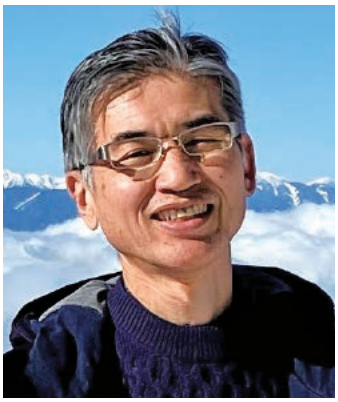
ナガセランダウア
NLだより
6
No.510
2020年6月発行

●トップコラム／東北大学 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター
放射線管理研究部 教授　渡部 浩司
●未踏の原子核世界を開拓する／〔シリーズ4〕
世界のRIビーム施設とRIBFのこれから
●ルミネスバッジラベルデザイン ご存知ですか？
●お願い／「登録変更依頼書」の日付の記入について
●お知らせ／第57回アイソトープ・放射線研究発表会
●お知らせ／日本保健物理学会「第53回 研究発表会」

トップコラム 222



渡部 浩司

体内の薬の動きを探る－未来を予測する放射線

本原稿は3月に書かれているが、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が世界的な広がりを見せ、その影響は計り知れない状況となっている。この記事が出る6月には収束していることを祈りたい。9年前の福島第一原子力発電所事故を経験し、「正しく恐れる」ことの大切さを深く学んだ我々、放射線に携わる者こそ、今回のコロナウイルス禍に対して落ち着いた行動に徹すべきであろう。

本稿では、放射線管理とは離れて、私が長年、研究に関わってきた核医学における薬物動態解析法について紹介したい。ご存知の通り、PETやSPECT装置を用いた核医学診断では、被検者に極微量の放射性薬剤を投与し、それから放出される放射線を多数の放射線検出器で測定することにより体内の放射性薬剤の分布を知ることができる。例えば、[F-18]FDGはがん細胞にたいへんよく集まる。[F-18]FDGを投与後しばらくして、[F-18]FDGが集まっている様子をPET装置で画像化することにより、がんがどこにあるのかを一見して診断できる。核医学画像には2つの利点、超高感度と絶対定量性がある。原理的に1個の放射線の測定から1個の原子核の場所が特定できる（実際は画像化するためには相当な統計が必要であるが）（超高感度）。そして、検出された放射線の数が原子核の数、その原子核を含む分子の数を反映している（絶対定量性）。この2つの利点のおかげで、体内における薬剤そのものの動きを捉える技術が発展した。それが核医学における薬物動態解析法である。薬物動態解析法では、放射性薬剤の体内における時間的な動きを、コンパートメントモデルと呼ばれる数学モデルで表す。薬剤の動きを複数のコンパートメントの要素に分解し、コンパートメント間の速度定数を実データと比較することにより推定する。一度、速度定数（せいぜい4個程度）が求められれば、入力関数と呼ばれる血液中の放射能濃度の時間変化を表すカーブと、速度定数で、その薬剤が体内に投与された後、任意の時刻における組織内の薬剤量が予測可能である。まさしく放射線から未来を予測できる技術と言える。しかし、現在、被検者の負担軽減や医療経済的に検査のスループットをあげる必要性から、ある時刻の薬剤分布のみを撮影する核医学検査がほとんどとなり、薬物動態解析を行うケースはごく限られた研究分野に留まっているのが現状である。

2016年、ドイツからAc-225の劇的な治療効果が報告され、α線を用いた治療薬に大きな期待が寄せられるようになり、世界各地でα線治療薬の研究開発が盛んとなっている。日本国内では、本邦初のα線治療薬、Ra-223をラベルしたゾーフィゴが2016年に承認され、全国でα線治療薬が使われるようになってきており、さらに、加速器による製造が容易なAt-211を用いた薬剤開発も急ピッチで進んでいる。α線は高LETの放射線で極めて治療効果が高い。その一方、核医学治療の場合、いくら特異性の高い薬剤であっても、正常組織への集積は避けられず、正常組織に集まったα線放出核種による正常組織へのダメージも大きい。

