



Photo Junichi Mori

Index

核医学治療の将来……………	絹谷 清剛	1
〔コラム〕 30th Column 【国連科学委員会と小児甲状腺がん】……………	中川 恵一	10
看護職のための眼の水晶体の 放射線防護ガイドラインの紹介……………	堀田 昇吾・太田 勝正	11
図説 量子ビーム・放射線利用 －第11回 放射線測定は考古学である（その3）－ ……	岡田 漱平	13
放射線個人線量測定機関の認定範囲拡大 DOSIRIS [®] （眼の水晶体用線量計）が認定範囲に追加されました ……		17
令和3年度 放射線取扱主任者試験施行要領……………		18
〔サービス部門からのお願い〕 測定依頼票のご記入のお願い……………		19

核医学治療の将来



絹谷 清剛*

序—私が核医学、それも治療を専門にすることになった理由

1985年8月の暑い夜、私は医学部6年生で殊勝にも勉強をしておりました。22時ころであったと思いますが、部活動（ラグビー部）の先輩から電話が入りました。病院の近くの某飲み屋にいるからビールを飲みに来いと。その際、はんこを持ってくるようにというのです。うぶな私は、冷たいビールに惹かれフラフラと当該の店に出向いたのであります。待っていたのは、すべてラグビー部OB兼核医学診療科医師であり、悪性リンパ腫の闘病叶わず昨年黄泉国に旅たれた瀬戸幹人先生（1981年卒）、後年油野民雄先生が旭川医大放射線科教授に就任された際に請われて同医大に赴任することになる秀毛範至先生（1985年卒、現社会医療法人孝仁会 釧路孝仁会記念病院 高度検診センター・PETセンター長）、核医学教室出身なのに神経MRIに鞍替えした大場洋先生（1985年卒、現帝京大学放射線科主任教授）の三氏でした。しこたまビールを飲んだタイミングで、三氏のうちの誰であったか記憶にありませんが、テーブルのペーパーナプキンにおもむろに、“私は核医学に入ります”と書いて、ここにはんこをつくようにというではありませんか。へ？次の日に

話だけでも聞きに来い、というので、まあ、酒の上でのことなのだと思います、面白おかしく判を押したのであります。

翌日正午、核医学教室医局にのこのこと出かけていくと、先輩たちが待っているのかと思いきや、久田欣一初代金沢大学核医学診療科教授がお一人待っておられました。さて、そこから“絹谷君、モノクローナル抗体（当時、久田先生はモノクローナル抗体とっておられました）というものを知っているか？”の第一声のあと、不勉強な私（ちなみにこのタイミングまで核医学の講義は全部サボっており、一回も出たことはありません）の“はあ、それはなんですか？”の返答を機に、マンツーマンで講義が始まったのです。当時の時代背景を少し説明します。当時は、抗体創薬の第一期ブームの真っ盛りで、核医学の分野ではポリクローナル抗体からモノクローナル抗体にシフトし^{99m}Tc、¹¹¹In、¹³¹I、⁹⁰Y標識体でシンチグラム撮像、実験的治療が世界中で行われていたのです。ミサイル療法などというアナクロな表現がされていました。（学術的にはradioimmunotherapy、RIT、放射免疫療法という用語が使われていました。私は1988年のSNM（Society of Nuclear Medicine）で国際学会デビューをしましたが、当時は抗体のセッションが毎日どの時間帯にもあり、同じ時間帯

* Seigo KINUYA 金沢大学医薬保健研究域医学系核医学 核医学診療推進国民会議

に並列でもあるという時代でした。) 久田先生曰く“うちの医局でも開発中だ。明日にでも臨床応用ができる”。かれこれ一時間は経過したでしょうか。当時の研究棟にはエアコンなどなく、真夏の暑い時間帯。前夜の深酒で二日酔いの私は、一刻も早くこの場を離れて吐きたいとの念が、どうやってお断りしようかという思いに打ち勝ってしまい、“よろしく願います”とってしまったのでした。

当時、脳、心臓、腫瘍の3つが核医学教室

の主なテーマでしたが、上記のようなことで1986年に入局した私は、希望を問われることなく腫瘍グループ(油野先生、小泉潔元東京医科大学教授、横山邦彦現白山石川医療企業団副企業長兼公立松任中央病院PETセンター長、渡辺直人現金沢医科大学放射線科教授、秀毛先生など)の一員になっておりました。確かに甲状腺未分化癌に対する¹³¹I標識抗体の基礎研究をやっており、¹¹¹In-ZME018(抗メラノーマ抗体、1986年)、¹¹¹In-ZCE025(抗大腸癌抗体、1988年)

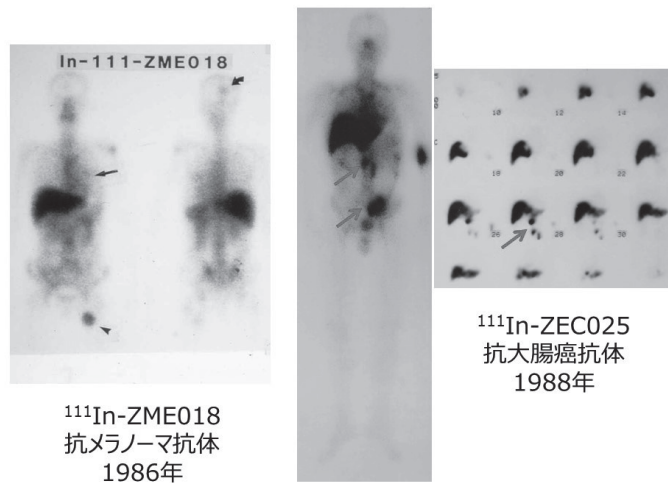


図1 1980年代に実施された¹¹¹In標識抗体による放射免疫シンチグラフィ 矢印は病巣。

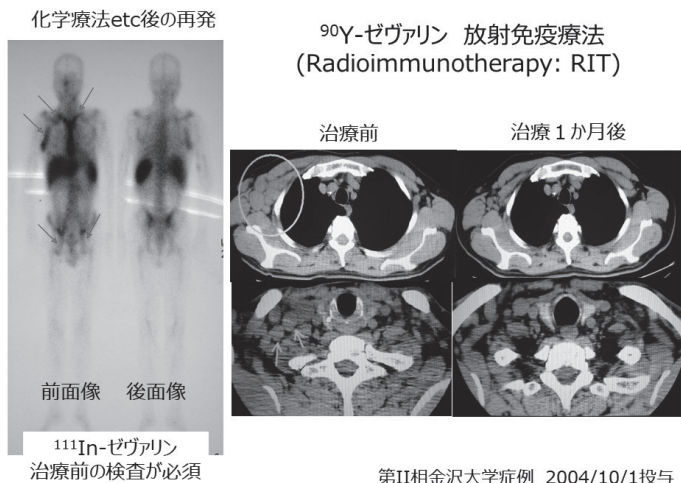


図2 第2相治験における⁹⁰Y-Ibritumomab tiuxetan (Zevalin®) 治療例

の企業治験（帝人）（図1）を行ったりと、開発が進行しているようではありませんでした。しかし、実際にradioimmunotherapyがルーチンで使用されるまでには、抗体のキメラ化・ヒト化、標識の安定化等々の複数のハードルが存在し、その解決に時間がかかり、最初に承認薬とし臨床応用されることになるB細胞悪性リンパ腫に対する⁹⁰Y-Ibritumomab tiuxetan(Zevalin®)の登場を待つことになります。米国承認は2002年、我が国承認は2008年です（図2）。私が核医学

に入って20年が経過していました。やれやれ。久田先生にまんまと騙されました。

序—その2

失礼を承知で敢えて申し上げますが、神経内分泌腫瘍に対する¹⁷⁷Lu-DOTATATEによるpeptide receptor radionuclide therapy (PRRT)(図3)¹⁾や前立腺癌の⁶⁸Ga/¹⁷⁷Lu/²²⁵Ac-PSMA (Prostate Specific Membrane Antigen)

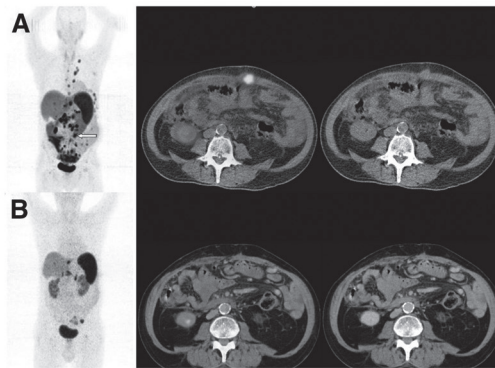


図3 神経内分泌腫瘍亜発性転移例における¹⁷⁷Lu-DOTATATE治療例
 A 治療前の⁶⁸Ga-DOTATATE画像。
 B 治療後。矢印は治療により消失した典型部位を示す。文献1から許可転載。

