大させ、結果として線量評価やリスク評価の精度に影響を及ぼす。したがって、HBRAにおける線量率評価には、従来手法を補完し、広域かつ高密度な測定により線量率分布を二次元的に把握できる手法が不可欠である。

3. 二次元的線量率評価としての走行サーベイ法の必要性

上記の課題に応える手法として走行サーベイ法がある。本手法は、車両にガンマ線検出器を搭載し、走行しながら連続的に環境放射線を測定する方法であり、広範囲の吸収線量率を短時間で高密度に取得できる点に特徴がある。測定データはGPS情報と同時に記録されるため、位置情報と対応付けた線量率分布マップを構築することが可能である。この方法では、道路網や住宅地を含む実際の生活動線に沿ってデータを取得できるため、住民が日常的に曝露される放射線環境を面的に評価するこ

とが可能となる。当該手法の最大の利点は、測定点間の空白を最小化し、線量分布の連続性を保持できる点にある。連続測定により得られる多数のデータは、局所的な高線量域や急峻な線量勾配を明確に可視化することを可能にする。これにより、従来の点測定では見落とされる可能性のあるホットスポットや地質境界に対応した線量変化を捉えることができる。

4. インド・オリッサ州の高自然放射線地帯における環境調査

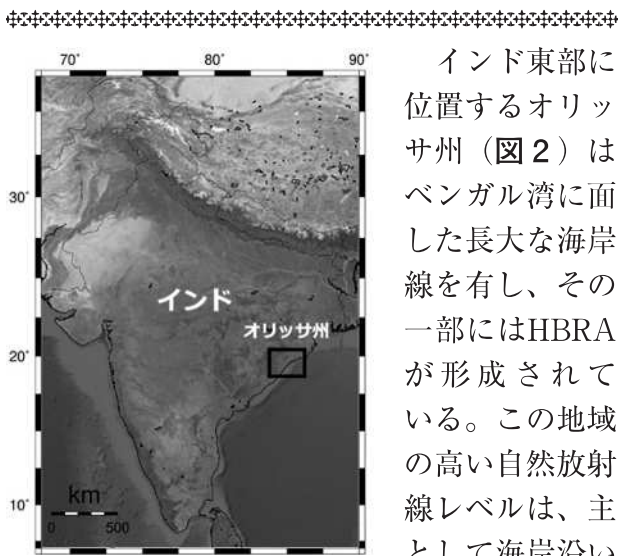


図2 インド東部オリッサ州

インド東部に位置するオリッサ州(図2)は、ベンガル湾に面した長大な海岸線を有し、その一部にはHBRAが形成されている。この地域の高い自然放射線レベルは、主として海岸沿いに分布するモナ

ザイトを含む漂砂鉱床に起因しており、世界的にも代表的な沿岸性HBRAの一つとして知られている。

オリッサ州沿岸では、波浪や沿岸流による作用により、比重の大きい重鉱物が集積し、黒色砂(black sand)として分布している(図3)。これらの砂層には、モナザイトのほか、イルメナイト、ルチル、ジルコン、ガーネットなどが含まれるが、特にモナザイトはトリウムを高濃度に含有することから、環境中のガンマ線線量率を顕著に上昇させる主要因となっている。モナザイトは、希土類元素を主成分とするリン酸塩鉱物であり、一般式は(Ce, La, Nd, Th) PO₄で表される。主にセリウム(Ce)、ラン

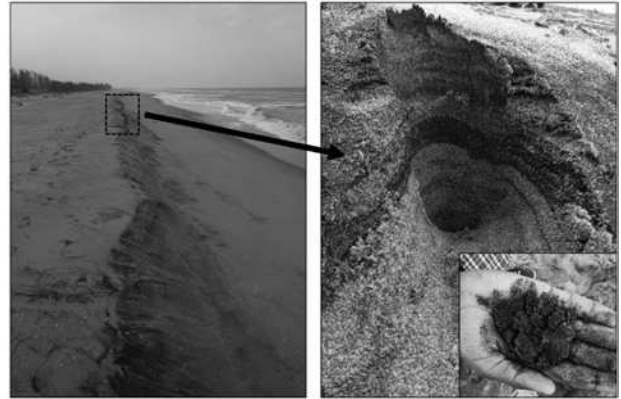


図3 黒色砂が分布するオリッサ州沿岸部

タン(La)、ネオジム(Nd)などの軽希土類元素を含むが、その結晶構造中にトリウム(Th)およびウラン(U)を固溶する能力を有することが特徴である。特にトリウムは数wt%(weight percent:重さで考えた場合の濃度を示す)から10wt%程度含まれる場合があり、これがモナザイトを放射線環境の観点から重要な鉱物としている。

これまでに実施された調査により、オリッサ州沿岸の一部地域では、土壌中のTh-232放射能濃度が世界平均(約30Bq/kg)を大きく上回り、数百から数千Bq/kgに達することが報告されている。この結果として、地表1m高さにおける空気吸収線量率は、世界平均の約59nGy/hを大きく超え、数百nGy/hに達する地域が存在する(表1)。オリッサ州のHBRAにおける環境調査の大きな特徴は、線量率分布が極めて不均一である点にある。モナザイト砂の分布は一様ではなく、海岸線に沿って斑状に存在するため、数十メートルの距離で線量率が数倍以上変化する場合がある。海岸

表1 オリッサ州における土壌中放射能濃度(Bq/kg)及び空間線量率(nGy/h)^{1, 3, 4)}

	平均値	範囲	世界平均値	インド平均値
²²⁶ Ra (ウラン系列)	80	12-225	35	28
²³² Th (トリウム系列)	821	31-2577	45	68
⁴⁰ K	289	23-704	420	400
空気吸収線量率	633	30-1708	59	-

部では高線量率域が形成される一方、内陸へ数百メートル移動すると線量率が急激に低下する傾向が確認されている。このような急峻な空間変動は、点的な測定や限られた地点での調査では十分に把握することが難しい。

この課題を踏まえ、筆者らはオリッサ州では広域かつ高密度な線量分布を把握することを目的として、走行サーベイ法を用いた環境放射線調査を実施した。走行サーベイ法では、車両に3インチのNaI (Tl) シンチレーション検出器を搭載し、道路網に沿って走行しながら連続的にガンマ線計数率を取得した(図4)。測定は一定時間間隔で行われ、GPS情報と組み合わせることで、位置情報と対応付けた線量率データを取得した。車内で測定されたガンマ線計数率は、車体による遮蔽効果を受けるため、事前に評価した遮蔽補正係数を用いて補正した。また、検出器応答特性を考慮した線量換算係数 ($\text{nGy h}^{-1}/\text{cps}$) を適用すること



図4 走行サーベイ法と定点測定法

により、車内計数率から屋外1m高さにおける空気吸収線量率を算出した。これにより、広域にわたる二次元的な線量率分布を取得した。

走行サーベイの結果、オリッサ州沿岸の吸収線量率はおおむね69-748 nGy/h の範囲に分布しており、世界平均の数倍から十数倍に達する高線量域が局所的に存在することが明らかとなった(図5)⁵⁾。特に、モナザイト砂が集積した海岸部では高線量域が連続的に分布する一方、内陸部では線量率が比較的低下する傾向が確認された。このような線量率の空間構造は、地質分布と高い相関を示しており、モナザイトの分布が外部被ばく環境を支配する主要因であることを示唆する結果であった。さらに、二次元的線量率分布を統計的に解析することで、地域平均値だけでなく、中央値や分位点といった分布特性を評価することが可能となった。これは、局所的な最大値のみに依存した評価ではなく、地域全体の被ばく環境をより代表性の高い形で把握する上で重要である。

