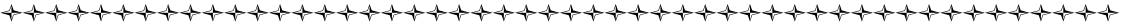




Photo Yasuhiro Kirano

Index

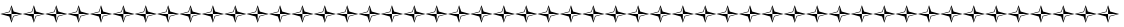
画像誘導高線量率密封小線源治療の郵送調査について……橘 英伸	1
〔施設訪問記⑩〕	
ー 医療法人社団 脳神経脊髄脊椎外科サービス 宇都宮脳脊髄センター・シンフォニー病院の巻 ー ……………	6
〔コラム〕 42th Column	
【コロナとがん】……………中川 恵一	11
大線量域の放射線計測	
ーその経緯と現状ー……………小嶋 拓治	12
公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ……………	17
日本保健物理学会 測定信頼性専門研究会	
アンケートへのご協力のお願い……………	17
令和4年度 放射線取扱主任者試験施行要領……………	18
〔サービス部門からのお願い〕	
測定依頼票のご記入のお願い……………	19



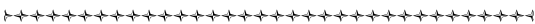
画像誘導高線量率密封小線源治療の 郵送調査について



橘 英伸*

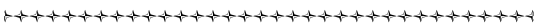


はじめに



一般社団法人放射線治療品質保証研究開発
応用機構（www.raqda.org）が2022年4月か
ら画像誘導高線量率密封小線源治療の郵送調
査を開始する。この郵送調査は、Co-60やIr-192
を利用した小線源治療の線量分布を、ゲル線
量計を用いて測定し、検証を行う第三者測定
評価サービスである。これは世界に先駆けて日
本で開始される。ゲル線量計の製造および配
送、画像化は株式会社トライアングルプロダク
ツが実施し、この郵送調査の医療機関からの
依頼などの窓口は株式会社千代田テクノが
実施する。本稿では、この郵送調査に関する
背景からゲル線量計の紹介、この郵送調査の
ベースになった研究の紹介や郵送調査の意義
などについて述べる。

背景



放射線治療が現在のがん治療において重要
であることは言うまでもない。また、放射線
治療の治療件数はがん治療における放射線
治療の必要性の向上に伴って増加している。放
射線治療の治療効果を最大化するためには、
医療従事者の意図どおりCT装置や治療計画
装置、照射装置が正しく動作していなければ
ならない。放射線はヒトの目には見えない上、
見えないものをコントロールするには適切な
知識や十分な経験が必要であるが、日本の現
状を言えば、どの地域やどの病院でも同等な

知識や経験を有した人間がいるわけではない
ので、差が生じているのが現実である。

放射線治療は大きく分けて外部放射線治療
と小線源治療に大別される。外部放射線治療
はここでは割愛する。小線源治療は放射線を
放出する放射性同位元素が封入されたカプセル
（線源）を病巣近くまたは内部に挿入し、
その近傍のみに大線量投与できる物理特性を
利用し、治療する方法である。外部放射線治
療と小線源治療のどちらの治療においても照
射すべき位置に、適切な線量を当ててこそ、
医療従事者らが意図した治療効果をあげる
ことができ、正常臓器に対する影響を最小化し、
副作用を低減することができる。

照射すべき「ではない」位置に、「不」適切
な線量を当ててしまうことはないのだろうか。
外部放射線治療装置に関連した医療事故とし
て2000年代多くの放射線治療事故が報告さ
れた。昨今、放射線治療の関連装置やそれに
搭載されている技術はIT技術の発展により格
段に向上した。このような現在、医療事故には
縁がないように思えるが、そうではない。2021
年外部放射線治療装置の出力管理のミスによ
る過小照射事故が発生した。外部放射線治療
は現在国内で700施設以上の施設で実施されて
おり、出力管理に関するガイドラインも整備さ
れているが、このような事故が発生してしま
った。2014年小線源治療において事故が発
生したことが報告されている。医療機器が発
展し、フェイルセーフも機器には組み込まれて
いるものの、このような事故が近年でも発生している。

* Hidenobu TACHIBANA 国立がん研究センター東病院 放射線品質管理室 室長

放射線治療事故は事故であると分かった段階で、すでに多くの患者さんに影響が出ていることが多い。と言うのも、放射線治療の影響は腫瘍制御だけでなく、副作用においても早期に出にくく、また前述したように放射線は見えないため、適切に当たっているのか、不適切に当たっているのか確認できないためである。小線源治療は女性の子宮頸がんによく用いられることもあって、前述した小線源治療の事故は、100名超の女性の患者に影響が出てしまった。

このような放射線治療事故の直接的な原因は、人的エラーと考察されている。正しく医療を提供し続けるには継続的な人材育成や責任の分散化が必要である。そのために医療ではローテーションが用いられている。また、有能な人材はしばしば別の医療機関に異動する。ローテーションや人材の異動などの人材の循環は全体的に見るとメリットであるが、局所的に見るとデメリットになり、医療の質の低下の恐れがある。放射線治療では、継続してこれまで通り正しく治療するには正しく治療装置を管理しておくことが必要である。放射線治療の線量や照射する位置を管理するのはメーカーが責任を持つ部分もあるが、その一部は医療従事者が担う。医療従事者が機器自身の管理の責任を問われるのは、外科手術のロボットや放射線診断装置とは違った部分である。したがって、放射線治療ではこのために適切な知識や十分な経験が必要になるわけであるが、すべての医療従事者が必ずしもその能力を有しているわけではない。また、根本として「人はミスをする」ものである。

施設単位で医療事故が起こらないように、放射線治療装置の適切な管理をメーカーおよびユーザである医療従事者は行うわけであるが、前述のように人はミスをする可能性がある。したがって、その施設の管理が適切であるかを第三者に評価してもらうということが重要である。この第三者評価の取り組みは、現在、放射線治療に限ったことではなく、その他の診療部門の医療の質や病院経営、病院機能評価などで、しばしば実施されており、この第三者評価が現在は重要であるという認

識は当然と理解しているのではないだろうか。

放射線治療の第三者評価サービスは多くの放射線治療施設において利用されてきている。外部放射線治療装置に対する第三者評価サービスは、日本国内のサービスおよび海外のサービスも利用できる状態である。現在、この第三者評価はがん診療連携拠点の指定要件となり、また2018年には診療報酬改定の際に遠隔放射線治療計画加算の施設要件となるなど整備が進んでいる。

一方、小線源治療装置に対する第三者サービスはというと、ほとんど進んでこなかったというのが実際である。前述の事故が国内で発生したにもかかわらず、それはなぜか。小線源治療の大きな長所である線量分布の急峻さは、小線源治療装置に装備されている放射線を発生させている線源の放射線のエネルギーが小さいということによって実現できている。このエネルギーの小ささは線源近傍のみに大線量を投与でき、そこから離れると急速に線量を減少させることができる。すなわち、当てたい場所である腫瘍に対して大線量を投与でき、腫瘍周囲の正常臓器への線量を最小限にする。これは外部放射線治療のような高いエネルギーでは実現不可能なことである。また、近年の小線源治療ではCT装置を利用し、体内の腫瘍位置や体積を把握し、詳細な照射位置を決定して、治療を施行する。これを実現するには前述した線源に対して、照射最中の位置を高度に管理する必要もある。以上から、小線源治療では高い精度での線量および位置の管理が必要となる。一方、小線源治療で用いられる線源のエネルギーの小ささはメリットであるが、「管理」を難しくしている。管理するためには「放射線の見える化」をしなくては行けない。見える化をするためには高精度に位置を設定し、そして放射線を測定する機器が必要であるが、このような小さいエネルギーの放射線の測定を高精度に位置を設定して実施するのは一般的には難しいとされてきた。このことから外部放射線治療では第三者評価が実施でき、普及も進み、制度上の整備も進んだが、小線源治療では進まなかった。