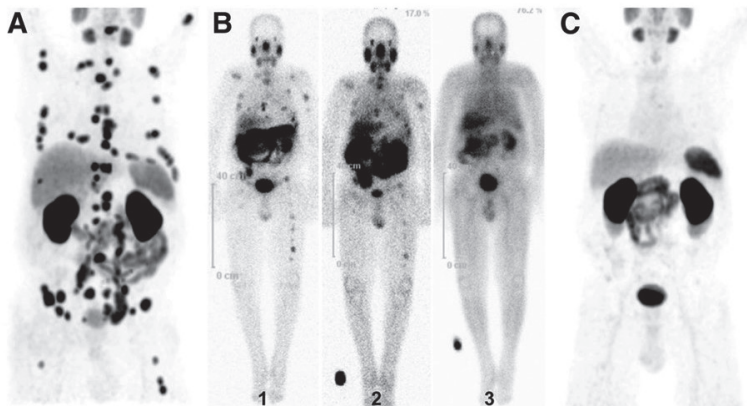


図4 前立腺癌多発性転移における¹⁷⁷Lu-PSMA治療例
 A 治療前の⁶⁸Ga-PSMA PET画像。
 B 3回の¹⁷⁷Lu-PSMA治療時の¹⁷⁷Luによるシンチグラム。
 C 治療後の⁶⁸Ga-PSMA PET画像。文献2より許可転載。

(図4)²⁾が注目を浴びるようになるまで、核医学治療に目を向けておられた人(特に企業人)は国内にどれくらいおられたのでしょうか? もちろん、基礎研究を一生懸命やっておられる放射性医薬品メーカーやアカデミアの先生たちが多くおられるのを知っている上での愚痴です。PRRTやPSMAの開発に、どれくらいの期間がかかったのか、皆さん認識されておられますか。PRRTはシングルフォトン製剤によるソマトスタチン受容体シンチグラフィ開発から、¹⁷⁷Lu-DOTATATEのEU、FDA承認に至るまで20年かかっています。PSMAも似たようなものです。これらの意義が証明されるにつれて、それまでこの分野に興味のなかった製薬企業が、次々と参入を始めています。この流れは非常に喜ばしく感じますが、放射性医薬品特有の我が国の(世界標準からいささか外れた)規制に関わる事柄故に、国内市場での開発をあきらめるのではないかと危惧しています。しかし、一般薬(いわゆる分子標的薬も含め)では、寛解導入がほぼ期待できない患者さんたちに、核医学治療で寛解導入が期待できること、あるいは核医学治療の奏率が現状の標準治療に比べ圧倒的に高いことは十二分に学ばれたかと思えます。企業の方々には、長期的な視野に立ってお考えいただきたいと思えます。

国内現状

国内でルーチン実施されているのは、¹³¹Iによる甲状腺機能亢進症・甲状腺癌治療、前述⁹⁰Y-Ibritumomab tiuxetan、²²³Ra塩化ラジウムによる去勢抵抗性前立腺癌骨転移の三つのみです。骨転移疼痛緩和に有用であった⁸⁹Sr塩化ストロンチウムは、供給が止まっており実施できません(現在、米国で再度供給の動きがあります)。PRRTの¹⁷⁷Lu-DOTATATEが

昨年8月31日に製造販売承認申請がされ、近々承認されることと期待しています。¹³¹I-MIBG悪性褐色細胞腫・傍神経節腫治療は、2000年ころより金沢大学を含めた全国4大学病院において自費診療で実施されてきました(これ以前にも1980年代後半に散発的に実施はされていましたが、製剤供給の問題から、長らく実施ができない状態にありました)³⁾。本治療は、先進医療Bを経て企業治験に連結され、それらのデータを統合した形で整理され、2021年1月28日に製造承認がされました。¹³¹I-MIBG小児神経芽腫治療も自費診療、先進医療を経て、医師主導治験が金沢大学で進行中です⁴⁾。願わくば、褐色細胞腫で承認を受けた後、神経芽腫では公知で承認されないかと考えています。P-カドヘリンといういろいろな癌腫で悪性度が上がったようなタイミングで発現する分子に対する⁹⁰Y-抗体の第1相企業治験が金沢大学で実施されています⁵⁾。前立腺癌の¹⁷⁷Lu/²²⁵Ac-PSMA治療の患者選択あるいは病期診断・経過観察に必要な⁶⁸Ga-PSMA PET診断の第1相医師主導治験が企業との共同で金沢大学で実施が開始されます⁶⁾。PSMA PET(⁶⁸Gaと¹⁸F)は、大阪大学、京都大学、東京医科歯科大学、北海道大学、福島医科大学で実施あるいは実施準備中で、少しずつ前進しつつあります。¹⁷⁷Lu-PSMA治療は企業治験の準備中の段階です。さらに、現状では守秘義務があるためにここに書くことは憚られますが、他にも複数の治療製剤の国内導入が複数の企業で企図されています。

以上は承認を具体的に見据えた動きですが、これら以外に次のようなものが検討されています(ごく一部の紹介です)。まず、非臨床のデータが出そろってきており、当局と臨床実施の議論がされている²¹¹At [NaAt]⁷⁾と²¹¹At-MABG(¹³¹I-MIBGの¹³¹Iを α 線核種の

^{211}At に置き換えたもの)⁸⁾の両 α 線製剤があります。前者は大阪大学、後者は福島医大/量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所で研究が進み、各々、 ^{131}I 不応性甲状腺癌、 ^{131}I -MIBG不応性褐色細胞腫・神経芽腫に期待が持てます。実のところ、これらの2剤の発想そのものは相当古くに海外であり研究されたのですが、うまく進まなかった経緯があります。それらが、国内の研究者の手で着々と進められ、臨床の手前まで来ていることに喜びを感じます。国内で ^{211}At が注目されるのは、これが国内の複数の施設で保有されている規模の加速器で臨床レベルの製造が可能であることにあります。他にも、 ^{211}At -astato- α -methyl-L-phenylalanine (癌細胞膜上に発現するアミノ酸トランスポーターLAT1により癌細胞に摂取)、 ^{211}At 標識抗frizzled homolog 10抗体(滑膜肉腫)、 ^{211}At -AITM (Metabotropic Glutamate Receptor 1をターゲット)、 ^{211}At -sigma receptor ligandなどが報告されています。PSMAで注目大となった ^{225}Ac は、国内現状では実験レベルの製造しかできませんので動物実験レベルですが、大阪大学のグループがドイツ・ハイデルベルグ大学と共同で ^{225}Ac -FAPI (fibroblast-activation-protein inhibitors)の報告をしています⁹⁾。癌病巣は癌細胞が固まっているのではなく、癌細胞の間隙に間質組織があります。間質に集まったfibroblastは活性化され、癌細胞の仲間に取り込まれ悪さをします。FAPIはこれに集積します。現在、この製剤の注目度が高まっています。 ^{68}Ga -FAPIによるPET画像が報告されましたが、非常に広範囲の癌腫にきれいに集積しています¹⁰⁾。またFDG PET画像と比べ正常組織のバックグラウンドが非常に低いため、良好な画像を呈します。したがって ^{68}Ga を治療用核種である ^{177}Lu あるいは ^{225}Ac に置換すれば、

多くの癌腫の治療が一製剤で可能となる期待感があります。

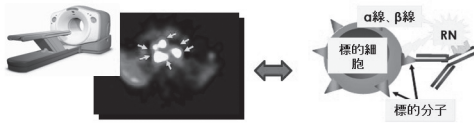
核医学治療が向かう方向

従来型開発は、PRRTやPSMAを考えればわかるように、ある癌腫に特異的な製剤開発であったわけですが、前項のFAPI、P-カドヘリン、LAT-1をターゲットとするものは、汎癌腫核医学治療とでもいう方向です。現在進みつつあるゲノム医療における癌治療は、単一癌腫に開発される製剤を用いるのではなく、製剤が標的とする遺伝子変異を有する腫瘍であればどの原発臓器でも関係なく利用できるものです。癌遺伝子パネル検査で患者毎に網羅的に遺伝子解析を行い適切な治療を施すものです。遺伝子情報に基づいたPrecision medicineの典型です。FAPIなどの理屈はゲノム医療のコンセプトとは異なるものの、癌腫横断的という点で同じです。

ここで重要になるのはいわゆるTheranostics (セラノースティクス) の概念です。この用語は元々Therapeutics (治療) とDiagnostics (診断) の二語を掛け合わせTheragnosticsという造語として作成されたものです。ニューヨークのBrookhaven National LaboratoryのDr. Suresh Srivastavaのグループが1992年に作ったのだと、ご本人がおっしゃっておられました。Srivastava先生はWARMTH (World Association of Radiopharmaceutical and Molecular Therapy)の元会長で、WARMTHの人たちがこの用語を用い始めたことで広がったのだと思います。したがって、今もWARMTH会員たちは、gが入ったTheragnosticsが正統なのだといっておられます。

