線量校正センター ニュース News

Vol.11

Therapy-level Dosimetry and Calibration

解説

「出力測定の結果が思わしくないとき」の対応について

財団が実施する出力線量測定の受け方

測定の不確かさについて

話題

- 井戸形電離箱線量計による高線量率(HDR)密封小線源の基準空気カーマ率計測

ANTM 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. 11

contents

巻頭言　医用原子力技術研究振興財団の出力線量測定の浸透の度合いについて …………… 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　「出力測定の結果が思わしくないとき」の対応について …………… 2
新保宗史（医療放射線監理委員会委員、埼玉医科大学総合医療センター）

財団が実施する出力線量測定の受け方 …………… 6
山下　航（医用原子力技術研究振興財団　線量校正センター）

測定の不確かさについて …………… 10
黒澤忠弘（医療放射線監理委員会委員、産業技術総合研究所）

話　題　井戸形電離箱線量計による高線量率（HDR）密封小線源の
基準空気カーマ率計測 …………… 13
三家本隆宏（日本アイソトープ協会　研究開発課）

報　告　リニアック装置出力線量第三者評価における
地域連携支援ネットワークの役割 …………… 16
川村愼二（医療放射線監理委員会委員、帝京大学大学院保健学研究科）

地域で取り組む放射線治療装置立ち上げ支援について …………… 20
田辺悦章（医療放射線監理委員会　放射線治療品質管理部会委員、
岡山大学学術研究院保健学域　放射線技術科学分野）

資　料　治療用線量計校正の実績　令和２年度（令和２年４月～令和３年３月） …………… 24
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 …………… 30
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 …………… 36
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 …………… 41
出力線量測定担当より …………… 41
財団ホームページの線量校正センター関連の更新 …………… 43

編集後記 …………… 44

巻 頭 言

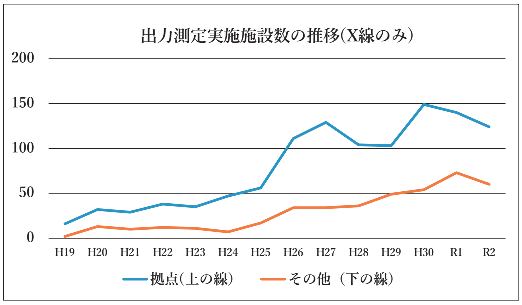
医用原子力技術研究振興財団の出力線量測定の浸透の度合いについて

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

　医療分野での第三者評価はその必要性が近年ますます問われています。医療全般では日本医療評価機構がその推進役を担っており、大学病院など特定機能病院を承認する要件に第三者評価の受審や認定を加えるべきかなどが取り上げられたことがあります。放射線治療施設に対しては医用原子力技術研究振興財団（以下、財団）が線量計校正およびリニアックの出力線量測定を実施し、第三者評価に寄与しているのはご存じかと思います。

　ここに当財団での出力線量測定に応募した施設数の推移をグラフで示します。平成26年度からは国のがん診療連携拠点病院（以下、拠点病院）の必須要件として加速器出力の第三者評価が加わり、それを契機に拠点病院での実施施設数が増加していることが判ります。普及度について拠点病院ではほぼ満足できるものかとも考えられますが、一方で拠点病院以外の施設での実施・浸透の度合いは，徐々に増加しつつあるものの、母数である施設数が拠点病院のそれより多いことからすれば、決して満足のいくものではありません。



　本来はリニアック所有の全施設が対象となるべきと考えます。更に普及・浸透させていくためには、例えば日本放射線腫瘍学会など関係団体がより強力に推進・発言して頂く必要があると考えます。また放射線治療品質管理機構では、品質管理士の養成と共に、品質管理士の互助による地域連携支援事業も制度化され、その活動も本ニュース誌上に報告されています。これらを更に有機的に活用して頂くことも望まれます。

　このたび某施設において過小照射事例が報告されました。詳細は当事者内で原因の究明並びに再発防止策について調査委員会を立ち上げることとなっており、出力線量の評価などに関する結果報告が待たれます。読者各位においては医療安全のための注意を喚起し、実施すべき事項を再度認識しておく必要があるかと存じます。

　当財団ではIMRTの郵送調査による測定も令和２年度から開始しました。従来の測定法についても照射手順書を入力しやすいように改め、また測定に至る手順の説明動画を財団HP内に掲載することで、より実施しやすいようにしています。今後もなお一層の普及にご協力をお願いします。

