

線量校正センター

Vol. 8

ニュース News

Therapy-level Dosimetry and Calibration

解説

出力測定結果が許容範囲を超える事象の
対応について

分離校正における電位計校正の受け入れについて

話題

- ISO/TC85/SC2(放射線防護分野)の活動と
2019年日本開催について
- 電子線治療における出力測定
- 密封小線源治療における線量計測に関わる
いくつかの課題について



公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

「線量校正センターニュース」 vol.8

contents

巻頭言	線量校正センターニュース 第8号をお届けします。…………… 1 池田 恢 (医療放射線監理委員会委員長、堺市立総合医療センター放射線治療科部長)
解説	出力測定結果が許容範囲を超える事象の対応について…………… 2 新保宗史 (医療放射線監理委員会 放射線治療品質管理部会会長、 埼玉医科大学総合医療センター)
	分離校正における電位計校正の受け入れについて…………… 5 高瀬信宏 (医用原子力技術研究振興財団 線量校正センター)
話題	ISO/TC85/SC2 (放射線防護分野) の活動と2019年日本開催について …… 9 福村明史 (量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所)
	電子線治療における出力測定 ……………12 水野秀之、若森彩月 (量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所)
	密封小線源治療における線量計測に関わるいくつかの課題について……………15 川村慎二 (帝京大学大学院保健学研究科)
報告	放射線治療における地域連携支援事業 (東北・北陸) パイロットスタディの実施報告……………19 大坂暁胤 (新潟県立中央病院 放射線科)
	水中校正以降の水吸収線量校正定数の検証 ……………22 森下雄一郎 (産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門)
資料	治療用線量計校正の実績 (平成29年4月～平成30年3月) ……………26 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
	出力線量測定の実績について ……………34 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
	治療用線量計校正および出力線量測定の施設名公表について ……………39 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
お知らせ	治療用線量計校正担当より……………44 出力線量測定担当より……………46 財団ホームページの線量校正センター関連の更新……………47
編集後記	……………48

線量校正センターニュース 第8号をお届けします。



池田 帆

医療放射線監理委員会委員長、堺市立総合医療センター放射線治療科部長

読者各位には日頃からの当財団の線量計校正事業、および出力測定事業に対するご協力、ご支援に感謝いたします。お蔭でいずれも着実な歩み続け、わが国の放射線治療の品質管理・保証の基盤を支える業務としてほぼ定着したと感じています。線量計校正事業は二次標準機関として機能し、年間3,000件を超える件数を実施していますが、このたび関係者の尽力により、従来の線量計一体校正から、電位計と電離箱とに分離してそれぞれを校正する「分離校正」がJCSSを取得し、本年(2018年)7月1日をもって実施に移されました。また出力測定事業は2007年から開始し、2014年には厚労省からがん診療連携拠点病院の認定基準である第三者検証が可能な機関として例示され、以後件数は増加し、ここ数年は年平均で150施設、200装置を扱うに至っております。これらの実績はいずれも毎号の「線量校正センターニュース」で報告されており、ご承知のことと存じます。

国際原子力機関(IAEA)がQuality Assurance Team for Radiation Oncology (QUATRO)として行った、放射線治療施設に対する包括的な訪問調査体制での、10年間の東欧域で実施の結果が報告されました。ここでは227施設のうち基幹施設を含む31施設について実施され、レベル3*までの問いかけが行われ、施設によっては充足度が不十分な項目も多くみられて、結論として良質のケア実施の妨げとなっている事柄にはスタッフが少ない、教育修練が行き届いていない、装置器具が少ない、品質管理の視点が欠けているなどが挙げられています(Radiother Oncol 2018; 126:183)。

EORTC*では臨床試験実施の前提として2005年から2014年まで参加施設のビームの出力測定

監査を行い、755装置、X線1,790ビーム、電子線1,366ビームについて実施したところ、91.1%までが基準値の3%以下に入っており、5%を超えるビームはX線で0.2%、電子線で0.7%のみであった、これは1998年から2001年の郵送調査データで5%を超える施設が16%に及んだのと比べ著しく改善されたと報告しています。そして最近では値のばらつきは試験プロトコルの設定の曖昧さ、標的描画でのばらつき、個々のプロトコルでの至適化の問題などに移っているようです(Radiation Oncology 2016; 11:160)。

出力測定事業においては当財団の業務は依頼された各種測定を実施し、報告することであり、値が大きくなる場合は種々の要因が絡むとみられるので、当該施設には友好的に個々に対応し、その結果としてほとんどの場合は正されます。ただ、偏移値に関してはその内容にもよるが、できれば「迅速に」対応し、そのためには場合によってはその施設を訪問調査させていただきたいとも思っています。そのための広汎な体制作りは今日、より顕在化しつつある問題と言えるでしょう。聞くところによると、放射線治療品質管理機構では、その中で「地域連携支援ワーキンググループ」が立ち上がり、地域で助け合い、補完し合う機運が醸成されているようです。当財団の出力測定事業でも訪問などのバックアップ体制は準備していますが、このように施設や組織の垣根を越えてわが国放射線治療の品質・精度の維持・向上がよりうまく図れればと思っています。

*: EORTC: European Organisation for Research and Treatment of Cancer

レベル1～3: Levels of RTQA within EORTCを参照

出力測定結果が許容範囲を超える事象の 対応について

医療放射線監理委員会 放射線治療品質管理部会部会長 埼玉医科大学総合医療センター 新保宗史

1. はじめに

医用原子力技術研究振興財団では、平成19年度から出力測定事業を開始し、平成28年度までに延べ771施設、984装置の測定を行った(校正センターニュースVol.7参照)。この冊子の資料2にこれまでの出力測定、エネルギー・条件別件数、施設申告線量と財団評価線量の差の分布(校正条件)、が紹介されている。また、施設の使用する水吸収線量評価標準プロトコルと検出線量の差異の原因について記載されている。検出線量の差異の原因の一つとして、測定の際の記入用紙への記入困難が指摘されており、記入用紙の見直しを行っている。

2. 出力測定の必要性

放射線治療は多職種が関わり、多くの機器を用いて診療を行うため、施設内にはそのすべてを理解し、運用することができるスタッフはいない。特に患者体内での線量分布を計算する治療計画装置と、治療計画装置で設定されたビームを照射する高エネルギーX線照射装置では、メーカーに依存する部分が多く、装置の詳細な動作についてはわからない。診療を行うための品質を担保するために、装置導入後コミッションを行うことで、品質を担保し、装置の精度の限界を理解して使用することになる。

決められた手順に従い、照射位置や線量を管理し、また装置を制御するが、それが正しく行

われたかどうかを確認することは困難であり、上段に示すように、財団による出力測定でも、一定の割合で評価線量と財団の出力測定検出値の5%を超える相違が検出されている。この出力測定で相違が検出されても、早々に原因を確認し、対応することができれば、臨床への影響を最小限にすることができる。実際の治療で線量の相違が発生しないよう、これら出力測定などの第三者による評価を使い、施設診療の品質担保に努めてほしい。

3. 吸収線量の成り立ちと施設での線量出力の関係

放射線治療では、投与する線量を正しく管理することが品質管理の基本である。投与する吸収線量が国内各施設で同等であることを担保するため、国家標準から下に示す項目(過程)を通じて線量が統一されている。

- a. 国家標準(産業技術総合研究所)
- b. 施設基準線量計の校正
(医用原子力技術研究振興財団)
- c. 施設での水吸収線量評価
(計測法に従う：校正条件)
- d. 基準条件水吸収線量と治療計画装置の整合性
- e. 治療計画装置と実ビームの整合性
- f. その他(治療計画装置の適正使用、線量評価点の設定、診療品質等)

国家標準から、各施設、各患者の治療まで、適正な手順を踏むことで正しい吸収線量が投与される。施設では、標準計測法および治療計画装置、治療装置で示される手順に従って作業しているものと思う。一方、ヒューマンエラーは一定の確率で起こるので、施設で行う作業がすべて正しいことを確認するのは容易でないため、定期的な第三者による確認が必要となる。

4. 第三者による出力線量の評価と施設内の対応 第三者測定の際の施設の状況

第三者の線量測定を行う際に、施設の担当者は評価項目について、それが正しく行われていることを再確認してから実施しているものと思う。財団から提示される結果について、期待と不安を持って受け止めるものと思うが、意に反して3%、5%を超える相違のある結果を知らされることもある。財団では施設担当者と連絡を取り、出力測定時に作成した記入用紙および照射装置の画面などを参考に、相違の原因特定に努める（ヒアリング）。原因が特定できれば、検出値を正しい手法で行った場合にどのように換算できるかを確認して、出力線量の再評価を行う（線量校正センターニュースVo. 2 解説：財団が実施する出力測定の方法参照）。これで相違が解消されれば、治療を継続して行い、また定期的に出力測定を行う。

原因特定は内部のみでの対応困難

ヒアリングを行っても相違の原因が特定できず、その相違が許容できない場合には、測定系の誤動作なども勘案し、再測定を行うか、もしくは誰かが施設を訪問し施設担当者と相談しながら、相違の原因を突き止め、解消のアドバイスを行い、最終的に問題を解決することが必要になる。施設内のみでの対応も不可能ではないだろうが、出力測定を行う際に手順の再確認を行っていることから、相違の原因を突き止めるのは困難と思う。

施設内でできる対応

施設でできることは、MU校正にかかわる数値の確認、電離箱線量計の設定やマシンの設定、評価対象ビームと実際に照射するビームの再確認（ビームの取り間違い）などがある。一つの間違いに気づいたとしても、それ以外に相違を生む原因があるかもしれない。測定・評価を最初から最後まで通して実施し、どこにどれくらいの相違があるかを積み上げて、財団の結果と施設の結果を照らし合わせて状況を確認することが求められる。

吸収線量の管理で校正条件について、間違いやすい部分は

- ・標準計測法で示される各種係数の取得
- ・吸収線量にかかわる機器の管理と使用方法
- ・測定を行うためのセットアップ
- ・得られた計測値から吸収線量への変換
- ・校正条件から基準条件への吸収線量の変換等がある。

校正条件および基準条件での線量は他との比較ができない

特に校正条件の吸収線量はそれ自体が施設の基準となっているため、この部分に相違があっても、その相違そのものに気づくことは難しい（できない）。一方、照射野条件や異なる深さの吸収線量の評価は、使用する係数の相違などはあるものの、校正条件で得られた電荷と直接比較することが可能であり、相違を検出することは施設内でもできる。例えば異なる条件でも、評価点の水吸収線量を1.0 GyにそろえてMU計算を行い、それぞれ測定して同じ電荷が検出されれば、ほぼ同じ吸収線量が投与されていることがわかる。

5. 施設訪問で行う相違の原因の確認

施設を訪問した時の手順

出力測定で相違があり、施設を訪問してその原因の確認を行う際には、事前の情報（施設基準線量計の校正データ、出力測定の結果と、ヒアリングで確認できたこと（施設からデータを

もらう))をもとに、相違の原因について相談し、確認項目や測定手順を想定しておく。

相違の確定

現場では、最初に吸収線量に用いる各種係数の数値の確認と、1.0 Gyに相当するMUの再計算を行う。ヒアリングでもMU計算の手順などについて確認するが、施設での検出電荷から水吸収線量への変換について、実際に計算してみることは大切であり、これは項目のc.に相当する。

これら計算で原因(の一部)が特定できたとしても、持ち込んだ測定機器を用いて、校正条件の水吸収線量を測定する。蛍光ガラス線量計を用いた出力測定より、電離箱線量計と水ファントムを用いた水吸収線量評価は良い精度が期待できるためである。相違の程度を確認してから、個別の原因の確認作業を行うが、線質指標やイオン再結合補正係数も実測し施設が使用している係数と比較する。

施設MU校正手順を実際に確認することも大切

これまでの間違い事例を参考に持ち込み装置を用いて測定・確認していくが、どこかのタイミングで施設の普段のMU校正を実際に行ってもらうことで、施設のMU校正手順を確認できる。

治療計画装置の設定状況の確認

これまでの訪問調査では、治療計画装置の内部に立ち入ることはまれであったが、出力測定での誤り事例に基づき、治療計画装置の基準線量を指定する数値を確認することが求められている(項目d.)。国内で主に使用されている治療計画装置について、その内容を確認するための操作について対応できるよう準備する必要がある。施設の治療計画装置に一時的にユーザー設定などを行う必要があるかもしれない。治療計画装置に直接、接することは権限などの設定があり注意が必要である。各治療計画装置メーカーに協力を依頼したい。

原因の説明・修正アドバイス

相違の原因と程度が確認できたら、それを施設担当者に伝え、解決方法についてアドバイス

するが、施設担当者に正しく伝えるために配慮が必要である。訪問の電離箱での測定では、セットアップは施設担当者で協力して行い、全員が納得してから測定を開始すべきであるし、検出された電荷から、吸収線量に変換する過程でも、どのように計算しているか施設担当者にもわかる形で実施することで、相違の原因及び解決方法を理解してもらいやすい。

6. 施設を訪問し測定するということ

自分も疑う

外部評価を行うにあたり、常に思うことは、自身(測定装置一式の状況含む)の測定評価で何か間違いがあるかもしれない、施設の評価値と異なる原因の一つとして自身の間違いの可能性があるということを常に意識し、また、施設の方がそれを指摘できる雰囲気づくりができることが望ましい。

測定打ち切りのタイミング

複数の修正箇所がある場合など、施設担当者がそれを理解し、修正作業を行うことが困難である場合もある。1つの原因による相違はおおむね1%程度で、1回の訪問で修正できるのは3点程度であるため、複数の相違がある場合には、相違の大きい原因3点を指摘し、残りは後日の訪問で確認し、修正をお願いしたほうが良いことが多い。相違があるのに、原因が明確に特定できない場合もあるが、長時間による測定などは、別のトラブルを誘引することもあるため、あらかじめ時間を決めて、その中で分かったことをまとめ、次の訪問で解決することも想定しておく。

7. 最後に

施設の品質管理の実施状況を確認し、修正点を見つけることは、むづかしい作業である。事前の準備(個別のものと、システム全体)を入念に行うことと、想定外の事態への対応(覚悟)が大切と思う。

分離校正における電位計校正の 受け入れについて

医用原子力技術研究振興財団 線量校正センター 高瀬信宏

はじめに

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 線量校正センター（以下、校正センター）は、医療放射線監理委員会のもと、2018年7月より治療用電離箱単体での水吸収線量校正定数の提供、いわゆる分離校正を開始しました。併せて校正センターでは医療用線量標準センター^[1]として、治療用電位計単体に対して電位計校正定数を提供するサービス（以下、電位計校正）を開始しました。本解説では、電位計校正の依頼に対する受け入れ要件について、説明致します。

1. 分離校正の概要

分離校正では、電離箱は、校正センターの標準電位計に接続された上で⁶⁰Co- γ 線照射が行われ、その収集電荷が計測されます。この標準電位計とは予め、ある決められた手順に沿って校正されており、絶対電荷を指し示すことができます^[2]。

電位計校正では、ある一定の大きさの電流を、ある一定時間だけ流せる装置（以下、電荷発生装置）を用いて⁶⁰Co- γ 線照射で得られるような直流の電流を電位計に入力し、電位計の表示値（応答^[3]）をみます。この電荷発生装置の出力は予め標準電位計で値付けされています。

両校正作業に共通するのは、標準電位計を用いて電荷（電離電荷または電荷発生装置の出力）

を定量するという点です。そのため医療施設（以下、施設）にて電離箱単体の水吸収線量校正定数 $N_{D,w}$ [Gy/nC] を使うにあたり、施設にて接続する電位計の応答が標準電位計と「どの程度異なるのか？」が重要であり、この問いに対する答えが電位計校正の結果に相当します。

電位計校正の結果が正確に示される（校正の不確かさ $(k=2)$ でいうと0.20%で十分です）には、校正される側の電位計の性能についてもある程度求められることとなります。以下に詳しく見ていきましょう。

2. 電位計の性能要件（IEC 60731）

一般に、放射線治療用線量計に用いられるべき電位計の性能要件は、国際電気標準会議（IEC）の制定するIEC 60731^[3]にて規定されています。IEC 60731の目的は2つあり、性能要件を定めること、そして線量計の性能水準（リファレンスクラス、フィールドクラス、スキヤニングクラス）の判定方法の標準化です。そのためIEC 60731には各性能水準に対応する性能要件が計3つありますが、校正センターは最も厳しい性能水準・リファレンスクラスの性能要件を参考に、校正される側の電位計の性能を見積もっています。

IEC 60731:2011が規定する要件のうち、電位計（ここでは電荷測定装置として機能するもの）

の校正に関わる主なものを表1に示します。一般的に校正機関では温度、湿度および主電源等の試験場所の環境について厳しく管理されており、表1のうち環境が関係する要件(temperature(温度), humidity(湿度), MAINS VOLTAGE(主電源))の影響力は、校正結果に対して小さいのが実情です。

校正結果への影響因子としてはおおまかに、表示分解能(RESOLUTION)が最も大きく影響し、続いてゼロ点ドリフト・シフト(ZERO DRIFT, ZERO SHIFT)、繰返し性(repeatability)、電荷漏れ(charge leakage)といったところです。これらの影響因子に関わる性能は当然、メーカーの設計そして製造で左右されます。例えば表示分解能は設計段階でほぼ固まり、ゼロ点ドリフトは製品組み立て後にメーカー内の合格基準を満たしているか検査されることでしょうか。一般にメーカーは、型式毎にそのメーカーが保証する範囲の性能をカタログに仕様として記載しています。

電位計の性能は設計、製造で左右されると述べましたが、他に注意すべき点が購入後の経年劣化です。電位計が電子部品の構成品であるが

ゆえに経年劣化は必ず起きますが、特にゼロ点ドリフト・シフトは顕著な悪化が起こり得る項目です。酷い個体は、例えば電荷の入力が完了しても電位計の表示値が常に動き(または振れ)、結果的に正常に読取できません。

以上、電位計の性能はまず仕様として示されること、そして経年劣化に左右されることを述べました。従って校正センターでは、校正される側の電位計の性能について、まず型式毎に見積もり、いくつかの影響因子においては個体毎に評価する手順が取られています。

3. 学会が勧告するガイドライン

電位計の性能要件については、IECが制定する国際規格の他に、学会が勧告するガイドラインがあります。2000年にIPEM (Institute of Physics and Engineering in Medicine) が英国内の二次標準線量計向けに勧告^[4]している他に、2017年には日本医学物理学会(JSMP)が本邦の放射線治療における重要な計測に用いられる電位計向けに勧告^[5]しています。これらのガイドラインが示す性能要件は、項目や試験方法はIEC 60731に準拠しながら、施設での具体的

表1: IEC 60731の性能要件(リファレンスクラス)のうち校正に関わる主なもの

IEC 60731:2011 項番号	項目	校正結果への影響 (実情を含む)	経年劣化の 影響
6.2.2	RESOLUTION	大	
6.2.3	repeatability	大	現れやすい
6.2.5	STABILIZATION TIME	極小	
6.3.1	ZERO DRIFT	大	現れやすい
6.3.2	ZERO SHIFT	大	現れやすい
6.3.5	dead time	極小	
6.3.6	temperature	極小	
6.3.7	humidity	極小	
6.3.9	charge leakage	小	
6.6	MAINS VOLTAGE	極小	

な電位計の使用場面または治療技術を想定した上、規定されていることが特徴です。そのためIEC 60731と比較すると、許容値はより現実的な水準を示しているようにみえます。例えば表示分解能についてIEC 60731（リファレンスクラス）の許容値が0.25 %とやや易しいのに対し、JSMPガイドラインは0.1 %です。実際はどうかというと、本邦の外部照射向けの標準プロトコル・標準計測法12は電位計の表示に0.1 %（4桁以上の表示）の精度を求めており、また校正センターの近年の校正実績をみると、ほぼ全ての電位計が表示分解能0.1 %を満足しているのが現実です。

時代変化や国内事情に柔軟な対応ができることが、学会ガイドラインの特長であるようにみえます。例えばJSMPガイドラインは、IEC 60731やIPEMガイドラインでフォローしていないリスク要因（大強度のパルス放射線^[6]）について性能要件として規定しています。また海外メーカの製品に当然のように備わっている電荷指示値の極性表示について、国内メーカの一部製品には備わっていない現状があり、同様に性能要件（極性の表示）として盛り込まれています。

以上、学会ガイドラインは実際の電位計を取り巻く状況が反映されたものと述べました。従って校正センターでは電位計型式毎に評価するにあたり、JSMPガイドラインをIEC 60731リファレンスクラスに次いで参考とする性能水準としています。

4. JSMP ガイドラインに準拠した受け入れ

JSMPガイドラインは、性能要件の他、点検や校正についても要求しています。校正事業者は、点検の判定基準を決定するために、校正時の入力電荷や電流の大きさをホームページ等でユーザーに伝えることが求められています。またJSMPガイドラインへの適合を標榜していない型式を受け入れる場合、当該電位計を用いて