以上のように、インド・オリッサ州における環境調査は、モナザイト砂に起因する高自然放射線環境の実態を、二次元的かつ定量的に明らかにした点に大きな意義がある。走行サーベイ法を用いた本調査は、空間的不均一性が顕著な高自然放射線地域における外部被ばく評価の有効な手法を示すとともに、今後の被ばく線量評価や疫学研究の基盤情報として重要な役割を果たすものである。

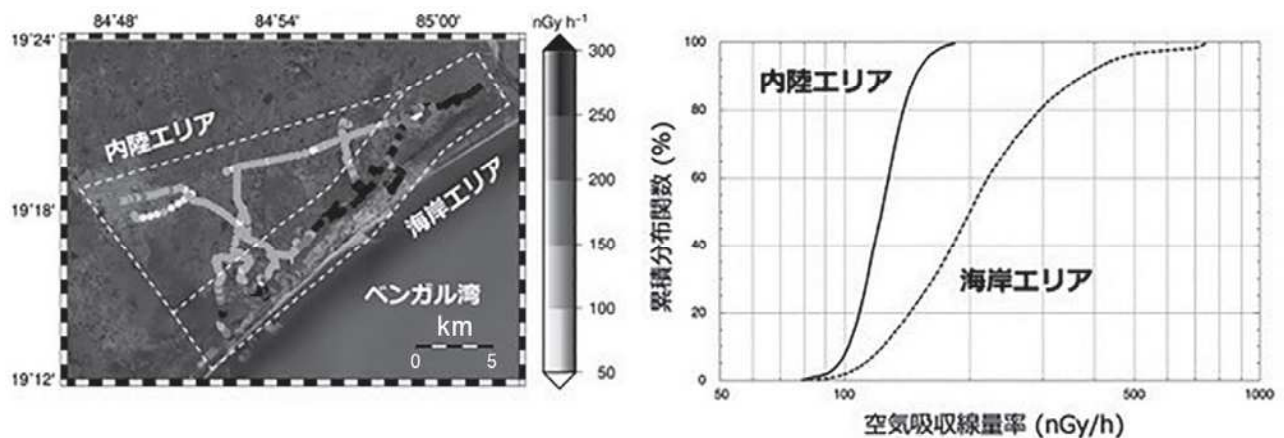
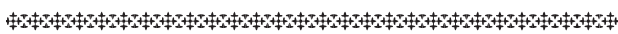


図5 オリッサ州における空間線量率分布

さいごに



インドにおける環境放射線調査の魅力は、単に高自然放射線地域という研究対象の希少性にとどまらない。その醍醐味は、自然環境の多様性、空間的不均一性の極端さ、そして異文化の中で研究を進める体験そのものにある。インドは、ヒマラヤ山脈から広大な沖積平野、花崗岩体、沿岸のモナザイト漂砂鉱床に至るまで、地質学的に極めて多様な国である。この多様性は、そのまま自然放射線環境の多様性として現れ、同一国内であっても地域ごとに全く異なる線量分布を示す。特に南西部ケララ州や東部オリッサ州沿岸における調査では、数十メートルの移動で線量率が大きく変化する場面に何度も遭遇し、自然放射線が「地図の上の平均値」ではなく、「その場の地質と歴史が作る風景」であることを実感させられる。走行サーベイを行っている時、測定器のカウントの変化とともに、風景もまた刻々と変わっていく。黒色砂が広がる海岸、素朴な漁村、突然現れる寺院や市場、人々の日常生活のすぐ隣でデータが積み重なっていく。研究対象が「人の暮らす環境そのもの」であることを、これほど強く意識させられる調査は多くない。

インドでの調査は、異文化に触れる体験でもある。調査の合間に研究者同士で交わされる会話、現地スタッフとの協力、予期せぬトラブルへの対応など、すべてが研究の一部となる。そして何より印象的なのは、食文化である。一般に「カレーは南に行くほど辛い」と言われるが、実際に南インドで調査を行うと、その言葉の意味を身をもって理解することになる。香辛料の刺激に汗をかきながら、その日の線量マップを確認する時間は、苦労と同時に強く記憶に残る瞬間でもある。

こうした経験は、単なるデータ取得を超えて、研究者としての視野を広げてくれる。異なる自然環境、異なる文化、異なる生活様式の中で放射線を測ることは、「線量とは何か」「被ばく環境をどう理解すべきか」という根

本的な問いを改めて考えさせる。インドにおける環境調査は、科学的知見を深めると同時に、研究者自身を成長させる場でもある。高自然放射線地域の研究は、今後も放射線防護や低線量被ばく影響の理解に重要な役割を果たすだろう。その中で、インドというフィールドは、データの豊かさだけでなく、人と自然と文化が交差する「現場の力」を強く感じさせてくれる。それこそが、インドにおける環境調査の最大の醍醐味である。

参考文献

- 1) UNSCEAR, Biological Effects at Low Radiation Doses. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York, 2000.
- 2) Restier-Verlet J, et al. High Natural Background Radiation Areas: A Literature Review that Reveals Systematic Adaptive Response but Controversial Data with Single Dose. Dose Response. 2025.
- 3) Veerasamy N, et al. Geochemical behavior of uranium and thorium in sand and sandy soil samples from a natural high background radiation area of the Odisha coast, India. Environ Sci Pollut Res 27, 31339–31349, 2020.
- 4) Punniyakotti J, et al. Environmental radiation and potential ecological risk levels in the intertidal zone of southern region of Tamil Nadu coast (HBRAs), India. Mar Pollut Bull. 127, 377-386, 2018.
- 5) Inoue K, et al. Distribution patterns of gamma radiation dose rate in the high background radiation area of Odisha, India. J Radioanal Nucl Chem 324, 1423-1434, 2020.

著者プロフィール

2008年、首都大学東京大学院（現・東京都立大学大学院）保健科学研究科博士後期課程を修了し、博士（保健科学）を取得。国立がんセンター東病院臨床開発センターにて核医学分野（SPECT・PET）の研究に従事した後、2009年から2012年までハーバード大学医学部に研究留学し、近赤外イメージングの研究を行った。帰国後、東京都立大学健康福祉学部放射線学科の助教、准教授を経て、2021年より教授。2019年から2025年まではハーバード大学医学部客員教授を兼任した。専門は核医学および環境放射線計測。近年は、核医学治療における線量評価技術の高度化に取り組むとともに、アジア・アフリカ諸国と連携した環境放射線研究拠点の形成や、原子力人材育成事業の一環として高度放射線防護人材の育成に注力している。

アスタチン(^{211}At)を用いた 標的 α 線治療



渡部 直史*

1. はじめに

近年、様々な標的を狙った核医学治療薬の開発ならびに実臨床への導入が進んでいる。2025年11月にはいよいよ前立腺癌に対する前立腺特異的膜抗原PSMA (Prostate-Specific Membrane Antigen) 標的薬 (^{177}Lu PSMA-617、製品名：プルヴィクト) が承認・保険収載され、国内でもさらに盛り上がりを見せている。これまでに承認された核医学治療薬の標識には主に β 線放出核種のルテチウム (^{177}Lu 、半減期:6.6日) やヨウ素 (^{131}I 、半減期:8日) が用いられてきたが、 β 線では治療効果が不十分なケースも少なからず存在し、より治療効果の高い α 線に注目が集まっている。 α 線の正体は陽子と中性子が2つずつ結合したヘリウムの原子核であり、 β 線 (電子) に比べて、約7,300倍の重量を持つ。飛程は細胞数個分と短いが、飛程の中で極めて高いエネルギーを周囲に放出し、高LET (Linear Energy Transfer) の放射線である。 β 線によるDNA損傷は主に