解説

「出力測定の結果が思わしくないとき」の対応について

埼玉医科大学総合医療センター　新保宗史

校正センターニュースVol.10の報告「出力線量測定において大きな線量差が検出された事例の報告」にもあるように、10施設に1施設程度は3%～5%の相違が検出されており、このうちヒアリングにて解消できた施設は、15%しかない。

出力測定の趣旨は、「施設の（MU当りの線量最大深水吸収線量）*DMU*の管理状況を確認する」ために行うもので、施設*DMU*と出力測定値の相違の程度が一定程度以上であれば、その原因を確認し、理由があれば修正するものと考えています。

財団では出力測定での相違が5%を超えるときには、積極的に原因を確認しますが、財団の測定精度（標準偏差で1%程度）を勘案し、検出線量の相違が3%～5%の時にもヒアリングを行い原因確認するようにしています。ヒアリングを行っても、原因が確認できない場合、財団では、再測定などを勧めることになりますが、なかなか再測定や原因の特定ができないことがあります。相違の原因がどこにあるのか特定できない状況は、治療を行うに好ましい状況ではないので、施設でも積極的に確認を行っていただきたいと思っています。

「どれくらい想定から外れたら、原因の確認をどの程度行うか」については施設によって判断が異なると思います。例えば、相違2.2%でも、施設での*DMU*の管理状況を勘案し、相違の理由を確認するきっかけにしてもよいと思っています。

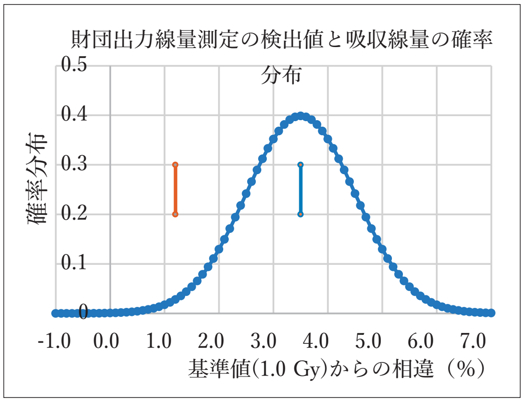
X線の水吸収線量の*DMU*の精度は±2%以内で管理するようにガイドラインなどで示されています。一方、財団の線量の評価精度はσ～1%程度であることから、校正条件では、検出値3%を超えるときには、ぜひ、その原因を確認してほしいと思います。

財団の出力測定では、計算MU値と照射のMU値の相違（小数点以下の照射のとき）について、考慮しますが、直前の*DMU*については考慮しません。出力測定の結果で想定を超える相違がある場合には、最初に、出力測定を行った直近の*DMU*を考慮して、財団出力測定の測定値を調整したのち、相違の原因の確認をしていただきたいと思います。

例えば出力測定当日の施設測定*DMU*が1.012で、財団出力測定検出値が1.035なら、財団出力測定結果1.035→1.023にしてから、相違の原因を探っていくことになります。

財団の測定・報告値が1.035、出力線量測定の精度がσ=1%の時の出力の真の値の確率分布を示す。

施設の評価値：1.012と財団測定値の相違は2.3%であり、何か、評価方法の違いがある可能



性がある。

実際には施設*DMU*にも広がり（確率分布）がある。

相違の大きな条件が「校正条件」であるかどうか、あるいは一つの条件か、複数の条件下で対応が異なってくるものと思います。

財団の出力測定と測定精度の考え方

エネルギーごとの平均値・標準偏差は校正センターニュースVol. 10資料2「出力線量測定の実績について」を参照すると、財団の出力測定は公称エネルギー別にσが計算されており、校正条件の全エネルギーで平均は＋0.46%　σ = 1.17%となっている。平均値がやや高いが、このシステムのエネルギー別の補正値は、複数のマシン、複数の施設からエネルギーごとに電離箱線量計の測定線量から決めているものである。出力測定を行った施設で平均値が0の近くにないのは、施設の*DMU*の管理状況にも依存するが、現状、その解析は行っていない。

施設の*DMU*管理手法について、頻繁（毎回）に調整を行うことよりは、継続して監視し、一定値を超えたときに、*DMU*の調整を行うことが品質を管理するという点で妥当と考えている。例えば、*DMU*の調整は相違が1%を超えたら実施し、*DMU* = 1.000 Gyに合わせる。という管理方法などがあると思うが、これを第三者として評価すれば、得られる吸収線量の平均値は、プラス0.5%程度になると思われる。