計測を行った場合の電荷指示値の不確かさについて、すなわちユーザーが施設で使用の際の計測値の不確かさをユーザーに情報として提供することを求めています。

これらの要求に対して校正センターは現在のところ、次の対応を取っています。

- イ) 電位計校正で受け入れている型式、その校正時の最小および最大入力電荷、最小入力電流をホームページで公開。
- ロ) JSMPガイドライン適合の標榜がみられない型式に対しては、実測に基づくデータ、原著論文、調査論文、学会報文集等を調査し、ユーザー使用時の電荷指示値の不確かさについて、看過できないほどの増大があり得るか判定する。看過できないほどの不確かさ増大の可能性が示される型式については、電位計校正は受け付けない*。

※受け付けていない型式 = (イコール) 看過できないほどの不確かさ増大の可能性が示されている型式ではありません

ロ) 項について、例えば電荷指示値の極性表示がされない型式、大強度のパルス放射線に対して不感を示す型式^[7]が挙げられます。

5. JSMP ガイドライン適合を標榜していない電位計について

JSMPガイドライン適合を標榜する型式は、各メーカのカタログを通して確認できます。

2018年8月現在、適合を標榜する型式にやや傾向があるような印象を受けます。標榜が国内メーカの製品に多い一方で、海外メーカの製品にはまだ見られません。標榜には性能要件を満たしていることを確認する作業が必要となりますが、JSMPガイドラインの性能要件は日本語表記であり、またIEC 60731に規定されていない、独自の要件が存在します。よって開発部門

を本邦に置く国内メーカーには対応しやすい側面があると推察します。

海外製品の多くは、IEC 60731 (リファレンスクラス) への適合を標榜しており、特に電磁両立性に関する国際規格に対し古くから対応していることから、電荷指示値の不確かさ低減の追求より、製品の安全性に注力してきたように想像します。また海外製品の中には、IPEMガイドライン適合を標榜するものがあります。同ガイドラインの性能要件はIEC 60731より厳しく、適合する電位計の電荷指示値の不確かさはIEC 60731適合製品と比べて小さいことが期待されます。よって校正センターでは電位計型式毎に評価するにあたり、IPEMガイドラインの示す性能水準も参考にしています。

以上、現時点でJSMPガイドライン適合の標榜がみられない電位計について、その多くが海外メーカーの製品であることを述べました。海外での分離校正は本邦より早くに行われており、当然のように海外メーカーの電位計は海外の校正機関による電位計校正の実績があります。校正センターでは分離校正サービス開始以前、複数の海外メーカーの型式について電位計校正を試験的に行っていますが、いずれも校正結果を正確に導くことに成功しています^[8]。

【参考文献】

- [1] 日本医学物理学会編「外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法（標準計測法12）」、通商産業研究社、2012
- [2] N. Takase, S. Sakata, K. Narita, H. Mizuno and A. Fukumura: Development of a separated calibration system for electrometer and ionizing chamber (1): Standard electrometer, (2): Charge for comparative calibration, Jpn. J. Med. Phys. 35 Sup. 1, 192-193, 2015.
- [3] “Medical electrical equipment - Dosimeters with ionization chambers as used in radiotherapy”, IEC 60731:2011-02
- [4] A. M. Morgan, E. G. A. Aird, R. J. Aukett, S. Duane, et al.: IPEM guidelines on dosimeter systems for use as transfer instruments between the UK primary dosimetry standards laboratory (NPL) and radiotherapy centres, Phys. Med. Biol. 45, 2445-2457, 2000.
- [5] 「放射線治療用線量計に用いられる電位計のガイドライン」, 日本医学物理学会, 2017
- [6] M. Sakama, H. Mizuno: Experimental evaluation of detailed electrometer performance for heavy ion dosimetry, Jpn. J. Med. Phys. 37 Sup. 3, 156, 2017.
- [7] M. Shimizu, T. Morishita, N. Takase, T. Suzuki, et al.: Electrometer calibration coefficients in pulsed radiation beams from a clinical linac, Jpn. J. Med. Phys. 36 Sup. 1, 32-33, 2016.
- [8] N. Takase, S. Sakata, M. Endo, K. Narita, et al.: An individual calibration system for electrometer and ionization chamber of radiotherapy dosimeters, Jpn. J. Med. Phys. 37 Sup. 3, 167, 2017.

ISO/TC85/SC2 (放射線防護分野) の活動と 2019年日本開催について

量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 福村明史*

ISO (国際標準化機構) の活動については、以前に本ニュースの第5号¹⁾において、医療分野の線量評価の視点から紹介したところですが、このたび、ISO/TC85/SC2会合が岡山理科大学を会場として、2019年5月下旬に開催される運びとなりました。わが国としては、2000年の東京開催以来、実に19年ぶりのイベントとなります。そこで本稿では、この2019年日本開催のアナウンスを兼ねて、ISO/TC85/SC2の活動やわ

が国の貢献について簡単に紹介いたします。

ISOのカバーする技術分野は非常に多岐にわたるため、各分野ごとに技術委員会 (TC) を設け、その傘下で分科会 (SC) や作業部会 (WG) が国際規格策定へ向けた様々な活動を行っています。このうちISO/TC85/SC2は、原子力の平和利用分野を扱う技術委員会TC85傘下の分科会の一つで、主に放射線防護分野を担当しています。ISO/TC85/SC2には、表1に示すとおり、

表1：ISO TC85 (原子力) / SC2 (放射線防護) に設置されたWG一覧

ISO/TC 85/SC 2/AG 1	Advisory Group (顧問グループ)
ISO/TC 85/SC 2/WG 2	Reference radiations fields (参照放射線場)
ISO/TC 85/SC 2/WG 11	Sealed sources (密封線源)
ISO/TC 85/SC 2/WG 13	Monitoring and dosimetry for internal exposure (内部被ばくのモニタリングと線量評価)
ISO/TC 85/SC 2/WG 14	Air control and monitoring (空調モニタリング)
ISO/TC 85/SC 2/WG 17	Radioactivity measurements (放射能測定)
ISO/TC 85/SC 2/WG 18	Biological dosimetry (生物学的線量評価)
ISO/TC 85/SC 2/WG 19	Individual monitoring of external radiation (外部放射線の個人モニタリング)
ISO/TC 85/SC 2/WG 21	Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft (民間航空機内での宇宙放射線被ばくの線量評価)
ISO/TC 85/SC 2/WG 22	Dosimetry and related protocols in medical applications of ionizing radiation (電離放射線の医療応用における線量評価とプロトコル)
ISO/TC 85/SC 2/WG 23	Shielding and confinement systems for protection against ionizing radiation (電離放射線防護のための遮蔽及び封じ込めシステム)
ISO/TC 85/SC 2/WG 25	Radiation monitoring of the population and responders in nuclear/radiological emergencies (核・放射線非常時における住民および対応者の放射線モニタリング)

* ISO/TC85/SC2/WG22 共同コンビナー



全体統括を行う顧問グループ（各国代表やWGのコンビナー等で構成）の下に11のWGが設置され、それぞれのテーマごとに活発な活動が行われています。このうちWG25は福島第一原子力発電事故を受けて新設されたWGで、最初の会合が日本開催となります。各WGの具体的な活動内容等については、ISO/TC85/SC2国内審議委員会幹事の山田崇裕氏（近畿大学）がまとめておられるので、そちらをご参照ください²⁾。

ISO/TC85/SC2に対するわが国の対応については、国内審議団体である（公社）日本保安用品協会に国内審議委員会が設置されており、各WG分野に関連する専門家24名（2018年4月現在）によって、国際規格に係る新規提案からドラフト作成・検討、さらには投票行動に至るまで、幅広い活動が行われています。

最近の成果として、わが国から提案した、トロン測定法、シンチレーションスペクトロメータを用いたγ核種の迅速スクリーニング法がそれぞれISO国際規格として出版されています。さらに、光子線治療における蛍光ガラス線量計を用いた線量評価法、現存、計画及び緊急被ばく状況における環境モニタリングの包括的ガイドライン、低線量γ線標準場、放射能標準体積線源ならびにラドン校正施設におけるQA/QCなど、多数の新規規格案について、わが国の委員が提案し、ISOの国際舞台で議論を主導しています。こうした活動は、「工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動）」として経済産業省より支援を受けています。

ISO/TC85/SC2会議は年に1回、加盟各国持ち回りで開催されており、わが国では2000年に東京で開催されました。表2には、ここ10年余りの開催地のリストを示します。

近年の日本の委員の活躍や、福島第一原子力発電所事故に伴う新たな知見を踏まえた、ISOにおけるさらなる日本の貢献への期待などから、これまで様々な機会を通し日本開催の要請

表2：これまでのISO/TC85/SC2の開催地・国

June 2008	Orlando, USA
April 2009	IAEA, Vienna, Austria
June 2010	Jeju, Republic of Korea
April 2011	Niagara Falls, Canada
June 2012	Paris, France
April 2013	IAEA, Vienna, Austria
June 2014	Moscow, Russian Federation
June 2015	Boras, Sweden
April 2016	New Delhi, India
June 2017	Worcester, MA, USA
May 2018	Helsinki, Finland
May 2019	Okayama, Japan

がありました。筆者は2017年にパシフィコ横浜で開催された日本医学物理学会第113回学術大会の実行委員長を務めましたが、このときに国際規格に関する合同シンポジウムを企画しました。シンポジウムで招待講演をお願いしていたISO/TC 85/SC 2/WG 22のコンビナー（韓国代表）からも日本開催を強く打診されました。こうした状況を踏まえ、国内審議委員会では、様々な角度からその可能性を検討し、日本招致を決定するに至りました。

2018年5月に開催されたヘルシンキ会合では、顧問グループ会議において、2019年の日本開催を支持する旨の意志が示され、全体会合において2019年会合の日本開催が決定されました。今般、日本保安用品協会の下に国際会議検討会議が組織され、岡山理科大学を会場とした会議開催の具体化へ向け、さらなる計画の検討が進む予定です。表3には、会議の開催概要を示します。協賛等のお問い合わせは事務局までご連絡下さい。

福島第一原子力発電所の事故以降、わが国では原子力発電は社会的に厳しい環境にある一方で、新規制基準の下で安全性を高め、ベースロード電源としての役割を果たしてゆくことが期待

表3：ISO/TC85/SC2 2019年日本開催の概要

開催日程：2019年5月21日(火)～24日(金)
会場：岡山理科大学 〒700-0005 岡山市北区理大町1-1 アクセス：JR岡山駅からバス(岡山理科大学行き終点 約20分) 岡山空港からリムジンバスで岡山駅へ移動(約30分)、岡山駅よりバス
事務局：公益社団法人日本保安用品協会 〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-15 和光湯島ビル5階 担当：栗原良明、森谷正彦 Tel. 03-5804-3125 Fax. 03-5804-3126

されています。海外においては中国やインドなどアジア圏を中心に、積極的に原子力開発が進められています。また、原子力分野はエネルギー利用だけでなく、放射線利用分野と車の両輪の関係にあると言えます。特に、放射線は医療など人々の暮らしに密接に関係する部分でも広く使われており、これらを安全に管理するために、放射線防護は必要不可欠なテーマの一つです。

放射線防護の基本の一つは、正確な測定です。放射線測定機器類は、近年のエレクトロニクス技術の著しい進歩により、ますます高度化が進められておりますが、それに加え、測定結果の信頼性や整合性、データの互換性には、測定値の基礎となる標準とそのトレーサビリティが重要です。放射線・放射能標準とそのトレーサビリティ、および測定方法の標準化は、放射線防護において極めて重要でかつ喫緊の課題です。

ISO/TC85/SC2とその傘下のWGは、これらの放射線防護に係わる計測法や計測機器に関する国際標準規格を議論し策定する重要な委員会です。標準化は、自ら開発した技術を普及させるために重要であることはもちろんですが、一度方向が決まると、関連する他の規格もそれを参照し、追随する性格を持つことから、初期段階での議論が極めて重要です。規格の原案文書に接し、コメントすることが出来るのも、ISO

における国際標準化活動に参加する重要なポイントです。また、ISO国際規格は翻訳され日本工業規格(JIS)として取り入れられていきます。このような会議をわが国で開催することは、わが国の関係者の活動を支援するだけでなく、広く関係する企業(原子力産業・医療機器関連企業)と技術者に、国際標準の重要性を啓蒙していく良い機会でもあります。

福島第一原子力発電所事故以降、特にわが国においては様々な知見が得られています。今般の日本開催はそれらを積極的に取り入れてISO国際規格として世界に広める端緒になることが期待されます。医療を含む放射線・原子力産業に関わる、多くの国内関係機関・関係各位の積極的な参加及びご支援を賜り、2019年のISO/TC85/SC2日本会議が大成功することを期待して本稿の結びと致します。

参考文献

- 1) 福村明史：ISOの活動について - 医療分野の線量評価の視点から -
線量校正センターニュース 第5号 p.12-15 2015
- 2) 山田崇裕：ISO/TC85/SC2(放射線防護分野)における国際標準化の動向及び国内委員会の活動状況
Jpn. J. Health Phys., 52(2), 100-106 2017
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhps/52/2/52_100/_pdf

電子線治療における出力測定

量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 水野秀之、若森彩月

放射線治療における第三者による出力線量測定は2007年から校正条件について開始されて以来、2010年には照射野（5 cm × 5 cm ~ 25 cm × 25 cm）、ウエッジ条件（15° ~ 60°）に適用が拡大され、2016年にはFFF（Flattening filter free）リニアック、Tomotherapy、Cyberknifeへの適用も開始されてきました。開始後10年が経過し、4,500ビーム以上の出力線量が評価されました。しかしこれまでの適用はすべてX線ビームに限定されてきました。リニアックのうち1線種である電子線については検討された時期もあったのですが、実現に至っておりません。2017年より本格的に電子線条件適用拡大に向けた準備を開始しましたので、その進捗を話題として提供したいと思います。

1 使用ツールの検討

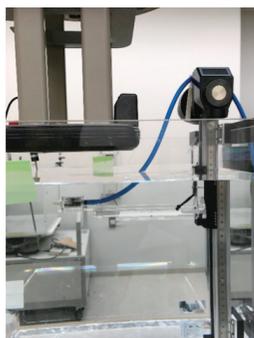
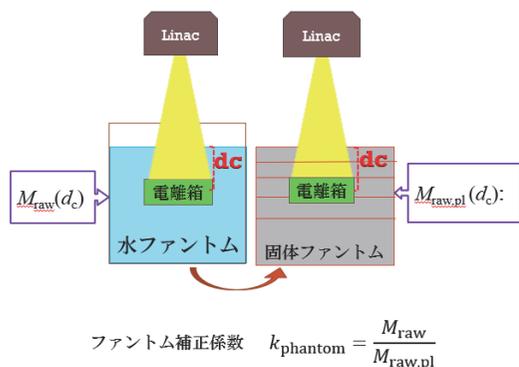
線量計としてはX線の出力測定に用いられている蛍光ガラス線量計（以下、RGD）を使用することにまず決定しました。RGDはX線に対しては質量エネルギー吸収係数のエネルギー依存性（数10 keV領域では⁶⁰Co- γ 線の数倍）に起因する低エネルギーX線に対する高感度の影響などがあり、現在運用している出力測定では実測ベースで補正しているのですが、電子線については相互作用の元となる質量衝突阻止能比のエネルギー依存性は質量エネルギー吸収係数に比較すると顕著な依存性はなく、問題なく適用できる見込みがあったことで採用しました。

ファントムについては、電子線はエネルギーによって校正深が変化するため、従来通りの固体ファントム（タフウォーターファントム）を使用するか、それとも深さを細かく設定できる水を採用するかを検討しました。水を使用する場合は新たな線量計固定ジグを製作する必要があり、また水を利用することで調査を受ける各病院の手間暇が増えることも想定されました。施設の水ファントムに固定できるようなジグも作る等の検討が以前された経緯もあったのですが、照射セットアップの不確かさが増えることを懸念し、固体ファントムの利用に舵取りを切りました。固体ファントムを使用する場合は、校正深さに応じた薄いファントムのバリエーションが必要になります。現在のタフウォーターの最小厚が1 mmですので、これで対応するしかありません。ただ、実際に1 mmでのPDDの差は4 MeVの校正深で○%、20 MeVの校正深で○%と小さい偏差であり、これは必要に応じてその分補正すること、あるいは小さい影響なので不確かさに織り込むことで対応できると見込みました。

2 スケーリング係数の使用の有無の検討

ツールはRGDと固体ファントムと決まったのですが、水を使用しないことにより深さスケール係数およびフルエンススケール係数を適用しなければいけないかについて検討を進めました。これらの係数は固体ファントム内に電離箱を挿入して測定した際に、正確な水

吸収線量の評価をするために用いられます。深さスケーリング係数は標準計測法12によれば、約5%程度です。ファントム密度も考慮すると、エネルギーに応じて1 mm前後深い位置に線量計をセットする必要がありますが、固体ファントムでは対応できません。しかしそもそも1 mm程度の深さ変化による阻止能比の変化は1%未満であり、そうであれば深さは基本的に変えず、この数値を不確かさに織り込むことの方がメリットが大きいと考えました。副産物的なメリットとして、測定を依頼される病院のスタッフにとって、複数の厚さのバリエーションがあるファントムが送られてきた際に、使い慣れた校正深の値に設置することの方が容易であり、係数を掛けた新たな深さにセッティングするよう要請されることによるセットアップミス avoid することにも繋がります。



水中測定



ファントム測定

フルエンススケーリング係数については電離箱を用いて校正深において測定します。水と固体ファントムの双方において同じ深さで測定された電離量の比がこの係数になります。実際にリニアックで取得したデータの例を図1に示します。この図では取得されたデータはファントム補正係数 k_{phantom} としてプロットされています。また、この取得に用いられたリニアックの線量半価深 R_{50} と校正深 d_c も参考までに示します。標準計測法12記載のフルエンススケーリング係数と $R_{50} \sim 3$ cmの近傍で良く一致していますが、これは計測法12記載の数値がそのエネルギー領域で取得されたものであることを反映しています。実際にはエネルギー依存性があることが予見されるので、このデータを他機種のリニアックでも取得して補正係数を決定していきたいと思っています。

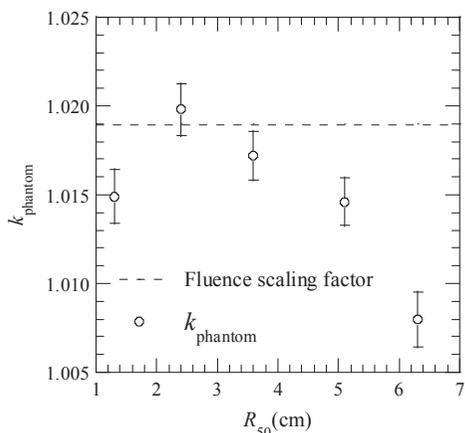


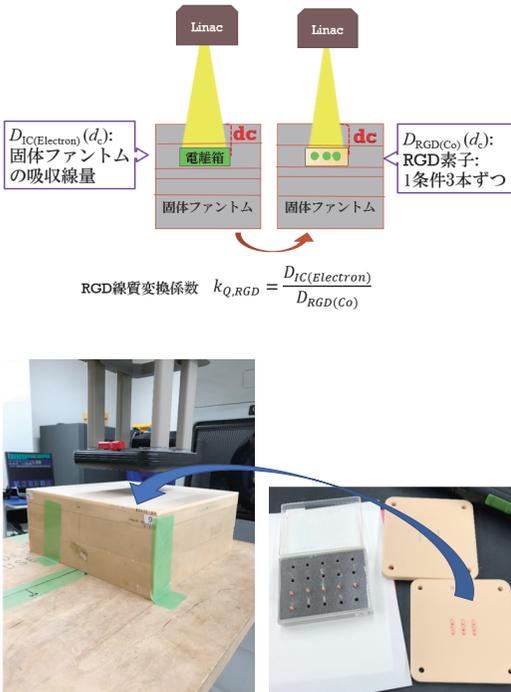
図1：ファントム補正係数（フルエンススケーリング係数）の測定法および測定値を R_{50} の関数としてプロットしたもの。点線は標準計測法12記載のフルエンススケーリング係数。

表1：各公称エネルギーにおける線量半価深 R_{50} と校正深 d_c

	公称エネルギー (MeV)				
	4	6	9	12	15
R_{50} (cm)	1.3	2.4	3.6	5.1	6.3
d_c (cm)	1	1.3	2.1	2.9	3.7

3 RGD 線質変換係数

固体ファントムの校正深に実際の出力測定時に設置するのはRGD素子です。これを設置して照射した際の実出力応答について、同じ条件で設置された電離箱線量計の値を元に測定しています。現在のRGD出力は放医研の⁶⁰Co照射装置で値付けされていますので、電子線を照射した際にはおよそ5~7%の感度低下が起きます。これはエネルギーに依存して変化するため、こちらについても補正係数の取得を進めています。得られたデータを図2に示します。参考のためにモンテカルロシミュレーションで計算されたRGD線質変換係数もプロットしましたが、それなりに一致をしています。ただ、エネルギーによってはずれてきているので、これはRGDの読み取り誤差の影響もあると考えられ、統計を上げて精度良い補正係数の決定をしていく予定です。