1重鎖切断であるのに対して、 α 線では修復が困難なDNA2重鎖切断を効率的に引き起こし、また多くの活性酸素種を産生することで、癌細胞に強い傷害を与えることができる (図1)¹⁾。

実臨床における α 線核医学治療としては、ゾーフイゴ[®] ($^{223}\text{RaCl}_2$) が既に国内でも承認されており、2016年より保険診療で実施されている。ラジウム (^{223}Ra 、半減期11.4日) はカルシウムと同族元素であり、骨の代謝がさかんな部位 (特に造骨性転移) に集まりやすく、去勢抵抗性前立腺癌の骨転移に対する治療薬として用いられている。プラセボ (偽薬) を投与した群と比較して薬の安全性や有効性を評価した国際共同第Ⅲ相臨床試験 (ALSYMPCA試験) では、ゾーフイゴ群で14.0ヵ月、プラセボ群で11.1ヵ月と全生存期間の有意な延長を認め²⁾。しかし、 ^{223}Ra は化合物等に標識することが非常に困難であるため、ゾーフイゴ以外の治療薬開発がほとんど進んでいない。このため、世界的には化合物に標識しやすい α 線

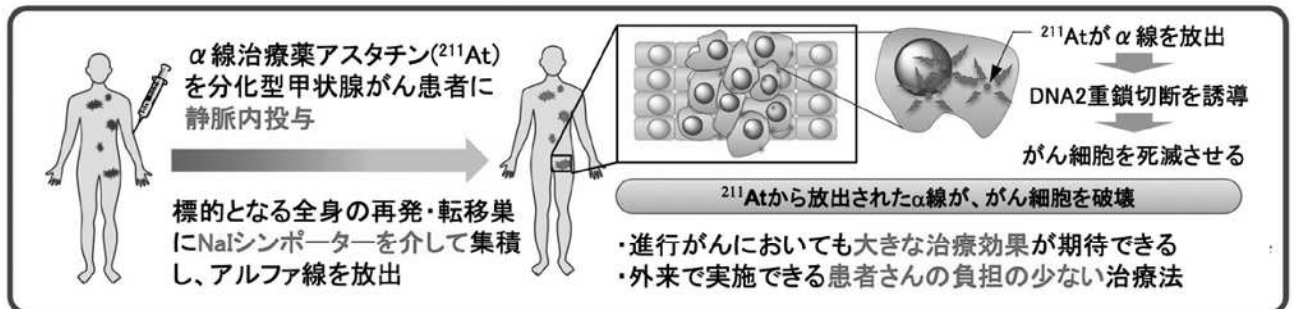


図1 アスタチン (^{211}At) を用いた標的 α 線治療のコンセプト

* Tadashi WATABE 大阪大学 大学院医学系研究科・放射線科学基盤機構 特任准教授

放出核種のアクチニウム (^{225}Ac , 半減期10日)、鉛 (^{212}Pb , 半減期 10.6時間)、アスタチン (^{211}At , 半減期7.2時間) を用いた治療薬開発に注目が集まっている。

今回、大阪大学を含め、日本が開発で世界をリードしているアスタチンに焦点を当てて、現状を紹介したい。

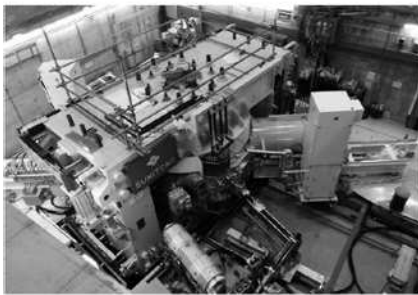
2. アスタチン(^{211}At)を用いた標的 α 線治療

世界的にはアクチニウム (^{225}Ac) を用いた開発が中心であったが、日本国内や欧米の一部の施設ではアスタチンを用いた研究が行われてきた。アスタチンは半減期7.2時間の α 線放出核種であり、加速器(サイクロトロン)を用いて、天然に豊富に存在するビスマス (^{209}Bi) に α ビームを照射することで製造可能であり、アクチニウム (^{225}Ac) や鉛 (^{212}Pb) のようにトリウムやラジウムといった核燃料物質やRIを必要としない(図2)。すなわち、サイクロトロン施設さえ整備すれば、 ^{18}F -FDG(半減期:110分)やテクネチウム製剤(半減期:6時間)

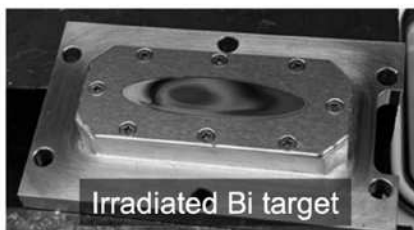
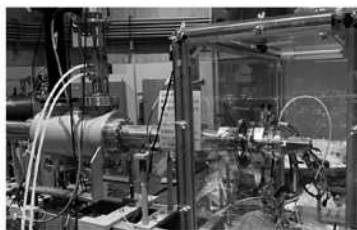
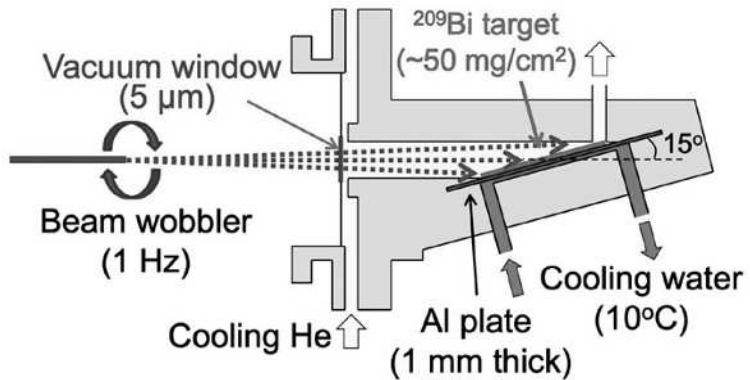
のようにデリバリーによる治療薬の配布が可能である。

またアスタチンはフッ素やヨウ素と同様のハロゲン元素であり、様々な低分子化合物やペプチドに標識可能である。大阪大学を始め、日本国内にはアスタチンを製造可能な加速器施設が5ヶ所あり、これまでに様々なアスタチン標識薬の開発を行い、臨床応用の準備を進めてきた。現在は治験開始までに必要な非臨床試験を実施する環境が整備され、大阪大学医学部附属病院 核医学診療科ではGMP (Good Manufacturing Practice: 適正製造規範) 基準での治験薬製造が可能となっている。治験実施時は大阪大学核物理研究センター、ならびに理化学研究所 仁科加速器科学研究センターから原料として、照射済みのBiターゲットを搬入し、大阪大学医学部附属病院内で自動分離精製装置を用いて治験薬 (^{211}At 標識薬) のGMP製造を行っている^{3, 4)}。

実際の大阪大学での臨床応用については、アスタチンを用いた難治性甲状腺癌に対する医師主導治験 (Alpha-T1試験) が完了し、現



AVF cyclotron of RCNP (University of Osaka)



$^{209}\text{Bi}(\alpha, 2n)^{211}\text{At}$ (27.2 MeV α beam on target)