核医学治療の最も大きな利点は、製剤の体内動態を可視化できることにあります。治療

“核医学セラノースティクス”



- 病巣集積の確認
- 定量化 (線量計算)
- 治療効果予測
- 治療効果評価
- 有害事象予測

図5 セラノースティクス概念

前に撮像用核種で病巣集積が確認できれば、治療効果発現の担保が取れます。つまり、遺伝子の発現分子を可視化することで当該遺伝子発現を覗いていることと同意になります。病巣可視化ができれば、患者選択、定量化による線量推定、線量推定に基づく効果予測、治療効果判定が可能です。異常な分布があれば、有害事象予測に繋げることもできます。これがセラノースティクスのざっくりとした概念です (図5)。

昨今の核医学装置の定量性向上により、線量計算の精度は以前より増していると思われます。2014年に発令されたEuropean council directive (欧州理事会指令) council directive 2014/59 Euratom (欧州原子力共同体)において、個々の患者の線量評価に従って治療計画を行い、実施時にはその線量を実際に評価すべきであるということを義務化しました。このような法的拘束がなくとも、核医学治療はセラノースティクスの謳い文句の元に線量評価を行う方向に向かっているのですが、いまだにルーチンで実施するに至っていません。理論的には実施可能であっても、医療者と患者の両者にとって煩雑すぎるのです。単純な病巣集積の有無だけであれば、一回の撮像で事足りますが、線量計算を行うためには、経

時的情報が不可欠です。放射性医薬品投与後、毎日撮像を行うために来院するのは患者にとって負担大ですし、病院にとってもマシタイム・医療従事者時間にとってやはり負担となります。また、 ^{68}Ga をdiagnosticsのカウンターパートに使うと、短半減期ですので治療時の線量計算に必要な経時的測定は困難です。ワンポイントで精度高い線量推定ができないかという報告はありますが、実際に応用するにはさらなる工夫が必要です¹¹⁾。しかし、この方向に向かわない限り、線量評価をルーチン化することは叶わないでしょう。

α 線の治療効果の大きさは、 ^{223}Ra が応用され始めたタイミングでは、 α 線の高い線エネルギー付与 (linear energy transfer、LET) に基づくDNA二重鎖切断で主に説明されていました。あるいは、高LET線では酸素分圧に影響を受けないことも理由として挙げていました。しかし、冷静に考えると、放射性医薬品にかぎらず薬剤の病巣内分布は著しく不均一で、照射を受けない病巣領域がかなり広く存在しますので、高LETに基づく高RBE (relative biological effectiveness) では説明しきれないのです。私は ^{90}Y -Ibritumomab tiuxetan治療対象の悪性リンパ腫患者で、 ^{111}In シンチグラムで病巣集積が乏しい、つまりは腫瘍線量が全く不足しているであろうという患者で著効 (寛解) した事例を、治験中に経験していました。数年前までは、これらの現象の解を、癌幹細胞との関連で考えていたのですが間違いのようでした。このような現象は、abscopal効果であるというのが現在の一般的理解です¹²⁾。一部の腫瘍細胞が破壊され、癌抗原等々の諸々の物質が血中に放出されることにより、我々の体内に本来あるがん免疫が強く動員された結果であるという考えです。1950年代から、多発転移巣を有す

る患者のある病巣に外照射を加えると、未照射病巣も縮小したとする事例が報告されてきました。がん免疫がよく理解されていない時代にはあまり顧みられなかったのですが、理解の深まりと免疫チェックポイント阻害薬の効果がわかるにつれ、実際にabscopal効果が生じているのだと理解されるに至りました。その結果、免疫チェックポイント阻害薬と放射線治療を含む種々の抗がん治療との併用が、とてつもないプロトコル数で試みられてい

ます。前立腺癌の巨大な再発巣を有する患者で、²²⁵Ac-PSMA治療により寛解に入っている事例(図6)をみると¹³⁾、まさにこれが生じているのであろうとしか思えません。また、²²³Ra治療でリンパ節転移巣まで縮小した事例が報告されており¹⁴⁾、真実であることにはや疑いの余地はありません。すでに核医学治療と免疫チェックポイント阻害薬の併用の試みが始まっています。将来の重要な方向であることは間違いないでしょう。

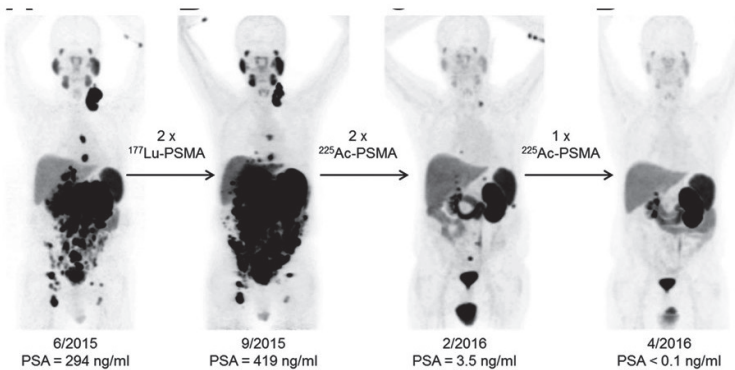


図6 ²²⁵Ac-PSMA治療例

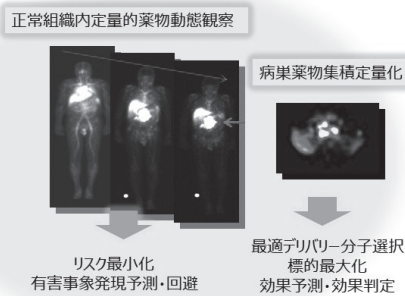
¹⁷⁷Lu-PSMAによる治療を2回受けたが、治療効果がなく増悪した。その後、²²⁵Ac-PSMAにスイッチし3回の治療で寛解となった。文献13より許可転載。

核医学治療をある患者で実施する第一の前提条件は、上記セラノースティクスによる患者選択の適応にあります。しかしながら、十分な線量が得られるであろう患者でも治療効果が十分にでないことは臨床経験されることです。放射線耐性の一言で片付けてよいのか、まだわかりません。少なくとも、何らかの遺伝的背景がこのような不応性にあることは間違いないでしょう。このような事柄に関わる情報をリキッドバイオプシーで得て、核医学治療と組み合わせで考える試みが始まっています¹⁵⁾。PRRTに、採血によるリキッドバイオプシー情報を取り込む試みです。私は10年ほど前からこのような概念をあらゆる講演で話していましたが(図7)、それが現実化してきました。

現行の個別化医療



核医学治療



Precision "Nuclear" Medicine

図7 核医学セラノースティクスと遺伝子検索による個別化医療の融合

考えるべき事

核医学診療は、医療法や薬機法のみならず、放射性同位元素等の規制に関する法律（RI法）や α 線核種に至っては原子炉等規制法（炉規法）などの複雑な規制下にあります。学会の種々のロビー活動や、厚労省に人材交流で頑張ってくれていた医師たちやアイソトープ協会から出向してくれている方々のおかげで、少しは整理されてきましたが、RI法に関する事柄はなお混沌としているようです。ここ数年発出された、第3期がん対策推進基本計画、がん診療連携拠点病院等の整備に関する指針に、核医学治療の文言が取り込まれたのは彼らの活躍の成果であり、感謝しています。新規製剤の国内導入のためには、今後も働きかけを継続する必要があります。

法的な問題よりもある意味難しい点は、放射性核種の国内製造です。今回の論点は核医学治療ですので、 ^{99}Mo 問題は割愛します。現状のように、治療用核種をすべて輸入に頼るのみで国内製造の道を開かなければ、種々のトラブルで予定された治療の延期ということにもつながります。実際、過去に火山噴火による航空路トラブルを ^{131}I -MIBG輸入で経験しています。数週間の治療の遅れは、医療従事者側からみれば患者予後にさほど影響しませんので、しかたないかと済ませることができますが、癌患者にとってはとてつもない心の負担をかけてしまいます。また、話題の ^{225}Ac は世界的に十分な供給量を満たしているとはいえない状況です。そのような中で、日本にも回してくれよといったところで、どうなるかわかりません。加速器保有施設は ^{211}At 製造に傾注していますが、各加速器で頑張っても将来のニーズを満たすのは到底不可能です。現在、放射性医薬品メーカーが ^{225}Ac の国内製造を企図し

