



世良 耕一郎

小型加速器は世界を救う

30年ほど前までは、加速器はごく一部の研究者のためのツールでしたが、その後の陽電子核医学(PET)専用小型サイクロトロンの普及により、一般の方々にも身近なツールとなりました。小型加速器のエネルギーは、臨床診断・研究や基礎医学研究に加え、イオン注入等の工学利用、また種々の分析手法等に応用可能なため広く使われています。ところが全国で150台を超えるPET専用小型サイクロトロンの殆どがPET以外には使われていません。

我々はPET専用小型サイクロトロンのエネルギーを1/4に落とすことに成功し、イオン励起X線分析法(PIXE)の全国共同利用を25年以上にわたり提供してきました。PETのためのRI製造には1日1~2時間の稼働でよいため、一日の大半はPIXEを行い、加速器を有効に使うことができます。次に「全国共同利用」を成功させるための鍵となるのは、「優秀なユーザーの開拓」です。我々はuser friendlyな環境の確立に加え、試料を選ばない「全ての試料の定量分析」を可能とする一連の方法を開発し、この施設のみの利用で研究課題を完結できるという、所謂「one-stop center」の実現を目指しました。

その結果、25年間の共同利用を通し、臨床・基礎医学、歯学、獣医学等の生命科学、地質・鉱物学等の地球科学、考古学、文化財保護学、分析化学、木質化学、森林学、海洋生物学・水産学、農学など多岐に及ぶ研究成果が挙げられました。僅か1 μ gの生物試料の定量分析法も開発され、患者さんから生検針で採取された数 μ gの臨床検体の分析も研究・診断に応用されています。さらに生きたままの動植物の定量分析も可能になり、また重元素主体の鉱物学・材料工学試料等の高感度分析法も開発されました。それらに加え、

- トップコラム／岩手医科大学 医歯薬総合研究所 高エネルギー医学研究部門 教授、サイクロトロンセンター センター長 世良 耕一郎
- ラジオアイソotopeを利用した核医学/[その3] Theranosticsと治療薬への応用
- スーパー・カミオカンデのこれまでとこれから/[シリーズ1] スーパー・カミオカンデとは
- お願い／登録変更依頼書について
- ご案内／非密封RI運用管理システム「RIMA®」

我々のPIXEの特徴は「生活密着型」・「問題解決型」の研究に力を入れている点であり、宝石、羽毛、米等の産地偽装問題、食品や学校給食中の異物の判定などの現実的な問題も手掛けられています。

我々が最も力を入れているのが環境問題です。大気・水圈・地圏いずれも多くの課題で研究が行われ、中でも「one-stop center」であることが最も威力を發揮する課題は、「アジアにおける有害元素による広域的環境汚染問題」です。水銀・ヒ素・フッ素の三大汚染元素のみで2億人近くの中毒患者を生む最も深刻な環境問題の一つです。国連など多くの機関が調査研究を行いましたが、問題解決への進展はありませんでした。なぜなら、問題解決のために必要な「あらゆる試料の定量分析」が可能な施設がなく、また途上国においては複数の施設を利用するすることは不可能なため、one-stop centerの協力が問題解決には不可欠だからです。

汚染源や汚染拡散経路の同定、汚染実態の把握のために、鉱石・土・尾鉱・地下水・河川水・植物・農作物・浮遊粉塵・タール・重金属を吸収する地衣類や苔等、多種試料の分析が必要であり、それが可能なのは我々の施設のみです。また人体曝露の実態把握のためには、人々から採取される毛髪・尿・爪・血液などの分析も不可欠であり、毛髪に関してはアジアの人々から採取された4万以上の試料分析を行ってきました。人体曝露評価の広域的かつ経時的実態調査のためには膨大な数の試料分析が要求されますが、我々独自の「無調製毛髪試料の定量分析法」により、1日に100以上の試料の分析が可能となりました。そのような多数試料を処理可能なのは我々の施設のみ、というのが実態です。

現在まで14万以上の試料分析を行い、多分野において多くの成果が上げられてきた我々の施設は、本年3月に閉鎖されました。今後、我々の果たしてきた役割をどの施設が受け継ぐことになるのか…、アジアの環境問題はハノイ大学の加速器施設に委ねるべく技術を伝える計画です。国内のユーザーの研究継続のためには、国内候補施設を模索中です。小型加速器を用い燃え上がったPIXEの炎を、今後も灯し続けることが我々の願いです。