エネルギーの小さい放射線でも測定可能なゲル線量計

ポリマーゲル線量計は水溶液中のビニールモノマーの放射線ラジカル重合反応(ポリマーの生成)を利用した線量計である。図1は小

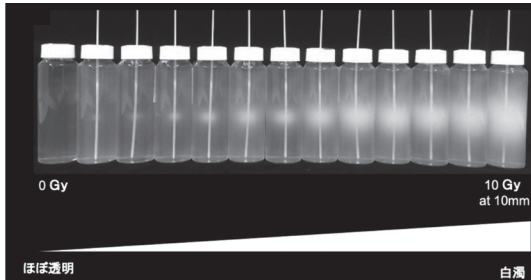


図1 ポリマーゲル線量計に小線源治療装置で照射した例

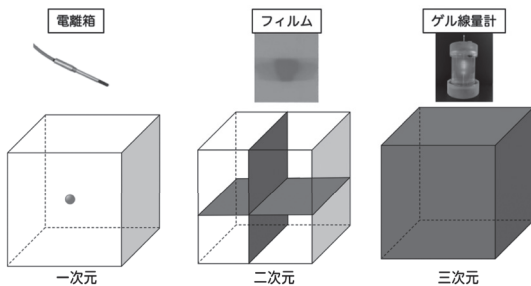


図2 ゲル線量計と他の測定器との比較

線源治療システムを利用して照射した例であり、投与された線量によって白濁の度合いが異なる。また、放射線治療でよく用いられている電離箱やフィルムに比べ、ゲル線量計は三次元的に放射線の線量を測定できるということが利点である(図2)。

包括的なゲル線量計の測定体制の確立

ゲル線量計はゲル線量計自身が高い精度で製造されればよいというものではない。フィルムを利用した線量分布測定においてフィルム自身の精度のみではなく、フラットベッドスキャナなどを利用した際の画像化も重要である。ゲル線量計は現在ではMR (Magnetic Resonance) 撮影で最も高精度に三次元画像化することができ、MR撮影でのMRシーケンスが画像歪みやノイズなどに影響するため、この設定が重要である。この設定はMR撮影に関する専門家でなければ、分からないことが多く、放射線治療の専門家からMR撮影はいわば非常に遠いため、困難さが生じてしまう。また、これまでのゲル線量計を利用した測定などはゲル線量計の専門家がいる施設

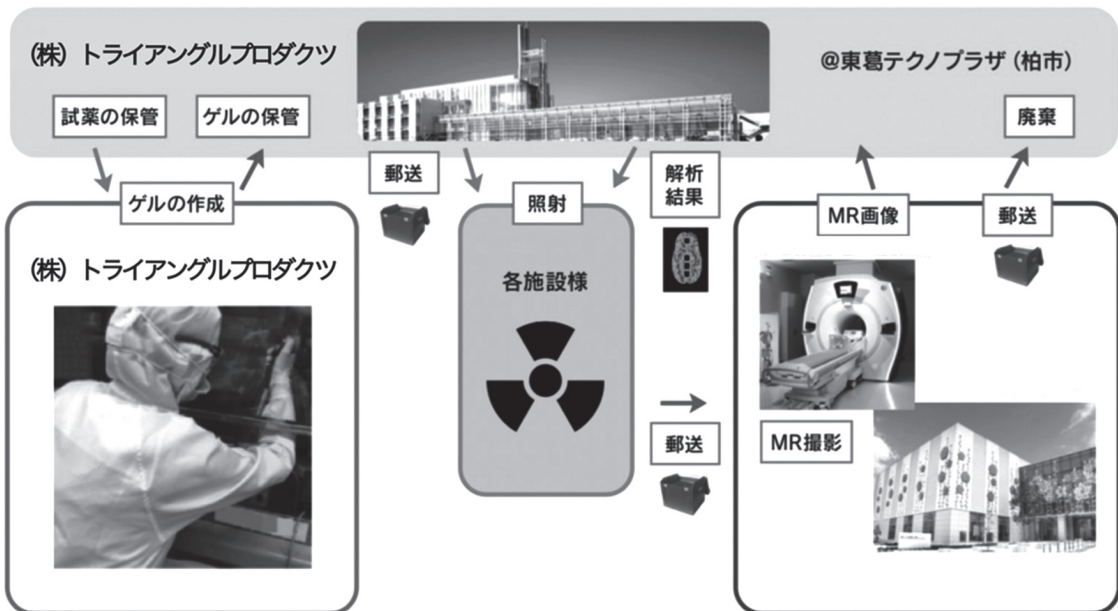


図3 ゲル線量計の包括的な測定体制

で製造され、照射実験をすることが多かった。いわば、ゲル線量計はゲル線量計の研究者がいる施設でのみ利用されていた。

放射線治療において、本当にゲル線量計が有効であるなら、誰でも、どこでも、正しく利用できなければならない。そこで、我々は株式会社トライアングルプロダクツに働きかけ、世界初のゲル線量計の製造から輸送、MR撮影を含めた測定体制の確立を行った(図3)。

ゲル線量計の画像誘導高線量率密封小線源治療における臨床的有効性

現在、三次元測定器と言われている半導体検出器は、実際は三次元ではなく、二次元検出器を組み合わせ、数学的に処理をして三次元の線量分布を作成している。一方、ゲル線量計は“リアル”三次元測定器であり、これはゲル線量計の研究者らがもっぱら強調している部分である。しかし、私自身、ゲル線量計が有効であると信じている一人であるが、“リアル”三次元測定器のみの“長所”だけで、臨床で利用されるとは思っていない。ゲル線量計の研究者等と臨床の研究者が最後まで連携して、臨床現場まで橋渡しする必要があると思っている。

その中で、私はゲル線量計が小線源治療には非常に有効であると考えた。と言うのも、小線源治療は前述のように現在の測定技術では小さいエネルギーの放射線の測定を高精度に位置を設定して実施するのは困難であり、線量分布評価というものが行われてこなかった。また、外部放射線治療では一般的に行われている線量分布評価が、小線源治療でも当然臨床的意義があると考えた。そこでは我々のグループでは、ゲル線量計が画像誘導小線源治療における画像取得装置および照射装置の精度を包括的に評価する方法として有効な測定法であることを示した。この研究は米国の小線源治療の医学雑誌であるBrachytherapyにて論文発表された¹⁾。

ゲル線量計の画像誘導高線量率密封小線源治療における郵送調査の有効性

前述の論文採択を受け、その論文の方法を利用しつつ、さらに図3に示したゲル線量計の測定体制を利用した画像誘導小線源治療の郵送調査の有効性評価を多施設試験にて実施した。この研究はゲル線量計の郵送での測定に耐えうるかの確認や、画像誘導高線量率密封小線源治療(Image Guided Brachytherapy, IGBT)の郵送調査の方法自身は論文採択されたものの実際の臨床的有効性については考察の範囲内であるため、実際にこの調査が有効であるかを立証することも兼ねている。約1年半の研究が実施され、35施設全ての調査が完了した。この試験の結果、ゲル線量計は温度によって感度が増減するため、郵送時のゲル線量計の周囲の温度が気になったが、春夏秋冬の1年を通してその影響はなかった。すなわち、輸送時にゲル線量計自身の温度は変化しているが、照射時およびMR撮影時の温度管理がしっかりできていれば問題ないということであると考えている。また、臨床的有効性の点で言うと、この調査によって当初の予想より多くの施設で治療計画由来のミスが生じていることが発見された。いわゆるヒューマンエラーが発生したということである。35施設中3施設では指示を誤って処方線量を設定するミスが発生していた。また、35施設中12施設(34%)で前述した治療計画由来のミスが生じており、線量は問題なかったものの、位置の設定ミスが生じていた。このミスは2人以上で計画に従事していたにもかかわらず発生していた。