てくださっていますが、世界に目を転じると、企業の努力で事をなしているのではないことに気付かされます。ヨーロッパではEuropean Commission⁸⁾、米国ではDepartment of Energy⁹⁾、オーストラリアではAustralia's Nuclear Science and Technology Organisation¹⁰⁾ が長年にわたって放射性核種生成の必要性を医師・研究者と議論を進めながら核種製造を行っています。カナダも国として医療用核種研究・開発を開始しました。核種製造には、原子炉・加速器などの大型装置が必須であり、アカデミアや企業のみでの自助努力で運営することはほぼ不可能でしょう。昨年、ある研究炉を医療用放射性核種製造に利用する要望を文部科学省に提出しましたがゼロ回答でした。強力なロビー活動が必須であると思われませんか？

そのためのプラットフォームの一つが、2016年12月に設立された核医学診療推進国民会議です。当時から海外にPRRTを受けに渡航される方が多くおられるため、その早期承認を当局に求めることが設立の主目的の一つとしてありました。2017年1月に承認に関連する厚生労働省各部署に要望書を提出しました。当初の目論見では、欧米で承認されれば、第1相治験で安全性を確認して承認に向かいたいということであったのですが、第2相で有効性も評価するようになるということで時間がかかりました。現在 ^{177}Lu -PSMAが欧米で承認に向かっていきます。おそらく同じ道筋になるとは思いますが、少しでも短縮できるよう活動したいと思います。そのためには、旗を振る人間が多いほど有効であるはずで、機会があるたびに仲間になって欲しいと声をかけているのですが、会員数はまだ330名です。患者さん・一般の方・企業の方もかなり参加していただいています。日本核医学会の会

員数3,700名と比較し、いささかがっかりしています。2021年の日本核医学会総会大会長外山宏先生（藤田医科大学教授）は、“好きです、核医学”というキャッチフレーズを掲げられました。核医学に愛情を持って、国民会議に参加して下さるようお願い申し上げます。

さいごに

核医学治療がこれほど注目を集めている時代は、かつてなかったと思います。PRRT、PSMA治療は、欧米のみならず、アジア、中東、南アメリカ、アフリカの国々で当たり前のごとく行われています。2010年の日本核医学会総会（大宮、本田憲業大会長）に来てくださったドイツのRichard Baum先生が⁶⁸Ga-PETの意義を講演してくださいました。これが、多くの国内の先生方にとって⁶⁸Gaに触れた最初の機会であったらと思います。2013年にインドで開催された⁶⁸Gaに関わる学会（2nd World Congress ⁶⁸Ga）に参加していた日本人は、私一人でした。この学会はBaum先生が2011年にBaum先生の施設のあるBad Berkaで開催されたのが始まりで、現在はTheranostics World Congressと改称し2年に一度開催されています。2019年は韓国で開催されましたが、このときも私一人だったかな？ WARMTHの学術学会はICRT（International Conference on Radiopharmaceutical Therapy）やISRT（International Symposium on Radiopharmaceutical Therapy）として開催されており、こちらは徐々に日本からの参加も増えてきました（といっても10名くらい）。 α 線核種の会議であるSymposium on Targeted Alpha Therapy（TAT）は2017年に金沢で開催した折りに、こんなに国内で関心を持っておられる人がいる

のかと感じるくらいたくさんの方に来ていただきました。2019年にオタワで開催されたTATでも日本の同士諸氏が来ておられました。この10年間で、日本でも核医学治療の火が徐々に大きくなっているのを実感します。世界に遅れること数周り。トラックを猛追し、日本発の治療を世界に発信できる日を祈念します。そうなれば、久田欣一先生に騙された甲斐があるかな。

参考文献

1. Ezziddin S, et al. J Nucl Med. 2014;55:183-190.
2. Baum RP, et al. J Nucl Med. 2016;57:1006-1013.
3. Wakabayashi H, et al. Sci Rep. 2019;9:7625.
4. Kayano D, et al. Ann Nucl Med. 2020;34:397-406.
5. Subbiah V, et al. Clin Cancer Res. 2020;26:5830-5842.
6. <https://jp.telixpharma.com/wp-content/uploads/20201214-TLX591-CDx-Kanazawa-Univ-Contract-JP-final.pdf>
7. Liu Y, et al. Transl Oncol. 2020 Apr;13(4):100757.
8. Ohshima Y, et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2018;45:999-1010.
9. Watabe T, et al. J Nucl Med. 2020;61:563-569.
10. Kratochwil C, et al. J Nucl Med. 2019;60:801-805.
11. Jackson PA, et al. J Nucl Med. 2020;61:1030-1036.
12. Kolberg HC, et al. Breast Care (Basel). 2020 Oct;15(5):443-449.
13. Kratochwil C, et al. J Nucl Med 2016;57:1941-1944.
14. Darren MCP, et al. Clin Genitourinary Cancer. 2018;16:e397-e401.
15. Bodei L, et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2020;47:895-906.

著者プロフィール

1986年に医師となって以来、核医学治療しか知らない。若い頃は甲状腺癌放射性ヨウ素治療を漠然と実施していたが、大量治療が可能な施設が全国で限られているという事実を21世紀に入って認識。2007年に日本核医学会理事会に加わって後、核医学治療に関わる事案の担当理事のような事になる。学会内に内用療法戦略会議なるものを設立。アドボカシー活動のため核医学診療推進国民会議を立ち上げ。2022年9月開催の世界核医学会で大会長。

国連科学委員会と小児甲状腺がん

福島第一原子力発電所の事故から10年を迎える直前の3月9日、国連科学委員会は、事故に関する2020年版報告書を公表しました。同委員会の2013年版報告書以降の知見を追記したものです。

1986年のチェルノブイリ原発事故による被ばくの影響で小児の甲状腺がんが増えたと結論づけたのもこの委員会です。IAEAなどの国際機関や各国政府も委員会の報告書に全幅の信頼を置いています。

今回の報告書では、2013年報告書の公開以降に発表された論文などを追加で分析しています。なお、福島、とくに飯舘村への支援を続けてきた「チーム中川」の論文は2013年報告書でも、今回の報告書でも引用されています。

2013年の報告書では、県民の被ばく線量を推計する際、データ不足などの理由から、実際には流通していない汚染食品を食べたと仮定するなどの問題がありました。今回は、食品の放射能の実測値など、新しいデータを取り込み、実態に近い推計が行われました。

その結果、事故後1年間の甲状腺への平均被ばく線量は、避難した1歳児（もっとも放射線に影響を受けやすい）で最大30mSvと、2013年報告書の最大83mSvよりはるかに低い数字となりました。

今回の報告では、小児甲状腺がんが250例以上発見されているのは、約30万人が受けている超音波検査によるものだと結論づけています。

全身への被ばく線量（実効線量）も下方修正され、県の大人全体で平均5.5mSv以下と報告しています。

委員会は報告書の結論をズバリとまとめて

います。「放射線関連のがん発生率上昇はみられないと予測される」です。

しかし、事故の副作用は甚大で、とくに、甲状腺がんの「過剰診断」は原子力発電所事故の教訓として、ながく記憶されるべきだと思います。

福島県では、事故当時18歳以下だった県民を対象に、2011年10月より現在まで、甲状腺検査が実施されています。これまでに約30万人がこの検査を受け、合計で252人が「甲状腺がんまたは甲状腺がん疑い」と診断されました（2020年6月時点）。

この検査は、チェルノブイリ原子力発電所の事故後に、約7,000名もの子供に甲状腺がんが見つかったことから始められたものです。

しかし、チェルノブイリと福島では甲状腺の被ばく量は全く違っています。チェルノブイリの避難者の甲状腺被ばく量（等価線量）は平均で490mSvでした。とくに、就学前児童の5%が甲状腺に5,000mSv以上の被ばくをしています。

チェルノブイリと比べてはるかに被ばく量が低い福島で甲状腺がんが多発しているのは、もともと存在していた「無害な」甲状腺がんを、精密な検査によって発見しているからです。がんが増えているのではなく、「発見」だけが増えているわけですから、同じ検査を東京で行っても、福島と同じ頻度で甲状腺がんが見つかるはずで

命に関わらないがんを見つけて治療しても、マイナスになるだけです。この「過剰診断」により、韓国では20年間で甲状腺がんが15倍にも増えましたが、死亡率は減りませんでした。このがんで命を落とすことはほとんどないからです。

事故から10年の今、福島での甲状腺検査のあり方も見直されるべきかと思います。

看護職のための 眼の水晶体の放射線防護ガイドラインの紹介

堀田 昇吾*、太田 勝正*

2021年4月より改正法令が施行され、国内の眼の水晶体の線量限度が「5年間につき100mSv、かつ1年間50mSv」となった。医療従事者は他業種の放射線作業従事者に比べて水晶体の等価線量が高く、線量限度を引き下げた際に年間2,000人程度が年間20mSvを超過することが示唆されている¹⁾。看護職は医療従事者の中で水晶体の等価線量が高いわけではないが、業務内容等によっては、年間20mSvを超える看護職がいることも報告されている²⁾。看護職に対する放射線防護の教育は十分ではなく、放射線診療に従事することを不安に思っている看護職が少なからずいる³⁾。そこで、日本放射線看護学会では、看護職が安全に安心して放射線診療に従事できるように、2020年12月に「看護職のための眼の水晶体の放射線防護ガイドライン」(以下水晶体ガ