自施設で行った出力測定で、相違があったらどうするかを考えると、前記、施設*DMU*の数値で相違を確認してから、

1．1条件に相違があり、それ以外は予想通りの測定値となっているとき
　一つでも、相違が小さい条件があるとき
2．測定値全体が、どちらかに同程度シフトしているとき
3．全体的にばらばら

によって、確認・対応方法が異なると思う。

1．の場合は、後述する方法：電荷の測定でどんな状況にあるか調べる。
2．の場合は、手順を一つ一つ確認し、原因がわからないなら、再測定で確認する。
3．の場合は、1.と同じ評価を行い、本当にばらばらなのか確認する。

等の方法があると思います。

実際の対応はこんな風に行ってみてください。

出力測定の結果を水槽・施設基準線量計で確認する。

（施設で行う「処理・手順」をできるだけ少なくして、人的エラーを減らしたい）

出力測定を行った時、照射の条件および1Gyに相当するMU値を算出している。

普段の*DMU*確認の際には、100MUや200MUの照射を行い、*OPF*・*TMR*などを用いて*DMU*を計算し、調整を行っているが、そこでは、普段の測定シート・計算ソフトなどを使用するので、その手法が内包する間違いには気づきにくい。ので、測定装置のセットアップはそのままに、出力測定で行った条件で（公称エネルギー、照射野サイズ、MU値）で直接電荷を収集し、

・それぞれの条件で、電荷がどれくらいそろっているか？
・収集電荷にそれぞれの補正係数を加味して、

水吸収線量を算出したらどうなるかを試す（手計算限定）。

当施設で行った「出力測定の事前測定例」及び、財団の出力線量測定結果を示す。

ビームごとに、*TMR* や *OPF*、線質変換係数、イオン再結合補正係数など､各種補正を行うが、直接電荷を比較したときの相違は、それぞれの補正係数の幅程度になっているなら、それぞれの水吸収線量もそのくらいに収まるはずで、各種補正係数の間違いを含まない結果を得ることができる。ここで温度気圧補正は、ほぼ同じはずで考慮しなくてよい。

1 Gyに相当する電荷を測定し、それと、出力測定の結果を比較してみる（表1）。

各補正係数によるビームごとの相違は、

・イオン再結合補正係数：線量率が同じくらいなら、ほぼ同じになるはず（パルス当たりの粒子数が同じなら、大体同じ）

・線質変換係数：（4～10MVで、0.998～0.976（幅で2%程度）（高いエネルギーのほうが2%位、電荷が多くなる）

・極性効果：この場合は考慮しなくてよい。

・水吸収線量校正定数：施設基準線量計1つでの測定なら、考慮しなくてよい。

※1照射目､2照射目で､検出電荷が異なる場合：出力線量測定のピース入れ替え時間と同じくらい時間を空けて測定してみる。

※校正条件での比較を考えているが、照射野条件、ウエッジ条件でも相違はそれほどおおきくない。

電荷がほぼそろっている（幅で、2～3%）もしくは、線質変換係数をかけた後の数値が2%以内なら、照射されているX線による吸収線量は、ほぼ同じになります。財団の出力測定の幅がこれより広いなら、出力測定の検出値の統計誤差の幅を示しているものと考えることができます、電荷の幅がこれより広いなら、MU値の

表1：出力測定で1 Gy相当のMU値がわかっているとき、収集電荷は公称エネルギー別でどれくらい違う？

※それぞれ1.00 Gyに相当するMU値で照射したときの収集電荷（例）
（各種補正未考慮。電位計読値の平均値）

	収集電荷：Q		係数		$Q \times N_{Dw} \times k_Q$	（参）財団出力測定結果	
公称エネルギー	1 Gy相当 MU値	マシン2 nC	校正定数 N	線質変換係数 k_Q	マシン2 Gy	マシン2 Gy（2測定）	
4X	136.5	18.59	5.394	0.996	0.999	1.005	0.998
6X	129.2	18.70	5.394	0.990	0.999	1.011	1.010
8X	122.2	18.83	5.394	0.983	0.998	0.993	0.999
10X	118.2	18.95	5.394	0.977	0.999	1.015	1.000