4 今後の予定

現在はまだ1リニアックを使用して複数回測定をした程度の結果となっておりますが、これの精度を向上させ、さらに複数のリニアックまた、複数メーカーのリニアックを使用してデータを蓄積して最終的な補正係数を決定していきます。取得データのバラつきが少なく、測定が順調に進めば2019年中には電子線の出力線量測定を開始にこぎ着けたいと思っております。

参考文献

- 1) 日本医学物理学会編：外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法，通商産業研究社，2012
- 2) Mizuno, H, Kanai, T, Kusano, Y, et al.: Feasibility study of glass dosimeter postal dosimetry audit of high energy radio therapy photon beams, Radiother. Oncol. 86, 258-263, 2008
- 3) Araki, F and Ohno, T: The response of a radiophotoluminescent glass dosimeter in megavoltage photon and electron beams, Med. Phys. 41, 122102 1-8, 2014

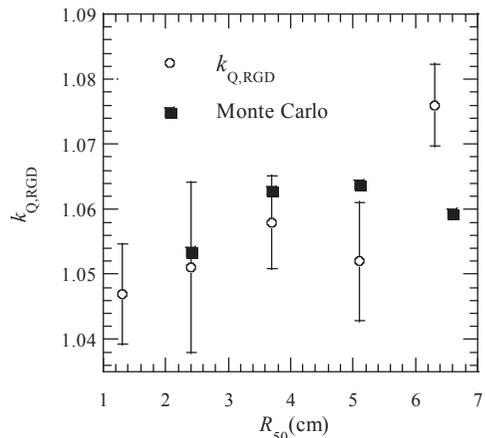


図2：RGD線質変換係数の測定法および測定値を R_{50} の関数としてプロットしたものの。■は荒木らによるモンテカルロシミュレーションの結果を本測定と合うように補正してプロットしたものです。

密封小線源治療における線量計測に関わる いくつかの課題について

帝京大学大学院保健学研究科 川村愼二

1. はじめに

密封小線源治療は、腫瘍の近傍に直接刺入・挿入することで、がん細胞に局限した治療効果が期待できる優れた治療方法である。我が国では、1903年に ^{226}Ra を用いた治療が開始されて以降、密封小線源の改良や工夫を加えながら発展してきた。現在、低線量率線源として ^{125}I 、 ^{198}Au 、 ^{137}Cs 、 ^{192}Ir 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 等の核種が、高線量率線源として ^{192}Ir や ^{60}Co 等の核種が利用されている。これらの線源は空間的・時間的な線源配置を調整することで、がん病巣に対して正確な線量を投与することになる。正確に線量を計ることは放射線治療の基本であり、線量校正の意義と治療実施施設の責任は重大である。ここでは、国内の線量校正におけるトレーサビリティの現状と各線源の線量計測に関わるいくつかの課題について述べる。

2. 密封小線源における線量計測のトレーサビリティについて

線量計測のトレーサビリティとは、計測における不確かさを伴って線量標準(国家一次標準)から治療実施施設まで切れ目のない連鎖が確保されていることをいう。我が国の密封小線源の線量標準量は国立研究開発法人産業技術総合研究所計量標準総合センター(NMIJ)によって基準空気カーマ率(RAKR)として管理されている。放射線治療を実施する医療施設において計

測された量(線量率)は、国内の二次標準機関を通じて、すべてが国家標準に繋がるのが大切である。主に国内で利用される密封小線源 ^{192}Ir 、 ^{125}I 、 ^{60}Co のトレーサビリティ体系を図1に示す⁽¹⁾。図中の校正機関(事業者)は計量法校正事業者登録制度(JCSS)に基づき、独立行政法人製品評価技術基盤機構認定センター(IAJapan)の登録審査を受ける。JCSS登録事業者の標準器は特定二次標準器と言われ、国家標準である特定標準器によって校正される。医療施設ではトレーサビリティ体系で校正された線量計(測定器)を用いて施設で使用する密封小線源の線量(基準空気カーマ率)を計測する。この体系に加わることで、初めて正確な線量を投与するという密封小線源治療の基本を達成できることになる。 ^{192}Ir 、 ^{125}I 、 ^{60}Co 線源の線量校正の状況といくつかの課題について以下に記す。

3. ^{192}Ir 線源の線量校正と課題

2015年に ^{192}Ir 線源の線量標準が整備された。特定標準器としてグラフィイト壁電離箱線量計が利用されている。2016年には国際度量衡局(BIPM)の主催する国家標準の国際比較が実施され、我が国の ^{192}Ir 線源の線量標準の国際整合性が確認された⁽²⁾。また、 ^{192}Ir 線源の特定二次標準器(井戸型電離箱式線量計*)を所有する日本アイソトープ協会(JRIA)は2016年2月から

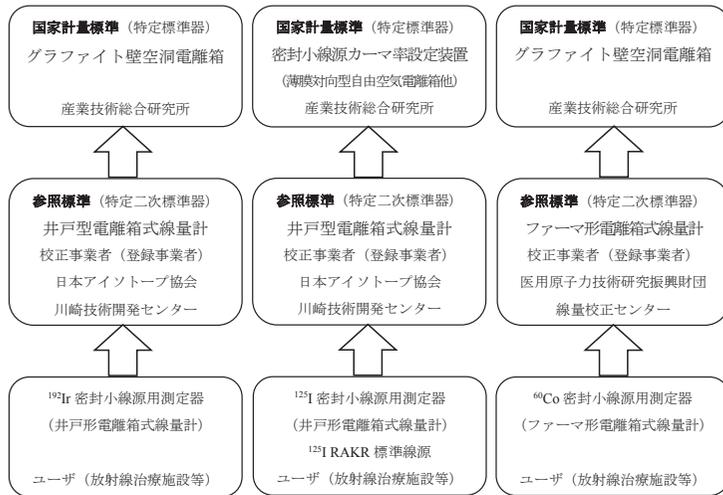


図1：密封小線源線量計測のトレーサビリティ体系(文献1より許可を得て引用)

試験的な線量計校正を実施し、2018年1月には川崎技術開発センターに¹⁹²Ir線源専用の校正場を設けて本格的な電離箱校正サービスを開始した。これにより¹⁹²Ir線源の線量計測に関しては国内にトレーサブルな環境が整備された。

現在、国内の医療施設では、microSelectronHDR (mHDR) の他にVariSource (VS) やMultiSource (MS) が利用されている。¹⁹²Ir線源の線量計測における問題点は、これらの装置ごとに空気カーマ強度の計測様式が異なることである⁽³⁾。mHDRやVSでは主にウェル形電離箱式線量計を用いた線量校正が実施される。MSでは主に固体ファントム(クリーガファントム)とファーマ形電離箱式線量計が利用される。また、3機種の線源幾何学的形状も異なるため線量計の校正にも影響することが予想される⁽³⁾。JRIAで実施されている特定二次標準器を用いた校正にはmHDR線源のmHDR-v2が利用されている。このため、現時点でトレーサブルな電離箱校正サービスを利用できるのは、国内で最も利用施設が多いmHDRユーザのみである。現在、JRIAでは¹⁹²Ir線源計測用電離箱校正サービスの拡大について検討中である。国内の¹⁹²Ir線源の線量校正がすべて

の治療施設に対応可能となることを期待したい。

¹⁹²Ir線源線量校正におけるもう一つの課題は、治療装置や治療計画装置への線源強度(空気カーマ率)の登録データとして、線源供給業者が添付した製品検査証明書の線源強度に関する情報が利用されているということである。2015年に実施されたアンケート調査では約半数の施設で自施設測定以外のデータが利用されていた⁽⁴⁾。線源供給業者から提供される製品検査証明書は臨床治療用の線量基準として与えられたものではない。また、その計測値には大きな不確かさが含まれると報告されている⁽⁵⁾。密封小線源利用者はトレーサビリティの確保された線量計を用いて、自施設で計測されたデータに基づいて線量基準の登録を実施しなければならない。

4. ⁶⁰Co線源の線量校正と課題

我が国では⁶⁰Co線源を利用したリモートアフターローディングシステム(RALS)の普及により、術者の被ばく線量低減と線量投与の高精度化が進んだ。しかし、1996年に⁶⁰Co線源の供給が停止され、国内のRALS装置のほとんどは¹⁹²Ir線源利用装置に置き換わった。2007年に新型の⁶⁰Co線源が供給されるようになり、半減期が5.27年で¹⁹²Ir線源に比べて交換頻度が低減されることなどから、徐々に普及が進んでいる。

現在、⁶⁰Co線源はMS装置を導入された施設で利用されている。MSでは、前出の線量計測様式にしたがって、クリーガファントムとファーマ形電離箱式線量計を用いた線量計測が実施される。クリーガファントムは直径20 cm、高さ12 cmのPMMA(polymethyl methacrylate)製の円柱ファントムで、円柱中心に線源を挿入

し、中心から8 cm の距離に90度毎4方向にファーマ形電離箱や直腸線量計などが挿入できる構造である。(図2)ファーマ形電離箱式線量計は、ほとんどの放射線治療施設で所有されているため利用し易い環境ではあるが、線量計測における以下の二つの課題も認められる。一つ目は、クリアガファントムを用いた線量計測は不確かさの評価ができていないことである。固体ファントムの線量計測に利用されるファントム係数(k_{ph})は、装置供給業者から与えられている。しかし、その値に不確かさは付与されていない。また、ファントムには個体差があることは回避できないため、固体ファントム計測の不確かさも見積もる必要がある。トレーサビリティ確保に不確かさは必要不可欠であるため、トレーサブルな線量計測の連鎖に加わることができない。上記の不確かさ評価を含めた線量校正法の確立は、 ^{60}Co 線源利用における課題と考えられる。二つ目の課題は、線量計算にファーマ形電離箱式線量計の空中コバルト校正定数 N_c が利用されることである。標準計測法12において、ファーマ形電離箱の校正定数として水吸収線量校正定数 $N_{D,w}$ が採用されているため、現在、二次校正機関である医用原子力技術研究振興財団 (ANTM) からファーマ形電離箱に与えられる校正定数は $N_{D,w}$ ⁽⁶⁾である。現時点ではANTMにおいて、空中のコバルト校正定数 N_c も供給されているが、利用件数が減少しており⁽⁷⁾、電離箱校正サービス維持が難しい状況と



図2：クリアガファントム

なっている。 N_c が利用できない場合、利用者は $N_{D,w}$ を標準測定法01⁽⁹⁾で採用されていた校正定数比 $k_{D,x}$ で除すことで、便宜的に N_c を計算で求めることになる。これには、校正における不確かさを増加させてしまうというデメリットが発生してしまう。 ^{60}Co 線源利用施設には空中のコバルト校正定数の意義を認識して、線量計のコバルト空中校正を適切に利用してもらいたい。あるいは、不確かさを含めた、トレーサブルな $N_{D,w}$ を用いた新たな線量計測方法の確立が望まれる。

5. ^{125}I 線源の線量校正と課題

2003年に放射線障害防止法の規定に基づき ^{125}I 線源が医療用具に認められた後、使用施設数や国内での取り扱い線源の個数が増加した。LDRの ^{125}I 治療用密封小線源の線量標準(国家標準)は、線源あたりの放射能が10 MBq程度であることや光子のエネルギーが30 keV程度と低いため薄膜対向型自由空気電離箱を用いて絶対線量が与えられる⁽¹⁾。図1に示すとおり、NMIJで値付けされた線量標準は、二次校正機関であるJRIAにおいて、特定二次標準器である井戸型電離箱式線量計*に引き継がれる。 ^{125}I 線源利用施設は、JRIAに自施設利用のウェル形電離箱を校正に出すか、JRIAから国家標準にトレーサブルな基準空気カーマ率が与えられた標準線源を供給してもらい自施設で校正定数を求める。これらの校正に関する課題は、次の二つである。一つ目は、治療施設における ^{125}I 線源の線量計測を実施している施設が少ないということである⁽⁷⁾。これは、供給される線源が滅菌されているため線源を取り出して計測することができないこと、実施するための労力の問題などに起因している。しかし、海外では、製造業者による線量校正值のミスやデッドシードの混入などの問題点が指摘されている。我が国においても、JASTRO会員ページのお知らせにインシデント報告が記載されている。納品され

た¹²⁵I線源の製品保証書の検定日に誤りがあり、線源強度が約9%高いという事例が発生した。幸いなことに、その線源の利用施設で線量測定 of 検証作業を実施していたため、誤りを事前に確認することができた。しかし、施設での線量測定が実施されなかった場合は過剰照射事故につながる事例であった。AAPM のガイドラインTG-64では「少なくとも10%、理想的には全数の線源強度計測をしなければならない」と定めている⁽⁸⁾。我が国でも¹²⁵I治療に関するJASTRO ガイドラインでは、「線源強度は投与線量の保証に直結する。線源強度計測による線量保証は各施設の責任で行われなければならない。」とされている。2018年4月に発行された「密封小線源治療における吸収線量の標準計測法」ではカートリッジごと計測できる¹²⁵I線源強度の代替測定法が記載されている⁽⁹⁾。利用施設の方々にはぜひ参照していただきたい。二つ目の課題は、上記のように¹²⁵I線源計測についてはトレーサビリティが確保されているが、実際に電離箱校正サービスを利用して線量校正を実施する施設がほとんどいないということである。これは、施設における¹²⁵I線源計測が実施されていないことにも起因していると考えられる。このままの状況では二次校正機関での電離箱校正サービス維持は難しい。ぜひ、¹²⁵I線源利用施設において、治療施設の責任において線源強度計測と定期的な線量計の校正維持を行っていただきたい。

6. さいごに

密封小線源治療は、腫瘍近傍に直接放射線源を配置するため、線量収束性に優れ、周囲の正常組織への影響を低減することができる優れた治療方法である。その優れた治療方法の根幹は、線源強度や線量測定などの品質管理によって成り立つことになる。線量校正に係わるいくつかの課題について述べたが、これらの課題解決に向けた取り組みが必要不可欠である。その

ためには、線量計測に係わる物理・技術担当者の認識と対応を心から願う。安全で最適な密封小線源治療が実施されることを期待したい。

*：計量法第135条第二項に基づき、特定二次標準器であるウェル形電離箱式線量計を「井戸型電離箱式線量計」と記述する。

【参考文献】

1. 日本医学物理学会編,密封小線源治療における吸収線量の標準計測法-第2章 密封小線源線量標準とトレーサビリティ-: 通商産業研究社; 2018.
2. C Kessler1 TK, T Mikamoto 3. Comparison BIPM. RI(I)-K8 of high dose-rate Ir-192 brachytherapy standards for reference air kerma rate of the NMIJ and the BIPM. Metrologia. 2016;53(Tech. Suppl. 06001):10.
3. 日本医学物理学会編,密封小線源治療における吸収線量の標準計測法-第3章 線源強度計測法-: 通商産業研究社; 2018.
4. 日本医学物理学会編,密封小線源治療における吸収線量の標準計測法-付録12 高線量率(HDR) 密封小線源計測の現状と課題-: 通商産業研究社; 2018.
5. Goetsch SJ, Attix FH, Pearson DW, Thomadsen BR. Calibration of ¹⁹²Ir high-dose-rate afterloading systems. Med Phys. 1991;18(3):462-7.
6. 日本医学物理学会編. 外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法(標準計測法12). 2012. 通商産業研究社, 東京
7. 医用原子力技術研究振興財団. 治療用線量計校正の実績. 線量校正センターニュース. 2017:26-33.
8. 日本医学物理学会編: 外部放射線治療における吸収線量の標準測定法: 標準測定法01. 2002. 通商産業研究社, 東京
9. 日本放射線腫瘍学会QA委員会. ¹²⁵I永久挿入治療の物理的品質保証に関するガイドライン. 2000.
10. Yu Y, Anderson LL, Li Z, Mellenberg DE, Nath R, Schell MC, et al. Permanent prostate seed implant brachytherapy: report of the American Association of Physicists in Medicine Task Group No. 64. Med Phys. 1999;26(10):2054-76.
11. 日本医学物理学会編,密封小線源治療における吸収線量の標準計測法-付録6 ¹²⁵I線源強度の代替測定法-: 通商産業研究社; 2018.

放射線治療における地域連携支援事業 (東北・北陸)パイロットスタディの実施報告

大坂暁胤 (新潟県立中央病院 放射線科)

1. はじめに

放射線治療品質管理機構による地域連携支援事業(線量校正センターNews vol.7参照)は、平成29年1月の地域連携支援ワーキンググループ(以下、WG)設置から1年の間、当事業を実現するための連携体制を構築するとともに、各地区でのパイロットスタディ(以下、スタディ)による実地調査と広報の両面での活動を行ってきた。この度、第1回目として、東北及び北陸地区のスタディを完了したため、その内容やその後の各県の動きを含め紹介する。

2. 実施概要

平成30年1月20日、21日の2日間に渡り南東北がん陽子線治療センターを会場として青森から福井までの10県の代表者とWGメンバー、協力機関、及び会場となった施設の担当者を含め、総勢27名で実施された。各県代表者の選出は地域における研究会に深く関係する放射線治療品質管理士(以下、品質管理士)を中心として選出させていただき、このスタディ終了後の各県における広報と副次的効果を期待するものである。

スタディ初日はWG側より各県代表者へ本事業による支援内容、支援実施手順の説明が行われた後、実施するにあたっての課題が議論された。そして2日目は本事業の主要な目的である「吸収線量の管理」に関する実際の連携方法を各県代表者に目で見てイメージしていただくためにシナリオに沿って実演するといったものである。

パイロットスタディ スケジュール

1月20日 担当者会議	
13:00	南東北がん陽子線治療センター
13:20	事業説明及び意見交換
15:00	現地シミュレーションに関する説明
1月21日 測定支援現地シミュレーション	
8:30	総合南東北病院
9:00	現地シミュレーション開始
11:30	RTQMシステムによる支援実施
12:30	ガラス線量計照射
13:30	測定報告書の作成と実施後意見交換

3. 担当者会議

初日の会議では主に本事業及び、実際の地域連携を用いた測定支援に対する意見収集を行い、各県において支援を実施する側、依頼する側、依頼を受ける側、そしてそれらの集約や協力を行う側それぞれの立場で意見交換が行われた。



1. 各県の地域連携状況
 - ・各県の放射線治療施設連絡体制と課題
2. 地域連携支援事業の組織・運営
 - ・機構、財団、がん対策情報センターの連携
 - ・機構、各地区ブロックとの連携
3. 地域連携支援事業への期待と課題

図1：担当者会議の様子と議題

以下に会議内容の一部を記載する。

各県の地域連携状況、課題

- ・連絡体制はメール。県によってはTV会議システムを使用できるところもある。
- ・サイバーナイフやトモセラピーは対象か。
- ・放射線治療の精度管理の現状や環境についてすべてを把握することは困難。
- ・第三者評価を全施設が受けている県もあるが、半数程度の県がほとんど。県独自の出力線量評価を定期的に行っている県もある。
- ・金銭的な問題から第三者評価自体を受けないところもあるのではないか。
- ・この事業を行う上での品質管理士の知識と技術の差やその維持をどうするか。

地域連携支援事業の組織・運営、課題

- ・各県の治療担当者や品質管理士で互いにサポート出来ることが理想。品質管理士がいない施設をサポート出来るとなお良い。
- ・統一した基準で評価できることが必要。
- ・将来的に全治療施設が外部機関から何かしらのチェックを受けている状況になるためのベースとなれば良い。
- ・受け入れ施設の担当者が向上心をもてるような支援が必要。
- ・第三者評価を受けるよう、関係機関からの提言を行うことが必要だと思う。
- ・第三者評価を受けない施設への支援とその後の第三者評価を進めることも必要。

地域連携支援事業への期待と課題

- ・施設が本当に支援を必要としているかどうかの確認方法をどのようにするか。
- ・出力線量の相違がある施設は、測定支援の受け入れ時に緊張を伴うため、質問や意見が出ないと思われる。近隣の施設で研究会を通して、知った人による支援のメリットは大きいのではないか。
- ・情報を守ることの順守をどうするか。
- ・事業実施における判断基準とタイミング等を全国で統一できるか。
- ・第三者評価の普及に関して、予算面、施設の意識の差にどのように対応するのか。

4. 測定支援現地シミュレーション

2日目は実際に測定支援に入ることを想定し、支援の様子を実演した。各県代表者や本事業関係者は自身が過去に行った経験や、自施設での状況を思い浮かべ、測定支援を実演する様子を目で見て問題点や不足点を見出すことを目的とした。



現地シミュレーションのシナリオ

『福島県内の施設にて第三者評価を行った際に5%を超える異常値が見られたため、医用原子力技術研究振興財団より施設側へ品質管理機構の地域連携支援が案内された。東北・北陸ブロック担当者と福島県代表者により支援実施の準備がなされ、福島県内の品質管理士2名による測定支援が行われた』