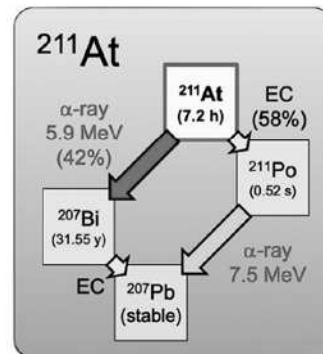


図2 アスタチン (^{211}At) の製造ならびに壊変図

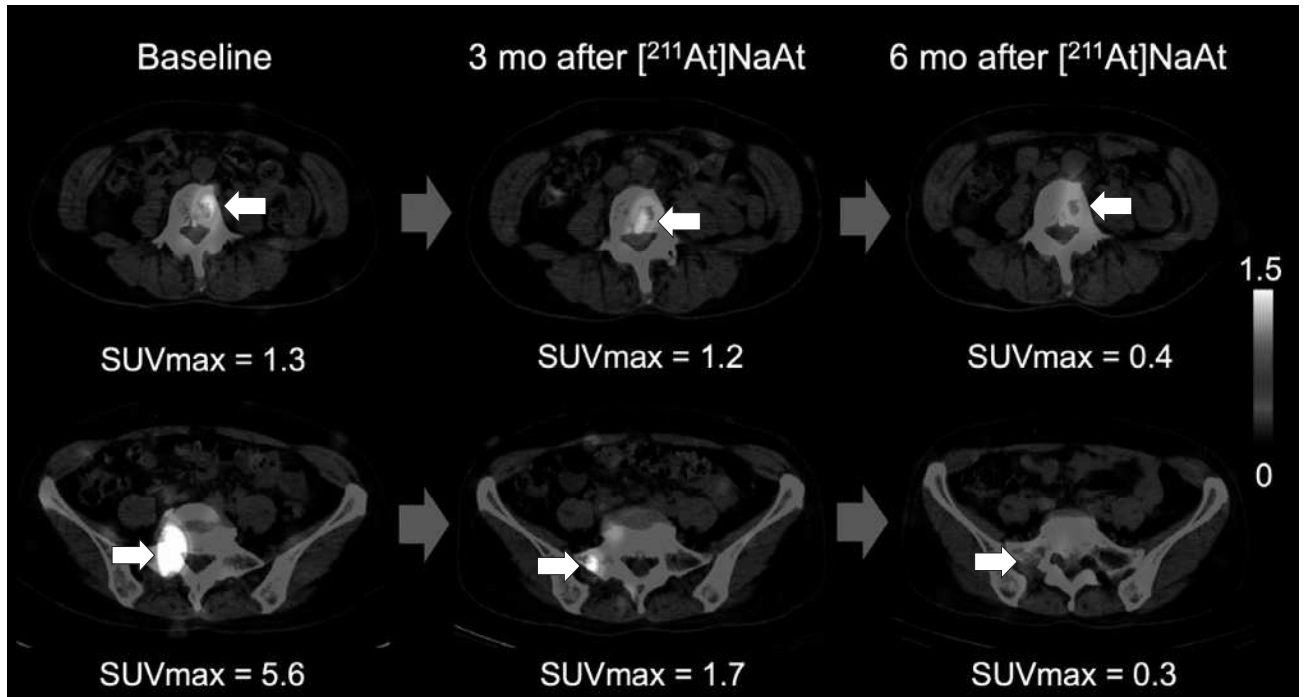


図3 ¹³¹I治療抵抗性甲状腺癌患者における治療効果を示す¹³¹I-SPECT/CT画像：[²¹¹At]NaAt投与後に腰椎や仙骨の骨転移病変への集積がほぼ消失している。(文献5よりオープンアクセスポリシーに従って、引用)

在は去勢抵抗性前立腺癌に対するアスタチン標識PSMA標的薬（[²¹¹At]PSMA-5）を用いた医師主導治験（Alpha-PS1試験）を実施している。前者はアスタチン（アスタチン化ナトリウム：[²¹¹At]NaAt）がヨウ素によく似た体内動態を示すという元素としての性質を利用したものであり、¹³¹I治療抵抗性の分化型甲状腺癌患者を対象に実施し、11名の患者への投与ならびに評価を完了した（jRCT2051210144）。その結果、[²¹¹At]NaAt（2.5-3.5MBq/kg）を投与した9名中3名の被験者において、50%以上の腫瘍マーカーサイログロブリンの低下、ならびに¹³¹I-SPECTにおいては1名で完全寛解（CR）、2名で部分寛解（PR）を達成した（図3）⁵⁾。本シーズは大阪大学発スタートアップのアルファフュージョン社に導出され、2025年10月より企業治験が開始されている。

また後者の[²¹¹At]PSMA-5を用いた治験では、標準治療抵抗性の前立腺癌を対象に2024年6月より被験者への投与を開始している（jRCT2051240038）⁶⁾。現時点（2025年11月）で11名の被験者への投与まで進んでおり、難

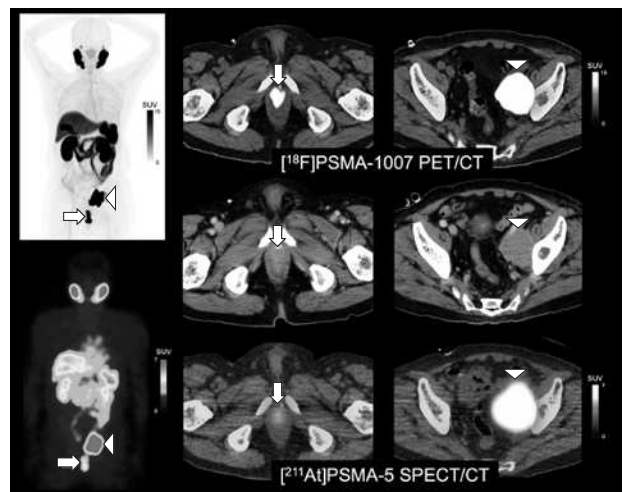


図4 転移性去勢抵抗性前立腺癌患者における（上段）[¹⁸F]PSMA-1007画像、（中段）造影CT画像、（下段）[²¹¹At]PSMA-5 SPECT/CT画像：局所再発ならびに骨盤内リンパ節への高集積が認められる。(文献7よりオープンアクセスポリシーに従って、引用)

治性前立腺癌患者において、再発・転移巣に高集積を呈することを報告している（図4）⁷⁾。アスタチンは娘核種のポロニウム（²¹¹Po）がX線（79keV）を放出するため、SPECT/CT装置を用いたイメージングが可能であり、経時的な撮像を行うことで線量評価（dosimetry）

が実施できる。Phase-1治験では少ない投与量から開始し、被験者の反応を確認しながら最適な投与量を調べるために用量漸増を行うデザインになっており、生理的集積から各臓器の吸収線量を評価できるメリットは大きく、用量増量時の有害事象の推定に有用である。

3. 国内外の現状

日本国内では、福島県立医科大学においても褐色細胞腫を標的とした²¹¹At MABGを用いた医師主導治験が実施され、さらにNeopentyl-glycol (NpG) 構造により²¹¹Atを安定結合させた²¹¹At NpG-PSMAを用いた治験も開始している⁸⁾。一方、世界での²¹¹Atの臨床応用はDuke大学での脳腫瘍患者への摘出腔内投与(²¹¹At標識ch81C6抗体)、スウェーデンでの卵巣癌腹膜播種への腹腔内投与(²¹¹At標識MX35F (ab')₂抗体)といった形で局所投与の形で実施されてきた。また米国Fred Hutchinson Cancer Center (シアトル)では白血病患者を対象に²¹¹At標識抗CD38/

CD45抗体を用いた治験が実施されているが、固形癌を対象とした全身投与はこれまで実施されていなかった。しかし、最近のα線治療に対する関心の高まりを受け、欧州では新たなアスタチンの製造拠点がいくつも誕生し、現在は2箇所から6箇所にまで拡大している。さらにAccelerate EUと呼ばれるアスタチンを用いたセラノスティクス開発プロジェクトが開始されており、乳癌・膵癌・脳腫瘍を対象とした治療薬開発が進んでいる。また海外では、Atonco社、NAYA Therapeutics社、dGenThera社など新たなスタートアップが次々と誕生し、各社のシーズで今後の治験開始を目指している。

4. 今後の展望

このようにアスタチンのニーズは高まっているが、今後の日本国内での治験拡大や実臨床への展開にあたってはアスタチン供給量の大幅な増量が必要である。2024年に大阪大学核物理研究センターに新たにTATサイクロ

www.twc2027.org

Join us in Osaka, Japan!