イドライン)を作成した。本稿では、ガイドラインの概要を紹介する。

水晶体ガイドラインの構成

水晶体ガイドラインは、放射線診療における看護職の放射線被ばくの実態や放射線防護の考え方を示すとともに、看護職が疑問に感じると考えた17項目についてQ&A方式で記載した(表)。

表 水晶体ガイドライン内に記載したQ & A項目一覧

Q	項目
Q1	どのような放射線診療に関わる時に被ばく線量に注意すべきか？
Q2	どの放射線診療の場合、水晶体の被ばく線量について注意すべきか？
Q3	どのような放射線診療に関わる時に水晶体の防護が必要になるのか？
Q4	どこから発生している放射線に注意する必要があるのか？
Q5	散乱線による被ばくを低減させるためにどうすれば良いか？
Q6	水晶体の被ばく線量を低減させるためにどんな防護具・装置を使用すれば良いか？
Q7	不均等被ばく管理を必要とする状況にも拘わらず、体幹部に1つしか個人モニタを装着していないがこのままで問題ないか？
Q8	被ばく線量を測定するために眼の近くにモニタを装着しなくて良いのか？
Q9	水晶体の被ばく線量のモニタリングについて定めている法令はあるか？
Q10	核医学診療(シンチグラフィやPET)に従事する場合の水晶体の被ばく線量はどのように考えれば良いか？
Q11	水晶体の被ばく線量を測定した場合その結果はどのように知ることができるのか？
Q12	勤務施設が変わった場合、前職場での水晶体の被ばく線量はどのように管理したら良いか？
Q13	白内障のリスクはどのぐらい被ばくすると上がるのか？
Q14	水晶体被ばく・防護について不安や疑問点が生じた場合、誰に相談したら良いか？
Q15	水晶体被ばく線量を測定するために必要なHp(3)はどのモニタでも測定できるのか？
Q16	眼の健康状態について電離放射線健康診断で聞かれたことはないが健診内容に含まれないか？
Q17	普段個人モニタを1つしか装着していないが、緊急でCTなどの介助(患者の固定など)に入る場合モニタリングはどのようにすれば良いか？

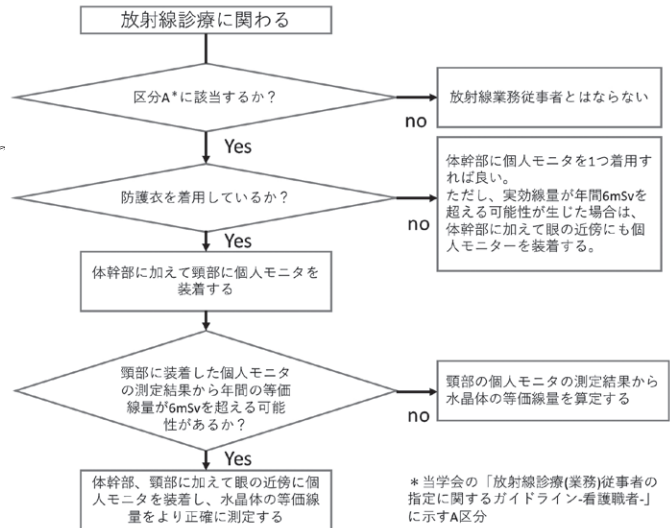
* Shogo HORITA 東京医療保健大学 立川看護学部 看護学科 講師
* Katsumasa OTA 東都大学 沼津ヒューマンケア学部 教授

「放射線診療（業務）従事者の指定に関するガイドライン—看護職者—」との関連

水晶体ガイドラインでは、誰を放射線管理の対象とし、どのように管理するのか明確にする必要があると考えた。我が国の法令では誰を放射線診療（業務）従事者とするかは施設に委ねられており、施設間で管理方法に差異が生じうる。日本放射線看護学会では、2020年3月に「放射線診療（業務）従事者の指定に関するガイドライン—看護職者—」（以下指定に関するガイドライン⁴⁾）を作成・公開し、どのような業務に従事する看護職を放射線診療（業務）従事者に指定すべきか明確に区分している。水晶体ガイドラインでは、指定に関するガイドラインの区分に沿って体幹部に加えて頸部に個人モニタを装着すべき看護職を決めた。

眼の近傍へ個人モニタを装着すべき看護職の選定

水晶体の防護については、日本保健物理学会が「眼の水晶体の線量モニタリングのガイドライン」⁵⁾を発行しており、その中で管理基準に近いかもしくは超えるおそれがある場合は眼の近傍に個人モニタを装着することとしている。国際放射線防護委員会は1977年勧告⁶⁾で線量限度の10分の3を超える被ばくが考えられる作業員に対してはモニタリングを必要とする考えを示しており、日本放射線看護学会の水晶体ガイドラインではこれを参考に、20mSvの10分の3である6mSvを管理基準として設定し、眼の近傍に個人モニタを装着すべきとした。これを踏まえ、水晶体ガイド



図

ラインでは、眼の近傍に個人モニタを装着すべき看護職を検討するフロー図を示した(図)。

おわりに

水晶体ガイドラインは看護職を対象に作成した。しかし、看護職だけでなく診療放射線技師など様々な医療従事者に本ガイドラインをご覧いただき、組織全体で水晶体の防護を強化するきっかけになれば幸いである。

参考文献

- 1) 壽藤紀道. 個人線量測定サービス機関の統計データにみる眼の水晶体線量の分布状況 2017. <https://www.nsr.go.jp/data/000205420.pdf>.
- 2) 藤淵俊王ら. 放射線診療従事者の不均等被ばく管理の実態に基づく水晶体被ばく低減対策の提案. (2021). 日本放射線技術学会雑誌, 77(2), 160-71.
- 3) 大石ふみ子ら. 放射線診療に携わる看護師が職業被ばくについて抱く不安に関する質的分析. (2018). 日本放射線看護学会誌, 6(1), 22-32.
- 4) 日本放射線看護学会. 放射線診療(業務)従事者の指定に関するガイドライン—看護職者— 2020. http://www.rnsj.jp/wp-content/uploads/RNS_guidelines.pdf.
- 5) 日本保健物理学会. 眼の水晶体の線量モニタリングのガイドライン 2020. <http://www.jhps.or.jp/upimg/files/suishotai-guideline.pdf>.
- 6) International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the ICRP. (1977). ICRP Publication 26. Ann. ICRP 1(3).

図説 量子ビーム・放射線利用

－第11回 放射線測定は考古学である(その3)－

大洗研究所 特別研究員 岡田 漱平

1. はじめに

本シリーズ第9回から、放射線測定技術の基本原則全体を、共通のテンプレート(図13)を用いて説明することを試みてきた。今回は第3回目、完結編である。これで、表9のように分類した測定器の原理をひとつひとつ説明したことになる。なお、図表の番号は、前回

からの通し番号としている。

測定プロセスの各技術要素(モジュール)は、図13の中に①、②、③……⑧と番号を付けて配置してある。この番号は、各々の測定原理を説明する図表中の番号に対応している。説明図表中のモジュールをテンプレートにはめ込むことによってシステム全体の原理を理解していただければ幸いである。

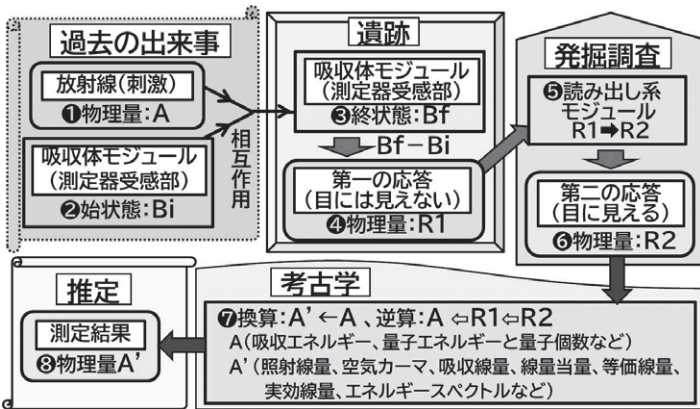


図13 個々の放射線測定プロセスの原理を放射線測定体系全体に共通の考え方で説明するテンプレート(考古学に譬えている)。

2. 放射線化学反応型のうち 化学反応タイプの測定器

放射線化学反応の生成物を利用する。このタイプには化学溶液線量計(図14、表10)、アラニン線量計(図15、表11)、ポリエチレン線量計(図16、表12)、ポリマーゲル線量計(図17、表13)、固体飛跡検出器(図18、表14)がある。