そのため、治療効果を最大限にし、なおかつ、正常組織へのダメージを最小限に抑えるためには、薬剤の時々刻々の体内分布の予測が重要である。α線核医学治療に加え、加速器中性子源によるボロン中性子捕捉療法（BNCT）は日本が世界に先駆けて開発を進めている治療法であり、ここでもボロン薬剤BPAの時々刻々の生体内分布を知ることが治療効果を決める重要なファクタである。そして、私は今後、枯れた技術であった薬物動態解析法が、これら新しい治療法において重要な役割を担うことになると考えている。治療薬の動態を予測することが、患者のQOLを決め、未来を予見する力を持っている。

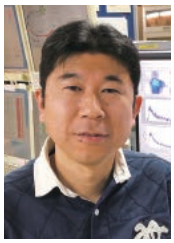
わたべ ひろし（東北大学 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター 放射線管理研究部 教授）

プロフィール●1967年静岡県沼津市出身。1995年東北大学大学院原子核工学科博士課程修了後、国立循環器病センターに勤務。1993年には英国ハマースミス病院、1997年～1999年には米国NIHに留学しPET研究に従事。2009年から大阪大学でPET分子イメージングセンターの立ち上げ・運用に関わる。2013年に東北大学に異動、現在に至る。放射線管理の業務を行いつつ、核医学装置の開発、薬物動態解析、放射線被ばくの研究を行う。

未踏の原子核世界を開拓する

〔シリーズ4〕世界のRIビーム施設とRIBFのこれから

理化学研究所 仁科加速器科学研究センター RIビーム分離生成装置チーム 福田 直樹



RIBFは2007年の稼働開始以降、約200個の新しい原子核を発見し、核図表を飛躍的に拡大してきました。2020年現在もRIBFは世界にある他施設の100～1000倍のRIビーム生成能力を誇っています。一方、欧米亜では、RIBFを超える性能を目指して新施設の建設が進んでいます。最終回となる今号では、その中からRIBFと同様のRIビーム生成手法（飛行分離型）を採用するRIビーム生成施設を紹介します。最後にRIBFのこれからについてもお話しします。

1. 世界で建設が進む新しいRIビーム生成施設

ここでは代表的な5つの施設を紹介します。図に施設の所在地、加速器から供給されるウランビームのエネルギーと強度、生成されるRIビーム（例としてスズ132ビーム）の強度を示しました。欧州ではFAIR[1]の建設が2025年の稼働開始を目指して進められています。欧州国を中心とする11ヵ国が参加する国際協力のもと、ドイツの重イオン研究所（GSI[2]）敷地内に建設されている加速器施設群です。FAIRの特徴はRIビームのエネルギーが群を抜いて高いことです。これはタングステンや金などの重元素ビームの生成分離においてとても有利です。（理由は割愛します。）FAIRでは、この利点を活かして質量数が200近傍の中性子過剰な重元素を生成し、r過程の全貌解明を目指した研究が行われる予定です。米国では、史上最大強度の重イオンビームの供給を目指したFRIB[3]が建設されています。現存のRIビーム生成施設NSCL[4]を運営しているミシガン州立大学の敷地内にあります。大強度を利用した核図表のさらなる拡大に期待がかかります。こちらは2022年の稼働開始に向けて建設の最終段階に入っています。一方、アジアでも2つの新施設の建設が進められています。中国のHIAF[5]と韓国のRAON[6]です。HIAFは既存施設内に設置される前出の2施設とは異なり、恵州（けいしゅう）市の全く新しい敷地に建設されています。FAIRと同様にRIBFよりも高いエネルギーのRIビームを供給することが可能です。2025年に稼動を開始する予定です。RAONは韓国では初めてとなる大規模加速器施設で、大田（テジョン）広域市で建設が進められています。飛行分離型のRIビーム生成とISOL[7]型と呼ばれる別方式の生成法を組み合わせるユニークな手法で稀少原子核のより効率の良い生成を目指しています。RIBFにこれら2施設が加わり、今後のこの分野におけるアジアの活躍が期待されています。

建設中の飛行分離型RIビーム生成施設

施設	所在国	ウランビームのエネルギー（光速に対する割合）	ウランビームの強度	スズ132の強度
RIBF	日本	68%	6×10^{12} 個/秒 †)	2×10^{8} 個/秒
FAIR	ドイツ	92%	3×10^{11} 個/秒	10^{7}～10^{8} 個/秒
FRIB	米国	57%	5×10^{13} 個/秒	10^{8}～10^{9} 個/秒
HIAF	中国	84%	～10^{11} 個/パルス	～10^{6} 個/秒
RAON	韓国	57%	5×10^{13} 個/秒	10^{8}～10^{9} 個/秒