図2：シミュレーションの様子とシナリオ

測定支援の項目としては施設所有機器と持込み機器による温度気圧補正係数の比較やイオン再結合補正係数の再測定を行い、持込み機器でのDMUを算出。その後、治療計画装置の計算値と測定値との比較を行い、最後に測定支援終了後の再測定として財団のガラス線量計に照射し、終了となった。なお、試行としてRTQMシステムを用いた支援の実施を行い、Wi-Fiによる結果の転送も確認した。



4-1. 測定項目と結果の一例

※以下はシミュレーションのための参考値であり、正確に測定した結果とは異なる場合がある。

①測定支援によるDMUの算出

線種	線質	測定値(Gy)	相違(%)
X線	6MV	1.0069	0.69

温度気圧補正係数の相違 0.19%

②施設の直近のDMUと測定支援のDMU

施設(Gy)	測定値(Gy)	相違(%)
0.9993	1.0069	0.76

③放射線治療計画装置計算値と測定支援の比較

線質: 6MV SSD: 90cm d:depth (cm)
FS: field size(cm²) W: Wedge(°) 測定値: (Gy)

d	FS	W	計算値	測定値	相違(%)
5	5x5	-	0.922	0.926	0.40
10	5x5	-	0.889	0.893	0.50
15	5x5	-	0.864	0.873	1.12
5	20x20	-	1.069	1.067	-0.21
10	20x20	-	1.108	1.100	-0.67
15	20x20	-	1.140	1.135	-0.44
10	10x10	15	0.926	0.927	0.09
10	10x10	30	0.853	0.853	0.07
10	10x10	45	0.770	0.769	-0.09
10	10x10	60	0.659	0.658	-0.20

④ガラス線量計による出力線量測定結果

※測定支援後の再測定用として

線質: 6MV SSD: 90cm Depth: 10cm

線量計: ガラス線量計(GD-302M)

ファントム: タフウォーター(WE3020,3050)

Field (cm ²)	Wedge (°)	計算値 (Gy)	測定値 (Gy)	相違 (%)
10x10	-	1.0039	1.0010	-0.3
5x5	-	1.0021	0.9953	-0.7
20x20	-	1.0009	1.0000	-0.1
10x10	45	0.9988	0.9914	-0.7

4-2. 測定を終えて

測定項目はどの施設でも行えるような内容であるが、測定における幾何学的な状況、各種機器類及び係数の取扱い、そして放射線治療計画装置の取扱い等の一連の流れを、正確且つ一定の技術レベル以上で実施する必要性を感じた。

そして、この一連の流れを支援者と施設側がともに行うことで、その後の吸収線量の管理において治療計画装置とリニアック装置との両方の関係を意識した吸収線量の管理が行えるという副次的な効果が生まれることを期待する。

5. パイロットスタディ後の各県の動き

最後に今回の東北・北陸パイロットスタディ後に各県代表者による自主的な活動がいくつか行われていることから、以下に報告する。

- ・各地の地域研究会で事業とパイロットスタディの報告が行われた。
- ・がん診療連携協議会の作業部会にて第三者評価の必要性が説明され、啓蒙が行われた。
- ・診療放射線技師会の地方学術大会にて財団に第三者評価の講演をお願いし、参加者への広報とした。
- ・専門技師機構の実機講習会にて吸収線量測定と治療計画装置の計算値の比較を行い一連の流れを理解してもらった。
- ・大学所有のガラス線量計を用いて県内の出力の相互チェックの検討を始めた。



今回のスタディでは前日準備を含め3日間に渡り総合南東北病院関係者の皆様にご協力いただいた。この場を借りて感謝の意を表し、報告を終わりとす。

水中校正以降の水吸収線量校正定数の検証

森下雄一郎（産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門）

1. はじめに

日本における水吸収線量の水中校正は2010年に産業技術総合研究所（産総研）で始まりしました。当初は依頼試験のみで標準を供給していましたが、2012年に医用原子力技術研究振興財団（医用財団）が計量法認定（校正）事業者制度（JCSS: Japan Calibration Service System）の認定を受けたことにより、jcss校正により医用財団への標準供給も開始しました。同年に医用財団は一般ユーザーに向けて水中校正による水吸収線量校正（JCSS校正）のサービスを開始しています¹。水吸収線量校正については、サービス開始当初から、それまでの照射線量校正定数を使った標準計測法01 [1] に基づく水吸収線量と標準計測法12 [2] に基づく線量の違いが1%にも達するとの予想が公表され [3, 4]、医療現場では少なからず混乱があったのではないかと推察されます。

この二つの違いを生む原因については、水吸収線量への変換方法の違いや、校正の連鎖の途中での不具合などが推定されました。変換方法の違いについては、電離箱の種類は限られますが、標準計測法01と標準計測法12で違いがほとんどないことを文献 [5] で報告しています。一方、校正の不具合については、製品評価技術基盤機構（NITE）が行う技能試験に参加し、産

総研と医用財団がそれぞれの標準器を使って、試験電離箱測定器の校正を行いました。その結果は0.3%²の違いであり、標準供給側に大きな問題はないとの結論に至り、標準供給が可能になりました。

ところが最近、ごくまれに産総研に持ち込まれるユーザーの電離箱を校正すると、たいてい0.5%を超える程度にずれしており、さらに、河内らは1%近いずれを報告しています [6]。医用財団の校正定数の不確かさは1.1% ($k=2$) なので、不確かさの範囲内ではありますが、何かあるのではないかと疑いが生じる程度の違いではあります。本報告では医用財団が発行する校正定数と、産総研がユーザー電離箱の校正を受け付けた場合に行う校正定数に違いが生じる要因について紹介します。

2. 校正定数がずれる要因

校正にはいろいろな例外があるので、以下では大半の場合に当てはまる校正方法を仮定して話を進めます。医用財団で校正した電離箱を産総研で校正すると校正定数が大きめに出ることを念頭において読むと分かりやすいと思います。

¹ 特定標準器による校正結果を示す場合小文字のjcssマークが使われ、認定業者が行う校正には大文字のJCSSマークが使われます

² 2-3に述べるように医用財団の校正定数は3桁で報告されるため、実際の違いは0.37%でした

2-1. 防浸鞘の空気ギャップ

産総研と医用財団の校正では、使っている防浸鞘が違います。防浸鞘を使う利点は、いったん水ファントムに設置すると、電離箱を入れ替えるだけで調整することなく同じ校正深が得られることにあります。医用財団のように同じ形式の電離箱を大量に校正する場合は便利です。しかし、電離箱と防浸鞘の間にできる空気のギャップが校正定数に影響します。空気ギャップでは放射線の減衰が水の場合に比べて弱くなるので、電離箱出力は増大(校正定数は減少)すると考えられます。

図1はアクリルで作った1 mm 壁厚の防浸鞘の空気ギャップの大きさを変えた時の電離箱出力の変化を相対的に示しています。ギャップの大きさは設計上の名目値であり、0 mm のギャップは防浸鞘を使わず電離箱を直接水につけた時の値を示しています。図から明らかなように、ギャップが大きくなると出力電流も大きくなります(校正定数は小さくなる)。また、Co-60線質に対して、アクリルがほぼ水等価なふるまいをしていることも分かります。この図で、ギャップが0.2 mm のデータだけがその他のデータと若干外れた位置に観測されています。この防浸鞘は医用財団からお借りしたもので、データを見る限り、設計上のギャップより大きなギャップを持っていることが推測できます。産総研でユーザー電離箱の校正に使う防浸

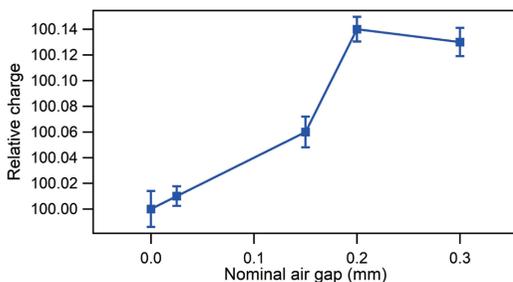


図1：防浸鞘の空気ギャップを変化させたときの電離場出力の相対変化

鞘は直接電離箱を水に入れた場合と同じ結果を与えることを確認しています。

医用財団が実際のユーザー電離箱の校正に使っている防浸鞘は、同じ時期に作成された別の防浸鞘です。この防浸鞘は日々の校正に使われるので、このテストに必要な期間借りることはできませんでした。最近医用財団で行われた測定では、この防浸鞘は、電離箱を直接水につけた場合と同じ結果を与えることが確認されたそうですので、ギャップの問題は校正定数のずれには影響していないことになります。

2-2. 高圧の印加方式の違い

産総研と医用財団ではユーザー電離箱にかかる高圧の印加の仕方に違いがあります。産総研では電離箱の外側電極に高圧をかけ中心・ガード電極をグランドにして測定しているのに対して、医用財団では中心・ガード電極に高圧をかけて、外側電極はグランドにして測定することが多いようです。この状況を模擬するために、産総研の標準電位計TR8401 (Takeda riken) およびユーザー電位計として521 (EMF) を用意し、印加方式でどの程度違いが出るのか確認しました。521電位計は中心・ガード電極を接地した状態(使用状態とは違います)で電位計校正を行っています。表1はTN-30013電離箱をそれぞれの電位計に繋いで、外側電極(TR8401)もしくは中心電極(521)に±400 Vを印加し、Co-60ガンマ線を照射したときの測定電流を示しています。

521電位計では、正電位の時が負電位の時より0.2%程度測定電流が増大します。これは、

表1：高圧の印加方式による違い

高圧	TR8401 [A]	521 [A]
+400	8.604×10^{-11}	8.627×10^{-11}
-400	8.605×10^{-11}	8.612×10^{-11}

定性的には電離空洞に入射する電子が電位差により加速（もしくは減速）され、イオン対を生成するエネルギーを得ている（失っている）と解釈することができそうです。一方、TR8401 電位計では、外電極にかける電圧による違いは見られません。これも、電子の加・減速で考えるなら、加速されて減速するか（正電位）、又は、その逆（負電位）になるので定性的には理解できます。この現象については、電場による加減速を取り入れたモンテカルロシミュレーションを行っています。定量的なところまでは説明できていません。

外電極印加方式が中心電極印加方式とどのような関係になるかは、非常に小さな違いなので現状でははっきりしませんが、中心電極印加方式では測定電流が大きめに測定されているのが現状です。これは、校正定数を小さくする方向に働きます。

印加方式の違いは、校正したときの方式と違う方法を使った時に現れることに注意が必要です。大半のユーザー電離箱はユーザーの使用方法と同じ方式を使って医用財団で校正されているので、この問題が生じることはほとんどないと思われます。

2-3. 結果の表示

これまで医用財団の発行する校正証明書は有効数字3桁で報告されてきました。日本で最も流通しているPTW社のTN-30013電離箱は 5×10^7 [Gy/C] くらいの校正定数を持つので、最終桁の数字が1違うことで、0.2%もの違いを生んでしまいます。これまで紹介した不確かさは、これと同じ程度であることから言ってもこの違いは大きすぎます。今後のことも考え、2017年11月より医用財団の結果表示も有効数字4桁で表示されるように変更されました。

2-4. 湿度による影響

最後に、湿度が電離箱に及ぼす影響について

紹介します。これまで医用財団では、ユーザー電離箱を校正する日は必ず二次標準器（応用技研：C110電離箱）をつかって水吸収線量を決定していました。この水吸収線量をユーザー電離箱の標準状態での出力電荷で割ることで、校正定数が計算されます。最近医用財団から発表されている情報では、この二次標準器に季節的な変動があることが明らかにされています。季節に応じて変動が予想される量としては湿度が簡単に思いつきます。そこで、C110とTN-30013 (No. 8985) を一定湿度内で保管し、その湿度を変えるとどのように電離箱出力が変化するかを予備的に調べました。

図2 (A) は電離箱を保管した場所の湿度の変化を示しています。湿度のコントロールはあまりよくありませんが、最初の二か月は70%、次の二か月は20%、最後の二か月は70%程度の湿度環境で電離箱を保管しています。このような保管状況の電離箱を一か月に一回Co-60ガンマ線で照射したときの結果が図2 (B) になります。このグラフは、最初の測定値とそれを半減期補正したときの値を基準値として、時々の測

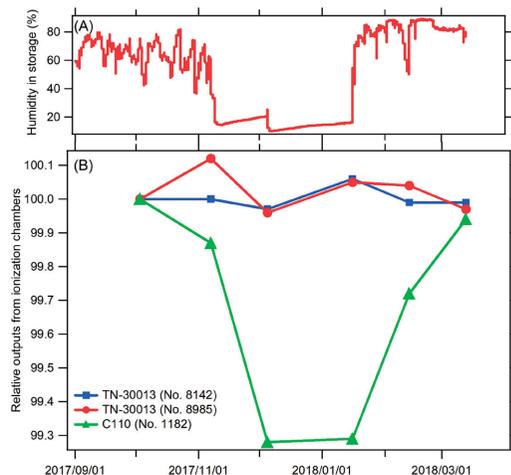


図2：(A) 電離箱の保管湿度と (B) 電離箱の出力の相対的な変化

定値と基準値の100 %比を表示しています。図中TN-30013 (No. 8142) は他の電離箱とは別に、一定の湿度環境で保管した電離箱の出力変化を示しています。図から明らかなように、C110電離箱は、低湿度保管状態では、半減期から期待される電流より0.7 %程度小さな出力になることが分かります。低湿度から高湿度に戻すと出力が最初の状態に戻ることから、再現性のある変化であることが分かります。一方、TN-30013については、保管状態によらず半減期補正で期待される出力が測定されていることが分かります。二つの電離箱はほとんど同じような構造で、同じような材料を使っていますが、電離箱の外側電極だけが違うようです。TN-30013はグラファイトを削り出して電極にしているのに対して、C110はペースト状のカーボンを使っていて、この部分が湿度の影響を受けていると推測されます。

医用財団の二次標準器 (C110) の校正は、通常お盆過ぎの高湿度の時期に産総研で行われます。医用財団は校正日毎に二次標準器の出力から水吸収線量を決めているので、季節が巡って冬季の低湿度の時期に入ると、同じ放射線量場であっても二次標準器の出力は低下します。これは水吸収線量を小さく見積もることにつながります。ユーザーの校正定数はこの水吸収線量を電離箱出力で割るので、小さめの校正定数が報告されることになります。

3. まとめ

医用財団が発行する水吸収線量校正定数が小さめに報告される要因について解説しました。最も大きな要因は湿度による影響であり、これはC110で顕著だということが分かりました。このような状況を勘案して、2017年11月より医用財団ではTN-30013を主に使う二次標準器としています。また、校正のための照射室は湿度が常時50 %付近になるように改善されました。水吸収線量場の決定についても、Co-60の半減期から計算される水吸収線量を使い、二次標準器による校正日毎の測定によりその正当性を確認しています。

本報告のデータは、佐方周防氏をはじめとする医用原子力技術研究振興財団の皆さまの協力と、同僚の清水森人氏の協力により得られています。

参考文献

- [1] 日本医学物理学会編、“吸収線量の標準測定法(標準測定法01)”, 通商産業研究社 (2002)
- [2] 日本医学物理学会編、“外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法-標準測定法12”, 通商産業研究社 (2012)
- [3] <https://www.jsrt.or.jp/data/news/9978/>
- [4] 木下尚紀、他、“標準測定法01から標準測定法12への移行によるX線における水吸収線量の比較検討”, 日本放射線技術学会雑誌、69, 284 (2013)
- [5] 森下雄一郎、“水吸収線量率標準の進捗について”, 線量校正センターニュース、1 (2011)
- [6] 河内徹、他、“日本とカナダの標準線量計測の比較”, 医学物理、37, 25-33 (2017)

治療用線量計校正の実績（平成29年4月～平成30年3月）

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

1. 概要

医用原子力技術研究振興財団（以下、財団）による線量計校正事業も、平成29年度をもって14年が経過しました。また、校正体制を水吸収線量単位の校正定数の直接供給（水中校正）に変換してから5年半が経ち、校正に用いる照射装置のコバルト60線源交換からもおよそ3年となりますが、校正用機器等に特段の不具合もなく、年間を通じ安定した校正を実施することができています。なお、空中での照射線量単位による校正（空中校正）の依頼も僅かながらあり、双方の校正を平行して実施しました。校正は全てJCSS登録事業者として行い、JCSS標章付校正証明書を発行しています。

29年度の校正実績は昨年度から多少増加し、電離箱および校正件数では、これまでの最多であった27年度に比べても僅かに上回りました。ただし、ここ3年間の実績はほぼ同レベルで、校正依頼は引き続き堅調ではありますが、数年前迄の増加傾向から転じて頭打ち状態にあるともいえます。

校正に使用する測定器等は、例年のスケジュールに従って担当機関において校正を行いました。前号のnewsでも一部報告したように、これまで校正のための標準 γ 線場出力（標準値）の測定に使用してきた標準線量計（特定二次標準器）に不具合が生じたので使用を中止し、同型の線量計およびkeithley社の電位計とPTW社の電離箱（30013）を組み合わせたものの2組を新たな標準線量計としました。これに合わせ、標

準値決定についても多少の変更を行いました¹⁾。

新しい校正システムである分離校正については、電荷量による電位計校正をJCSS登録事業者として行うべく、製品評価技術基盤機構（NITE）に申請中でしたが、平成30年4月26日付けで電気（直流・低周波）区分の事業者として登録されました。また、従来の線量計校正（一体校正）に関する放射線・放射能・中性子区分については、登録更新の年度に当たり、これも同時に手続き行っていましたが無事更新が認められました。加えて、分離校正の一方である電離箱校正のための、線量計測素子放射線源の追加も承認されました。

2. 月別校正数

平成29年度（平成29年4月～平成30年3月）の月別の校正日数および校正した線量計、電離箱数ならびに校正件数等を表1に示します。空中校正の依頼は少数であったので、年間の総数をまとめて1行としてあります。表1の最終行にある水中および空中を合わせた線量計および校正件数の月平均は、それぞれ約87.7台および282.4件と、28年度（それぞれ87.0台および280.3件）に比べ、わずかに増加しましたが、ここ3年間の数値はほぼ同等であり、本年度も引き続き高水準を保っていることが判ります。

3. 平成28年度までとの比較

3-1. 月別校正数の年度別比較

図1、2および3に、線量計、電離箱および校

表1：平成29年度月別校正数。水中は月別、空中は年間の合計

年/月	校正日数	線量計	電離箱			校正件数	校正依頼形態	
			円筒	平行平板	合計		直接	仲介
29/4	7	73	97	56	153	209	23	50
29/5	6	54	75	43	118	161	11	43
29/6	9	82	125	68	193	261	13	69
29/7	9	90	140	60	200	260	21	69
29/8	9	68	103	64	167	231	21	47
29/9	9	80	130	68	198	266	11	69
29/10	11	93	149	88	237	325	18	75
29/11	12	110	191	83	274	357	12	98
29/12	11	92	149	77	226	303	16	76
30/1	9	82	129	70	199	269	20	62
30/2	12	104	178	89	267	356	15	89
30/3	12	117	176	102	278	380	25	92
水中計	116	1,045	1,642	868	2,510	3,378	206	839
空中計	1	7	7	2	9	11	3	4
合計	117	1,052	1,649 (65.5%)	870 (34.5%)	2,519 (100%)	3,389	209 (19.9%)	843 (80.1%)
月平均	9.8	87.7	137.4	72.5	209.9	282.4		
同、平28	9.5	87.0	138.1	71.1	209.2	280.3		

証明書作成 (JCSS) : 1,058通 (6通は再・別測定等により、線量計1台につき複数枚作成)

校正依頼形態 直接 : ユーザーから直接依頼 (線量計業者所有分を含む)、

仲介 : 線量計製造・販売業者、その他による仲介 (料金支払い代行のみを含む)

正件数の月別実績の、平成26年より29年までの4年間の年度毎の比較を示す。図より判るように、大部分の月において、ここ4年間はほぼ同じペースで校正が行われています。やはり年度末に校正依頼の多いことが見て取れます。月により多少校正数の変動があるのは、連休、学会出席、夏季休暇、および産総研における標準線量計の校正依頼等による業務休止の影響であり、これも例年同じパターンであることが判ります。なお、これらの実績は、全て空中および水中校正の合計です。

3-2. 線量計、電離箱および校正件数

表2および3は、平成16年より29年度までの、線量計、電離箱の校正数および校正件数な

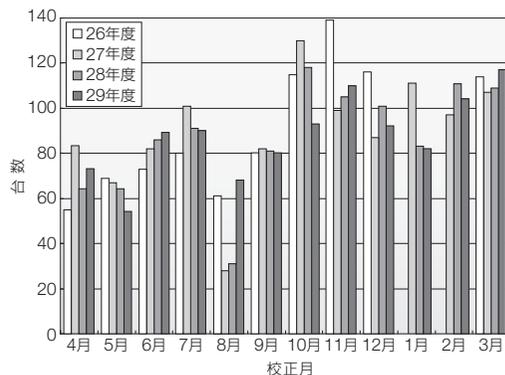


図1：線量計月別校正数 (平成26～29年度)