この試験から分かったこととして、この試験は、装置導入時や線源交換時などの線量強度や位置のキャリブレーションの妥当性を評価するだけでなく、CT撮影から治療計画、照射までの包括的な治療ワークフロー全体の精度を確認でき、さらに医療従事者が認識できていない危険を認識させるものであると言える。

画像誘導高線量率密封小線源治療における郵送調査

+++++

前述の多施設試験の結果を受け、2022年4月より郵送調査の事業を、一般社団法人放射線治療品質保証研究開発応用機構 (RAQDA) が開始する。この法人は2020年1月に設立された。法人の理事は研究者および医療従事者で構成されている。RAQDAでは、株式会社トライアングルプロダクツが有するゲル線量計の製造および輸送、MR撮影の枠組みを利用し、医療機関が実施したCT撮影、治療計画、照射における包括的な精度を第三者的に評価する。RAQDAはこの郵送調査の実施責任者であり、解析実施者となる。医療機関との窓口業務を株式会社千代田テクノロが担っていたことになり、郵送調査体制も整った。

さいごに

+++++

ゲル線量計は三次元線量計として期待された。あえてここは過去形で示した。と言うのも医療現場のニーズを十分汲み取れず、臨床現場では利用されなかった。高精度放射線治療が発展し、標準治療になりつつある現在、測定検証自身が簡略化、そして効率化が進む中で、照射から解析結果まで時間のかかるゲル線量計の利用を望む声は多くない。三次元線量分布の測定や表示によるメリットも現状はないように思われる。その一方で、現在でも測定が困難なものや手間がかかるものはいくつもあり、その中に小線源治療がある。

私は研究者として、臨床現場に携わる人間として、ゲル線量計の使い道を探りつつも、臨床に貢献できる「モノ」を明示することが大切であると思っている。したがって、そのために具体的な活用方法を学術的かつ臨床的に示さなければ、臨床現場では利用してもらえないと思っており、その一つがIGBTの郵送調査である。これが具体的な事業として皆様に提供できることは誇りであり、日本社会の一員として何か貢献できるものを示すことができたことも純粋に嬉しいと思っている。しかし、この事

業は始まったばかりである。学術的に臨床的な有効性があると示せたので、お金を払って利用してもらうという意味でも対費用効果はあると思っている。しかし、病院内層部がこの品質管理に対して理解をし、費用の捻出をしてもらうことは簡単ではないとは理解している。ただ、放射線治療に従事している皆様に再度立ち止まって考えてもらいたい。放射線治療事故の前例がずいぶん昔ではなく、ここ最近でも起こっているということ。そして、その現実が他人事ではないことを。起こってしまうと病院経営に何億円も影響が及ぶことを。第三者評価は30万円弱である。もちろん事故の当事者でなければ実際は分かってもらえないということも理解しており、病院経営側への臨床現場の皆様からの説得が重要であるとは思っている。そこは私としてもその説得の一部を担わせていただきたいと思うし、是非ともその際は問い合わせいただきたい。また、臨床現場の皆様にご利用してもらえるRAQDAのホームページも現在公開され、参照できるので、ぜひ皆様にはご一読いただきたい。

参考文献

- 1) Hidenobu Tachibana, Yusuke Watanabe, Shinya Mizukami, Takuya Maeyama, Tsuyoshi Terazaki, Ryuzo Uehara, Tetsuo Akimoto. End-to-end delivery quality assurance of computed tomography-based high-dose-rate brachytherapy using a gel dosimeter. Brachytherapy. 2020;19(3):362-371.

著者プロフィール

北里大学医療衛生学部医療工学科診療放射線技術科学専攻卒業後、北里大学大学院に進み、修士号、博士号(医学)を取得。虎の門病院、がん研有明病院にて診療放射線技師として勤務後、がん研有明病院にて医学物理士として勤務。その後、2011年1月よりStanford UniversityにてResearch Scholarとして勤務し、2011年11月University of Texas Southwestern Medical CenterにてAssistant Instructorとして勤務。2013年7月より国立がん研究センター東病院粒子線医学開発分野医学物理専門職として勤務し、現在は2020年4月から国立がん研究センター東病院放射線品質管理室の室長として勤務する。2010年3月に工学院大学大学院にて情報学博士を取得。専門は放射線医学物理学、四次元治療計画、線量分布解析や独立計算などの品質管理が専門。



－ 医療法人社団 脳神経脊髄脊椎外科サービス 宇都宮脳脊髄センター・シンフォニー病院の巻 －



1. はじめに

我々FBNews編集委員会は、2021年12月1日に新たに開院されました「医療法人社団脳神経脊髄脊椎外科サービス 宇都宮脳脊髄センター・シンフォニー病院」（以下、シンフォニー病院と略します。）を訪問させていただきました。

シンフォニー病院は、JR宇都宮駅東口から徒歩1分という利便性の良い場所に立地しています。病院長の金 彪 様にシンフォニー病院の施設ご紹介とお話をお伺いいたしました。

また、2022年3月15日よりシンフォニー病院にて国内初の治療が開始された「定位放射線治療装置 ZAP-X」について詳しくご紹介いたします。

2. 周囲のご紹介

シンフォニー病院があります栃木県宇都宮市について少しご紹介させていただきます。

宇都宮市は、栃木県のほぼ中央に位置しています。JR東北新幹線に乗ってしまえば東京駅から宇都宮駅まで約48分で到着します。

駅東口から2023年に開通予定の「LRT (Light Rail Transit : ライト・レール・トランジット)」

(次世代型路面電車システム)に乗って12kmほど行くと、宇都宮テクノポリスといわれる企業群の開発研究拠点があります。研究開発要員だけでホンダ技研が約2万人、キヤノンが約6千人を擁しているといわれます。またさらに東側には花王の研究所、また市内のやや南方にはボーイングとスバル富士重工の生産拠点(旅客機のカーボン製の機体と翼を製作)などがあり、キヤノンメディカルのMRIやCTの研究製造拠点も宇都宮の北にあります。日中、新幹線に乗ると多くの人々が東京の本社とこれらの事業所の間を往復している様子が伺われます。

さて皆様は宇都宮の三大名物「餃子・ジャズ・カクテル」をご存知でしょうか。餃子は全国的にもかなり有名です。筆者は、ジャズとカクテルが名物であることを駅の観光案内で初めて知りました。

観光名所に目を向けますと、宇都宮市大谷町付近一帯で採掘され、柔らかく加工がしやすいことから、古くから建材として使用されてきた石材である「大谷石」の採石を学べる「大谷資料館」、見渡す限りの竹林で、非日常を体験できリフレッシュできる「若竹の森若山農場」、創建は約1600年前と伝わっており、祀られる宇都宮の始祖・豊城入彦命は武徳に優れていたため、源頼朝公 徳川家康公など、多くの武将が祈願に訪れたといわれて