†) 現施設の最終目標値。現在はこの値の約10分の1。

図 現在建設が進められている世界各地の飛行分離型RIビーム生成施設

2. RIBFのこれから

RIBFではビーム強度を現在の約10倍に増強すべく、加速器システムの高度化が進められています。BigRIPSでは装置の高度化に加え、新領域の（これまでに生成実績のない）RIビーム生成に取り組んでいます。その一つが質量数200付近の重いr過程元素（タングステン200など）の生成です。世界に先駆けてこれらの原子核を生成し、質量や寿命の測定を通して元素の起源の解明に挑みたいと考えています。また、BigRIPSでは2段階RIビーム生成法と呼んでいるRIビームの新しい生成手法の開発にも取り組んでいます。生成された中性子過剰な原子核（RIビーム）をもう一度標的と衝突させることでより中性子過剰な原子核の生成を目指しています。こうした高度化や開発により、近い将来RIBFではさらに約100種類の未知の原子核（新同位元素）の生成が可能になると考えています。

最後に。4号にわたりRIBFで展開される核図表拡大への取り組みを紹介させていただきました。本シリーズでは触れませんでしたが、超重元素の合成では、119番、120番元素の合成への挑戦が既に始まっています。新同位元素の発見、ニホニウムに続く新元素の合成など、これからのRIBFの成果にご注目ください。お付き合いいただき、ありがとうございました。

1) FAIR：Facility for Antiproton and Ion Research in Europe
2) GSI：GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung
3) FRIB：Facility for Rare Isotope Beams
4) NSCL：National Superconducting Cyclotron Laboratory
5) HIAF：High Intensity Heavy-ion Accelerator Facility
6) RAON：Rare isotope Accelerator complex for ON-line experiments
7) ISOL：Isotope Separation On-Line

Luminess

ルミネスバッジラベルデザイン ご存知ですか?

ルミネスバッジは、“和風”、“ライン”、“無地”の3種類のデザインを取揃え、選択いただくことができます。また毎月異なる色合いや柄などの豊富なバリエーションにより、線量計の利用者だけでなく、バッジに目を留める周囲の方々にも、親しみや楽しさを感じていただければ幸いです。

今号では各デザインの構成に加え、本年4月～6月の和風デザインにまつわる事柄を紹介し、改めて皆様に関心を寄せていただく機会となりますことを願っております。

◆和風デザイン

季節の花をモチーフにした12種類と季節のイベントを連想させる12種類のデザインをご用意。和風デザインをお選びいただくと、2年間毎月違うデザインをお楽しみいただけます。

◆ラインデザイン

月毎に背景色が変わるラインパターンを2種類ご用意。シャープなイメージに仕上げました。右下にルミネスバッジのロゴをあしらっています。

◆無地デザイン

月毎に背景色が変わるデザイン。飽きのこない、どんな場面でも溶け込めるシンプルさがポイントです。右下にルミネスバッジのロゴをあしらっています。

4月のラベル

クローバーは和名で白詰草(シロツメクサ)と呼ばれるヨーロッパ原産の植物です。見つかる確率は約1/10万とも言われ、四つ葉の葉脈が十字架を連想させることから、幸運の象徴とされています。見つけたら幸運がもたらされるということですね。

5月のラベル

中国の「鯉が滝を登りきると龍になる」という登竜門伝説に因み、我が子の健康と立身出世を願い「鯉のぼり」を江戸中期頃から揚げるようになりました。

6月のラベル

雨傘（洋傘）は1750年頃イギリスのジョナス・ハンウェイが、防水加工の傘を雨具として使用した事が始まりと言われ、傘の持ち手をステッキ状にしたことで爆発的に広まったようです。日本には1804年頃渡来しました。

※ご注意ください！

・着用者毎にデザイン（和風、ライン、無地）の設定はできません。
・月毎のデザイン（和風、ライン、無地）変更はご遠慮ください。
・選択したデザインの中から特定月のみのデザインの選択はできません。
お申込みのタイミングによって、デザインの切替えには2ヶ月ほど要します。