表9 放射線測定器の動作原理による分類。

大分類	中・小分類	放射線測定器(放射線計測器・線量計)例
気体電離電荷収集型(*1)	—	電離箱、比例計数管、GM計数管
固体電離電荷収集型(*2)	半導体素材中電離利用タイプ	Si 半導体検出器、拡散接合型半導体検出器、Liドリフト型半導体検出器、表面障壁型半導体検出器、高純度 Ge 半導体検出器、PN型PD(フォトダイオード)、PIN型PD、アバランシェPD
	半導体デバイス特性利用タイプ	MOSFET線量計、DIS線量計
放射線化学反応型	電子・正孔対生成タイプ(*3)	無機シンチレータ、蛍光ガラス線量計、OSL線量計、熱蛍光線量計
	電子励起タイプ(*4)	有機シンチレータ
	化学反応タイプ(*5)	化学溶液線量計(フリック線量計、セリウム線量計)、アラニン線量計、ポリエチレン線量計(ラザフォード線量計)、ポリマーゲル線量計、固体飛跡検出器
熱力学型(*6)	—	熱量計(カロリメータ)、霧箱、泡箱
飛翔電荷検出型(*7)	—	ファラデーカップ、チェレンコフカウンター
二次元位置敏感検出器(*8)	—	フィルム・乾板、イメージングプレート(IP)、フラットパネルディテクタ(FPD)、イメージングデンシファイア(I.I.)、プラスチックシンチレータ位置敏感検出器

(*1,*2)FBNews No.528、(*3,*4,*7)FBNews No.531、(*5,*6)今回分、(*8)FBNews No.515。

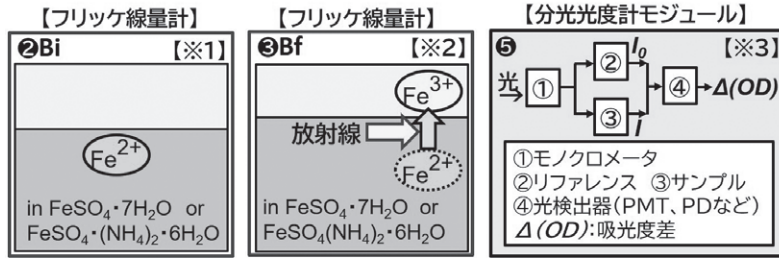


図14 フリッケ線量計の原理のイメージ図。

表10 化学溶液線量計における各モジュールの機能。

測定器名	化学溶液線量計:フリッケ線量計【図14】、セリウム線量計	対象放射線	電離放射線
①	$A = \Delta E$ (吸収エネルギー)		
②	《フリッケ線量計》【※1】 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ あるいは $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の水溶液(2価の鉄イオン Fe^{2+} の溶液)。 《セリウム線量計》【※1】 $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ の水溶液(4価のセリウムイオン Ce^{4+} の溶液)。		
③	《フリッケ線量計》【※2】 $\text{Fe}^{2+} \xrightarrow{\text{放射線}} \text{Fe}^{3+}$ (酸化)。 《セリウム線量計》【※2】 $\text{Ce}^{4+} \xrightarrow{\text{放射線}} \text{Ce}^{3+}$ (還元)。		
④	《フリッケ線量計》 $R1 = C(\text{Fe}^{3+}) \propto \Delta E$ (Cはイオン濃度) <セリウム線量計の場合は Fe^{3+} を Ce^{3+} に置き換える—以下同一—>		
⑤	【※3】 I_0 (②)は照射前の吸光度、 I (③)は照射後の吸光度、 $\Delta(OD)$ は照射前後の吸光度差。		
⑥	$R2 = \Delta(OD) \propto C(\text{Fe}^{3+})$		
⑦	吸収線量 $D = \Delta(OD) / \rho l \epsilon G(\text{Fe}^{3+})$ ρ : 溶液の密度、 l : 吸光度測定用セルの光路長、 ϵ : Fe^{3+} の分子吸光計数、 $G(\text{Fe}^{3+})$: Fe^{3+} の放射線化学収量(G値)		
⑧	吸収線量 D		

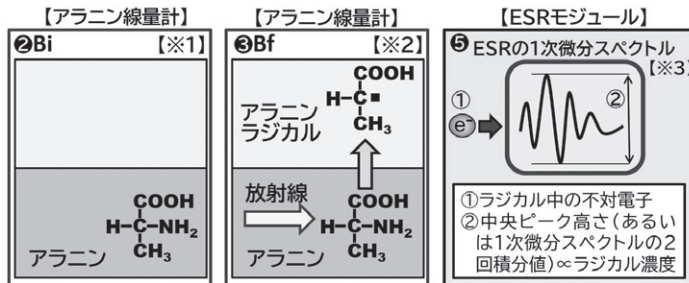


図15 アラニン線量計の原理のイメージ図。

表11 アラニン線量計における各モジュールの機能。

測定器名	アラニン線量計【図15】	対象放射線	電離放射線
①	$A = \Delta E$ (吸収エネルギー)		
②	【※1】アラニン $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ の粉末結晶。		
③	【※2】 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \xrightarrow{\text{放射線}} \text{アミノ基}(\text{NH}_2)$ が脱離 $\rightarrow \text{CH}_3\dot{\text{C}}\text{HCOOH}$ (アラニンラジカル)。		
④	$R1 = C(\text{CH}_3\dot{\text{C}}\text{HCOOH}) \propto \Delta E$ (Cはラジカル濃度)		
⑤	【※3】アラニンラジカルの ESR の 1 次微分スペクトルの中央ピーク高さ H_p (あるいは 1 次微分スペクトルの 2 回積分値)はラジカル濃度に比例。		
⑥	$R2 = H_p \propto C(\text{CH}_3\dot{\text{C}}\text{HCOOH})$		
⑦	吸収線量 $D = \Delta E \times \text{換算係数} \leftarrow \Delta E \propto C(\text{CH}_3\dot{\text{C}}\text{HCOOH}) \propto H_p$		
⑧	吸収線量 D		

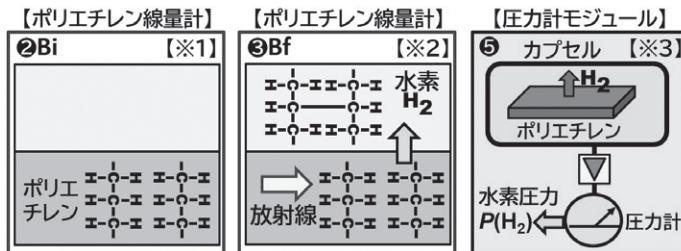


図16 ポリエチレン線量計の原理のイメージ図。

表12 ポリエチレン線量計における各モジュールの機能。

測定器名	ポリエチレン線量計(ラザフォード線量計)【図16】	対象放射線	電離放射線
①	A=ΔE(吸収エネルギー)		
②	【※1】ポリエチレン...-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -...のシート。		
③	【※2】...-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -...+...-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -... →(放射線)→ ...-CH ₂ -CH-CH ₂ -... +H ₂ (水素が発生)。 ...-CH ₂ -CH-CH ₂ -... (架橋)		
④	R1=C(H ₂)∞ΔE (Cは水素発生量)		
⑤	【※3】圧力計でカプセル中に発生した水素の圧力P(H ₂)を計測。		
⑥	R2=P(H ₂)∞C(H ₂)		
⑦	吸収線量D=ΔE×換算係数←ΔE∞C(CH ₂)∞P(H ₂)		
⑧	吸収線量D		