数値の比

4X / 10X		0.981	1.000	1.019	1.000

収集電荷から、水吸収線量に変換する際に、補正係数をいくつか使用するが、計算間違いをなくすため、最小限の演算で「ビーム別の測定値の相違を見る」ことができる。温度気圧の変化がなく、極性効果はほぼ1.0で、イオン再結合補正係数のばらつきが0.2%以内、なら電荷だけの比較で、2%程度の幅に入る。線質補正を行うとさらに広がりが小さくなる。この確認で、同一の結果が得られたら（幅で2%程度であれば）装置の出力（*DMU*）は妥当であるとして、別の原因を探す。

算出過程（治療計画装置の取り扱い、治療計画装置の登録パラメータ）の確認を行うことで、原因を探します。

最終的に、相違の原因がわからず、今ある検出値に不安があるようなら、財団の出力測定を再度実施するか、どなたかに*DMU*測定の手法・計算方法を確認してもらうことで、確認を行います。放射線治療品質管理機構が行う、地域連携支援活動では、これら*DMU*の確認について、支援を行っており、こちらに依頼をするなど、原因を確認していただきたいと思います。

せっかく行った出力測定なので、原因を確認し（相違がない状況にして）すっきりした気持ちで治療を行ってほしいと思います。

解説

財団が実施する出力線量測定の受け方

医用原子力技術研究振興財団　線量校正センター　山下　航

1．はじめに

公益財団法人医用原子力技術研究振興財団（以下、財団）では、2007年度より治療用照射装置の出力線量測定事業（以下、出力線量測定）を行っており、近年は年間約200施設（約1,000ビーム）の測定を実施しています。測定条件は、最初はX線の校正条件から開始し、ニーズに合わせて拡大してきました。2021年現在では、X線の照射野サイズを変更した条件（以下、照射野条件）、ウェッジ条件（物理ウェッジおよびソフトウェッジ）、Flattening filter free（FFF）ビーム、Tomotherapy、CyberKnife、電子線の校正条件に対応しており（**表1**）、1条件から申し込みいただけます。どれも単純な1門照射の測定となりますが、MU計算ミスや照射セットアップの間違い等によって正確な結果が出せない事例が見られます。そのため、この解説では出力線量測定を正しく受けられるよう、MU計算および照射手順について説明します。財団ホームページでも写真入りの手順書や動画を公開しているので参考にしてください。（財団ホームページ -「治療用出力線量測定事業」-「データ記入シートへの記入方法」および「照射手順」）

2．MU計算

出力線量測定では、各照射条件において<u>校正深における処方線量が1 Gyとなる MU値</u>の計算を行います。2019年までは手計算を基本としていましたが、普段の計算は治療計画装置で行い、手計算は行わない施設が多くなり計算ミスが多発したことから、原則として治療計画装置を用いての計算に移行しました。ただし、Tomotherapyは治療計画装置で出力線量測定の条件を設定できないため、実測線量から照射時間を計算することとなります。また、電子線

表1：出力線量測定の対応条件

線質	条件名称	備考
X線	FFビーム	*SAD*：100 cm
		照射野：5 × 5 ～ 25 × 25 cm^2
		ウェッジ角度：0°～ 60°（ソフトウェッジ可）
	FFFビーム	*SAD*：100 cm, 照射野：5 × 5 ～ 25 × 25 cm^2
Tomotherapy		*SSD*：85 cm, 照射野：10 × 5 cm^2
CyberKnife		*SAD*：80 cm, 照射野：直径6 cm（Fixコリメータ）
電子線	校正条件	*SSD*：100 cm, 照射野：10 × 10 cm^2（アプリケータ）

については計算手法を定めておらず、治療計画装置または手計算など施設が慣れている方法でお願いしています。

本測定では**ファントムのCT撮影は行わず**、治療計画装置上に仮想ファントムを設置して計算します。実際の照射には固体ファントム（タフウォータ）を使用しますが、水へ変換する補正は財団側で行うため、**仮想ファントムの材質には「水」を指定する**必要があります。また、実際の測定には蛍光ガラス線量計を使用しますが、非常に小さいため、**計算線量は点線量**とします。計算アルゴリズムは特に指定しませんが、計算結果が通常から逸脱していないか確認をお願いします。特に、モンテカルロ法で計算を行う場合は試行回数を十分にとるようにしてください。電子線のモンテカルロ計算を行ったが、試行回数が少ないために誤ったMUで照射してしまった事例が複数ありました。

計算結果の確認のため、「計算結果がわかる書類」（治療計画レポートまたは治療計画装置画面のキャプチャなど）、および「治療計画装置に登録されているMUと絶対線量の関係が分かる画面」のキャプチャの提出をお願いしています。後者については、表示できない治療計画装置もあり、その場合は提出不要です。**図1**および**図2**にEclipseの例を示します。