ご意見、ラベルデザイン変更についてのお問い合わせ

Tel.029-839-3322　Fax.029-836-8440
ホームページ https://nagase-landauer.co.jp
“ご意見・お問い合わせ”からお進みください。

お願い　「登録変更依頼書」の日付の記入について

〔お問い合わせ：お客様サポートセンター〕
Tel.029-839-3322　Fax.029-836-8440

着用者の追加や取消のご連絡の際、「登録変更依頼書」にご記入いただいておりますが、「着用開始日」、「着用取消日又は変更日」欄に日付が記入されていないことがございます。

ご記入がない場合、何月分からのバッジを追加あるいは取消または変更すればよいのか判断がつきかねますので、**着用開始日・終了日・変更日**を必ずご記入ください。

なお、着用期間の開始・終了・変更日の記載日は右記の通りとなります。

	記載日
着用開始日	○月1日
着用終了日	○月末日
着用変更日	○月1日

登録上、着用期間内での月途中の取消・変更はできませんのでご注意ください。

お知らせ

第57回 アイソトープ・放射線研究発表会

会　期　2020年7月7日(火)～9日(木)
会　場　東京大学弥生講堂、他
（東京メトロ南北線「東大前」駅より徒歩1分）
参加費　（Web要旨集含む）
事前登録7,000円、当日登録9,000円、
学生無料
主　催　（公社）日本アイソトープ協会
◆一般発表（口頭およびポスター）約170題
◆特別講演（2題）
◆パネル討論（2題）
その他、様々な企画をご用意しております。
詳しくは、本研究発表会特設Webサイトをご覧ください。
https://confit.atlas.jp/guide/event/jrias2020/top

【お問い合わせ先】
第57回アイソトープ・放射線研究発表会事務局
（日本アイソトープ協会内 学術振興部学術課）
TEL 03-5395-8081
E-mail　happyokai@jrias.or.jp

皆様のご来場をお待ちしております。

＊企画内容は予告なく変更になる場合がございます。

日本保健物理学会「第53回 研究発表会」

大会長：山西弘城（近畿大学原子力研究所）

Web開催に変更

第53回研究発表会は、大阪にて開催すべく準備を進めておりましたが、昨今の新型コロナウィルスの影響を考慮し、オンサイト会議を取りやめ、Webにおいて大会を開催とすることで準備を進めております。

奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

◆開催期間：
令和2年6月29日～6月30日
（シンポジウム ライブ講演・討論）
◆参 加 費：
未定（学会員に限り聴講、閲覧のみの参加は無料の予定）
◆お問い合わせ：
日本保健物理学会第53回研究発表会 事務局
近畿大学原子力研究所 内
E-mail：jhps53@jhps.or.jp
◆詳しくはホームページをご覧ください。
http://www.jhps.or.jp/jhps53/index.html

日を追うごとに明るい時間が長くなり、夏の気配を感じるようになりました。夏の暑さに打ち勝つために皆さんはどのような対策をされていますか？

日本には夏の暑さを払いのけるという意味の暑気払いという言葉があります。暑気払いと聞くと職場や友人との宴席を思い浮かべますが、暑くなると食欲がなくなったり、体調を崩してしまったりすることから、冷たい食べ物や飲み物で体を冷やしたり、海や川に入って暑さを凌いだりしたことが始まりのようです。また、土用の丑の日などと違い、日にちを特定せず「暑い時期」に行うそうです。

涼しい夜風に吹かれながら屋上ビアガーデンで飲む冷た～いビールが、私にとって、夏の暑さを払う最高の武器です（笑）。

（M.I.）

長瀬ランダウア㈱ホームページ・Eメール
https://www.nagase-landauer.co.jp
E-mail：mail@nagase-landauer.co.jp

■当社へのお問い合わせ、ご連絡は
本社 Tel.029-839-3322　Fax.029-836-8440
大阪 Tel.06-6535-2675　Fax.06-6541-0931

NLだより　No.510
2020年〈6月号〉
毎月1日発行　発行部数：40,200部

発　行　長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686
茨城県つくば市諏訪 C22 街区 1
発行人　的場 洋明