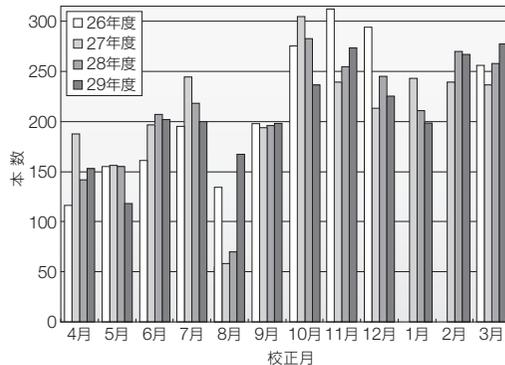


図2：電離箱月別校正数 (平成26～29年度)

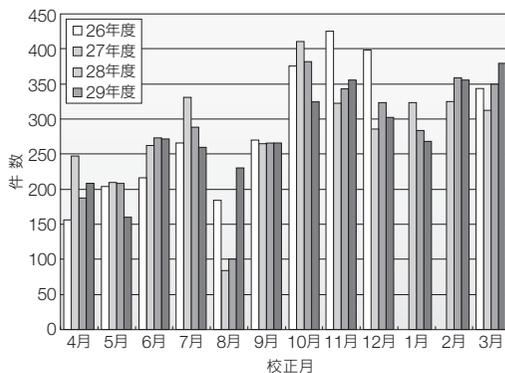


図3：月別校正件数 (平成26～29年度)

表2：年間校正数（カッコ内の数値は対前年比）

年度	線量計	電離箱				校正 件数
		① 円筒	②平行 平板	合計	①/②	
平29	1,052 (1.008)	1,649	870	2,519 (1.004)	1.895	3,389 (1.008)
平28	1,044 (0.972)	1,657	853	2,510 (0.998)	1.943	3,363 (0.994)
平27	1,073 (1.191)	1,648	868	2,516 (1.200)	1.940	3,384 (1.192)
平26	902 (0.866)	1,354	742	2,096 (0.889)	1.825	2,838 (0.875)
平25	1,041 (1.136)	1,528	857	2,385 (1.134)	1.782	3,242 (1.135)
平24	916 (1.082)	1,350	753	2,103 (1.054)	1.783	2,856 (1.046)
平23	846 (1.054)	1,253	735	1,988 (1.065)	1.705	2,723 (1.069)
平22	803 (0.907)	1,187	680	1,867 (0.901)	1.746	2,547 (0.901)
平21	885 (1.140)	1,315	756	2,071 (1.125)	1.739	2,827 (1.121)
平20	776 (1.064)	1,159	682	1,841 (1.107)	1.699	2,523 (1.103)
平19	729 (0.981)	1,039	624	1,663 (0.967)	1.665	2,287 (0.972)
平18	743 (1.249)	1,085	634	1,719 (1.289)	1.711	2,353 (1.290)
平17	595 (1.055)	844	490	1,334 (1.123)	1.722	1,824 (1.137)
平16	564 (-)	772	416	1,188 (-)	1.856	1,604 (-)

平24年以降は空中および水中校正の合計

表3：1日当たりの校正数

年度	校正 日数	線量計	電離箱			校正 件数
			円筒	平行平板	合計	
平29	117	8.99	14.1	7.4	21.5	29.0
平28	114	9.15	14.5	7.5	22.0	29.5
平27	115	9.33	14.3	7.5	21.9	29.4
平26	101	8.93	13.4	7.3	20.8	28.1
平25	120	8.67	12.7	7.1	19.9	27.0
平24	109	8.37	12.3	6.9	19.2	26.1
平23	103	8.18	12.2	7.1	19.3	26.4
平22	93	8.63	12.8	7.3	20.1	27.4
平21	104	8.51	12.6	7.3	19.9	27.2
平20	93	8.34	12.5	7.3	19.8	27.1
平19	93	7.84	11.2	6.7	17.9	24.6
平18	104	7.14	10.4	6.1	16.5	22.6
平17	77	7.73	11.0	6.4	17.3	23.7
平16	72	7.83	10.7	5.8	16.5	22.3

平24以降は水中および空中校正の合計より算定

らびに1日当たりの校正数の変化の比較です。

年間校正数は、年度毎に多少の増減を繰り返していますが、長期的には増勢傾向にあることが見て取れます。平成26年度の10%強の減少は、線源交換による休止の影響ですが、27年度以降はこれを大きく回復し、29年はこれまでの最多の校正数となりました。ただ、数量的にはここ3年大きい変化はなく、ほぼ同じレベルで推移していることが見て取れます。

表2の右より2列目は、電離箱形状の年度別変化です。平行平板形の占める割合は、19年度までは年度毎に僅かではあるが増加していましたが、20年度はこの傾向が逆転し、23年度を除くと、これまで円筒形の割合が徐々に増え、本年度もほぼ同じ状態です。これは、多くの施設が、スキャン・小照射野測定用のサイズの小さい円筒形電離箱を新規に購入していることが原因です。円筒対平行平板形の比は、現在約2：1ですが、どのあたりに落ち着くかは、ここしばらく経過を追わないと判らないのではないかと思います。また、この比率の変化の傾向は、校正が空中から水中に変わっても同様でした。

表3は、校正作業日数および1日当たりの校正数です。平成29年度の結果はここ数年とほぼ同じレベルであり、作業の高能率化の定着が見て取れます。20年代前半は、いくつかの理由により1日当たりの校正数が低下し、また水中校正の開始当初は、作業に慎重を期すため1日当たりの校正数をやや抑え気味にしました。それ以降は作業の習熟および線源交換によるS/N向上もあって作業効率の改善が進みましたが、ほぼそれも一段落したものと思われれます。

3-3. 校正依頼形態

表4は校正依頼形態の年度別変化です。ユーザーからの直接校正依頼の比率の減少は、一部の年を除き同じ傾向にあり、業者等による仲介に対する割合が、平成16年度の校正事業発足当時は40%に近かったものが20年度以降は約

表4：校正依頼形態

年度	① 直接	② 仲介	①/②
平29	209	843	0.2479
平28	204	840	0.2429
平27	227	846	0.2683
平26	157	745	0.2107
平25	197	843	0.2337
平24	187	725	0.2576
平23	170	673	0.2526
平22	160	643	0.2488
平21	188	697	0.2697
平20	148	628	0.2357
平19	149	580	0.2570
平18	170	573	0.2967
平17	150	445	0.3371
平16	156	408	0.3824

直接：ユーザーからの直接依頼（線量計業者所有分を含む）
 仲介：線量計製造・販売業者あるいはその他の業者等による
 仲介（料金支払い代行のみを含む）

20%以下となりました。ただし、これは、これまでの校正数増加の大部分が線量計販売業者等の仲介に起因するものであり、直接依頼の絶対数が必ずしも減少しているのではなく、各年度共ほぼ一定数の依頼があることが判ります。ただ、線量計製造販売業者の自社所有分（デモ機あるいは代替機）の校正がユーザー直接依頼の相当部分を占めるため、業者の動向が影響します。27年度は、直接依頼数がこれまでの最多となりましたが、27年初めの線源交換の影響と考えられます。28年度からは再び仲介分が増勢傾向にあります。

4. 校正データの解析

4-1. 電位計および電離箱の型式の年次変化

表5および6に、校正を行った電位計および電離箱形式の年次変化を示します。電位計の上位機種には、ここ数年あまり大きな変化は見られません。古くからの機種である Dose Master、RAMTEC1000D、Capintec系および VICTOREEN系などは姿を消しつつあります。

電離箱では引き続き防水タイプの増加が著しく、特に、円筒形では防水の Farmer 形 (30013)、平行平板形では Roos 形 (PPC40, 34001) および NACP-02が主流です。これに対し、非防水で旧タイプの Farmer 形 (30001, 30010) および Classic Markus (23343) は減少傾向が継続しています。一方、電離容積の小さい円筒形電離箱の校正依頼が多くなってきました。特に、31010, A1SL, A12S, CC13等の増加が目立ちます。これまで、僅かながら依頼のあった旧型式の電離箱の校正は消滅状態であり、ユーザー側での使用も終了したと考えられます。

4-2. 電離箱の校正履歴と校正定数の変動

表7は、電離箱の校正履歴分類の年次変化です。財団による校正も14年が経過し、電離箱については、新規購入分を除くとほぼ全てがデータベースに登録されており、校正履歴が把握できるようになりました。平成29年度の空中校正の実績は、電離箱数にして全体の約0.6%弱であり、個々の電離箱の校正定数についても特段の変化は見られなかったので検討は省略しました。

表7の右の2欄は、校正定数が比較可能な電離箱について新旧の校正定数の比の平均と標準偏差を求めた結果です。表中、平成24年までのデータは空中校正を行った電離箱についての集計であり、従って、解析の対象は照射線量単位のコバルト校正定数 N_c です。24年10月からは、体制が水中校正となったのに伴い、対象を新旧とも水吸収線量校正定数 $N_{D,w}$ を持つ電離箱としました。また、25年度に限り24年10月から水中校正を行った電離箱も解析に加えしました。

新旧校正定数の比の平均の変化は、体制が空中校正の間はほぼ±0.1%前後でしたが、平成24年10月以降の水中校正を行った電離箱では0.1%台以下となり、27年以降は0.05%台以下と更に改善しています。また、この比の標準偏差は、財団が校正を開始した直後の数年の0.6%

表5：線量計の機種別集計（水中および空中の合計）

機種名	平16	平17	平18	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27	平28	平29
RAMTEC Smart	0	0	16	81	105	183	205	258	301	423	388	477	441	457
RAMTEC1000plus	151	196	254	229	275	274	256	259	235	247	185	181	167	133
RAMTEC Solo/Duo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	87	133
UNIDOSweblin10021/22/23	**	**	**	**	20	27	32	45	74	99	107	122	130	130
UNIDOS10001/10002/10005	59	85	93	105	82	90	79	75	89	72	64	59	58	39
KEITHLEY35040（同等品）	12	16	24	28	26	48	41	39	41	44	40	40	38	31
Tomo Electrometer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	9	18	22
KEITHLEY6517A/B/617/6514	<4	4	11	7	8	14	10	15	14	12	14	17	13	19
RAMTEC1000D/H	115	104	158	128	131	121	98	80	69	59	35	32	20	16
MAX4000/plus	9	13	14	11	13	14	3	9	13	12	6	15	12	13
UNIDOS E10008/10009/10010	**	**	**	**	5	2	7	9	12	6	10	9	10	13
AE130/131/132/132a*/132a改	43	35	37	28	26	31	24	18	24	15	16	19	14	12
Super MAX	0	0	0	0	5	6	6	4	8	11	8	14	14	12
PC Electrometer	-	-	-	-	-	2	4	2	4	8	5	7	5	6
EMF521	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
AE1110a/S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	4	5	4	4
DOSE1	<4	5	5	5	8	7	4	4	6	4	3	6	4	3
IONEX DOSEMASTER2590A/B	75	72	79	62	44	38	17	16	14	10	6	4	2	2
RDM1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
CAPINTEC192/A/292*	6	8	3	6	4	2	2	2	1	1	2	1	1	0
DOSE-DOSE RATERMETER2620/A	11	8	13	8	6	8	5	3	4	2	2	1	0	0
VICTOREEN500/-1/-SI/530SI	27	35	25	20	15	10	4	4	1	1	0	0	0	0
DOSE METER2570/A/1B/2670A*	4	4	4	9	2	5	3	1	2	2	0	0	0	0
Others	19	10	7	2	3	3	3	3	4	5	1	3	6	1
Total	535	595	743	729	776	885	803	846	916	1,041	902	1,073	1,044	1,052

平成16年は年度内の重複分を除いたもの、平成17年以降は年度内の総合計。*印の機種には更に幾つかの minor variation がある。
**は、平成19年まではUNIDOS10001系にまとめて集計した。

台前半から徐々に縮小し、20年以降は0.4%台あるいはそれ以下となりましたが、これも水中校正の電離箱では0.3%から0.2%台と更に小さくなり、29年度も同様の傾向が続いています。財団の校正作業および施設サイドの線量計保守のレベルは良好な水準にあることが窺えます。

平成29年度に水中校正を行ったユーザー電離箱の校正履歴の分類を表8に示します。27年以降は前回校正履歴が空中のものはほとんどなくなりました。一方、新規購入および比較不可群の割合に大きな変動は見られず、ユーザー側での設備更新も安定期にあるものと考えられます。

前回は水中校正で校正定数が比較可能な電離箱について、型式別の新旧校正定数の差を表9

に示します。平行平板形の一部を除き校正定数の差およびばらつきは共に小さく、システムが水中校正に切り替わったことにより、安定で再現性の良い校正が行われていることが窺えます。また、校正に使用するγ線標準場の値の決定を校正当日の測定値（置換法）から後述の減衰法に変更したことも影響したと思われます。

表10は、この新旧校正定数の差および標準偏差について、平成29年度とそれ以前（平24年10月～同26年12月および27年9月～29年10月）の群との比較です。置換法によって標準場出力を決定した群の方が校正定数の差および標準偏差とも大きく、一方、減衰法によって標準場を決定した群の方が校正定数の変動が改善さ

表6：電離箱の型式別集計（水中および空中の合計）

型式名	種別	平16	平17	平18	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27	平28	平29	Note
30013	C	158	242	371	463	575	739	743	841	939	1,137	1,026	1,240	1,215	1,193	WP
PPC40	P	<4	12	40	62	81	117	132	149	179	227	209	256	272	290	WP
NACP-02	P	99	127	177	200	221	245	208	250	201	263	233	283	271	271	WP
34001	P	20	34	31	39	46	47	53	55	74	101	89	124	132	133	WP
34045	P	19	35	56	77	100	137	125	136	161	163	140	143	130	130	cap
31010/31002	M	15	15	16	20	31	33	44	31	51	61	71	92	98	92	WP
A1SL	M	-	-	-	-	-	-	-	-	11	25	31	51	71	89	WP
A12S	C	5	6	8	8	10	17	11	14	25	27	23	42	42	61	WP
CC13	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	25	42	45	WP
23343	P	250	242	292	216	208	184	149	125	107	86	59	48	28	31	cap
31014/31016	M	-	-	5	7	9	9	7	15	4	2	8	17	26	30	WP
30010	C	75	87	100	93	85	96	80	72	75	59	46	39	27	21	nWP
C110(0.6ml)	C	66	49	45	39	36	39	43	27	34	23	24	26	25	20	nWP
A12	C	8	16	18	20	26	36	13	22	31	22	14	19	17	17	WP
30001	C	280	267	346	275	274	242	189	159	124	109	50	44	23	14	nWP
31013/31003	C	-	-	-	6	6	12	13	14	11	8	11	11	9	14	WP
CC04	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	8	14	WP
A10	P	5	9	8	9	10	7	2	8	10	9	5	9	12	9	cap
A19	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5	6	12	7	WP
P11	P	4	6	6	4	7	12	5	8	7	8	7	5	8	6	WP
30006	C	22	32	29	28	24	23	20	17	18	16	15	8	6	4	WP
C111F	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	4	5	4	4	nWP
23323	M	6	5	7	4	5	3	5	5	5	5	4	3	4	4	WP
CC01	M												2	4	3	WP
FC65P	C	-	-	-	-	-	4	2	5	2	4	1	3	3	3	WP
23333/4/2	C	68	80	91	53	50	37	13	13	10	4	3	4	1	3	nWP
30011	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1	1	1	1	nWP
31006	M	-	5	8	6	9	6	4	3	3	0	0	1	1	2	WP
A16	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0	1	0	WP
31015	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	0	WP
Others		43	56	56	31	26	21	14	20	9	0	4	5	5	8	
Total		1,154	1,334	1,719	1,663	1,839	2,071	1,867	1,988	2,103	2,385	2,096	2,516	2,510	2,519	

平成16年は年度内の重複分を除く。平成17年以降は年度内の総合計。種別欄のCは円筒形、Pは平行平板形、Mはマイクロ形を示す。また、Note欄は、WP：耐水形、nWP：非耐水形、cap：防水キャップを使用する平行平板形電離箱、を示す。-は校正依頼5本以下でその他に分類あるいは無し。

れています。ただ、形状および型式別に多少傾向が異なり、線源交換によるS/Nの向上および標準場環境のコントロールも影響するので、しばらくは観察を続ける予定です。

5. その他

5-1. 標準線量計等の校正と変更

標準として用いる財団所有の線量計（標準線

量計、特定二次標準器、AE132R#4603117 + C110#1182）および新規に購入した線量計（Keithley6517B#4093695 + TN30013#8980）を、平成29年8-9月に産総研にjcss校正を依頼しました。同線量計の校正定数（空中校正および水中校正の双方）は僅かに下降気味でしたが、特に標準場の測定に変更を必要とするものではありませんでした。

水温測定用温度計は2年に一度の校正の年に当たるので、線量計校正に合わせてJCSS登録事業者に校正を依頼しましたが、結果は特段の変化はありませんでした。本温度計は、27年度に不具合が発生したので修理を行い再度校正しましたが、正規の校正サイクルに合わせるため本年度も校正を行いました。

5-2. 標準値の評価について

前号のNewsでも一部報告しましたが、これ

まで標準値の測定に用いていた標準線量計に多少不具合が発生し、また環境依存性もみられるため、標準場測定値を解析し、標準線量計の交換および標準値の決定法を変更しました¹⁾。主な内容は

- ① メインの標準線量計（特定二次標準器）：
6517B#4093695（Keithley）+ 30013#8980（PTW）の組み合わせに変更
- ② 標準線量計の校正：産総研において、2016年8月および2017年6月jcss校正。双

表7：電離箱の校正履歴の分類

年度	比較可能	新規購入	比較不可	合計	新旧校正定数の比	
					平均	標準偏差
平16	815	264	109	1,188	1.00000	0.00614
平17	978	269	85	1,334	0.99846	0.00625
平18	1,275	258	186	1,719	0.99895	0.00611
平19	1,307	285	71	1,663	1.00078	0.00563
平20	1,418	287	136	1,841	1.00097	0.00443
平21	1,616	292	161	2,071	1.00086	0.00479
平22	1,469	323	75	1,867	1.00027	0.00404
平23	1,632	279	72	1,988	1.00141	0.00380
平24	917	112	68	1,097	1.00132	0.00380
平25	648	609	324	3,364	0.99939	0.00243
平26	1,375	246	107	1,829	0.99873	0.00296
平27	2,125	405	185	2,754	1.00029	0.00316
平28	1,998	355	133	2,496	1.00021	0.00255
平29	2,029	315	158	2,510	1.00058	0.00265

比較不可の群には、前回校正歴不明、電位計あるいは電離箱の修理有、校正定数の単位が異なる、電位計が異なる、データ不適合などが含まれる。新旧校正定数の比は比較可能群についてのみ評価。平成24年度迄は空中校正を行った電離箱を集計（校正定数の対象 N_c ）。平成25年からは水中校正を行った電離箱のみ集計（校正定数の対象は $N_{D,w}$ ）。ただし、25年の集計には、24年に行った水中校正分を含む。従って、25年以降の合計欄は、旧校正が空中で新校正が水中である電離箱も含むので、各欄の合計と一致しない。また、26年分は26年4月から12月までの集計であり、その代わりに27年分に27年3月の校正分を含む。

表8：水中校正を行ったユーザー電離箱の分類（平成29年4月～同30年3月）

対象	内容	電離箱数
比較可能	前回は空中校正 ($N_c \times k_{D,x}$ 有り)	8
	前回は水中校正 ($N_{D,w}$ 有り)	2,029
比較不可	電位計修理・交換、電離箱修理、その他	158
	新規購入	315
合計		2,510

比較不可群のその他には、前回校正があっても解析不適合なもの、 $k_{D,x}$ が無く $N_{D,w}$ が評価できないもの、レンジおよび単位違い、校正歴不明、密封電離箱を含む。

表9：ユーザー電離箱校正定数の比較（2回の $N_{D,w}$ の差）。型式・形状別

電離箱型式	種別	電離箱数	平均 (%)	S.D. (%)
NACP02	平行平板形	218	0.10	0.42
PPC40		257	0.05	0.27
34045		117	0.11	0.18
23343		27	0.10	0.17
34001		111	0.11	0.20
その他		8		
計		738	0.083	0.303
30013	円筒形	1,026	0.04	0.23
30001		13	0.10	0.14
31010		71	0.07	0.23
30010		18	0.14	0.16
C110 (0.6ml)		12	0.01	0.28
A12		10	-0.16	0.34
A12S		17	0.07	0.30
A1SL		44	0.04	0.23
CC13		33	0.18	0.14
31016		10	-0.10	0.31
その他		37		
計		1,291	0.043	0.239
合計		2,029	0.058	0.265