SAVE THE DATE / March 11-14, 2027

9th Theranostics World Congress

Congress Presidents: Seigo Kinuya, Mikako Ogawa
 Honorary Presidents: Richard P. Baum, Frank Rösch
 Executive Congress Chair: Tadashi Watabe
 Scientific Committee Chair: Frederik L. Giesel
 Co-chair: Yuji Nakamoto

Osaka International Convention Center

図5 第9回Theranostics World Congress(TWC2027)：2027年3月11-14日に大阪国際会議場で開催。

トロン棟が竣工し、アスタチンの大量製造が可能となる専用の加速器が間もなく搬入される。同施設からのアスタチン供給が可能となれば、今後多施設での治験実施が進めやすくなり、医薬品としての承認に向けた動きが加速することは間違いない。さらに、日本/世界アスタチンコミュニティを介した国内外の連携の推進、福島国際研究教育機構(F-REI)でのオールジャパン体制での創薬開発などを通じて、日本発の α 線治療薬の世界展開が期待される。

またアスタチンには世界中から注目が集まっており、2027年3月には第9回Theranostics World Congress (TWC2027)が大阪で開催される(図5)。世界中から高名な研究者、臨床医、薬剤師、物理士、企業関係者が集まり、最新のセラノスティクスに関する発表ならびに相互交流を行う場となる。ぜひ読者の皆様にも多く参加して頂きたい。

5. 謝 辞

アスタチンの治験までの準備ならびに実施にあたっては、多くの関係者にご尽力を頂きながら、ここまで来ることができました。ここに全ては書ききれませんが、大阪大学放射線科学基盤機構、大阪大学医学部附属病院未来医療開発部、核物理研究センター、理化学研究所の先生方にはアスタチンの供給から非臨床試験、治験の開始準備を含めて多岐にわたって、大変にお世話になりました。また研究費についても国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)、国立研究開発法人日本医療研究開発機構(Japan Agency for Medical Research and Development:AMED)の支援を得て、ここまで進めてくることができました。この場を借りて、深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) Watabe T, Liu Y, Kaneda-Nakashima K, et al. Comparison of the Therapeutic Effects of [^{211}At]NaAt and [^{131}I]NaI in an NIS-Expressing Thyroid Cancer Mouse Model. *Int J Mol Sci.* 2022;23(16):9434.
- 2) Parker C, Nilsson S, Heinrich D, et al. Alpha emitter radium-223 and survival in metastatic prostate cancer. *N Engl J Med.* 2013 Jul 18;369(3):213-23.
- 3) Naka S, Ooe K, Shirakami Y, et al. Production of [^{211}At]NaAt solution under GMP compliance for investigator-initiated clinical trial. *EJNMMI Radiopharm Chem.* 2024;9(1):29.
- 4) Naka S, Watabe T, Shirakami Y, et al. Scale-up production of [^{211}At]PSMA-5 using automated synthesizer for Investigator-Initiated clinical trial. *EJNMMI Radiopharm Chem.* 2025 Dec 27;11(1):6.
- 5) Watabe T, Mukai K, Naka S, et al. First-in-Human Study of [^{211}At]NaAt as Targeted α -Therapy in Patients with Radioiodine-Refractory Thyroid Cancer (Alpha-T1 Trial). *J Nucl Med.* 2025
- 6) Watabe T, Kaneda-Nakashima K, Shirakami Y, et al. Targeted α -therapy using astatine (^{211}At)-labeled PSMA1, 5, and 6: a preclinical evaluation as a novel compound. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2023;50(3):849-858.
- 7) Watabe T, Hatano K, Naka S, et al. First-in-human SPECT/CT imaging of [^{211}At]PSMA-5: targeted alpha therapy in a patient with refractory prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2025;52(7):2253-2255.
- 8) Kobayakawa M, Shiga T, Takahashi K, et al. Evaluation of pharmacokinetics, safety, and efficacy of [^{211}At] meta-astatobenzylguanidine ([^{211}At] MABG) in patients with pheochromocytoma or paraganglioma (PPGL): A study protocol. *PLoS One.* 2024;19(5):e0303623.

著者プロフィール

2004年 大阪大学 医学部 医学科卒。2013年 同大学院博士課程修了。2015年ドイツ Tuebingen 大学に留学。2016年 厚生労働省健康局がん・疾病対策課・課長補佐。2017年から大阪大学大学院医学系研究科 核医学助教。2024年から同放射線医学講師。現在、大阪大学 放射線科学基盤機構 臨床展開研究部門 セラノスティクス研究室 特任准教授、東北大学 客員教授、量子科学技術研究開発機構 客員研究員。2018年日本核医学会賞、2024年日本アイソトープ協会奨励賞受賞。核医学診療ならびにPETやアスタチンを用いたセラノスティクス研究・医師主導治験に従事。TWC2027実行委員長。座右の銘は人間万事塞翁が馬。趣味は釣り・スキー。



中川 恵一

東京大学医学部附属病院

森林再生

東日本大震災から15年が経過しました。福島県大熊町、双葉町や浪江町の駅前には新しい施設や住宅の建設も進められており、原子力事故で失われた生活を取り戻す歩みが着々と進んでいます。

しかし、いまだ誰も戻れない広大な土地が残されています。約300km²にもおよぶ帰還困難区域です。この区域の大半である8割以上を占めるのは、私たちの生活に深く寄り添ってきた森林です。福島では山菜、きのこなどの食材や木材など豊かな山の恵みを楽しんできました。原木しいたけの栽培も福島県は全国トップクラスであり、味のよいしいたけが取れると評判だったそうです。しかし、震災により山菜、きのこの栽培は制限され、森林の手入れも滞りました。

森林は長らく復興の議論で後回しにされてきた分野でした。背景には、森林除染の難しさがあります。斜面が続き、作業機械が入りにくい森林は、住宅や農地のような大規模な除染が困難です。また、住民がいない森林は被ばく低減効果も多くは期待できません。結果として、生活圏への影響を抑えることを重視し、林縁部の除染（住居や道路から20m程度以内）は行われましたが、森林の多くの部分は除染がされず残されてきました。

しかし、視点を変えれば、この森林こそ福島が本当の意味で再生するための鍵でもあります。国は2025年12月に福島復興再生基本方針を改定し、帰還困難区域も含めて森林の再生および活用を進める方針を明確に打ち出し

ました。バリケード等の物理的な防護措置を実施しない立入規制の緩和や、里山の恵みを楽しむよう森林整備の再開を始め、「区域から個人へ」という考え方の下で、安全確保を大前提とした活動の自由化等も検討するとしています。

こうした動きを具体化するため、林業再開にむけた基盤整備も進んでおり、林野庁は2024年度から帰還困難区域内で実証事業を行ってきました。この事業の中では、森林施業に必要な安全管理手法、作業者の被ばく線量の管理など多岐にわたる知見が得られ、これらは今年発行された森林作業ガイドラインに取り入れられました。これにより、帰還困難区域内でも、科学的根拠に基づいた林業が再開できる準備が整ってきました。実証的な森林作業は進んできており、林業そのものが息を吹き返すことが期待されます。