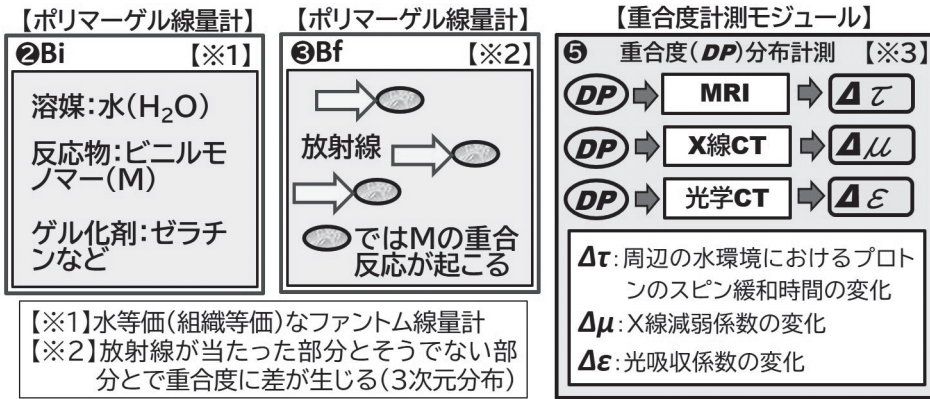


図17 ポリマーゲル線量計の原理のイメージ図。

表13 ポリマーゲル線量計における各モジュールの機能。

測定器名	ポリマーゲル線量計【図17】	対象放射線	電離放射線
①	A=ΔE(吸収エネルギー)		
②	【※1】溶媒(水H ₂ O)+反応物(ビニルモノマーM)+ゲル化剤(ゼラチンなど)。		
③	【※2】ビニルモノマーのラジカル重合反応により、放射線が当たった部分にポリマーが生成する。 ①H ₂ O →(放射線)→ R·(OH·などのラジカル) <ラジカル生成> ②R·+M→RM·(モノマーラジカル) <開始反応> ③RM·+M→RMM·, RMM·+M→RMMM·, ... →RM _n · <成長反応> ④RM _n ·+R·→RM _n R, RM _n ·+RM _m ·→RM _{n+m} R <停止反応>		
④	R1=DP(重合度)の空間分布∞ΔEの空間分布 (重合反応で生成したポリマーはゲル化剤によって空間に固定される)		
⑤	【※3】生成したポリマーは、(i)周辺の水環境(プロトンのスピン緩和時間τ)、(ii)物理的密度(X線の減弱係数μ)、(iii)光学濃度(光吸収係数ε)に変化を与える。これらの変化量Δτ、Δμ、Δεの空間分布を、それぞれ(i)MRI、(ii)X線CT、(iii)光学CTで計測する。		
⑥	R2=Δτ、Δμ、Δεの空間分布∞DPの空間分布		
⑦	吸収線量D=ΔE×換算係数←ΔEの空間分布∞DPの空間分布∞Δτ、Δμ、Δεの空間分布		
⑧	吸収線量Dの空間分布		

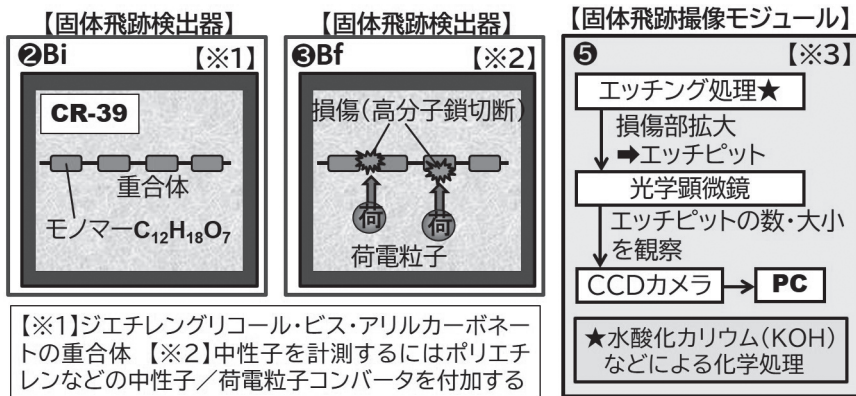


図18 固体飛跡検出器の原理のイメージ図。

表14 固体飛跡検出器における各モジュールの機能。

測定器名	固体飛跡検出器【図18】	対象放射線	荷電粒子・中性子
①	A=量子の種類・数及び E(量子エネルギー)		
②	【※1】熱硬化性樹脂 CR39:ジエチレングリコール・ビス・アリルカーボネート(C ₁₂ H ₁₈ O ₇)の液体モノマーを重合させたもの。		
③	【※2】CR39→(荷電粒子)→荷電粒子の飛跡に沿って数 nm 以下の幅の非常に小さな損傷(高分子鎖切断)が残る(肉眼では見えない)。中性子を計測するには中性子/荷電粒子コンバータ(ポリエチレン、 ¹⁰ B 化合物など)を付加する。		
④	R1=損傷の程度・数(量子の種類・数及び Eを反映)		
⑤	【※2】化学試薬(水酸化カリウム KOH など)でエッチング処理→他の部分より損傷した部分の方が速く侵蝕されてエッチピット(小さな穴)が形成される→エッチピットの大きさや形及び数を光学顕微鏡で観察・計測。		
⑥	R2=エッチピットの大きさや形及び数(損傷の程度・数を反映)		
⑦	量子の種類とエネルギー←エッチピットの大きさ・量子のフルエンスφ←量子の数←エッチピットの数		
⑧	量子の種類と E(量子エネルギー)及びフルエンスφ		

3. 熱力学型の測定器

図19、表15)と熱力学的な相変化を利用するタイプ(霧箱:図20上、表16、泡箱:図20下、表17)がある。

この型には、熱量を測るタイプ(熱量計:

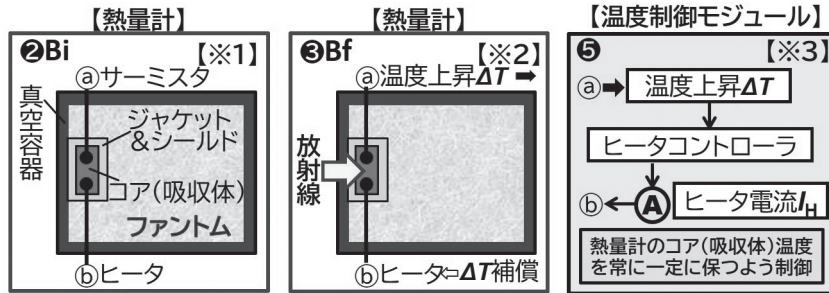


図19 熱量計の原理のイメージ図。

表15 熱量計における各モジュールの機能。

測定器名	熱量計(カロリメータ)【図19】	対象放射線	電離放射線
①	A=ΔE(吸収エネルギー)		
②	【※1】真空容器(断熱効果がある)内のファントム(アクリルなど)の中にグラファイト(水に近く化学変化を起こしにくい)製のジャケット及びシールドに囲まれて、グラファイト製のコア(熱の吸収体)が設置されている。コアの温度はヒータ電流 I _H によって一定に保たれている。		
③	【※2】コアに放射線が入射すると、放射線のエネルギーの吸収により温度上昇(ΔT)が起こるが、これをサーミスタ②で検知する。		
④	R1=ΔT∞ΔE		
⑤	【※3】コアの温度上昇ΔTを補償するようにヒータコントローラがヒータ⑥に流すヒータ電流 I _H をΔI _H だけ低下させる。		
⑥	R2=ΔI _H ∞ΔT		
⑦	吸収線量 D=ΔE×換算係数(コアの比熱容量など)←ΔE∞ΔT∞ΔI _H		
⑧	吸収線量 D		

表16 霧箱における各モジュールの機能。

測定器名	霧箱【図20上】(霧箱には膨張型と拡散型があるが後者が説明)	対象放射線	荷電粒子
①	A=量子の種類		
②	【※1】①に蒸気の前であるメチルアルコールとエチルアルコールを入れる。これらは②の媒体(高圧の空気や水素)の中で、暖かいガラス板に接している領域では不飽和状態にある。これらが下方の冷たい領域に拡散していくと過飽和の(蒸気が液化しやすい)領域ができる。		
③	【※2】③過飽和領域に荷電粒子が入射して電離を起こす。④電離で生じた正負イオン対は近傍の飽和蒸気圧を下げる。⑤正負イオン対が核となり蒸気が凝結して霧滴が発生する(霧滴は荷電粒子の飛跡に沿って生じる)。◆観測目的の粒子以外の微粒子(これも凝結の核になりうる)の影響を排除するため電場を印加する。図では正荷電粒子の場合が描かれている。		
④	R1=荷電粒子の飛跡(目視では一瞬)		
⑤	【※3】③の方向からカメラで飛跡像を撮影する。		
⑥	R2=荷電粒子の飛跡(記録された像)		
⑦	量子の種類←飛跡(電磁場による曲がり方など)		
⑧	量子の種類		