方の校正定数に多少の差があり、平均を用いて標準値を評価

- ③ 標準値の変更：平成29年11月から、上記標準線量計による評価値に切り替え
- ④ 各校正日の標準値の求め方：従来の毎校正日の測定値を用いる方法（置換法）から、これまでの測定値の平均より求めた基準値を基に、 ^{60}Co の半減期による減衰計算によって評価する方法（減衰法）に変更。上述のようにユーザー校正定数の再現性は改善傾向にあり、標準値の変更も影響していると思われます。

5-3. 分離校正

機器の取得や性能試験およびシステム構成などの準備が終わり、平成30年度早期の校正開始を目指し、29年10月にNITEへJCSS登録事業者申請を行いました。これに対する書類審査が

表10：ユーザー電離箱の校正定数の校正時期による変動。（2回の $N_{D,w}$ の差）。形状別。平成27/3以降は標準場の環境コントロール強化。平成27/9以降は標準場の値を減衰法に変更

群	年度	形状	電離箱数	平均 (%)	S.D. (%)
1	平成29/4 -平成30/3	円筒	1,291	0.043	0.239
		平行平板	738	0.083	0.303
		計	2,029	0.058	0.239
2	平成27/9 -平成29/10	円筒	1,443	0.038	0.250
		平行平板	799	-0.001	0.317
		計	2,242	0.024	0.277
3	平成24/10 -平成26/12	円筒	1,279	-0.102	0.259
		平行平板	744	-0.114	0.317
		計	2,023	-0.106	0.281

3. 校正環境コントロール強化以前で、更に新旧とも置換法で校正された群。2. 旧は置換法、新は減衰法で校正された群。

1. 平成30年度校正（新旧ともほとんど減衰法）

あり、引き続き現地審査が30年3月にあり、それぞれの審査における指摘事項などについて対応し、また、同申請に必要な技能試験を、NITEおよび産総研の指導のもとに実施、ほぼ予定した結果を得ています²⁾。（平成30年4月26日付けで「登録区分電気（直流・低周波）、種類：電荷測定装置」の登録事業者として、NITEから登録認定証が交付され、NITEのホームページに公示。）

5-4. 一体校正の事業者登録更新

分離校正の申請と同時に進めていましたが、無事更新が認められました。また、分離校正の一方である電離箱校正のための線量計測素子放射線源の項が、 γ 線測定器区分中に新たに追加されました。

参考文献

- 1) 山下航：治療用線量計校正二次標準の改善：放射線治療品質管理士講習会資料、放射線治療品質管理機構、143-158, 2018
- 2) 高瀬信宏：分離校正サービスに関する進捗と留意点、その2. 線量校正センター News, Vol.7, 23-25, 2017

（線量校正センター 佐方周防）

出力線量測定の実績について (平成29年4月～平成30年3月)

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

1. 出力測定数の集計

平成29年度は、医用原子力技術研究振興財団(以下、財団)が治療用加速装置の出力測定(線量の第三者評価)を開始して以来、11年となります。これまでに出力測定を行った施設および治療装置数の集計を表1に、ビーム数およびその内訳を表2に示します。事業開始より30年3月までの施設、装置およびビーム数の累計はそれぞれ924、1,170および5,037(内、校正条件ビー

ム:2,572)でした。エネルギー別では10MVが最も多く、次いで6MVおよび4MVの順です。ただし、エネルギーの依頼は年度によって増減があり、特に最近の数年は6MVの増勢が顕著で10MVを超える勢いです。校正条件ビームのみのエネルギー別集計でも10MVが最も多く、次いで6MVでしたが、ほぼ同数といった状態です。(後出の表4参照)。

平成29年度の単年度の依頼数は、施設、装置およびビーム数にして、それぞれ152、193および869であり、前年度に比べ、施設数が7.2%、ビーム数が5.1%の増加でしたが、これまでの最高であった27年度には及びません。ただ、26年あたりからの高水準の傾向は引き続いており、治療装置出力の第三者評価が、がん診療連携拠点病院の指定条件になり、続いて日本放射線腫瘍学会の専門医修練機関の条件にもなったことが大きく影響しているようですが、測定の推奨頻度を3年に1回としているので、主

表1：出力測定の集計1、施設および装置

項目	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27	平28	平29	累計	
施設	拠点	16	32	29	38	35	47	56	111	128	104	103	698
	その他	2	13	10	12	11	7	17	34	34	36	49	225
	合計	18	45	39	50	46	54	73	145	162	140	152	924
装置	22	51	44	59	53	75	99	182	212	180	193	1,170	

実施日の区分は測定セットの発送日

表2：出力測定の集計2、エネルギーおよび条件別ビーム数

項目	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27	平28	平29	累計	
エネルギー別	4 MV	12	22	24	79	64	55	88	179	212	142	187	1,064
	6 MV	10	29	23	95	84	130	180	320	346	335	331	1,878
	8 MV	-	-	-	-	-	-	1	5	2	15	10	33
	10 MV	17	37	34	110	88	135	208	314	384	330	327	1,989
	15 MV	0	3	0	5	1	7	4	12	17	5	14	68
	その他	-	-	-	-	-	-	1	1	3	-	-	5
	合計*	39	91	81	289	237	327	482	831	964	827	869	5,037
条件別	校正	39	91	81	109	104	146	217	394	473	467	451	2,572
	ウエッジ	-	-	-	56	58	71	117	143	140	113	127	825
	照射野	-	-	-	124	75	110	147	293	349	236	269	1,603
	その他	-	-	-	-	-	-	1	1	2	11	22	37

実施日の区分は測定セットの発送日。エネルギー別ビーム数のその他には、8、18、20MVを含む。また、*合計にはSRS、FFF、EDWを含む。条件別のその他はCyberKnife、Tomotherapyである

要施設は一巡したとも考えられます。

平成29年度の条件別の測定数は、校正条件は前年に比べほぼ同様の水準でしたが、22年度より始まった条件付測定は増加傾向にあり、照射野条件およびウエッジ条件とも28年度に比べ多少の増加となりました。ただし条件付き測定の増減は年毎に変化し、校正条件とは異なる傾向となっています。また、これまで、結果を参考値として提供していたFFF、CyberKnifeおよびTomotherapyビームについても、ガラス線量計のレスポンスの検証が終了し、28年7月からは正式に出力測定の対象となり、増加傾向にあるといえます。

2. 校正条件ビームの財団評価線量と施設申告線量の相違

表3に、校正条件ビームについて、財団がガラス線量計から評価した線量（評価線量）と、各施設がデータ記入シートにて申告した線量（申告線量）との差の度数分布を示します。

平成24年半ばより、わが国の治療用線量の評価法（計測プロトコル）が、標準測定法01から標準計測法12に変更になりました。これに伴い、財団でも線量の評価を、平成25年12月より標準計測法12に移行しています。よって、ある期間は、財団と各施設で使用する評価法が異なる場合があります、これによる変動を防ぐため、双方が同じ線量評価法を用いた場合を解析対象としました。表3は25年12月以降のデータで、施設および財団とも標準計測法12を用いています。（双方が標準測定法01を用いていた、これまでの結果については、線量校正センターニュースNo.6を参照下さい¹⁾。平成26年以降も標準測定法01を線量評価に用いるユーザーがありますが、線量差の解析には用いていません。なお、ユーザーに対しては、財団の評価値をそのまま報告しています。）

表3の平成29年度の度数分布では、線量差のピークは-0.25より0.25%にあります。全体的

表3：施設申告線量と財団評価線量の差（%）の分布、校正条件の4、6、10、15MVのビームのみ。平成25-29年。線量評価は、財団・施設とも標準計測法12。TMR法以外およびFFFビームは含まない。線量評価が標準測定法01であった、平成25年以前のデータについては線量校正センターニュース6号を参照¹⁾

範囲 (%)	平25	平26	平27	平28	平29	合計
~-2.75			1		2	3
-2.75~-2.25			3	3	3	9
-2.25~-1.75	1	5	6	12	8	32
-1.75~-1.25	1	10	12	12	26	61
-1.25~-0.75	2	19	34	36	36	127
-0.75~-0.25	9	34	70	67	66	246
-0.25~0.25	21	71	81	86	69	328
0.25~0.75	21	61	78	79	63	302
0.75~1.25	24	49	59	56	43	231
1.25~1.75	7	43	34	24	34	142
1.75~2.25	6	30	28	9	24	97
2.25~2.75	1	13	6	10	3	33
2.75~3.25	2	2	5	2	8	19
3.25~3.75	2	4	4	2	1	13
3.75~		2				2
ビーム数	97	343	421	398	386	1,645
平均	0.675	0.596	0.344	0.200	0.179	0.322
標準偏差	0.910	1.080	1.076	1.003	1.144	1.075

に評価線量が申告線量を僅かながら上回っています。標準計測法12を用いた群の校正条件ビームの差の分布を図1および2に示します。図1は平成29年単年度の集計、図2はこの5年間の合計です。いずれも財団側の評価がやや大きいのですが、年度を経るにつれ差が縮小傾向にあることが判ります。

また、表3の下欄には、各年度の線量差の平均および標準偏差も示してあります。この差は、財団が出力測定事業を開始した平成19年および20年には0.6%前後ありましたが、21年より縮小に転じて改善方向に向かい、24年当たりではほぼ差が見られなくなっていました。ただ、表3の25、26年の群には、20、21年当りの水準と同様の差が見られ、財団が24年10月から開

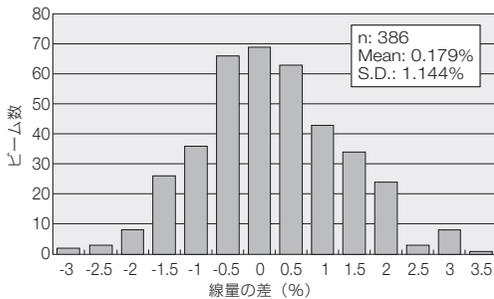


図1：財団の評価線量と施設の申告線量の差。平成29年の校正条件ビーム。線量の評価プロトコルは、財団・施設とも標準計測法12。FFFビームは含まない

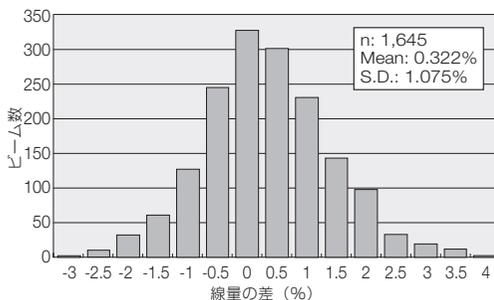


図2：財団の評価線量と施設の申告線量の差。平成25～29年の校正条件ビームの合計。線量の評価プロトコルは、財団・施設とも標準計測法12。FFFビームは含まない

始した線量計の水中校正の影響および線量評価法の切り替え時にユーザー側に多少の混乱があったことが窺えます。ただし、26年以降は再びこの差は縮小方向にあり、28および29年は0.2%以下で変化も少なく落ち着いた状態となっています。また、標準偏差は1%前後でほとんど変動が無く、これは25年度以前の結果とも一致しており、財団の評価手順や施設の照射法については安定していると思われます。

表4は、平成29年度の校正条件ビームのエネルギー別線量の差です。エネルギーの高いビームに差が大きいことが見てとれますが、27年度以前の状態からは縮小しており、改善の方向に

表4：平成29年度の施設申告線量と財団評価線量の差(%)。校正条件ビームのエネルギー別集計。TMR法以外およびFFFを除く。線量評価は、施設・財団とも標準計測法12

エネルギー (MV)	4	6	8	10	15	合計
ビーム数	94	130	6	145	11	386
平均 (%)	-0.242	0.053	-0.037	0.559	0.371	0.179
S.D. (%)	1.085	1.083	0.843	1.136	0.954	1.144

表5：照射野条件の照射野別ビーム数(平成29年度)

照射野 (cm ²)	5×5	6×6	15×15	20×20	25×25	FFF	合計
ビーム数	97	2	41	90	14	25	269

あるといえます。財団の出力測定事業開始時に見積もったガラス線量計のエネルギー依存性の見直しの必要があるかもしれませんが、方法等を含めて検討したいと思っています。

現在、ユーザー側でも計測プロトコルの移行がほぼ終わり、線量計もほとんど水中校正済みとなったようですが、ここ数年、出力測定の依頼が急増しており比較が難しい時期でもあります。もう少し時間が経過すれば変化が落ち着き、差の解析も進むと思われます。

3. 校正条件以外のビームの内訳と財団評価線量と施設申告線量の相違

平成22年より校正条件以外の出力測定も開始しました。平成29年度の照射野およびウエッジ条件のビーム数は、表2の下欄に示すように、線量評価法の異なるものや参考測定などを全て含めるとそれぞれ269および127であり、いずれも28年の実績からは増加していますが、これまで申し込みの多かった26および27年度よりは下回っています。数年前までは、どの条件も増加傾向にあったのですが、ここにきてユーザーの希望が、CyberKnife, TomotherapyおよびFFFなどを含む校正条件中心に変化したの

かもしれません。

表5および6は、29年度の照射野条件の依頼内容および財団と各施設の線量の差です。照射野では5×5および20×20cm²の申し込みが多く、線量の差の平均は15×15および20×20cm²を除けば総じて小さい傾向ですが、一方、標準偏差は一部を除き1.3%前後と、校正条件に比べやや大きいことがみてとれます。(平均と標準偏差は標準計測法12を使用したビームのみ対象)

表7は、ウエッジ条件の依頼内容と財団と各施設の線量の差です。表にはウエッジの種類分類も示してあります。角度では15、30および60度の依頼が多く、45度は比較的少ない。線量の差の平均は15および30度では小さく、45および60度では比較的大きい傾向にあります。標準偏差は1.3%強で校正条件に比べやや大きくなりました。(平均と標準偏差は標準計測法12を使用したビームのみ対象)

表8および9は、標準計測法12に移行した25年以降の条件付測定線の線量の差の年次変化です。いずれも、財団とユーザーが標準計測法12を用いた群が対象です。照射野条件では25×25 cm²の差が大きく、ウエッジ条件では、合計で見れば差は小さく、角度による違いも見られない。一方、標準偏差は、照射野およびウエッジ条件とも1.1%以上と、校正条件に比べ多少大きい傾向にあります。(平成25年以前の解析は、線量校正センターニュースNo.6¹⁾を参照下さい。)

4. その他

1) 1施設当たりの条件数

表10は1施設当たりの申込条件数(ビーム数)です。平成22年からは、それ以前と同料金で2倍のビーム数が測定可能となりましたが、21年までに比べると条件付測定の導入等もあって3倍近いがある

表6：照射野条件ビームの財団評価線量と施設申告線量の差。(平成29年度)。使用プロトコルは、双方とも標準計測法12。TMR法以外およびFFF除く

照射野 (cm ²)	5×5	6×6	15×15	20×20	25×25	合計
ビーム数	94	2	40	85	13	234
平均 (%)	0.017		0.794	0.488	-0.028	0.321
S.D. (%)	1.22		1.00	1.34	1.33	1.27

表7：ウエッジ条件の角度別ビーム数(平成29年度)および財団評価線量と施設申告線量の差。使用プロトコルは、双方とも標準計測法12

Wedge角(度)	15	30	45	60	合計	
Physical	26	31	16	18	91	
UW	4	1	3	3	11	
EDW	5	6	1	11	23	
VW		2			2	
合計	35	40	20	32	127	
線量の差	平均 (%)	-0.103	0.131	-0.525	-0.444	-0.180
	S.D. (%)	1.30	1.30	1.26	1.86	1.48

表8：ウエッジ条件の角度別ビーム数および施設申告線量と財団評価線量の差(%)。線量評価は施設・財団とも標準計測法12

年度	ウエッジ角				合計	線量の差		
	15度	30度	45度	60度		平均	S.D.	
平25	13	10	6	9	38	0.459	1.102	
平26	50	51	11	14	126	0.180	1.127	
平27	45	52	17	18	132	0.221	1.101	
平28	36	32	16	18	102	-0.217	1.137	
平29	35	40	20	32	127	-0.180	1.478	
累計	179	185	70	91	525			
線量の差	平均	0.073	0.123	-0.203	0.029	0.046		
	S.D.	1.094	1.138	1.131	1.606	1.236		

表9：照射野条件のビーム数および施設申告線量と財団評価線量の差(%)。線量評価は標準計測法12。TMR法以外およびFFFビームは含まない

年度	照射野 (cm ²)				合計	線量の差		
	5×5	15×15	20×20	25×25		平均	S.D.	
平25	30	7	13	11	61	0.280	1.016	
平26	102	30	114	9	255	0.428	1.163	
平27	130	45	127	25	327	0.318	1.231	
平28	100	17	88	16	221	0.039	1.061	
平29	94	40	85	13	232	0.321	1.274	
累計	456	139	427	74	1,096			
線量の差	平均	0.025	0.620	0.479	0.147	0.286		
	S.D.	1.146	1.123	1.179	1.251	1.188		

表 10：1施設当りの申し込み条件数（校正にはその他の条件を含む）

年度	校正	ウエッジ	照射野	合計
平19	2.17	-	-	2.17
平20	2.02	-	-	2.02
平21	2.08	-	-	2.08
平22	2.18	1.12	2.48	5.78
平23	2.26	1.26	1.63	5.15
平24	2.70	1.31	2.04	6.06
平25	2.96	1.60	2.01	6.60
平26	2.72	0.99	2.02	5.73
平27	2.93	0.86	2.15	5.95
平28	3.41	0.81	1.69	5.91
平29	3.11	0.84	1.77	5.72

表 11：施設の使用する線量評価用標準プロトコール。

プロトコール	平24	平25	平26	平27	平28	平29
86	0	0	0	1	0	0
01	52	12	12	6	2	1
12	2	61	133	154	138	151
その他	0	0	0	0	0	0
合計	54	73	145	161	140	152

いはそれ以上のビーム数の測定が申し込まれていることとなります。ただ、26年度以降はその傾向が落ち着いています。多くの施設が申し込みを開始し、最初は基本的条件に絞って始めるところが多いとも考えられます。

校正条件は年度毎に増える方向にあり、特に24年度以降が目立ちますが、原因として1施設より依頼される装置の数の増加およびFFFなどの条件の異なるビームの依頼が増えていることが挙げられます。またCyberKnifeやTomotherapyなどの申し込みも影響していると思われます。ウエッジ条件の1施設当りの申し込みは、条件付測定開始直後は少なく、年度

を追って増える傾向にありましたが、26年度以降は減少傾向が続いています。照射野条件は、当初は年度による増減が見られましたが、最近では1施設当たり2ビーム弱といったところです。

2) 線量評価用標準プロトコール

表11は、ユーザー施設で用いられている計測プロトコールの種類です。平成25年には新しい標準計測法12が優勢になり、現状は、ほぼそちらへ切り替わっているようです。

3) 線量評価の不適切例

財団評価線量と施設申告線量の差が、許容判定基準の5%を超える場合がある程度発生しています。このような場合は、財団から施設へ測定についての問い合わせを差し上げていますが、ほとんどが線量評価あるいは返送いただく照射データ記入シートに誤りがある、あるいは不適切と思われるものです。一応、問い合わせにより、疑問点は解決しており、治療現場での線量投与に問題のないことが確認できていますが、差が5%未満で3%以上の施設もあり、財団から差し上げる測定結果報告書を参考にして、自施設の状態をご確認願えればと思っています。

(これからも照射データ記入シートに疑問があるときは、財団担当者より連絡を差し上げる場合があります。その節は宜しくお願い致します。)

参考文献

- 1) 佐方周防：出力線量測定の実績について。線量校正センターニュース、Vol.6, 29-33, 2016

(線量校正センター 佐方周防)

資料 3

治療用線量計校正および出力線量測定施設の施設名公表について

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

1. 治療用線量計校正における施設名公表

当財団では、公益社団法人 日本医学放射線学会によって行われてきた治療用線量計の校正事業を平成16年4月に引き継いで以来、校正を実施した施設の施設名公表を行っております。施設名公表は同学会が行ってきた公表事業を継続するもので、日本国内の放射線治療施設の治療線量が国家標準と繋がっていることを広く示すねらいがあります。

当財団による施設名公表は、関連学協会および有識者によって構成された「医療放射線監理委員会」の管理・監督のもと、過去2年間に校正

を実施した施設（医療機関、研究・教育機関およびメーカー）を対象とし、毎年実施しております。まず事前に公表のご案内をし、そのうち、公表の同意が得られた施設のみを当財団ホームページ（http://www.antm.or.jp/03_activities/025.html）にてPDFファイル形式で掲載しております。本年度（平成30年度）は、平成29年度および平成28年度に校正を実施した施設の施設名を公表しました。掲載内容につきましては当財団ホームページをご確認いただき、お気づきの点がございましたら、当センター（info-kosei@antm.or.jp）までご連絡下さい。

施設の公表状況

平成28年度校正実施施設

平成28年度に校正を実施した施設の施設名公表については昨年度より掲載しておりますが、本年度に再調査した結果、図1.1の通りとなりました。平成28年度の校正実施施設名の公表対象施設数は736施設あり、医療機関では716施設、研究・教育機関やメーカーでは20施設の全施設から公表の同意が得られました。