せら こういちろう (岩手医科大学 医歯薬総合研究所 高エネルギー医学 研究部門 教授、サイクロトロンセンター センター長)

プロフィール ●1981年3月東北大学理学部において学位取得(理学博士)、同大サイクロトロン・RIセンターに1990年1月まで勤務。同年2月より岩手医科大学サイクロトロンセンター(医歯薬総合研究所高エネルギー医学研究部門)勤務、同部門教授、同センターセンター長。専門は原子衝突物理学、加速器科学、PIXE。

ラジオアイソトープを利用した核医学

(その3) Theranosticsと治療薬への応用

日本メジフィジックス株式会社 総務人事部 アソシエイト 中村 壮一



1.はじめに

前号は、治療方針に影響を及ぼす治療効果の判定や新薬の性能評価にも核医学が利用されていることを紹介しましたが、放射性薬剤は病気の診断だけでなく、放射性薬剤そのものが治療薬にもなり得ます。今号は、事例を交えながら、これらについて紹介したいと思います。

2. RIを用いた治療薬と診断薬の融合 (Theranostics)

Theranosticsとは、Therapeutics(治療)とDiagnostics(診断)を融合させた造語で、個々の患者の病変の特徴を“診断”により捉え、最適な“治療”を選択するという考え方となります。

図1で示したとおり、候補となる患者さんに対して、診断用の放射性薬剤を投与し、治療薬の効果が期待される患者さんを選別します。その後、対象となった患者さんには、治療用の放射性薬剤を投与します。ポイントは、治療用と診断用で、集積に寄与する部分は同じ構造にしておくことです。例えば、抗体は抗原と結合しますが、抗原を認識する部位は、抗体の一部(可変領域)であると言われています。従って、抗体の抗原結合能に影響しない

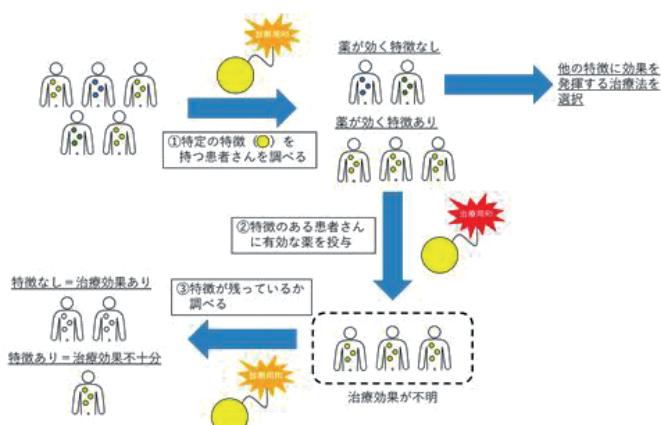


図1 RIを用いたTheranosticsの概念図

部分に、診断薬であればガンマ線(γ 線)を放出するラジオアイソトープ(RI)を、治療薬であればアルファ線(α 線)を放出するRIを結合させれば、「診断」と「治療」がより密接な関係となります。

治療薬用の放射性薬剤は種々ありますが、近年は α 線を放出する放射性薬剤の開発が注目を集めています。3

月号で少し紹介した通り、 α 線は強い電離作用を有しているため細胞殺傷能力が極めて高く、また、透過作用が弱く、放射線による影響範囲が小さくなるため、標的部位周辺の正常細胞に対する影響が小さいと言われています。この特性をうまく使えば、治療効果が高く、副作用の少ない治療方法となりえるのです。

α 線を放出する ^{225}Ac を用いたPSMA-617という化合物を転移性前立腺がん患者に投与したところ、全身に転移していたがん細胞が消滅し、前立腺がんの血液マーカーであるPSA値※1も著しく低値になることがKratochwil Cらにより2016年に報告されました(図2)※2。全身に分布

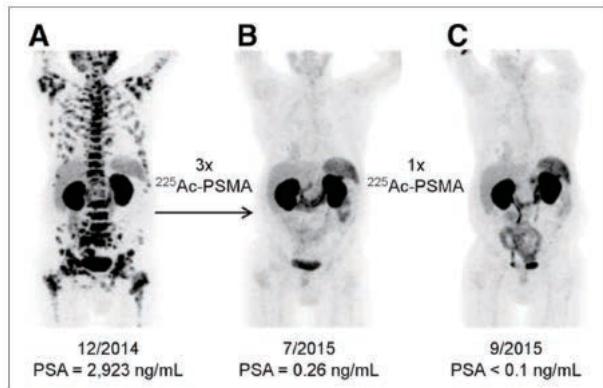


図2 前立腺がん特異的膜抗原 (Prostate Specific Membrane Antigen : PSMA) に特異的に結合する化合物を、診断用の放射性核種である ^{68}Ga で標識した化合物を用いて撮像された画像