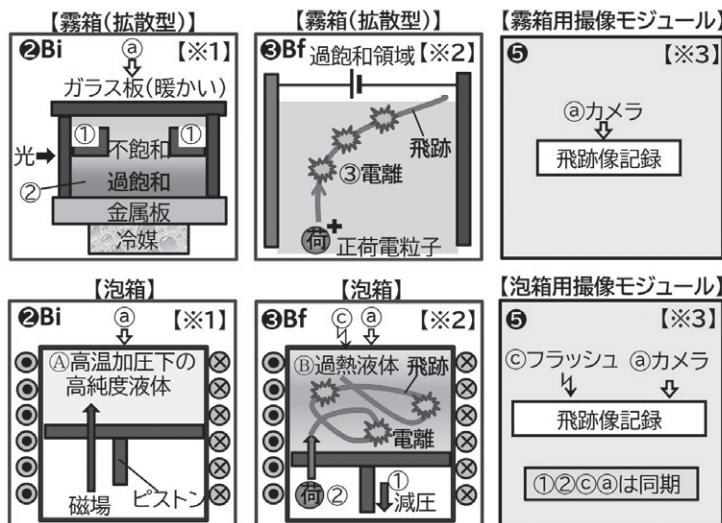


図20 霧箱(上図)及び泡箱(下図)の原理のイメージ図。

表17 泡箱における各モジュールの機能。

測定器名	泡箱(バブル・チェンバ)【図20下】	対象放射線	荷電粒子
①	A=量子の種類		
②	【※1】④は高温の液体。不純物があると、それが原因で泡が発生しやすくなるので高純度のヘリウム、プロパン、キセノン等を用いる。液体はピストンによって加圧されている。 ◆電磁コイルによって磁場がかけられている。		
③	【※2】①ピストンを下げて急激に減圧する。④は過熱液体⑤に変化する。②そこに荷電粒子が入射して電離を起こすと、電離で生じたイオン対が核となって泡が発生する(泡は荷電粒子の飛跡に沿って生じる)。		
④	R1=荷電粒子の飛跡(目視では一瞬)		
⑤	【※3】①の減圧により過熱状態をつくってから数ms後に高速フラッシュ⑥を光らせ、⑥の方向からカメラで飛跡像を撮影する。		
⑥	R2=荷電粒子の飛跡(記録された像)		
⑦	量子の種類←飛跡(電磁場による曲がり方など)		
⑧	量子の種類		

放射線個人線量測定機関の認定範囲拡大

— DOSIRIS[®] (眼の水晶体用線量計) が認定範囲に追加されました —

個人放射線被ばくに関する改正法令が2021年4月1日より施行され、眼の水晶体の等価線量を眼の近傍に装着した個人線量計の3mm線量当量から算定することが可能となりました。

DOSIRISを放射線個人線量測定機関の認定範囲(認定番号:RTL04590)に加えるべく、日本適合性認定協会(JAB)の拡大審査および拡大に伴う日本電気計器検定所(JEMIC)の技能試験を受けておりましたが、2021年3月23日付でDOSIRIS(型式:LA型およびLH型)が、JIS Q 17025:2018「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」(ISO/IEC 17025:2017)に適合している型式として認められました。

DOSIRISをご使用される場合、眼の水晶体の等価線量の算定方法は、「眼の水晶体の等価線量」=「DOSIRISの3mm線量当量(+ガラスバッジ(NS型等)の中性子の1cm線量当量)」となります。なお、報告書の詳細については、FBNews No.532(‘21.4.1発行)および弊社ホームページ(<https://www.c-technol.co.jp/>)よりガラスバッジサービス取扱説明書をご参照ください。

DOSIRISのお申し込みをご希望のお客様は、ガラスバッジ担当事務所までお問い合わせください。

令和3年度 放射線取扱主任者試験施行要領

1 試験の日程

第1種試験 令和3年8月18日(水)、19日(木)

第2種試験 令和3年8月20日(金)

2 試験地

札幌会場、東京会場、大阪会場、福岡会場

3 受験の申込受付期間

令和3年5月11日(火)～令和3年6月14日(月)

(郵送の場合、令和3年6月14日消印のあるものまで有効。料金別納及び後納郵便の場合、令和3年6月14日到着分まで有効。)

4 受験料

第1種：14,565円 (消費税等込み)

第2種：10,389円 (消費税等込み)

5 申込書の配布

受験申込書(無料)は、次の方法により入手できます。

①受験申込書配布機関の窓口で入手する場合：

受験申込書配布機関及び原子力安全技術センター窓口で直接入手できます。

(受験申込書配布機関の詳細は原子力安全技術センターホームページをご覧ください)

②郵送による入手を希望する場合：

「受験申込書〇〇部請求」と朱書きした封筒に、切手を貼り付けた返信用封筒を同封して、原子力安全技術センターに請求して下さい。なお、返信用封筒は角2サイズ(240mm×332mm)(A4が折らずに入る大きさ)とし、郵送切手代は請求部数に応じて次のとおりお願い致します。

請求部数	1部	2部	3部	4～7部	8～10部
切手代金	140円	210円	250円	390円	580円

11部以上請求される場合には、宅配便(着払い)でお送りしますので、FAX又は電子メールにて必要部数・送付先・連絡先をお知らせ下さい。また、返信用封筒をレターパックライトにする場合、15部まで封入可能です。送付先を記入し、ご依頼主様保管用シールをはがして送付して下さい。

6 合格発表

合格者には原子力規制委員会より合格証が交付されます。また、合格者の氏名は官報で公告されるとともに、合格者の受験番号は原子力規制委員会及び原子力安全技術センターのホームページから確認できます。

7 その他

この試験は、業種別ガイドライン等に従った新型コロナウイルスの感染予防対策を講じて実施します。

8 お問い合わせ先

登録試験機関

公益財団法人 原子力安全技術センター

主任者試験グループ

〒112-8604 東京都文京区白山5丁目1番3-101号 東京富山会館ビル4階

TEL 03-3814-7480 FAX 03-3814-4617

ホームページ <https://www.nustec.or.jp/>

電子メール shiken@nustec.or.jp

サービス部門からのご願い

測定依頼票のご記入のお願い

平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用くださりまして、誠にありがとうございます。
ガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISを測定依頼される際は「測定依頼票」に返却される線量計の個数のご記入をお願いします。

線量計をお届けする際に同封しております「お届けのご案内」の「測定依頼票」部分を切り離し、ガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISの返却個数をコントロール線量計がある場合はコントロールの個数も含め、ご記入をお願いします。(X線用ガラスバッジには、コントロールはありません)

お客様のご理解とご協力をよろしくお願ひ申し上げます。

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 個	3 個	1 個

株式会社千代田テクノル 行

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

科室
放射線科

担当名
千代田 太郎 様

電話番号
03-3252-2390

ご依頼期間
2021/06/01 - 2021/06/31

※測定依頼される際には、送付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ますようお願いいたします。

測定項目	個数	備考
ガラスバッジ	5	
ガラスリング	3	
DOSIRIS	1	

送付先
〒100-0001 東京都千代田区千代田 1-1-1 千代田テクノルビル

送付先
〒100-0001 東京都千代田区千代田 1-1-1 千代田テクノルビル

送付先
〒100-0001 東京都千代田区千代田 1-1-1 千代田テクノルビル

編集後記

- 金沢大学医薬保健研究域 医学系 核医学の絹谷清剛先生に「核医学治療の将来」と題して寄稿いただきました。絹谷先生が核医学領域に携わることになった経緯、核医学治療の現状と課題、α線核種を使用した内用療法の話題と核医学治療の世界がこれまで迎ってきた歴史など幅広くご紹介いただきました。絹谷先生は核医学診療推進国民会議にて、日本における核医学治療の発展にご尽力されております。核医学治療に興味のある方は、核医学診療推進国民会議のホームページ (<https://www.ncnmt.jp/>) を一度ご覧になってみては如何でしょうか。
- 東京大学医学部附属病院の中川恵一先生によるコラムは30回目を迎えました。国連科学委員会が発表した東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故に関する2020年版報告書の内容の紹介と事故後に福島県内で実施された甲状腺検査について、お話をいただきました。
- 東京医療保健大学の堀田昇吾先生、東都大学の太田勝正先生より日本放射線看護学会が作成された「看護職のための眼の水晶体の放射線防護ガイドライン」の紹介をい

- ただきました。
- 弊社大洗研究所の岡田淑平特別研究員による図説 量子ビーム・放射線利用は11回目を迎えました。今回、紹介されております表13のポリマーゲル線量計の個体飛跡検出器「CR-39」は、中性子広範囲用ガラスバッジで使用している中性子用の検出器です。
 - 2021年4月1日より施行された個人放射線被ばくに関する改正法令より眼の近傍に装着した個人線量計より得られる3mm線量当量から眼の水晶体の等価線量を算定することが可能となりました。改正法令の施行にあわせ、弊社取扱の水晶体用線量計「DOSIRIS」が放射線個人線量測定機関の認定範囲に追加されましたので、ご紹介をさせていただきます。
 - 東京オリンピックの聖火リレーがスタートしました。東京オリンピックが無事に開催され、様々な制約の中で厳しいトレーニングを続けてこられた各選手の応援が出来ることを心待ちにしております。

(H.T.)

FBNews No.534

発行日/2021年6月1日

発行人/細田敏和

編集委員/新田浩 小口靖弘 中村尚司 金子正人 加藤和明 青山伸 原明

五十嵐仁 藤森昭彦 高橋英典 中本由季 廣田盛一

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/03-3252-2390 FAX/03-5297-3887

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

印刷/株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体364円)