森は生活を支え、文化を育んできた生活の基盤です。森から多くの恵みを私たちはもらっています。森を取り戻すことは、故郷の営みを取り戻すことにほかなりません。福島の森林再生をしっかりと注目していきたいと思っています。



り組んでいます。現在の主な研究テーマは、①放射線を中心とした酸化ストレスに対するがん細胞の応答、②がん微小環境に関する研究、③実験的ながん治療法の開発や新しい治療標的分子の探索の3つです。初代培養細胞や株化細胞、さらにマウスやラットなどの実験動物を用いながら、基礎から応用まで幅広い研究を進めています。また、医学・薬学・工学など他分野との共同研究も盛んで、学際的な環境の中で研究できる点も本研究室の特徴です。

研究室は、共同利用施設にもなっている放射線実験施設(図1)に設置されており、液体シンチレーションカウンターやガイガーカウンター、ゲルマニウム半導体検出器、バイオイメージングアナライザー、オートウェルガンマシステム、X線発生装置(図2)など、多くの実験機器がそろっています。これらを活用することで、放射線の線量測定や照射実験、放射性同位元素を用いた細胞機能解析、タンパク質や核酸の定量など、さまざまな実験を精度高く行うことができます。こうした

設備を生かしながら、放射線が細胞やがん微小環境に及ぼす影響を明らかにし、将来的な治療につながる研究成果の創出を目指しています。

また、学生が主体的に研究に取り組める環境が整っていることも、この研究室の大きな魅力です。実験計画の立案からデータ解析、学会発表まで、研究の一連の流れを実際に経験することができます。定期的にプログ्रेसミーティングや論文紹介が行われており、知識を身につけるだけでなく、意見交換を通して考える力や視野も自然と養われます。

研究室の雰囲気はとても穏やかで、落ち着いて研究に取り組むことができます。日々のコミュニケーションの中で自然と信頼関係が築かれ、研究の合間にはみんなで集まっておしゃべりをしたり、簡単な料理を作ったりするなど、リラックスできる時間も大切にしています。春には新入生歓迎会、冬には卒業生送別会を行い、それぞれの節目をみんなで祝います。毎年恒例のラボ旅行では近郊の観光地に出かけ、研究室メンバー同士の交流を深めています。先生の誕生日にはケーキを囲んでお祝いするなど、日常のささやかな出来事も大切にしています(図3)。

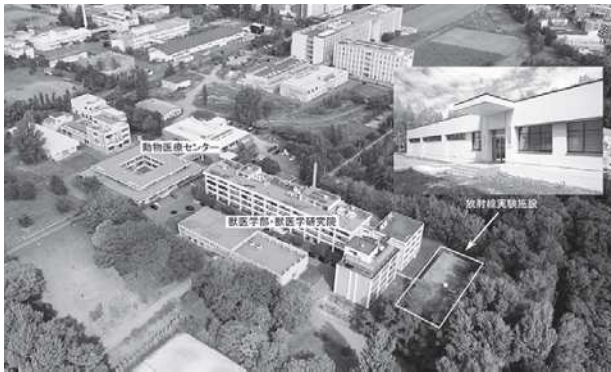


図1 北海道大学大学院獣医学研究院・獣医学部と放射線実験施設



図2 X線発生装置(X-RAD iR-225)



図3 誕生日パーティーイベント

研究は決して楽なことばかりではありませんが、先生方が丁寧に指導してくださり、困ったときには的確なアドバイスをいただけるため、安心して研究に取り組むことができます。放射線やがん研究に興味がある方や、研究を通して成長したいと考えている方にとって、とても魅力的な研究室だと思います。

エンスの概念を取り入れた研究を進めています。低分子化合物をナノサイズの粒子として設計することで、腫瘍組織に選択的に集積しやすくなり、少ない投与量でも放射線増感効果を発揮できる可能性があります。実際に、ナノ粒子化によって、従来は効果が得られにくかった条件下でも放射線感受性が増強されることを確認しており、これらの成果は学会等で報告しています。現在は、実際の生体内環境を模擬した三次元スフェロイド培養細胞や腫瘍移植マウスモデルを用いて、観察された放射線増感効果の分子機構やがん微小環境との関係について詳しく解析を進めています。本研究は、エネルギー代謝に基づく新しい放射線増感アプローチの提案につながるものであり、将来的にはがん放射線治療の効果向上を通じて、ヒトおよび動物医療の発展に貢献したいと考えています。

(大森 史裕)

研究紹介③ 炭素系ナノ材料を用いた放射線増感機構の解析

研究紹介②とはまた別の観点で開発した炭素系ナノ材料に着目し、放射線増感効果を示す新たな材料特性やその作用機構の解明を目的としています。炭素系ナノ材料は、放射線との相互作用や細胞内ストレス応答に影響を与える可能性が報告されていますが、その一方で、水中や生体内での分散性が低く、直接的な生体応用が難しいという課題があります。そこで、非イオン性界面活性剤を用いてナノ材料を可溶化・分散させたナノ分散体を作製し、放射線増感剤としての有用性を検討しています。

これまでの研究から、このナノ分散体が放射線照射時がん細胞の放射線感受性を高めることが確認されています。私は現在、その放射線増感効果がどのような細胞内メカニズムによって引き起こされているのかを明らかにするための研究に取り組んでいます。これまでに、小胞体ストレスの誘導やミトコンドリア機能の抑制が、放射線増感効果に関与している可能性が示唆されています。加えて、

これらの細胞内ストレスが最終的にどのような細胞死や細胞応答につながっているのかを明らかにすることを目的とし、主にアポトーシス（細胞自らの能動的細胞死）およびオートファジー（自食作用）に着目して解析を行ってきました。アポトーシスについては、フローサイトメトリーを用いた染色法により評価した結果、ナノ分散体は放射線照射後に誘導されるアポトーシスの割合に大きな変化を与えないことがわかりました。一方、オートファジーについては、タンパク質発現解析を通じて活性の指標を評価したところ、ナノ分散体がオートファジー活性を抑制している可能性が示唆されました。

現在は、オートファジーの抑制が放射線増感効果にどのように関与しているのかについて、さらに詳しい検討を進めています。本研究を通じて、ナノ材料を基盤とした新しい放射線増感戦略の確立に貢献し、将来的な放射線治療の高度化につなげたいと考えています。

(植松 美久)

研究紹介④ 放射線照射後に生じる老化細胞のエネルギー代謝特性の解析

放射線療法は、がん細胞のDNAに損傷を与えることで腫瘍を制御する治療法の一つです。しかし、放射線に対する感受性や、照射後に誘導される細胞応答はがんの種類や状態によって異なります。放射線照射を受けたがん細胞の中には、細胞分裂は停止しているものの、代謝活性を保ったまま生存を続ける細胞が存在します。このような細胞は「老化細胞 (senescent cell)」と呼ばれています。老化細胞は、不可逆的な細胞増殖停止状態を特徴とし、テロメア短縮による複製老化だけでなく、DNA損傷などのストレスによっても誘導されることが知られています。私は、このような放射線照射後に誘導される老化細胞におけるエネルギー代謝の変化に着目して研究を行っています。

当研究室のこれまでの研究から、X線照射後24時間までの比較的早期の段階では、細胞内ア

デノシン三リン酸（Adenosine Triphosphate：ATP）産生が一時的に増加することが明らかになっています。私たちは、このATP産生の亢進が、放射線によって生じたDNA損傷を修復し、細胞が生存するための適応応答の一つであると考えています。一方で、細胞老化が進行し始めるX線照射48時間以降の細胞におけるエネルギー産生能については、十分に検討されていません。