している黒い点は、骨などに認められるがんの転移巣です。 $^{225}\text{Ac-PSMA-617}$ を投与することで、全身に転移していたがん細胞が消滅しており、PSA値も著しく低値になっています。

3.おわりに

3回にわたり、RIを利用した核医学について紹介してきました。放射線が発見されてから120年ほど経過しましたが、核医学でしかできないことがまだまだあると確信しています。核医学研究の更なる活発化により、核医学がより一層発展することを期待しています。

※1 前立腺特異抗原 (Prostate Specific Antigen) の略。前立腺がんや前立腺肥大などで血清中の濃度が上昇する。

※2 Kratochwil C et al., J Nucl Med. 2016 57:1941-1944.

スーパーカミオカンデのこれまでとこれから

(シリーズ1) スーパーカミオカンデとは

東北大学 ニュートリノ科学研究センター 教授 岸本 康宏



はじめに

皆さん、はじめまして。東北大学の岸本と申します。今回から5回のシリーズで、スーパーカミオカンデとニュートリノについて紹介することになりました。

どちらも皆さんにとってなじみの無いものかも知れませんが、なるべく平易にニュートリノとスーパーカミオカンデを紹介したいと思います。第一回の今回は、ニュートリノを見る装置、「スーパーカミオカンデ」について紹介します。

スーパーカミオカンデ実験の沿革

①カミオカンデ実験

スーパーカミオカンデ実験を語るには、その前身であるカミオカンデ実験から説明する必要があります。

カミオカンデ実験は、1983年に岐阜県飛騨市神岡の地下1,000mに設置された素粒子物理学実験のための装置です。非常に大きな装置で、3,000tの純水をたたえたタンク内に、合計で1,061本の光検出器を導入した装置です。

「Kamiokande(カミオカンデ)」と言う名は、実験装置の設置された「神岡」という地名の後に「陽子崩壊実験」と言う意味の英語「Nucleon Decay Experiment」を組み合わせて作られました。カミオカンデが計画された当時、「陽子崩壊」が最も注目を集めていたため、この名が付けられました。カミオカンデはその後改良を加え、ニュートリノの検出も可能となりました。

「ニュートリノ検出実験」を英語で書くと「Neutrino Detection Experiment」ですから、カミオカンデには新たな意味が加わりました。カミオカンデは、このニュートリノ観測で数々の成果を挙げました。最も重要な成果の1つは、世界で初めて、超新星爆発1987aからのニュートリノを検出したことです。この大発見の功績で、小柴昌俊特別栄誉教授にノーベル賞が授与されました。

②スーパーカミオカンデ実験

スーパーカミオカンデ実験は、この大成功を収めたカミオカンデ実験の後継者としてスタートしました。1991年に建設が始まり、5年に亘る建設作業の後、1996年4月に観測がスタートしました。スーパーカミオカンデは、カミオカンデと同じ山の地下に設置されています。では、カミオカンデとの違いは何でしょうか。スーパーカミオカンデでは、直径39.4m、高さ41.4m

の円筒形タンクの中に、実に50,000tの超純水を導入しています。カミオカンデの3,000tに比べ、1桁以上大きな装置で、世界最大の地下実験装置です。**図**に両者のミニチュアモデル写真を載せました。「スーパー」である点は、大きさだけではありません。大型化し、低雑音化することによって、測定感度も大幅に向上了しました。この点が最も「スーパー」な点です。

2001年11月、光電子増倍管の約半数が破損してしまう、という事故がありました。しかし、共同研究者たちは、当時、神岡施設長で、スーパーカミオカンデ実験代表者の戸塚洋二先生の強力なリーダーシップの下、不屈の意志で2002年10月に復活を遂げました。このような事故からわずか1年足らずで復旧した理由は、全国から集まった学生ボランティアの活躍と共同研究者たちの熱意だと思います。このような点もスーパーカミオカンデが「スーパー」と言うに相応しい実験装置であると考えています。