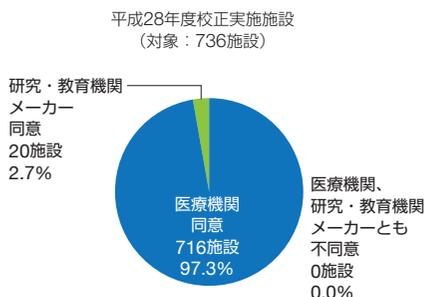


図 1.1：平成28年度校正実施施設の公表状況

平成29年度校正実施施設

平成29年度に校正を実施した施設の公表対象施設数は734施設あり、図1.2に示す通り、医療機関では717施設、研究・教育機関やメーカーでは17施設の全施設から公表の同意が得られました。また、平成29年度に初めて校正を実施した施設は医療機関では11施設、研究・教育機関やメーカーでは1施設でした。

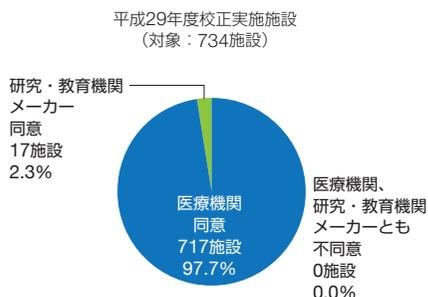


図 1.2：平成29年度校正実施施設の公表状況

2. 出力線量測定における施設名公表

これまで様々な放射線照射事故が報告されており、このような医療事故を未然に防止する対策の一つとして外部機関による出力線量の調査が世界各国において実施されています。IAEAとWHOによる熱蛍光線量計を用いた郵送調査プログラムでは2009年までに121ヶ国、約1,700の放射線治療施設に対して調査が行われています。

当財団でも2007年11月より、蛍光ガラス線量計（RGD）による郵送調査にて治療用照射装置（X線）の出力線量測定事業を実施しております。

2012年より、出力線量測定を実施した施設の中で公表の承諾が得られた施設の名称について当財団ホームページ（http://www.antm.or.jp/03_activities/038.html）にて公表を開始しました。2017年度のホームページの公表からは、過去3年間に測定を実施した施設を対象としており、今年度は2015年度から2017年度に出力線量測定を実施した施設をPDFファイル形式

で掲載しております。実施施設名を公表することで今まで以上に出力線量測定事業を周知する狙いがあります。また、出力線量測定は医療事故防止に有効な手段であり、より多くの施設に実施していただきたいと考えております。

最後に、本測定は施設からの依頼により行われ、あくまでも第三者機関として施設の測定・出力管理に対して助言を行うものであること、測定項目の性質上、個々の患者治療ビームの出力を保証するものではないことを申し添えます。

3. 施設名公表へのご理解とご協力について

平成30年9月現在、当財団のホームページにて施設名を公表させていただいております。治療用線量計校正、出力線量測定のいずれも高い公表率を維持することができました。この場をお借りしまして、皆様のご理解とご協力に深く感謝申し上げます。

（線量校正センター 奥山浩明）

2015年～2017年度治療用照射装置（X線）の出力線量測定実施施設一覧（341施設）

北海道（19施設）

医療法人王子総合病院
JA北海道厚生連旭川厚生病院
JA北海道厚生連帯広厚生病院
独立行政法人国立病院機構
北海道がんセンター
市立釧路総合病院
JA北海道厚生連札幌厚生病院
市立旭川病院
市立函館病院
医療法人溪仁会手稲溪仁会病院
社会福祉法人函館厚生院
函館五稜郭病院
KKR札幌医療センター
札幌医科大学附属病院
旭川医科大学病院
社会医療法人母恋日鋼記念病院
独立行政法人労働者健康安全機構
釧路ろうさい病院
社会医療法人恵佑会札幌病院
砂川市立病院

市立札幌病院
社会医療法人製鉄記念室蘭病院

青森県（4施設）

独立行政法人国立病院機構弘前病院
青森県立中央病院
弘前大学医学部附属病院
医療法人雄心会青森新都市病院

岩手県（3施設）

岩手県立中部病院
岩手県立中央病院
岩手県立磐井病院

宮城県（5施設）

一般財団法人厚生会仙台厚生病院
大崎市民病院
地方独立行政法人宮城県立病院機構
宮城県立がんセンター

独立行政法人国立病院機構
仙台医療センター
石巻赤十字病院

秋田県（4施設）

秋田大学医学部附属病院
大館市立総合病院
秋田県厚生農業協同組合連合会
秋田厚生医療センター
秋田県厚生農業協同組合連合会
大曲厚生医療センター

山形県（4施設）

山形県立中央病院
山形県立新庄病院
山形市立病院済生館
地方独立行政法人
山形県・酒田市病院機構
日本海総合病院

福島県 (7施設)

一般財団法人竹田健康財団
竹田総合病院
独立行政法人労働者健康安全機構
福島労災病院
一般財団法人脳神経疾患研究所附属
総合南東北病院
一般財団法人
慈山会医学研究所付属坪井病院
一般財団法人
太田総合病院附属太田西ノ内病院
公立大学法人
福島県立医科大学附属病院
一般財団法人温知会会津中央病院

東京都 (35施設)

独立行政法人国立病院機構東京病院
慶應義塾大学病院
公立昭和病院
杏林大学医学部付属病院
帝京大学医学部附属病院
地方独立行政法人
東京都健康長寿医療センター
国家公務員共済組合連合会
虎の門病院
独立行政法人国立病院機構
東京医療センター
東京医科大学病院
日本大学医学部附属板橋病院
青梅市立総合病院
日本医科大学付属病院
国立研究開発法人
国立成育医療研究センター
東京都立多摩総合医療センター
東京慈恵会医科大学附属第三病院
東京慈恵会医科大学附属病院
公益財団法人がん研究会有明病院
公益財団法人東京都保健医療公社
多摩北部医療センター
日本赤十字社東京都支部
武蔵野赤十字病院
NTT東日本関東病院
東京医科歯科大学医学部附属病院
独立行政法人地域医療機能推進機構
東京新宿メディカルセンター
東京警察病院
公益財団法人結核予防会複十字病院
昭和大学病院
東京西徳洲会病院
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
東京都済生会東京都済生会中央病院
がん・感染症センター都立駒込病院
日本医科大学多摩永山病院

東京医科大学八王子医療センター
社会福祉法人仁生社江戸川病院
医療法人社団
勁草会東京放射線クリニック
医療法人社団明芳会
板橋中央総合病院
苑田会放射線クリニック
昭和大学江東豊洲病院

神奈川県 (15施設)

東海大学医学部付属病院
大和市立病院
平塚市民病院
独立行政法人労働者健康安全機構
関東労災病院
聖マリアンナ医科大学病院
横浜市立みなと赤十字病院
公立大学法人横浜市立大学附属
市民総合医療センター
国家公務員共済組合連合会
横浜南共済病院
昭和大学横浜市北部病院
学校法人北里研究所北里大学病院
昭和大学藤が丘病院
独立行政法人国立病院機構
横浜医療センター
川崎市立井田病院
公立大学法人横浜市立大学附属病院
恩賜財団済生会横浜市東部病院

埼玉県 (10施設)

越谷市立病院
深谷赤十字病院
さいたま市立病院
自治医科大学附属
さいたま医療センター
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
埼玉県済生会川口総合病院
埼玉医科大学総合医療センター
川口市立医療センター
春日部市立医療センター
さいたま赤十字病院
防衛医科大学校病院

千葉県 (15施設)

日本医科大学千葉北総病院
医療法人鉄蕉会亀田総合病院
千葉大学医学部附属病院
帝京大学ちば総合医療センター
東京歯科大学市川総合病院
独立行政法人国立病院機構
千葉医療センター
国保松戸市立病院

国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構
放射線医学総合研究所
国保直営総合病院君津中央病院
千葉県がんセンター
独立行政法人労働者健康安全機構
千葉労災病院
聖隷佐倉市民病院
東京ベイ先端医療・幕張クリニック
東邦大学医療センター佐倉病院
千葉市立海浜病院

茨城県 (7施設)

茨城県立中央病院
茨城県地域がんセンター
株式会社日立製作所日立総合病院
筑波大学附属病院
友愛記念病院
独立行政法人労働者健康安全機構
鹿島労災病院
東京医科大学茨城医療センター
株式会社日立製作所
ひたちなか総合病院

栃木県 (5施設)

佐野厚生農業協同組合連合会
佐野厚生総合病院
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
栃木県済生会宇都宮病院
獨協医科大学病院
地方独立行政法人
栃木県立がんセンター
自治医科大学附属病院

群馬県 (5施設)

前橋赤十字病院
群馬大学医学部附属病院
伊勢崎市民病院
独立行政法人国立病院機構
渋川医療センター
独立行政法人国立病院機構
高崎総合医療センター

新潟県 (5施設)

新潟市民病院
新潟県立がんセンター新潟病院
新潟県立中央病院
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
新潟県済生会済生会新潟第二病院
新潟県地域医療推進機構
魚沼基幹病院

長野県 (6施設)

信州大学医学部附属病院
地方独立行政法人長野市民病院
独立行政法人国立病院機構
信州上田医療センター
長野赤十字病院
飯田市立病院
長野県厚生農業協同組合連合会
佐久総合病院佐久医療センター

富山県 (6施設)

富山県立中央病院
富山大学附属病院
富山市立富山市民病院
黒部市民病院
富山県厚生農業協同組合連合会
高岡病院
医療法人社団藤聖会五福脳神経外科
富山サイバーナイフセンター

石川県 (6施設)

石川県立中央病院
金沢医科大学病院
独立行政法人国立病院機構
金沢医療センター
金沢大学附属病院
国民健康保険小松市民病院
公立松任石川中央病院

福井県 (3施設)

福井県立病院
福井大学医学部附属病院
福井赤十字病院

愛知県 (21施設)

公立陶生病院
半田市立半田病院
愛知県がんセンター中央病院
名古屋第一赤十字病院
愛知医科大学病院
藤田保健衛生大学病院
独立行政法人
地域医療機能推進機構中京病院
社会医療法人明陽会成田記念病院
医療法人豊田会刈谷豊田総合病院
名古屋第二赤十字病院
豊橋市民病院
独立行政法人国立病院機構
名古屋医療センター
小牧市民病院
春日井市民病院
名古屋市立大学病院
名古屋大学医学部附属病院

愛知県厚生農業協同組合連合会
豊田厚生病院

一宮市立市民病院
名古屋市立西部医療センター
岡崎市民病院
社会医療法人宏潤会大同病院

岐阜県 (7施設)

岐阜市民病院
岐阜大学医学部附属病院
高山赤十字病院
岐阜県総合医療センター
岐阜県立多治見病院
社会医療法人厚生会木沢記念病院
朝日大学歯学部附属村上記念病院

静岡県 (11施設)

藤枝市立総合病院
静岡県立静岡がんセンター
浜松医科大学医学部附属病院
浜松医療センター
磐田市立総合病院
地方独立行政法人静岡市立静岡病院
総合病院聖隷三方原病院
総合病院聖隷浜松病院
地方独立行政法人静岡県立病院機構
静岡県立総合病院
市立島田市民病院
富士市立中央病院

三重県 (3施設)

伊勢赤十字病院
三重県厚生農業協同組合連合会
松阪中央総合病院
市立四日市病院

大阪府 (23施設)

独立行政法人国立病院機構
近畿中央胸部疾患センター
八尾市立病院
大阪大学医学部附属病院
独立行政法人
国立病院機構刀根山病院
大阪警察病院
大阪医科大学附属病院
独立行政法人国立病院機構
大阪医療センター
社会福祉法人
恩賜財団大阪府済生会吹田病院
公立大学法人
大阪市立大学医学部附属病院
大阪鉄道病院
市立岸和田市民病院

市立豊中病院
近畿大学医学部附属病院
NTT西日本大阪病院
社会医療法人愛仁会高槻病院
バルランド総合病院
関西医科大学附属枚方病院
医療法人藤井会石切生喜病院
彩都友誼会病院
高槻赤十字病院
社会福祉法人恩賜財団済生会
大阪府済生会野江病院
社会医療法人美杉会佐藤病院
大阪プレストクリニック

兵庫県 (17施設)

社会医療法人製鉄記念広畑病院
兵庫県立淡路医療センター
独立行政法人国立病院機構
姫路医療センター
市立伊丹病院
独立行政法人労働者健康安全機構
関西労災病院
兵庫医科大学病院
公立豊岡病院組合立豊岡病院
独立行政法人国立病院機構
神戸医療センター
地方独立行政法人神戸市民病院機構
神戸市立医療センター中央市民病院
神戸大学医学部附属病院
公立学校共済組合近畿中央病院
西脇市立西脇病院
地方独立行政法人
加古川市民病院機構
加古川中央市民病院
医療法人社団
神戸低侵襲がん医療センター
医療法人明和病院
明和がんセンタークリニック
医療法人社団順心会順心病院
兵庫県立尼崎総合医療センター

京都府 (8施設)

市立福知山市民病院
医療法人徳洲会宇治徳洲会病院
京都第一赤十字病院
京都府立医科大学附属病院
京都第二赤十字病院
京都大学医学部附属病院
医療法人社団洛和会洛和会音羽病院
京都中部総合医療センター

滋賀県 (5施設)

独立行政法人国立病院機構
東近江総合医療センター
市立長浜病院
大津赤十字病院
滋賀医科大学医学部附属病院
滋賀県立成人病センター

奈良県 (6施設)

奈良県立医科大学附属病院
奈良県総合医療センター
公益財団法人天理よろづ相談所病院
市立奈良病院
社会医療法人高清会高井病院
大和高田市立病院

和歌山県 (4施設)

日本赤十字社和歌山医療センター
和歌山県立医科大学附属病院
公立那賀病院
独立行政法人国立病院機構
南和歌山医療センター

鳥取県 (2施設)

鳥取県立厚生病院
鳥取大学医学部附属病院

鳥根県 (2施設)

鳥根大学医学部附属病院
松江市立病院

岡山県 (6施設)

公益財団法人
大原記念倉敷中央医療機構
倉敷中央病院
総合病院岡山赤十字病院
川崎医科大学附属病院
岡山大学病院
川崎医科大学総合医療センター
岡山済生会総合病院

広島県 (6施設)

地方独立行政法人広島市立病院機構
広島市立安佐市民病院
福山市民病院
独立行政法人国立病院機構
福山医療センター
県立広島病院
地方独立行政法人広島市立病院機構
広島市立広島市民病院
広島がん高精度放射線治療センター

山口県 (1施設)

山口県済生会下関総合病院

徳島県 (2施設)

徳島大学病院
徳島県立三好病院

香川県 (2施設)

香川県立中央病院
独立行政法人労働者健康安全機構
香川労災病院

愛媛県 (6施設)

住友別子病院
社会福祉法人
恩賜財団済生会今治病院
松山赤十字病院
愛媛大学医学部附属病院
独立行政法人国立病院機構
四国がんセンター
愛媛県立中央病院

高知県 (1施設)

高知県・高知市病院企業団立
高知医療センター

福岡県 (17施設)

北九州市立医療センター
独立行政法人
地域医療機能推進機構九州病院
地方独立行政法人大牟田市立病院
飯塚病院
戸畑共立病院
社会医療法人製鉄記念八幡病院
福岡県済生会福岡総合病院
社会医療法人
雪の聖母会聖マリア病院
独立行政法人国立病院機構
九州がんセンター
福岡大学病院
独立行政法人労働者健康安全機構
九州労災病院
産業医科大学病院
医療法人社団高邦会高木病院
社会医療法人
財団池友会福岡和白病院
社会保険田川病院
医療法人徳洲会福岡徳洲会病院
医療法人原三信病院

佐賀県 (2施設)

佐賀大学医学部附属病院

独立行政法人国立病院機構
嬉野医療センター

長崎県 (6施設)

社会医療法人財団
白十字会佐世保中央病院
佐世保市総合医療センター
独立行政法人国立病院機構
長崎医療センター
長崎みなとメディカルセンター
市民病院
日本赤十字社長崎原爆病院
独立行政法人地域医療機能推進機構
諫早総合病院

熊本県 (7施設)

国家公務員共済組合連合会
熊本中央病院
熊本大学医学部附属病院
独立行政法人労働者健康安全機構
熊本労災病院
荒尾市民病院
独立行政法人地域医療機能推進機構
熊本総合病院
熊本市立熊本市市民病院
熊本赤十字病院

大分県 (4施設)

大分大学医学部附属病院
大分県立病院
独立行政法人国立病院機構
別府医療センター
大分赤十字病院

宮崎県 (1施設)

宮崎大学医学部附属病院

鹿児島県 (5施設)

鹿児島大学病院
独立行政法人
国立病院機構南九州病院
公益財団法人昭和会今給黎総合病院
社会福祉法人
恩賜財団済生会川内病院
公益財団法人慈愛会今村総合病院

沖縄県 (2施設)

沖縄県立中部病院
KIN放射線治療・健診クリニック

※2018年8月末までに承諾を
得られた施設を掲載。

線量計校正担当者より

・分離校正のJCSS校正提供開始について

現在の一体校正のサービスと同様に、新たに分離校正のJCSS校正の申請をNITE(独立行政法人製品評価技術基盤機構)におこなってりましたが、おかげさまで2018年4月26日に登録証をいただくことができました(図参照)。

お客様へのサービス開始は、おおよそ2ヶ月遅れの2018年7月から利用できるようになっています。

現在、分離校正は、電位計、電離箱ともにサービス供給を開始したばかりのため、依頼数も少なく、1ヶ月の実施日数を多く設定できない状況で

す。

今後徐々に依頼が増えていくと思われ、それに伴い実施日数も見直していくため、しばらくご迷惑をおかけしますが、ご利用のほど、よろしくお願い申し上げます。

また、校正の種類が増え、それに伴い申込書の書式や依頼の注意点など見直しさせていただいています。詳しくは、当財団のHP^{※1}のご確認をお願いいたします。

・校正料金の見直しについて

当財団のHPにて、2018年2月15日の日付で校正料金の見直しについて事前に案内をしておりましたが、分離校正の供給開始に伴い、2018年7月1日以降の実施分から改定した校正料金を適用させていただきます。

業界の要望から、分離校正による新たな選択肢による利便性向上や、安定した高品質の供給体制の構築など、これまでの価格では水準維持が難しい状況となり、まことに不本意ではございますが、図の通り改定させていただくことになりました。なお、一体校正の「校正技術料」欄の金額は表内上部の電位計台数との合計金額を示します。

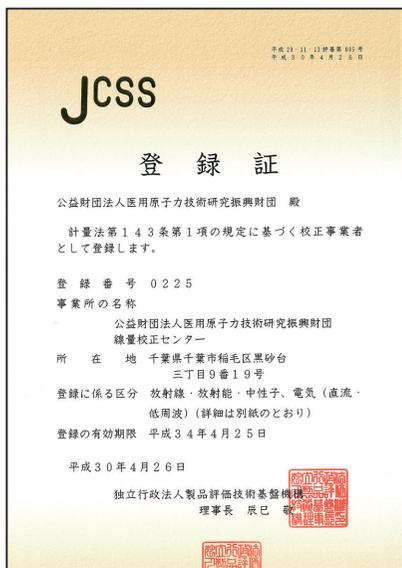
今後とも、安心、安全、確実な放射線治療を実現のため、このような治療用線量計校正事業のシステム維持管理にご理解をいただきたく、お願い申し上げます。

・校正機器の輸送運賃立替サービス廃止について

2018年7月より、校正依頼の測定機器の搬送(片道・往復含む)に係る輸送会社利用による運賃立替サービスのお取り扱いを廃止させていただくことになりました。

これまでお客様からの要望により、依頼に関わる運送費用を当財団立替の上、校正費用とあわせて請求するサービスを提供してまいりましたが、昨今、輸送会社の請求金額に係るトラブル、運賃立替による輸送事故のトラブル等が頻発するようになりました。

まことに遺憾ではございますが、お客様への多大なご迷惑ならびに本来の校正業務とは異なるトラブル要因を抱えることによる校正事業全体への影響を考



【線量校正料金(2018.07.1～)】

(消費税込)

	件数 および 機器数	一体校正(水中・空中)			分離校正	
		EM1台	EM2台	EM3台	IC	EM
基本技術料 (電位計1台につき)	-	43,200	86,400	129,600	-	-
一体(水中・空中): 43,200円						
校正技術料 (校正件数1件につき)	1	68,040	-	-	32,400	64,800
	2	92,880	136,080	-	64,800	129,600
	3	117,720	160,920	204,120	97,200	194,400
	4	142,560	185,760	228,960	129,600	259,200
一体(水中・空中): 24,840円 分離IC: 32,400円 分離EM: 64,800円						
※電離箱での件数カウント 円筒型: 1件カウント 平行平板型: 2件カウント	5	167,400	210,600	253,800	162,000	324,000
	6	192,240	235,440	278,640	194,400	388,800