いる「二荒山神社」などがあります。

コロナが落ち着きましたら、是非、宇都宮市の観光名所を巡り、三大名物を堪能する時間を楽しみたいという想いがあります。

さらには魅力的な農産物も多く、取材時の2月には新種のいちご「とちあいか」(2019年秋に栃木県下で生産され初出荷)が宇都宮駅構内の土産コーナーにて良い香りを漂わせているという、とても魅力あふれる都市です。

**3. 医療法人社団 脳脊髄脊椎外科サービス
宇都宮脳脊髄センター・シンフォニー病院**

JR宇都宮駅東口は、2022年11月の全面開業を目指し(2022年2月時点)、宇都宮市と民間企業の手により「宇都宮駅東地区整備事業」の真っ只中です。

全面開業後には、シンフォニー病院の2階入り口と、新しい商業施設がJR宇都宮駅東口と繋がります。

その中でも、一足早く開院されたのがシンフォニー病院です。病院2階入り口から受付ロビーに進みますと、床材には前述でご紹介の温かみのある優しい自然の風合いの大谷石、壁・天井面には日光産の杉材がふんだんに用いられており、ぬくもりのある大きな空間が広がっています。ロビー中ほどにはテラコッ

タ彫刻「観照」が来院された方々を優しく出迎えてくれます。



受付ロビー中央のテラコッタ彫刻

4. 開設へ込めた地域への想い・2つの使命
[地域への想い]

金 院長に病院開設へ込められた想いと2つの使命を伺いました。



3月15日より治療開始
(シンフォニー病院HPより引用)

脳の病気の中でも、ことに脳卒中は重度の介護を要するようになることが多く、死亡の原因としても全国第四位の病です。栃木県の脳卒中死亡率は全国よりも高く、全都道府県のうち男性がワースト四位、女性がワースト二位で、その三分の一は、40歳代から60歳代で起きています。シンフォニー病院は、倒れてはならない勤労者の世代の人々に新鋭機器を駆使して、専門的検診を行うことで、リス



病院入り口



ハイブリット手術室
(シンフォニー病院HPより引用)

ク要因を見出し、予防的な治療を提供し、地域全体の脳卒中を減らすことに寄与することを目指しています。

【第一の使命】

シンフォニー病院の第一の使命は脳と心臓、脊椎脊髄並びにそれに関連する分野の医療を通じて、地域の人々の健康を守ることです。脳神経外科、脳神経内科、整形外科（脊椎並びに関節）、耳科、泌尿器科、そして一般内科、小児科の専門医師が、それぞれの専門の技能を用い、同時に協力して、全員で相談しながら、診断と治療を行います。

また、新しい特徴として、病気のリスクの早期発見と、その先制的な治療を行い発症の予防を図ることを大事な役割としています。



CT室 (シンフォニー病院HPより引用)

【第二の使命】

第二の使命は、総合的な脳神経系の医療センターとして専門的な診断と治療を行うことです。異なる領域の専門家たちが寄り合い、分業しつつも密接に協力しあいながら診断と治療を行ってまいります。いわば分化と統合による包括的な神経系医療です。その分野は脳疾患、脳卒中、脳腫瘍、脊髄脊椎の疾患、パーキンソン病をはじめ聴覚-耳、排尿機能など神経系の全般に及びます。

5. 国内初、切らずに脳腫瘍を治療する 定位放射線治療装置「ZAP-X」のご紹介

シンフォニー病院は、地域へ包括的に貢献できる脳神経センターとして、診療・治療を開始するにあたり、優れた定位放射線治療装置が必要でした。そこで、詳細な検討の上に導入を決定したのは「ZAP-X」です。国内第1号機を導入し、2022年3月15日よりZAP-Xの稼働がはじまり、治療が開始されています。

ZAP-Xは脳神経外科領域における定位放射線治療装置として3世代目といえる新鋭機でリニアックによって発生させた高エネルギーX



ZAP-X 全景

線を脳の病変に正確に照射して治療する装置です。

脳腫瘍、下垂体腫瘍、がんの脳転移、動脈奇形、三叉神経痛などに有効であり、国内でのZAP-Xによる治療症例紹介は治療開始後の経験を経て、本誌にて改めてご紹介いたします。

6. 「ZAP-X」機器のご紹介

〔直線加速器〕

放射線源に3メガボルトの直線加速器を用いており、経時的にX線エネルギーが減衰することがないため、従来の脳専用定位放射線治療装置のような線源交換は不要です。また、テロに備えたセキュリティ対策も不要であり、安全かつ低ランニングコストでの運用が可能となります。

自己遮蔽構造を有するZAP-Xは、従来の放射線治療装置を設置するのに必要であった大掛かりな遮蔽構造部屋は不要であり、これまでには想像しなかったような場所への設置が可能です。

装置自体が遮蔽能力を有する材質で構成されているため、全体重量が27.5tもあります。シンフォニー病院の設計建築時にも構造上の梁の上にHプレートで補強施工し、重量に対するしっかりとした対策を実施いたしました。

治療室の一部はガラス張りとなっており、治療室内からは、病院横を通過する予定のLRT（次世代型路面電車システム：2023年3月開業予定）を眺めることができますようになっています。従来の放射線治療室のような閉塞感・圧迫感はなく、開放的でストレスフリーな空間での治療を患者様へ提供することが可能となりました。

〔広い立体角を用いた照射〕

アキシャル軸とオプリーク軸の2つの回転

軸を有するガントリ上に直線加速器が搭載されており、あらゆる方向から標的にビームを照射できます。

放射線が照射される焦点はアイソセンタと呼ばれ、治療標的をアイソセンタへ合わせることで治療が行われます。ZAP-Xの稼働域は、その焦点を中心に 2π ステラジアンであり、焦点に対して1020の入射角からの照射が可能です。



ZAP-X 背面①

〔位置補正〕

装置に搭載されたkVイメージングシステムを用いて、治療中の患者様の位置を3次元的にリアルタイムモニターしており、位置ずれが検出された場合は、治療寝台により補正して治療を実行します。

このシステムを用いることにより、患者様に優しいシェル固定下でも分割照射により高精度な治療が実現可能です。

〔リアルタイム線量監視システム〕

ZAP-Xは、装置に統合されたリアルタイ

ム線量監視システムにより、リアルタイムに照射精度を検証しながら安全な治療を患者様へ提供します。

装置に搭載されたMVイメージャにより、ビーム毎に患者透過後の線量を測定しており、その線量を治療計画に基づき予測された患者透過線量と比較します。その誤差が10%を超えた場合には自動的に治療が停止する安全機構が備えられています。



ZAP-X 背面②

〔回転式コリメータ〕

治療効率を最大限上げることが目的に開発された回転式コリメータを有し、治療計画に合わせて8サイズ径（4、5、7.5、10、12.5、15、20、25mmΦ）のビームを自動選択して治療を実行します。

このコリメータは、漏洩線量が少ないことが特徴で、漏洩線量は患者面のビーム中心軸から1mの位置で治療ビームの0.00104%であり、この値はIEC規格6060-2-1により定められた国際基準値0.1を満たしております。

〔治療計画〕

シンプルで直感的なワークフローが特徴の1つです。治療計画には、プライマリとしてCT画像をセカンダリとしてCT・MR画像を用いることができます。

治療計画の立て方はフォワードプランニングとインバースプランニングの2種類があり、ワンクリックで治療計画を完了する「Single Button Inverse Planning」と呼ばれる機能があり、治療計画を立てる人の技術に依存せず高品質の治療計画を実現することを目指しています。