そこで私は、放射線照射によって老化状態に入った細胞では、増殖が停止していることからエネルギー需要が低下し、それに伴ってATP産生も減少するのではないかという仮説を立てました。この仮説を検証するため、放射線照射後に老化が誘導された細胞におけるATP産生量の評価を行うとともに、ミトコンドリアでのATP産生に関与する電子伝達系複合体タンパク質の発現量について解析を進めています。

本研究を通じて、放射線誘導性細胞老化に伴うエネルギー代謝の特徴を明らかにし、老化細胞が持つ生理的な役割や放射線治療後のがん微小環境への影響について理解を深めたいと考えています。

(松園 千暖)

終わりに

本ページで紹介した研究はいずれも、学生が中心となり、自ら問いを立て、試行錯誤を重ねながら進めているテーマです。本研究室では、研究は「与えられるもの」ではなく、自分自身の問題意識と責任のもとで切り拓いていくものだと考えています。自分の研究テーマに強い愛着を持ち、徹底的にこだわり抜く姿勢は、研究者としての成長だけでなく、社会に出た後のアイデンティティ形成や第三者からの評価にも直結する重要な力になります。

放射線生物学は、基礎生命科学としての側面と、医療・臨床へ直結する応用的側面を併せ持つ学問分野です。本研究室では、獣医学領域で培われた生体理解や実験モデルの強みを活かしながら、ヒト医療に通じる普遍的な

生物学的原理の解明を目指しています。獣医学と医学の境界を意識的に越えることで、双方に還元可能な知見を創出することが、本研究室の大きな使命の一つです。

情報があふれる現代においては、既存の知見や「正しそうな答え」を鵜呑みにするのではなく、まずは自分のデータと真正面から向き合い、自分の直感を信じて行動する姿勢が不可欠です。思い通りにいかない結果やネガティブデータこそが、新たな仮説やブレイクスルーの種であり、研究を前進させる最大の原動力になると、日頃から学生に伝えています。

今回は紹介できませんでしたが、本研究室では低酸素環境下における細胞応答の解析や、酸化還元バランスを可視化するESRを用いたイメージング研究など、放射線生物学の核心に迫るテーマにも積極的に取り組んでいます。これらの研究を通じて、ヒトのがん治療の高度化のみならず、伴侶動物や産業動物の医療にも貢献できる知見の創出を目指しています。少人数ながらもアットホームな雰囲気の中、学生達は日々勉学の傍ら研究に取り組んでくれています(図4)。医学と獣医学の両分野にまたがる研究に興味を持っている方、基礎研究から医療応用までを見据えた放射線生物学に本気で挑戦したい学生の方は、ぜひ本研究室のホームページ

(<https://www.vetmed.hokudai.ac.jp/organization/radbiol/>)
をご覧ください。



図4 教室集合写真(2025年11月)

(教授 安井 博宣、講師 房 知輝)

**放射能・放射線
単位・元素名の由来**
高橋 正

第 14 回
ローレンシウム $_{103}\text{Lr}$: lawrencium

＊放射線関連分野での大きな功績を称え、その名前が単位や元素名に用いられている科学者の人物像や功績を紹介するシリーズ＊

1961年カリフォルニア大学バークレー校のギオルソ (A. Ghiorso) らのチームが、カリホルニウム ($^{249}\sim^{252}\text{Cf}$) に重イオン線形加速器で加速したホウ素 ($^{10}, ^{11}\text{B}$) を照射したときの生成物からローレンシウム (^{257}Lr 、後に ^{258}Lr と修正) を見つけた。1963年には旧ソ連のドブナの研究チームがアメリシウム (^{243}Am) と酸素 (^{18}O) の反応で ^{256}Lr を発見した。元素名は、サイクロトロンを発明者アーネスト・ローレンス (Ernest O. Lawrence, 1901-1958) に敬意を表している。ローレンシウムはアクチノイド最後の元素であり、+3 価をとりやすい。2015年に日本原子力研究開発機構のチームが、 ^{256}Lr (半減期28s) を使って第一イオン化エネルギーが4.96eVとかなり低いことを明らかにし、周期表の位置について一石を投じた。

ローレンスはアメリカの大平原北部の州サウスダコタに生まれた。23歳のときイェール大学で光電効果の研究により学位を取得し、そのまま大学に残った。注目の若手研究者だったが、1928年夏に物理学の新しい極となってきたカリフォルニア大学のバークレー校に移り、2年後には教授となった。

1929年春に、ヴィデロー (R. Wideröe) の高周波を使った多段加速の論文の図を見て、磁場と高周波を用いる円形加速の手法を思いついた。1930年初頭から、後にサイクロトロンと名付けられる装置の製作を開始し、1931年1月にリビングストーン (M. S. Livingstone) とともに磁極の直径が4インチ (10cm) のサイクロトロンを完成させ、陽子 (p) を80keVまで加速することに成功した。ローレンスは直ちに大型化に取り組んだ。夏には11インチの装置を作り、実用機として27インチ (1933年)、37インチ (1937年、27インチ機の改造) を経て、1939年には60インチ (152cm) 機を作りあげた。加速器は大学から提供された木造校舎に設置したが、ここは1936年大学の正式な組織として、放射線研究所 (現在のローレンス・バークレー国立研究所) となった。

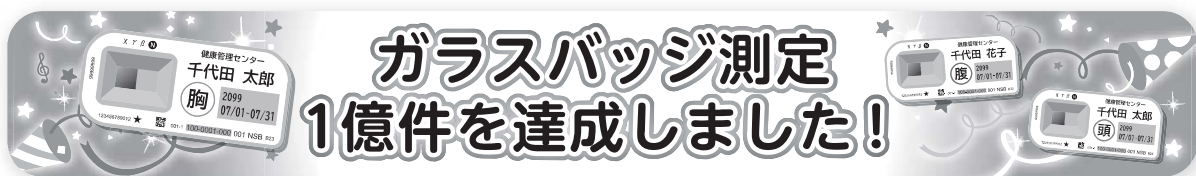
1932年9月にサイクロトロンを使って、発見さ

れたばかりのリチウムの陽子捕獲反応 ($^7\text{Li}(p, \alpha)^4\text{He}$) を確認した。1933年には重水素の融合反応 ($^2\text{H}+^2\text{H}\rightarrow^3\text{H}+p$ と $^3\text{He}+n$) を観測していたが、解釈を誤った。その後、ローレンスはこの反応をサイクロトロンによる中性子発生に用いた。加速器が大型化するといろいろなRIが製造できるようになり、新しい放射性元素がいくつも発見された。1930年代後半には弟で医師のジョン (John H. Lawrence) も加わって核医学的な応用として、リン-32の診断・治療への利用や加速器中性子の医療照射を試みた。

ローレンスは1939年にノーベル物理学賞を受賞した。サイクロトロンが産業に独占されないように特許を取得したが、その技術を公開し、製作を支援した。日本でも仁科芳雄はサイクロトロンの製作にあたり、ローレンスの世話になっている。日本のサイクロトロンは戦後GHQにより廃棄されたが、ローレンスは1951年5月に突然来日し、サイクロトロンの再建を熱心に勧めた。これが、戦後日本の加速器や原子核研究の再開を促した。