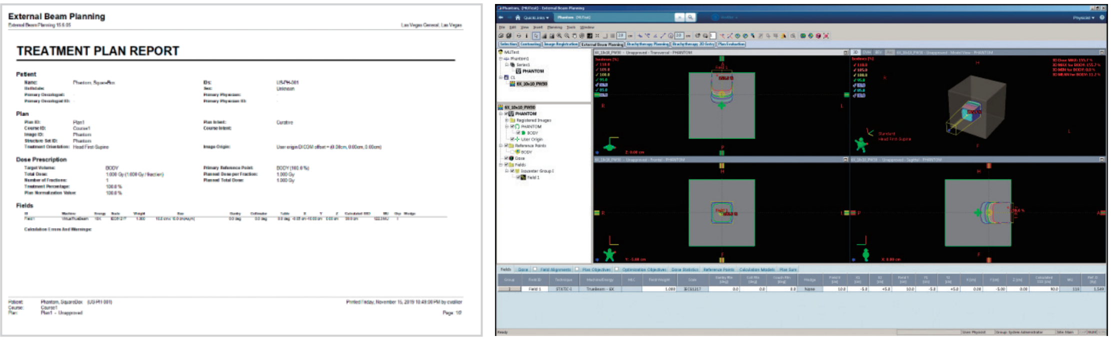


図1：治療計画レポート（左）および計算結果の画面（右）の例

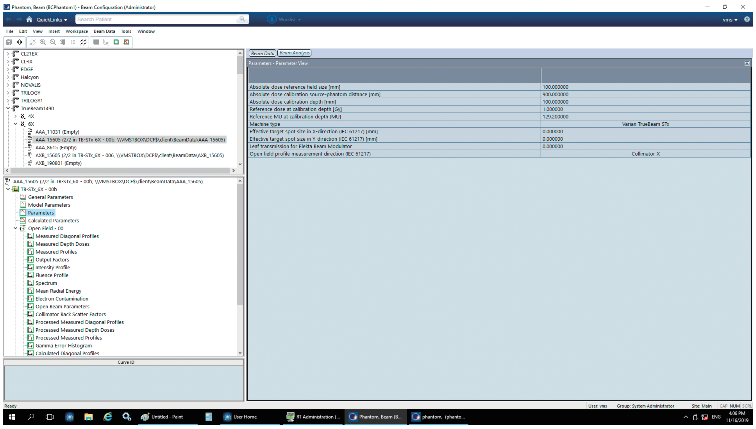


図2：治療計画装置に登録されているMUと絶対線量の関係が分かる画面の例

3．照射セットアップ

出力線量測定セットには、固体ファントム、蛍光ガラス線量計が封入された照射ピース、照射データ記入シート、返送用輸送伝票（図３）が入っています。固体ファントムおよび照射ピースは申込内容に応じた必要分のみ送付します。

図４に各照射条件のセットアップを示します。どの条件でも蛍光ガラス線量計がビーム軸上の校正深に設置されるセットアップとなります。まず、治療台の上に自施設の固体ファントムを10 cm以上積み、その上にファントムNo.1（中央に穴の空いたファントム）を載せ、中央に照射ピースを嵌め込みます。寝台のLong方向およびLateral方向をNo.1ファントムの罫書線に合わせて調整し、No.1ファントムの上に必要な厚さのファントムを載せます。載せるファントムの厚さはX線, TomotherapyおよびCyberKnifeの場合と電子線で異なります。

図３：出力線量測定セット

X線, Tomotherapy, CyberKnifeの場合

蛍光ガラス線量計が深さ10 mmに封入された照射ピース（アルファベット記号）を使用します。その上にNo.2, No.3, No.4（それぞれ厚さ20 mm, 20 mm, 50 mm）のファントムを載せるとガラス線量計が深さ10 cmの位置に来るようになっています。ファントムの並びが下から順にNo.1→No.4となっていることを確認してください。

電子線の場合

照射ピース内の蛍光ガラス線量計の深さと上に載せるファントムの厚さの合計が校正深となるようにします。通常のピース（アルファベット記号）は蛍光ガラス線量計が深さ10 mmに封入されていますが、校正深が10 mm未満の場合は5 mmまたは6 mmに封入されたピース（記号が5 mmまたは6 mm）を使用します（図５）。校正深ごとのファントム組み合わせ表を同梱しますので参考にしてください。なお、固体ファントムを使用する関係上、深さは1 mm単位での調整となります。