治療時間は、腫瘍の大きさや形状、数にもよりますが、100から150のアイソセンタの場合、治療時間は15分から20分で、入室から退室まで30分から45分で終了となります。

〔導入状況〕

2022年2月時点において、6カ国11施設(米国 [4]、日本 [2]、ドイツ [2]、中国 [1]、スイス [1]、イタリア [1])で設置が完了しています。世界第一号機は、米国のBarrow Brain and Spine (BBS) に導入され2019年1月から臨床使用されています。国内では2021年12月に当院に設置され、2022年3月15日に治療を開始しています。

今回はFBNews編集委員会より新田編集委員長、廣田が訪問取材させていただきました。お忙しい中ご対応いただきました金院長、野村技師長及び関係者の方々に感謝申し上げます。誠にありがとうございました。

(文責：廣田 盛一)

■ 参考文献

- 1) 医療法人社団 脳神経脳脊髄脊椎外科サービス 宇都宮脳脊髄センター シンフォニー病院パンフレット
- 2) 宇都宮市総合政策部 駅東口整備室 宇都宮駅東交流拠点施設 資料



中川 恵一

東京大学医学部附属病院

コロナとがん

2016年から、すべてのがん患者の情報を国が管理する「全国がん登録」が始まっています。私の膀胱がんの情報も、東大病院→東京都→国の順で登録されたはずですが。

このがん登録では、がんが発見された経緯も届けることになっています。2017年の全国がん登録の報告によると、この年にがんを診断された日本人は、上皮内がんを除くと約96万人、上皮内がんを含めると約107万人でした。

がんが見つかった経緯については、上皮内がんを除くと15%、含めると16%が、がん検診・健康診断・人間ドックによるものでした。

しかし、「がん検診・健康診断・人間ドック」以上に、がん発見の経緯として最大のものは「他疾患の経過観察中」で、上皮内がんを除くと32%、含めると33%を占めます。これは、がん以外の病気で医療機関にかかって診療を受けている際に偶然がんが見つかるというパターンです。たとえば、かぜをひいて咳が出るために撮ったレントゲンでたまたま早期の肺がんが見つかるようなケースは少なくありません。

しかし、今、コロナで、がん検診も医療機関への受診も減っています。住民がん検診を日本で最も手がけている日本対がん協会の調べでは、昨年のがん検診の受診者は3割も減っています。今年の上半期はやや回復しましたが、2019年から17%も減ったままです。

医療機関への受診も減っています。2020年の医療費は2019年より1兆4千億円減りました。マイナス3.2%と過去最大の減少でした。さらに、休日の数を補正すると、3.9%もの大きな減少です。当然、医療機関でもがんの発見も減っているとみられます。

その結果、がんを診断される患者数も、手術などのがん治療の件数も減っているというショッキングな結果が出ています。日本一の患者数を誇るがん研有明病院では昨年のがんの手術件数が2019年より3割も減っており、とくに早期がんの手術の減少が顕著です。さらに、大学病院などで2020年にがんを診断された患者の数が2019年に比べて9.2%減少したとの調査結果が発表されました。

全国の大学病院やがん診療病院など486施設が調査の対象で、2割強にあたる105施設から回答がありました。住民がん検診の対象となる大腸がん、肺がん、乳がん、子宮頸がんの2020年の診断数は計8万660件で、2019年の計8万8,814件から9.2%減少しました。がんの診断件数は4万件超も減ったとみられます。

臓器別には、胃がんが13.4%減と減少幅が最も大きく、大腸がん10.2%減、乳がん8.2%減、肺がん6.4%減、子宮頸がん4.8%減でした。ステージ別には、胃がんでは、ステージ1が2019年に比べて17.4%も減少と、ステージ2～4の4～9%減と比べ、減少幅が大きくなりました。大腸がんでも早期のステージほど減少幅が大きく、他の調査と同様の結果となりました。

手術数も減っており、とくに、胃がんの手術数は15.7%も減少しました。胃がんの減少幅が最も大きかったのは、口や鼻から内視鏡を入れる際にせき込んでウイルスが飛散することが感染初期のころに問題になったため、検査が控えられたためだと思います。

コロナによって、がんの早期発見が大幅に後退しています。数年以内に進行がんが増え、死亡率も高まることになるかと予想されます。

がん検診、人間ドック、医療機関への受診、これらを以前と同じように、あるいは、以前にも増して、心がけて頂く必要があるでしょう。

大線量域の放射線計測

—その経緯と現状—

(株)千代田テクノロ アドバイザー 小嶋 拓治

はじめに

医療用具やヘルスケア製品の滅菌、ケーブル被覆・集束材の耐熱性・熱収縮性の向上、自動車内装材や吸着・捕集・フィルタなどプラスチック/樹脂への発泡性や機能性の付加を目的とした産業、いわゆる放射線プロセスが日常生活内で1970年代から定着・進展している。

放射線計測というと、日常生活で宇宙、大地、大気及び自然食品から受ける環境放射線 (mSvレベル)、また、原子力・放射線・放射能に係る施設での特殊な従事、放射線治療・診断 (<10Gy程度)に係る医療従事や受診において、法的な管理・規制の下、健康への影響に対する防護、被ばくの管理を目的とする計測と思われる方が多いと推測される。放射線プロセスでも、その放射線照射施設・装置の運転などの作業従事者は、健康への影響の視点から同じ計測手法に基づき法的管理がなされている。これとは別に、放射線滅菌やプラスチックの改質 (数10kGy)の他、ばれいしょの芽止め処理 (60–150Gy)、害虫駆除を目的とした不妊化 (70Gy)、人工衛星や原子力・核物理研究施設等で使用される材料・機器類の耐放射線性・余寿命評価 (~MGy)など、制御した放射線を有効利用し、その処理の設計、実施、及び完遂の確認/保証などの手段となる大線量域 (1Gyから数100kGy)の線量計測分野がある。放射線プロセスに主に用いられる放射線の種類は、照射効果がほぼ等価で、また放射線を受けたものが放射性物質に変わらないエネルギーのコバルト60ガンマ線及び電子線 (<10MeV)である。線量の分布特性などは異なるが、いずれでも設計及び事前試験で明らかにした線量率・線量範囲の条件でプロセスを制御して、対象物に目的の線量を均一に照射する処理を行う。この工程管理/品質保証の厳格さには対象物により差があり、滅菌処理などでは、上記のような線量計測に基づく厳しい品質保証、「ドシメトリックリリース」が一般的である。一方、健康に影響を与える可能性が低い、

例えばプラスチックの改質や表面加工などでは、照射装置の出力や搬送装置の速度などの制御・確認に基づく比較的緩やか品質保証、「パラメトリックリリース」の場合もある。

本稿では、特に前者の放射線プロセスなどにおける大線量放射線計測について、その役割及び信頼性の確保などについて、また、国内外の歴史的な経緯と現状、課題などを述べる。

1. 大線量計測の役割

放射線プロセスでは、主にコバルト60密封線源 (PBq/MCi、メートルサイズに配置)のガンマ線や加速器・発生装置で生成した電子線 (数10keV~10MeV)を線源に用い、高線量率/大線量でかつ搬送システムにより広大な照射場に対象物を連続的に通過・周回させて照射処理が行われている。そして、対象物ごとに国際・国内規格を遵守した処理方法及び消費者等における安全・健康を守るための線量計測に基づいた品質管理の方法を規定して、国の認可を受ける。例えば、ヘルスケア製品の滅菌の場合であれば、あらゆる菌の生存確率を 10^{-6} (100万分の一)以下にまで減少させる最小線量以上で、同時に製品の変質が使用の安全上問題とならない最大線量以下となるように、予め明らかにした製品形態・搬送・照射条件で再現性良く均一に処理がなされ、目的の品質が得られた保証を求められる。(放射線プロセスの施設・装置及び処理工程に関しては、動画で見られる放射線照射受託会社のホームページ等を参照¹⁾)