第二次世界大戦中は、マンハッタン計画のウラン (^{235}U) の濃縮プロジェクトに関わった。サイクロトロンの経験を生かして大規模な電磁濃縮プラントをオークリッジに建設し、高濃縮ウランの製造を指導した。またマクミラン (E. M. McMillan) やアルバレス (L. W. Alvarez) をレーダーの開発に携わらせたが、後に二人はその経験を加速器開発に生かした。戦後、ソ連が原子爆弾の実験に成功すると、米国の安全保障上の優位を保つためには水素爆弾の開発が必要と信じ、テラー (E. Teller) らとともに政治家や軍人を動かし、トルーマン大統領に開発を決意させた。またカリフォルニア州リバモアに第2の兵器開発研究所 (現在のローレンス・リバモア国立研究所) が、彼のはたらきかけで設立された。

ローレンスは企業家であり、資金獲得能力や優れた組織管理能力をもつ新しいタイプのリーダーとして、戦後も巨大科学を牽引した。1958年8月、もともと患っていた大腸炎を再発し、手術の効なく帰らぬ人となった。



2025年11月21日、弊社のガラスバッジ測定件数が、累計1億件を達成いたしました。2000年10月にフィルムバッジより新型線量計のガラスバッジへ切り替えてから、26年目での達成となりましたのは、ひとえにガラスバッジをご利用いただいております皆様のおかげと、心より感謝申し上げます。

記念すべき測定1億件目のガラスバッジをご使用されていたのは、地方独立行政法人宮城県立子ども病院（所在地：宮城県仙台市）の阿部様でした。

宮城県立子ども病院では、2003年に開院した当初よりガラスバッジをご利用いただいております。病院の基本理念として「すべての子どもにいのちの輝きを」、また設計理念として「元気のでるファミリーホスピタル」を掲げ、院内にはお子様方の気持ちを明るくするようなカラフルな内装、たくさんの遊具やぬいぐるみ、図書がいたるところにあるのが印象的でした（図1～3）。



図1・2 病院外観(宮城県立子ども病院広報室より提供)

図3 院内エレベーター

測定1億件目となられた阿部様は、看護師として入職され、10年以上のキャリアを積まれたのち、手術部へご異動になられたことをきっかけに、ガラスバッジをお使いいただくようになりました。放射線業務に該当するものとして、主にエックス線を用いる透視撮影をしながらの手術や、心臓カテーテル検査に従事されているとのことでした。

阿部様へ測定1億件目に該当された旨をお伝えしたところ、「院内のメールで報告を受け、最初はということなんだろう？テーマパークの入場者のようなものかと感じ、驚きました。こういうこともあるのだなと思いました」とのご感想をいただきました。

この度は宮城県立子ども病院院長の虻川大樹様はじめ、応援に駆けつけていただいた職員の皆様にもご同席いただき、FBNews編集委員会委員長の小山から、阿部様へガラスバッジ測定1億件達成の感謝状・記念品を贈呈いたしました（図4・5）。



図4・5 阿部様へ弊社小山から記念品をお渡しする様子と、虻川院長を交えての記念撮影

今回の訪問のため、皆様にはお忙しいところ日程をご調整いただき、感謝申し上げます。

測定件数1億件という大きな節目を達成できたことに、これまでご使用いただいたすべてのお客様への感謝の意を強くするとともに、ますますのサービス向上に社員一同努めてまいりますのでございます。

今後とも末永くご利用賜りますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。

(文責：線量計測事業本部 藤崎和佳菜)

サービス部門からのお願い

測定依頼票が見当たらないときは…?

平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用くださいまして誠にありがとうございます。

測定依頼の際に同封をお願いしております「測定依頼票」は、「お届けのご案内」の右側部分にございます。ミシン目で切り離してご使用ください。

「測定依頼票」を紛失されたときは、次回分の「測定依頼票」をコピーし、ご使用期間を当該期間に訂正してご使用ください。「測定依頼票」の再発行は行っておりません。

コピーなどの方法が取れないお客様は、メモ用紙にご使用期間、線量計の返却個数を記入し、測定依頼してください。お客様のご理解とご協力をよろしくお願いいたします。

測定依頼票

ガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISの測定を依頼します。

事業所名 千代田テクノル診療所

部署名 放射線科

担当者名 千代田 太郎

電話番号 03-1234-5678

ご使用期間 **2026年6月1日～2026年6月30日**
2026年5月1日～2026年5月31日

※測定依頼される際には、返却されるガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISの個数をご記入くださいようお願いいたします。

返却個数(コントロールガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISを含む)記入欄 (X線用ガラスバッジには、コントロールガラスバッジはありません)		
ガラスバッジ	ガラスリング	DOSIRIS
5	66	1

返却個数を記入してください

ご担当者印またはサインをお願いします

編集後記

- 若葉が光を受けて輝く季節となりました。4月の慌たしさも過ぎ、ようやく呼吸が整うような心地がいたします。木々の緑は、ただ色づくだけでなく、見る者の心を静かに整えてくれるようです。
- 本号では、まずインドの高バックグラウンド地域における環境調査について、井上先生よりご寄稿いただきました。線量評価手法の限界や二次元線量評価の必要性に触れるとともに、インド・オリッサ州における環境放射線調査の実例が紹介され、その調査の魅力や意義について解説されています。自然放射線環境の理解は、放射線影響の基礎的知見を深めるうえでも重要であり、示唆に富む内容となっています。
- アスタチンを利用した核医学研究については、渡部先生にご執筆いただきました。アスタチンの需要が高まる中、研究推進の鍵となるのは安定した供給体制の確立です。大阪大学核物理研究センターの新棟稼働により量産化が進みつつあり、多施設治験や医薬品承認に向けた取り組み、さらには世界展開の可能性についても紹介されています。
- 学生応援企画では、北海道大学大学院獣医学研究院・安井博宣研究室をご紹介します。放射線生物学を基盤に、獣医学の強みを活かしながら医学へ還元可能な普遍的原理の解明を目指す研究が進められています。自らのデータと真

- 摯に向き合い、直感を信じ、ネガティブデータから新たな仮説を生み出す姿勢を大切にされている点が印象的でした。
- 中川先生の森林再生のコラムでは、原子力事故により広大な森林が残された帰還困難区域が取り上げられています。除染が困難なことから長らく課題とされてきましたが、国の方針改定により再生と活用の方向性が示され、実証事業やガイドライン整備が進められています。科学的根拠に基づく林業再開は、地域の復興と故郷再生の鍵として期待されています。
- 高橋先生の科学史の話題としては、アルバート・ギオルソらによるローレンシウム発見のエピソードを紹介しています。元素名はサイクロトロンを発明したアーネスト・ローレンスに由来し、加速器開発と原子力研究の歴史を象徴する出来事として知られています。
- さらに2025年11月には、ガラスバッジ測定の累計件数が1億件を達成しました。2000年のフィルムバッジからの切り替えから26年目の節目であり、宮城県立こども病院の阿部様が1億件目に該当されました。長年にわたりご利用いただいている皆様への深い感謝の意を込め、感謝状を贈呈いたしました。本誌が、放射線科学と社会をつなぐ小さな架け橋として、これからも皆様のもとに新たな知見を届け続けることを願っております。(福士)

FBNews No.593

発行日/2026年5月1日

発行人/井上任

編集委員/小山重成 小口靖弘 中村尚司 野村貴美 福士政広 青山伸 野島久美恵 藤森昭彦 川端方子
 篠崎和佳子 高橋英典 田谷玲子 東元周平 堀口亜由美 松本和樹 丸山百合子 牟田雄一

発行所/株式会社千代田テクノル

所在地/〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

電話/03-3518-5665 FAX/03-3518-5026

https://www.c-technol.co.jp/

印刷/株式会社テクノサポートシステム

記事に関するご意見や掲載希望の記事案については、こちらまでお送りください ctc-fbnews@c-technol.co.jp



—禁無断転載— 定価400円(本体364円)