慮し、サービス提供は取り止めざるを得ないという結論に至りました。

ご不便をおかけすることとなり恐縮でございますが、何卒諸事情ご賢察の上、是非ともご理解とご協力を賜りますようお願い申し上げます。

なお、今後は、お客様からの運送便の発送は元払いとなり、財団からの運送便の返却は着払いがメインとなります。詳しくは、財団のHP^{※1}をご確認ください。

・受託要綱について

2018年7月1日に、分離校正導入や業務リスクの見直しにより、校正依頼サービスの委受託の契約に関する事項である、「受託要綱^{※2}」を改定させていただきます。

改定後の主な内容は以下になります。

- ・分離校正導入に伴い、対象になることを明記。
- ・損害賠償の上限を明記（校正料金相当額を上限とする）。

※財団による、あきらかな故意又は重大な過失があった場合は別とする。

- ・損害賠償の対象を限定（直接損害のみ、間接的又は派生的に発生した損害は対象としない）。
- ・免責事項を明記（天災地変・戦争・輸送機関のトラブル等、不可抗力による事由は免責）。

当財団のHPに記載されていますが、本校正のご依頼前に、必ず「受託要綱^{※2}」をご確認ください。受託要綱にも記載されていますが、申込書を受け取ったことで受託したこととなり、受託要綱に同意いただいたこととして、お取扱いをさせていただきます。

・電離箱校正の標準値の見直しについて

2017年10月31日の校正より、電離箱の校正（一体・分離）において、ユーザーの電離箱に値付けする標準値の決定方法を以下のように変更しました。

これは、以下の標準器の見直しによるものになります。

- ・より安定した測定のための特定二次標準器の切り替え。
(KEITHLEY6517B + PTW30013)
- ・コバルト60減衰計算値を利用した標準値の日々の変動の補正。

今回の変更により、湿度に関係した標準値の季節変動が解消され、国家標準により合致した校正定数を供給できるようになりました。新しい校正定数はこれまで供給していた校正定数に対し、約

0.3%大きくなるのがわかっています。安定した品質で校正定数を供給するための見直しになりますため、ご理解のほどよろしく願いいたします。

・受入可能な電離箱校正の見直しについて

電離箱の校正（一体・分離）において、2018年4月1日より、JCSS審査の指摘より、校正受入ができなくなった機種と不確かさを見直した機種がございます（表参照）。

当財団の治療用線量計校正に使用している放射線源コバルト60は約5年の半減期で放射線の出力が弱まっていき、校正時のSN比（シグナルsignalとノイズnoiseの比）が悪くなる方向に進みます。これにより、校正のお取り扱いが厳しくなったり、不確かさの見直しが必要となります。

加えて、機器によっては、安定の悪いものもあり、個別に不確かさを見積もらなければならないことや、場合によっては校正をお断りすることもございますため、ご理解のほどよろしく願いいたします。

校正の受入ができなくなった機種

製造業者	型式	～ 2018/3/31	2018/4/1 ～
PTW FREIBURG	31006 (31014)	○ 校正対応 可 でした。	× 校正対応 不可 になりました。
PTW FREIBURG	31016 (31022)		
IBA Dosimetry	CC01		
Standard Imaging	A14		
Standard Imaging	A14SL		
Standard Imaging	A16		

校正の不確かさの見直しになった機種

製造業者	型式	～ 2018/3/31	2018/4/1 ～
PTW FREIBURG	34045	1.1 %	1.4 %
PTW FREIBURG	31015	1.1 %	1.4 %
IBA Dosimetry	CC04	1.1 %	1.2 %

※表記の校正の不確かさは、包含係数k=2とした拡張不確かさで、信頼の水準は約95%です。

※表記の校正の不確かさは、最高測定能力の不確かさ算出であり、同機種でも不確かさが見直される場合があります。

※1) 財団HP「線量計校正の申込概要」:

http://www.antm.or.jp/03_activities/023.html

※2) 受託要綱:

http://www.antm.or.jp/03_activities/026.html

(線量校正センター 佐々木陽祐)

出力線量測定担当より

●出力線量測定について

当財団では、ガラス線量計素子(PLD)を使用した校正条件での「治療用照射装置(X線)の出力線量測定事業」を平成19年11月に開始いたしました。以来、多くの医療施設からご理解とご信頼をいただいておりますことを感謝いたします。本事業は関連学協会および有識者によって構成された医療放射線監理委員会の監理・監督のもとで行われており、日本国内の放射線治療施設における品質管理状況を第三者評価機関として評価するためのシステムとなっております。

●第三者評価とは

平成30年7月31日に厚生労働省より施行された「がん診療連携拠点病院等の整備に関する指針」(健発0731第1号)では、地域がん診療連携拠点病院の指定要件の一つとして「第三者機関による出力線量測定を行い、放射線治療の品質管理を行うこと。なお、基準線量の $\pm 5\%$ の範囲を維持することが望ましい。」が盛り込まれました。

吸収線量計測に使用する電位計・電離箱の校正が適切に行われ、測定に不備がなくとも、患者治療ビームの出力を完全に保障するものではありません。患者治療において、治療計画装置へのデータ誤入力、ビームデータ測定時の電離箱選択の誤り、装置の不適切な使用等によって処方したい線量と実際に投与される線量に予期しない差がみられる可能性があります。本来、出力線量の品質保証は各施設内において実施すべきことでありますが、施設の吸収線量の決定とは別に独立した系(当財団ではPLD郵送測定)によって測定した吸収線量と比較(当財団の基準では許容範囲 $\pm 5\%$ 以内)することで、医療事故に繋がる基礎的なエラーを検出し減らすことが可能であり、これら実際の患者治療時に起こる様々な要因を包括して出力線量を評価するシステムの一つが第三者機関による出力線量測定です。

●測定条件の拡大

平成28年7月14日以降、対応できるビームでの測定が拡大されました。FFFビームは、校正条件および照射野条件の測定、小照射野ビーム(TomoTherapy、CyberKnife)は校正条件の測定が可能となりました。

●出力線量測定費用について

1セット(86,400円+送料5,900円)の申し込みで4条件の測定を行います。校正条件についてはエネルギー毎に必ず選択していただくことになり、その他の条件については任意のX線エネルギー、照射野、ウエッジ角をお選びいただけます。また、小照射野ビームで1条件のみの申し込みの場合の料金は、77,760円+送料5,900円となります。(平成30年11月現在)

●申込方法

当財団のホームページより申込書を入手していただき、必要事項をご記入の上、Fax、E-mailにてお送り下さい。「一般病院」と「がん診療連携拠点病院等」では申込書および送付先が異なりますのでご注意ください。

一般病院：

医用原子力技術研究振興財団 線量校正センター
〒263-0041 千葉県千葉市稲毛区黒砂台3-9-19
電話：043-309-4330
FAX：043-309-4331
E-mail：info-kosei@antm.or.jp

がん診療連携拠点病院等：

国立がん研究センターがん対策情報センター
がん医療支援部 放射線治療品質管理推進室
〒104-0045 東京都中央区築地5-1-1
電話：03-3547-5201(内線：1700)
FAX：03-3547-5013
E-mail：qcsupport@ml.res.ncc.go.jp

●未取得条件での申し込みについて

ソフトウェアビームなど、当財団で未取得の条件での出力線量測定が申し込まれた場合、出力線量測定後に確認測定（施設に訪問して測定を行う）が必要となる場合があります。その場合は、当財団より施設の品質管理担当者様に予めご連絡させていただきます。

●照射時の照射画面写真の添付のお願いについて

出力線量測定事業は今年で11年目を迎え、昨年に出力量測定を実施した施設は151施設となりました。本測定におきましては、施設側での申告線量と当財団の評価線量に5%以上のかい離があった場合、原因究明のためのヒアリング調査を実施し、原因が特定できない場合には、施設側の要望により再測定も実施しております。再測定においても線量のかい離が解消されない場合は、訪

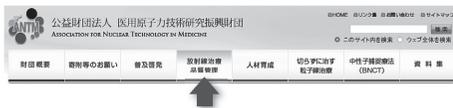
問による確認測定なども検討いたします。

以前より、照射装置の設定状況（設定MU、エネルギー、照射野、ウエッジ角度等）が分かる照射画面をデジカメなどで撮影して、ご返送いただくようお願いしております。そのため、ヒアリングにて原因究明ができ、再計算にて正常範囲となるケースが増えております。引き続き、ご理解とご協力のほどよろしく願いたします。

最後に、本業務は施設からの測定依頼により行う業務であり、あくまでも第三者機関として施設の測定・出力管理に対して助言を行うものであること、測定項目の性質上、個々の患者治療ビームの出力を保障するものではないことを申し添えます。

（線量校正センター 布袋田真大）

財団ホームページの線量校正センター関連の更新



●トップページから

放射線治療品質管理に関する情報は、ホームページ画面上部「放射線治療品質管理」のタブからご確認いただけます。線量校正センターからの情報が掲載されておりますので、定期的にご確認いただけますようお願いいたします。

<ページトップ「NEWS」の更新> 一部抜粋
平成30年6月7日

- ・「線量計校正の申込概要」を更新いたしました。平成30年9月3日
- ・「線量計校正実施施設の公表」および「治療用照射装置（X線）の出力線量測定実施施設の公表」を更新いたしました。

治療用線量計校正事業

HOME > 放射線治療品質管理 > 治療用線量計校正事業

治療用線量計校正事業のページでは、分離校正のサービス提供開始にともない関連する部分を更新しております。また、平成30年7月に改定いたしました校正料金についても更新しておりますのでご確認ください。「線量計校正実施施設の公表」では、平成28年度、平成29年度の2年間に当センターにて線量計校正を行った施設について、平成29年度の実績として更新いたしました。

治療用出力線量測定事業

HOME > 放射線治療品質管理 > 治療用出力線量測定事業

治療用出力線量測定事業のページでは、「治療用照射装置（X線）の出力線量測定実施施設の公表」を平成29年度実績として更新いたしました。

光子線治療品質管理支援業務

HOME > 放射線治療品質管理 > 光子線治療品質管理支援業務

光子線治療品質管理支援業務の各ページでの更新はございません。

線量校正センターからのお知らせ

HOME > 放射線治療品質管理 > 線量校正センターからのお知らせ

これまでにご案内した線量校正センターからのお知らせを掲載しております。最新の情報がリリースされた場合は古い情報を削除いたします。

線量校正センターへのお問い合わせ

HOME > 放射線治療品質管理

お客様でお使いのメールアドレス、または当センターのメールアドレスが迷惑メールとして取り扱われてしまう場合がございます。お問い合わせフォームをご利用された場合に規定の期間を過ぎても返信がなかった場合は、お手数ですがお電話にて確認のご連絡をいただきますようお願いいたします。

編集後記

線量校正センターニュースVol.8では、以前より準備を進めてきました分離校正が、7月より供給開始となり、それに伴う校正環境の変化、校正料金の改定、また、輸送対応形態の変更等のお知らせが掲載されています。線量計校正をご依頼の際には財団ホームページの放射線治療品質管理ページの確認とともに一読いただけると幸いです。

また、財団が行う出力線量測定の結果が許容範囲を超えた場合の対応について解説があります。これまでその殆どがヒアリングにより原因が特定され、改善されています。本誌のお知らせにも掲載がありますが、後々、原因特定への効果が見込

まれますので、出力線量測定の実施の際には測定状況やデータの保管をいただきますようお願いいたします。

出力線量測定は小照射野 (Tomotherapy, CyberKnife) 対応を開始し、今後は電子線治療、ガンマナイフ治療への対応も検討されており、測定条件がさらに多様化が見込まれます。

当財団では、精度向上、実施体制および測定環境等の整備を行うとともにさらに計測校正事業の充実した供給に努めてまいります。

今後ともご理解ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

(K.N)

線量計からサーベイメータまで、(株)応用技研では、各種測定器をご用意しております。

お気軽に弊社までお問い合わせ下さい。 URL: <http://www.o-yo-giken.co.jp>

線量率計 AE-132a



特長

優れたエネルギー特性 — 電離箱式
高感度・高信頼性
2.58 $\mu\text{C}/\text{kg}$ \sim 516 mC/kg (標準仕様)
(10 mR \sim 2000 R)
2.58 $\mu\text{C}/\text{kg}\cdot\text{m}$ \sim 516 $\text{mC}/\text{kg}\cdot\text{m}$ (標準仕様)
(10 mR/m \sim 2000 R/m)
デジタル表示 1000 f.s./1999
(100%オーバースケール時)

小型・計量・高性能

構成内容

線量計 AE-132a 1台
電離箱 C-110(0.6ml) 1台
その他付属品 1式

目の線量H'(3)の評価に!



1 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ \sim 100 mSv/h

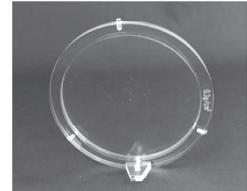
電離箱式サーベイメータ
AE-133B/A2+
標準 H*(10)及び H'(0.07)
with

オプション

H'(3)用ビルドアップキャップ



H'(3)用ビルドアップキャップ
を装着した様子



オプション品
H'(3)用ビルドアップキャップ

APPLIED ENGINEERING INC. ■環境放射線測定器
株式会社 **応用技研** ■医療用放射線測定器
■エレクトロニクス機器
■微小電流測定器

〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 2-599 TEL042-492-2734(代) FAX042-492-7006

放射線測定器 校正サービス

TECHNOL

放射線測定器の校正はお済みですか？

放射線測定器は、正しい測定値を示すことが求められます。これには放射線測定器の校正が不可欠です。

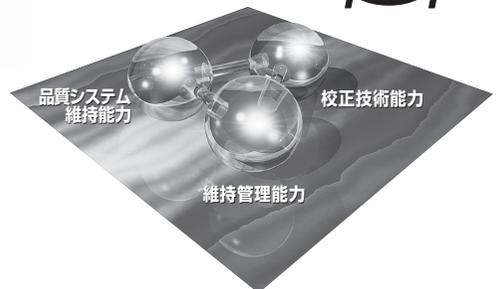
校正には、国家標準とのトレーサビリティが明確になっていることが必要です。放射線測定器は、トレーサビリティが明確な基準に基づく校正を行ってはじめて精度の高い測定が実現します。

国家標準につながる校正サービス。

お客様に「安心と精度」を提供します。

千代田テクノ大洗研究所は、トレーサビリティ制度に基づき放射線の標準供給を行っています。

弊社校正サービスは「維持管理能力」・「校正技術能力」・「品質システム維持能力」が三位一体となって、お客様に「安心と精度」をご提供いたします。



TECHNOL

CHIYODA TECHNOL CORPORATION

株式会社 千代田テクノ

URL: <http://www.c-technol.co.jp>
e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp

高精度 放射線治療装置用 電位計
sakuraProof®
Reference Electrometer

- 国家標準器レベルの
振動容量型微小電荷計技術を採用。
- 産業技術総合研究所と共同研究の
技術を利用した国産の電位計



本製品は、国立研究開発法人 産業技術総合研究所との共同研究の
成果および技術コンサルティングによる成果を活用しています。



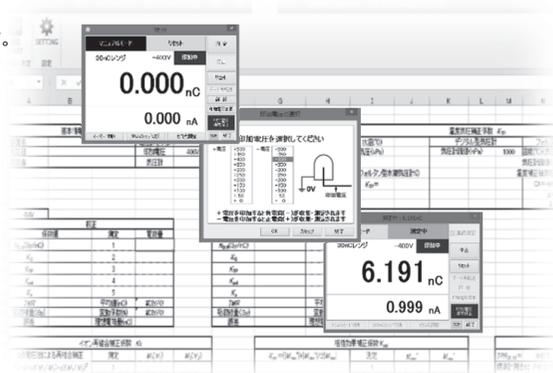
- 産総研と共同研究の技術を利用
高精度放射線測定を目的として、産業技術総合研究所と共同研究した電位計（エレクトロメータMMA II -17E）は、国家標準器を測定する計測器の一部として使われています。
sakuraProof®はこの技術をベースにしています。
- 電荷蓄積方式を採用、コンデンサに**振動容量型**を採用することで、
ノイズに影響されにくく、リークを極小に抑えた測定を可能としました。
- 人体からの誘導ノイズやケーブルの曲げやねじれの影響を極力低減させるため、
電位計本体から操作ボタンとディスプレイを排除し、PCと**Bluetooth**で接続します。
- Microsoft Excel®の**アドインソフト**により制御&測定を行います。
測定値は直接Excelに取り込まれるため、測定値の取り込みミスを防ぎ、
測定者の負担を軽減させます。

sakuraProofは、株式会社川口電機製作所の国内における登録商標です。
Microsoft Excelは、米国Microsoft Corporationの、米国およびその他の
国における登録商標または商標です。

<お問い合わせ>

 **株式会社川口電機製作所**

E-mail : sales@kawaguchidenki.co.jp
HP : <http://www.kawaguchidenki.co.jp>
〒158-0097 東京都世田谷区用賀三丁目3番21号
TEL : (03)5491-0111 FAX : (03)5491-0112



EMF521R型 シリーズ

リファレンスクラス電位計



液晶モデル新登場

◎特長

- 2チャンネル電位計として使える同期端子を装備
・2台接続し同時測定することで相互校正が正確に行えます。

- 「電流出力端子」付も選択可能
・測定精度をいつでも点検でき、安心です。

- 精度と安定性が良い
・非直線性: $\pm 0.1\%$ 以内、経年変化: $\pm 0.1\%$ /年以内、温度係数: $\pm 0.0025\%/^{\circ}\text{C}$ 以内
・電荷有効範囲: $\pm 1\text{nC} \sim \pm 1000\text{nC}$ (EMF521R・50秒測定)
・電流有効範囲: $\pm 20\text{pA} \sim \pm 20\text{nA}$ (EMF521R)



同期ケーブルの接続例



電流出力端子

◎概要

- EMF521R型シリーズはタッチ式カラー液晶を装備した電離箱線量計用の高精度電位計です。7.5桁/6.5桁/5.5桁表示の単レンジ電流積算方式を採用しました。
- 2017年に日本医学物理学会 (JSMP) から発行された「電位計ガイドライン」に適合しているため、放射線治療部門における水吸収線量測定に最適です。
- 医用原子力技術研究振興財団 (ANTM) の「分離校正受け入れ電位計一覧」に掲載されました。
- 測定範囲が異なるEMF520R/EMF521R/EMF522R/EMF523Rの4機種からお選びください。

詳しくは弊社ホームページをご覧ください。
<http://www.emf-japan.com>

※EMF521R型シリーズは日本製です。
※弊社はPTW社の正規代理店です。

EMFジャパン株式会社 <http://www.emf-japan.com>
TEL:078-331-8584 FAX:078-331-8585

本社: 〒650-0034 兵庫県神戸市中央区京町76-2 明海三宮第2ビル10階
東京営業所: 〒100-6208 東京都千代田区丸の内1-11-1 パシフィックセンチュリープレイス丸の内8階
技術研究所: 〒671-1226 兵庫県姫路市網干区高田381



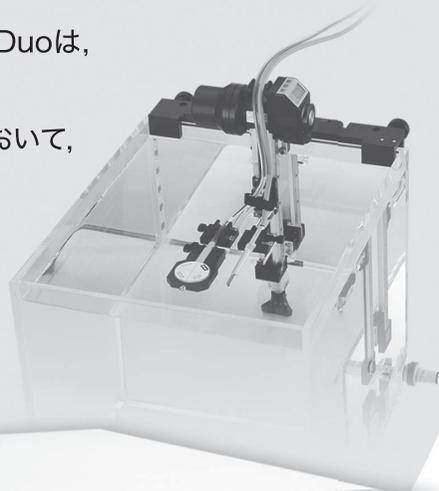
※本製品は国立研究開発法人産業技術総合研究所が行った受託研究および技術コンサルティングの成果を活用しています。

線量計の理想へ。 「RAMTEC Duo」誕生。

リファレンス線量計 RAMTECシリーズの第四世代機、
RAMTEC Duoが誕生しました。

独立したアンプを2台搭載したRAMTEC Duoは、
2Ch同時測定を実現。

高エネルギー放射線の水吸収線量計測において、
外部モニタ電離箱を用いながらの
フィールド電離箱の相互校正に対応する、
まさに理想の線量計です。



東洋メディック株式会社

本社：〒162-0813 東京都新宿区東五軒町2-13
TEL. (03) 3268-0021 (代表) FAX (03) 3268-0264
<http://www.toyo-medico.co.jp/> E-mail info@toyo-medico.co.jp

大阪支店：〒550-0002 大阪府大阪市西区江戸堀1-25-7
TEL. (06) 6441-5741 (代表) FAX (06) 6441-5745
福岡支店：〒812-0007 福岡県福岡市博多区東比恵2-2-40
TEL. (092) 482-2022 (代表) FAX (092) 482-2027
支店・営業所：名古屋・札幌・新潟・仙台・岡山

線量校正センターニュース 第8号

編集・発行 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町7-16ニッケイビル

●線量校正センター 〒263-0041 千葉県千葉市稲毛区黒砂台3-9-19

TEL:043-309-4330 FAX:043-309-4331

URL: <http://www.antm.or.jp> E-mail: info-kosei@antm.or.jp