放射線計測は、こうした放射線プロセスの照射施設の設計・建設から処理の実施、最終的には放射線処理後の製品の品質を保証する証拠の提供に至る各段階で次のような役割を果たす。

- ①実験室規模からプロセス規模への移行におけるスケールアップ
- ②加工処理工程を構成する放射線源及び加工対象物の搬送装置などの性能及び運転に係るいわゆる据付時及び運転時の適格性確認 (IQ及びOQ)

- ③照射場及び加工対象の製品（箱）内の線量分布、製品の品質の範囲に係る最大・最小線量値及びそれらを与える箇所あるいはそれらを日常的にモニタする線量管理参照点位置の再現性を確認する稼働性能適格性確認（PQ）
- ④最大・最小線量値あるいは線量管理参照点位置における線量値の日常管理により、全処理工程が許容範囲内で再現性良く実施されていることの確認による品質保証（QA）



図1 大線量域用線量計素子の例

(出典HP) 着色PMMA線量計：Harwell
 透明PMMA線量計：ラジエ工業
 アラニン線量計、CTA線量計及びB3線量計：千代田テクノル/GEX
 ラジオクロミックフィルム：東洋メディック

2. 大線量域の線量計測システムとその信頼性確保

2.1 線量計測システム

線量計測システムは、放射線を受感する線量計素子、その変化量（信号）の読み取り装置、及び取り扱い方法を規定した手順書からなる。

測定対象とする放射線の最高の線量率は、ガンマ線では約20kGy/h、電子線では、例えば移動速度1 m/minのコンベアを使用した場合に数10kGy/sである。また、積算の線量域は、数kGy～数10kGyを主にGy～MGyの広範囲にわたる。

線量計素子には、水に近い組成、広い範囲で線量率依存性がなく一連の照射工程を対象物とともに移動して積分された線量値を測定できること、照射場及び対象物内の分布が測定できる数cm程度の大きさであることなどが求められる。

国内では、放射線誘起着色やラジカル生成などの分光的定量に基づく、例えば、ポリメチルメタクリレート（PMMA）線量計、三酢酸セルロース（CTA）線量計、ラジオクロミックフィルム（例：FWT60、B3、GAF）、及びアラニン線量計（後述2.2）など、放射線プロセスの処理対象物に組成や反応が近い化学線量計が用いられている（図1参照²⁾。線量計素子はその形状や線量測定範囲などの特性、読み取り方法を考慮して選択し、その取り扱い方法を規定した手順書を作成して使用する。

これら線量計測システムは、放射線プロセスの高線量率の照射場において、中でも信頼性の高いアラニン線量計やフリック線量計との測定比較、あるいはカロリメータ（吸収体：グラファイトまたは水）や高線量率用電離箱など物理的な参照標準線量計を用いて、線量応答特性に対する温度や

照射後の経過時間等がもたらす複合的な影響を補正できるようにしておく必要がある。

2.2 信頼性の確保

前述のように、特に健康への影響の観点から品質保証が要求される放射線滅菌などでは、放射線処理手順及び使用する線量計測システムの選択と取扱い方法などに関する規格の遵守が求められ、プロセス実施者は品目ごとにこれらに準拠した手順書とともに認可を受けている。JIS規格にもなっている主たる規格には、表1に示すように、放射線滅菌プロセスに関するISO規格及び使用される線量計測システムに関するISO/ASTM規格がある³⁾。

これらの規格類では、線量計測値が国家/国際標準にトレーサブル（標準に遡及して不確かさを明示可能）であることが要求され、その手段には国際的にもアラニン線量計が用いられている。アラニン線量計では、固化化したアラニン微結晶中に放射線照射で生じた室温で長期に安定なラジカルの量（線量応答）を電子スピン共鳴（ESR）装置で読み取ることで、線量範囲1 Gy～100kGyの測定が高精度でできる。この特性を利用して、認定校正機関からアラニン線量計を放射線処理施設に送り、そこで使用している線量計と同時に照射して返送されたアラニン線量計を認定校正機関で読み取り、この結果に基づき処理施設の照射条件における線量計の線量応答曲線/算出式を作成するという、トランスファー線量測定と呼ぶ校正方

表 1 JIS規格となっている大線量計測に関する規格類

1) 放射線滅菌プロセス全体		
ISO11137-1:2015	JIS T 0806-1	ヘルスケア製品の滅菌-放射線-
	Part 1	ヘルスケア製品の滅菌プロセスの開発、バリデーション及び日常管理に関する要求事項
ISO11137-3:2017	JIS T 0806-3	ヘルスケア製品の滅菌-放射線-Part 3 線量測定に関わる指針
2) 線量計測システム全体		
ISO/ASTM 52628:2013	JIS Z 4574	放射線加工処理における線量計測方法 (2017)
3) 日本で使用されている線量計測システム		
ISO/ASTM 51607準拠	JIS Z 4571	アラニン線量計測装置 (2001)
ISO/ASTM 51276:2002	JIS Z 4572	ポリメチルメタクリレート (PMMA) 線量計測システムの標準的使用方法 (2014)
ISO/ASTM 51650:2013	JIS Z 4573	三酢酸セルロース(CTA)線量計測システムの使用方法 (2015)
ISO/ASTM 51275:2013	JIS Z 4575	ラジオクロミックフィルム線量計測システムの使用方法 (2019)

法が用いられている。アラニン線量計は、放射線プロセス施設内の基準及びルーチン線量計だけでなく、自国及び国際的な参照標準線量計として位置づけられ、欧米及びアジアの多くの先進国の線量標準機関/認定校正機関で活用されている。また、英国物理研究所 (NPL)、NPLとトレーサブルであるデンマークRiso研究所 (Riso)、米国標準技術研究所 (NIST) などでは、アラニン線量計を用いた線量校正サービスを行っている。

3. 大線量計測の標準化の経緯と課題

ここでは、表 2 を参照しながら、国内外における大線量計測の標準化の歴史的経緯を振り返る。

3.1 これまでの経緯

国際原子力機関 (IAEA) では、1960年代から放射線の産業利用の進展とともに線量標準化の重要性を認識し、1977年に10-100 Gy領域での標準化に係るプロジェクトの下で研究協力計画(CRP)などを開始した。この一環として、アラニン線量計を用いた国際的な線量保証サービス (IDAS) を1985-2005年に行うとともに、シンポジウムを1984年及び1990年に開催して、加盟国における大線量計測の現状把握と課題の抽出を図り、線量標準化を推進した。この中で、1994年及び1997年にCRP参加の先進7及び9カ国の間でガンマ線の線量15kGyと45kGyについて線量比較を行った結果、いずれの比較時期及び線量でも<2%の整合性が得られた⁴⁾。これにより、IAEAは2009年にプロジェクトを完遂し、IDASによる標準化の定着の確認を2005年まで継続した。