スーパーカミオカンデ実験の役割

このスーパーカミオカンデ実験ですが、その目的は何でしょうか。前身のカミオカンデでは、超新星爆発によるニュートリノの他にも、後に重要な成果となる兆候をいくつも捉えていました。最も重要なものは大気ニュートリノ振動でした。後に2016年の梶田隆章東京大学卓越教授のノーベル賞へと繋がります。

カミオカンデからスーパーカミオカンデに託された重要な研究を列挙してみましょう。1つは、ニュートリノの性質の全容解明です。2つ目はニュートリノによる天体现象の観測で、3つ目は陽子崩壊の発見です。ニュートリノは他の粒子と異なり、非常に不思議な性質を持っています。この不思議な性質を調べることで、素粒子というミクロな世界を記述する理論を実験的に検証します。3つ目の陽子崩壊の探索も、この方向の実験です。2つ目のニュートリノによる天体现象の観測は、宇宙という、多様でマクロな世界の研究です。

「ミクロ」と「マクロ」、「素粒子」と「宇宙」。多くの役割を果たすべく、スーパーカミオカンデは建設され、世界最先端の実験装置として活躍しています。

図の脚注：スーパーカミオカンデ（左）とカミオカンデ（右）の大きさの比較。

これらは東京大学宇宙線研究所6階にある1/135サイズの模型の写真です。円筒内の小さい球形1つ1つが光電子増倍管と呼ばれる光センサーで、直径が約50cmもあります。光電子増倍管は70cm間隔設置しています。この間隔からスーパーカミオカンデがどれほど大きいかが分かるでしょう。



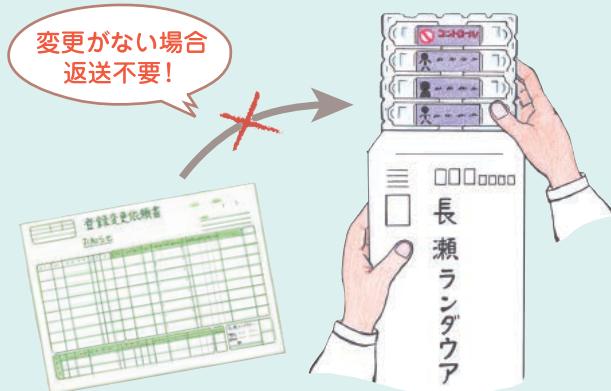
図 スーパーカミオカンデ(左)とカミオカンデ(右)

お願い

登録変更依頼書について

(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

「登録変更依頼書」は、バッジのご着用者に変更が生じた場合の連絡をご利用いただいております。登録内容に変更がない場合、「登録変更依頼書」を当社にご返却いただく必要はございません。また、着用済みバッジは輸送中の衝撃から保護するため、専用トレーに入れてご返却くださいますよう併せてお願ひいたします。



ご案内

非密封RI運用管理システム

RIMA®

RIの受入、使用、廃棄をはじめ、業務を幅広くサポートする本格的RI運用管理システム

RI(ラジオアイソトープ)を取り扱う事業所は、
常に法的に厳しい管理を求められています。

RIMAは非密封RIの利用者が、使用や廃棄等のデータを直接入力することで、減衰計算も考慮したデータ集計をリアルタイムに行うことができます。

そのため記帳にかかる業務が大幅に効率化するとともに、適正な在庫管理を実現することができるため、管理業務の改善に威力を発揮します。

またオプション機能が豊富にあり、お客様の使用環境に合わせたカスタマイズ対応も可能です。

RIMAには様々な運用に対応してきた実績があります。

お問い合わせ：営業課 Tel.029-839-3322



いよいよ、約30年間慣れ親しんだ“平成”が終わりを迎えます。この号が皆様のお手元に届く頃には、次の元号が発表になっていることと思います。

この記事を書くにあたって、改めてこの長い年月に起きた出来事をさらってみました。中には、ベルリンの壁崩壊(翌年東西ドイツ統一)、消費税導入、アパルトヘイ

ト撤廃(南ア)、「クイズダービー」番組終了、USJ開業など…とにかく挙げればきりがないですが、中には「あれ、これも平成だったの?」と感じるような、感覚的には遠い昔の出来事もありました。

来年には東京オリンピックが開催されます。是非とも、次世代を担っていく子どもたちにとって明るい時代になってほしいと願います。

(S.A.)

長瀬ランダウア(株)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.497 2019年(5月号)

毎月1日発行 発行部数：39,400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

的場 洋明