環境・防護及び治療における放射線量計測の標準化を主導してきた国際度量衡局 (BIPM) は、IAEAのプロジェクト完遂を受けて、放射線プロセスの線量域1kGy-30kGyの2線量点において、NPL及びNISTが提供した2種のアラニン線量計を用いた8カ国の国家標準機関の線量比較を行った。日本は、大線量域に対応できる国家標準機関/認定校正機関がなく不参加であった。線源には、主として乾式貯蔵型コバルト60ガンマ線源及び高エネルギーX線発生装置、線量計測システムには、電離箱、カロリメータ、フリッケ線量計、及びアラニン線量計が使用された。線源形態による線量率/照射時間による微差がみられたが、NPL及びNISTのいずれのアラニン線量計を用いた場合も比較時期及び2線量点ともに~2%の整合性が得られた。大線量域における線量標準化は、この結果をもって、国際的にはほぼ達成できたとみなされている⁵⁾。

日本では、旧日本原子力研究所 (高崎研究所) が、国内の放射線プロセスと同様のコバルト60ガンマ線及びMeV級電子線の高線量率の場を持っており、そこで使用可能な電離箱、カロリメータ、電子流密度測定器/ファラデーカップ、アラニン/ESR線量計測システムを開発するとともに、IAEAのプロジェクトの下、CRP、線量比較、及びシンポジウムに参加した。これらの結果から、日本の技術が、1992年のIAEA自身でのIDAS運営体制の構築、及びその後2005年までのサービス提供に活用された。日本原子力研究開発機構への改組による粒子線の線量計測への応用研究への移行、2011年の東日本大震災を経た後の2014年量子科学技術研究開発機構への改組があり、大線量計測技術は所内の維持に留まり、主に国内の大線量域標準化に必要となる

表 2 大線量計測の経緯

年代	国際	日本 (高崎研)	その他 (国内外の関連事項)
1970	1977 IAEA標準化プロジェクト開始	透明PMMA線量計の実用化 CTA線量計の実用化 (日仏協力) 高線量率ガンマ線用電離箱、電子線用電子流密度測定器、カロリメータの開発	
1980	1984 第1回シンポジウム 1985 線量保証サービス開始 (GSF協力) 1988 研究協力計画 (CRP) 開始	1989 アラニン線量計の実用化	1980代 大線量域の線量計測に係る規格類の発行 (ASTM)
1990	1990 第2回シンポジウム 1992-2005 IAEA自営のIDAS 1994 CRP加盟国内の線量相互比較 1997 第2回CRP加盟国内の線量相互比較 (参加機関の整合性確認) 1998 第3回シンポジウム 1999 プロジェクト完遂	1992 IAEA自営IDASの確立に協力 1994 CRP加盟国内の線量相互比較参加 1997 CRP加盟国内の第2回線量相互比較参加 1998 NPLとの線量相互比較/不確かさ評価	1998 ISO/ASTM規格として認証
2000	2005 標準化体制の定着確認のIDAS終了 2009 放射線標準機関間の線量相互比較 (BIPM) (大線量域線量標準供給・相互認証体制確立)	2006 日本原子力研究所：日本原子力研究開発機構に改組 (粒子線計測に係る研究開発に移行)	2001 JIS「アラニン線量計測装置」発行 2007 JCSS技術的要求事項適用指針の範囲拡張 2009 ISO「ヘルスケア製品の滅菌」発行
2010~		2014 量子科学技術研究開発機構に改組 (所内で、線量計測システム等の技術を継承中)	2013 医療用リニアック光子線による標準供給 2014 JIS「PMMA線量計測システム」発行 2015 JIS「CTA線量計測システム」発行 2017 JIS「放射線プロセスにおける線量計測システム」発行 2019 JIS「ラジオクロミックフィルム線量計測システム」発行 大線量域用アラニン線量計確立 カロリメータの開発 (継続中)

※規格の正式名称は表1参照 ASTM: ASTM International

指針・規格の整備のみが外部組織を利用して進められ、現在に至っている。指針・規格の整備については、例えば、計量法トレーサビリティ制度に係る(独)製品評価技術基盤機構認定センター JCSS技術的要求事項適用指針(放射線・放射能(X線測定器, ガンマ線測定器(特定二次標準器等)))認定-部門JCT-21701-09(2007.4.1)で、特定二次標準器または常用参照標準による校正範囲の拡大に係る改定がなされ、線量トレーサビリティ制度に係る認定校正機関における技術範囲が高線量率・大線量域まで拡張されている。また、日本原子力学会が事務局であるISO/TC85/WG3国内対策委員会の下、大線量域の放射線計測に係るISO/ASTM規格26規格の内、国内の重要度に応じた規格がJIS規格で発行されている(表1参照)。

3.2 課題と今後への期待

(1) 大線量計測における新たな技術課題

近年では、80-300 keVの電子線が、従来の印刷・コーティングなどに加えて、ペットボトルや薬剤包装材料などの殺菌処理にも用いられてきている。これに伴い、施設・装置の運転パラメータの制御による工程管理から、より厳しい線量管理が求められるつつある。エネルギーが低く、放射線の照射効果を与える領域が対象物のごく表面近傍になるが、入手可能なフィルム線量計の最小の厚さが10 μ m程度であるため、素子の全部を透過しないあるいは透過しても内部で極端な傾斜となる線量分布を持つ。線量計素子全体をほぼ均一に透過する条件を基本とするトレーサビリティのある校正に準じて、理論計算を加えた校正方法を規定した

国際規格ISO/ASTM21818がすでに発行されたが、技術的に難しく、定着には時間を要すると考える。

食感や栄養的特性に大きな影響を与えず、また有害物の残留なく食品の品質を保ったまま食品の安全性と食料の確保の問題に対処する技術の一つとして食品照射があり、特にアジア太平洋地域と南北アメリカ大陸で利用が進んでいる。例えば、果物などの成熟の遅延、ニンニクなどの発芽抑制/腐敗防止、食品が媒介する病原性微生物の制御、青果物に潜む害虫を繁殖不能にして他の未発生地域への拡大を防ぐ検疫処理などとして有効である。この分野でも、研究成果も含めて、放射線計測に線量トレーサビリティを求めつつある。

この他、大線量計測の対象分野としては、原子力（発電・貯蔵・廃棄物等）施設、核物理施設、宇宙衛星等、高線量率の放射線場で使用される装置・機器類の耐放射線性評価/余寿命評価、線量率の高低が大きく変動して計測誤差が大きい、例えば廃炉処理作業などにおける未知環境条件での積分型線量測定などがある。本稿では、校正におけるアラニン線量計の使用について述べたが、放射線照射量の記録として素子を保存できるなどの特性は、放射線治療分野などでも有用である。既存の大線量計測システムも含めて、新たな改良・応用が広がることが期待される。

(2) 大線量域の標準化における課題

国内には、高線量率かつ広い照射場を持ち大線量計測が重要となる施設が、ヘルスケア製品等の製造会社、放射線照射受託会社、搬送システムがない共用施設を持つ大学等を含めて、約30ある。特に、放射線滅菌等では、ISO-11137（2006）の発効以降、外国の標準機関を利用してトレーサビリティを確保している。このサービスでは、アラニン線量計の受け取り、自施設での照射・返送、NPL等での読取り・結果報告に1か月半以上を要し、また測定費用が高い、問い合わせが不便などの理由で、当初から国内での標準供給が望まれている。

日本では、表2に示すように、2001-2030年の知的基盤整備計画の下、2013年から放射線治療の進展に伴った医療用リニアック光子線線量の標準供給が開始されている。大線量域に関しては、高崎研究所のガンマ線照射施設の共同利用により、2019年に外国製アラニン線量計測システムに係る技術がほぼ確立し、標準器とするカロリメータの開発が継続中である⁶⁾。

このリニアックのように、線量標準は、放射線の種類/特性が同様な線源を用いて供給することが不確かさを少なくする要点である。線量計測システムだけでなく、コバルト60線源/装置の購入とその維持管理に係る億円オーダーの予算に比べて、大線量計測が波及する市場の経済規模が見合わないことも推測される。しかし、国際的な交易・流通で対等性を保つことができるように、計量標準、それに使用する計測システム、規格などの知的基盤は、未知の部分が避けられない外国に依存することなく、自国で持つことが極めて重要と考える。日本で開発・製造されている透明PMMA線量計（1～150kGy）及びCTA線量計（電子線用）は、現在もISO/ASTM規格内に参照されているが、IDASで使用された国産のアラニン線量計のように製造中止になった例もある。大線量計測に関しては、その果たす役割が異なるという理由からか、放射線計測に関わる官庁・所管部署、関係公的機関などが異なっている。しかし、1990年頃までは、(財)放射線利用振興協会の下、国家標準機関が関与した大線量測定研究委員会による「大放射線量实用測定法」及び「工業照射用の電子線量計測（地人書館）」が発行されるなど、公的機関・大学・企業が連携して国内の線量標準化に向けて進んでいた。これまで国内で培われた技術及び経験などが埋もれないうちに、放射線計測関連の公的機関及び企業の人的・技術的な緊密な連携・共同による体制を構築して、国内の大線量域の標準化を実現することが望まれる。

なお、本稿には、放射線計測ニュース2017年4月号（No.59）p.2-4と内容・記述が重複する部分がある。

■ 参考文献

- 1) 例えば、
<https://radia-ind.co.jp/service/c01/facility>
www.koga-isotope.co.jp/gamma/process.html
<https://www.jisco-hq.jp/visit.php>
- 2) アイソトープ手帳12版（2020）日本アイソトープ協会編丸善出版p.197
- 3) 同 p.147-148
- 4) Appl. Radiat. Isot., 54（2000）p.1179-1184
- 5) Metrologia 48（2011）Tech. Suppl. 06009
- 6) 産業技術総合研究所計量標準報告（2019）Vol.10, No. 1, p.23-39

公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ

★講習会について★ (令和4年4月6日現在)

講習名/月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
特定放射性同位元素防護管理者 定期講習 (eラーニング講習) ※法定講習			○ 8/2~8/19			
放射線取扱主任者定期講習 (オンライン講習 (ライブ配信)) ※法定講習		○		○	○	○
放射線取扱主任者講習 ※法定講習						第1種 ○
						第2種 ○
	第3種 2回程度					
放射線安全管理講習会 (オンライン講習 (ライブ配信))						○
医療機関の放射線業務従事者のための 放射性同位元素等規制法講習会 (オンライン講習 (ライブ配信))	○		○			

- ・最新情報や詳細日程については、当センターのホームページをご確認ください。(○印は計画中)
- ・講習開催(集合講習)については、新型コロナウイルス感染症の拡大状況に伴い国から示されている屋内イベントの開催の在り方を踏まえると共に行政等の指示に従うものとします。
- ・オンライン講習は、受講者がインターネットのライブ配信に参加することにより実施します。なお、オンライン講習(法定講習)は、事業所からの申込みに限ります。
- ・eラーニング講習は、インターネットにより配信する講義動画を、視聴者が一定期間内に視聴することにより実施します。なお、eラーニング講習(法定講習)は、事業所からの申込みに限ります。

★出版物について★ 出版物のお申込みは、当センターのホームページにて受付しております。
ホームページURL: <https://www.nustec.or.jp/> メールアドレス: kosyu@nustec.or.jp 電話: 03-3814-5746

日本保健物理学会 測定信頼性専門研究会 アンケートへのご協力をお願い

研究会主査: (国研)産業技術総合研究所 黒澤 忠弘

日本保健物理学会「RI施設における放射線管理を目的とした測定の信頼性確保に関する専門研究会」では、来年10月1日に施行される改正RI規制法施行規則第20条に対応するためのアンケートを行っています。当研究会は、幅広い業態の事業者の放射線管理の実情を収集したうえで、適切な対策を提案したいと考えています。事業者の方には、アンケートにご協力いただければ幸いです。

実施期間: 2021年11月~2022年9月末

アンケート方式: Google form 右記のQRコードからアクセスすることができます。

※使用が困難な場合はお問い合わせください。

お問い合わせ: toiawase_shinrai@rri.kyoto-u.ac.jp

詳しくはHPをご覧ください。

<http://www.jhps.or.jp/cgi-bin/info/page.cgi?id=83>



令和4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4年8月24日(水)、25日(木)

第2種試験 令和4年8月26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4年5月11日(水)～令和4年6月13日(月)

(郵送の場合、令和4年6月13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4年6月13日到着分まで有効。)

4 受験料

第1種：19,800円(消費税等込み)

第2種：14,124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。また、クリアファイルは同封されていても返送いたしません。

請求部数	1～2部	3部	4～6部	7～13部	14～15部
切手代金	140円	210円	250円	390円	580円

16部以上請求される場合のみ、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、20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。当センターのホームページに掲載している「受験の手引き」の内容を必ずご確認の上、お申込み下さい。

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お願い

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い申し上げます。

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
部署名 放射線科
担当者名 千代田 太郎 様
電話番号 03-3252-2390
ご利用開始 2022/06/01・2022/06/30
※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ますようお願いいたします。
※コントロールガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISは、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。
測定依頼される個数(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 5 個
ガラスリング 3 個
DOSIRIS 1 個
連絡先

【お詫びと訂正】

FBNewsNo.544(2022年4月号)におきまして一部誤りがございましたので下記の通りお詫びして訂正いたします。
3ページ「原爆被爆の誤解」(誤)：原爆投下後11日目 → (正)：原爆投下後1ヶ月と11日目

編集後記

- 国立がん研究センター東病院放射線品質管理室 室長 橘英伸様より、2022年4月より一般社団法人放射線治療品質保証研究開発応用機構 (RAQDA) が開始される、郵送調査に関する背景とゲル線量計のご紹介をいただきました。Co-60やIr-192を利用した小線源治療を実施されている病院様は是非ご一読いただきご協力よろしくお願いします。
- 2021年12月1日に栃木県宇都宮市に新規開業された「宇都宮脳脊髄センター・シンフォニー病院」様のご紹介と、日本初号機として3月15日に治療開始された「ZAP-X」のご紹介をいたしました。
- 今月号の中川恵一先生のコラムでは、コロナ禍でがん検診と病院での診察が減少し、がん発見数とがん治療数が減っているとの内容を拝読し、本来、健康に過ごせるチャンスまでを、このコロナ禍で失うことはもったいない事であると痛感しました。
- 「大線量域の放射線計測-その経緯と現状-」と題し弊社 小嶋拓治アドバイザーより大線量放射線計測について、役割・信頼性の確保について、国内外の現状と課題についてまとめ、国内の大線量域の標準化の実現についてお伝えいたします。
- 公益財団法人 原子力安全技術センター様より、講習会のお知らせと令和4年度 放射線取扱主任者試験施行要領のご案内。
- (国研)産業技術総合研究所様より日本保健物理学会 測定信頼性専門研究会アンケートのお願いをご案内。(M.H)

FBNews No.546

発行日/2022年6月1日

発行人/井上任

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 藤森昭彦
篠崎和佳子 高橋英典 廣田盛一 前原風太 山口義樹

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/株式会社テクノルサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体364円)