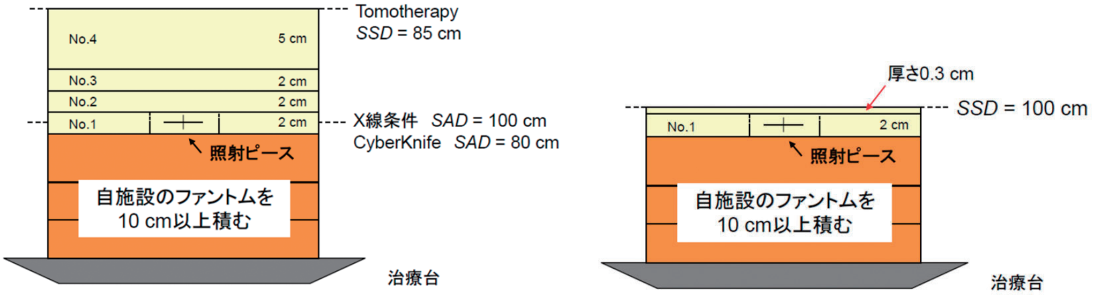


図４：（左）X線, Tomotherapy, CyberKnifeの照射セットアップ、（右）電子線の照射セットアップ（校正深1.3 cmの例）。点線はアイソセンターの高さを示します。

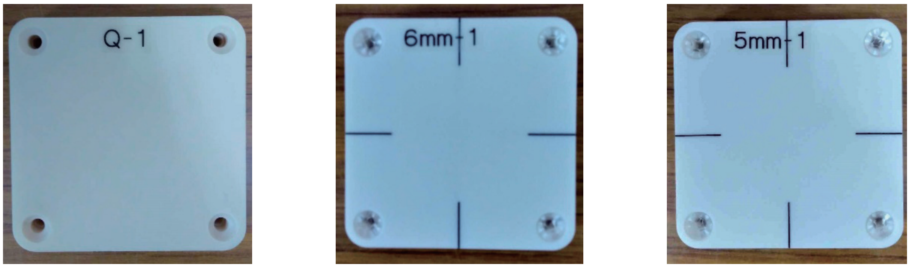


図5：照射ピース。蛍光ガラス線量計の封入深さは、アルファベット記号（左）は10 mm、
5 mm（中央）および6 mm（右）の記号のピースはそれぞれ5 mmおよび6 mmです。

最後に治療台の高さを調整します。ファントムの重さで治療台がたわむことがありますので、必ず全部のファントムを載せた状態で行ってください。

4．ピース照射、データ記入シート作成

事前に計算したMUに従い各条件の照射を行います。照射装置への条件設定を手入力で行う場合は、エネルギーや照射野などの変更忘れに注意してください。また、１照射ごとに必ず照射ピースを交換してください。測定で異常があった場合の原因究明のため、「照射時の設定がわかる照射装置制御画面」の写真またはキャプチャ（図６）を撮り提出してください。

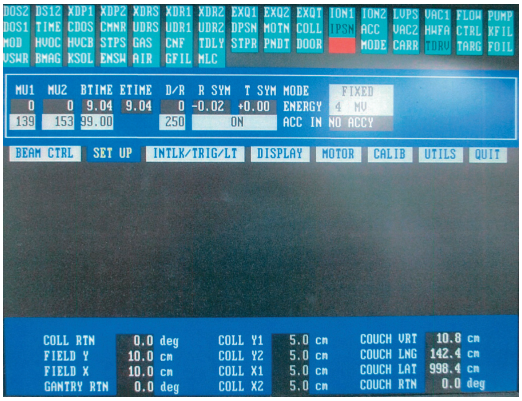


図６：照射装置制御画面の例

照射データ記入シートには、最近のモニター校正の結果、および照射条件と使用した照射ピースの組み合わせを記録します。照射データ記入シートは、財団ホームページより電子ファイル（Excel形式、PDF形式）をダウンロードして利用することもできます。

提出書類は、印刷物を測定セット返却時に同梱するか、もしくはE-mailにてお送りください（提出先：info-kosei@antm.or.jp）。ファイル容量が大きい場合はファイル転送サービス等を利用しての提出も可能です。

全ての照射が完了したら、送付したファントムおよび照射ピース、提出書類（印刷物を提出する場合）を忘れずに梱包して返却してください。

5．おわりに

放射線治療では自施設で行う品質管理と共に、第三者評価も自施設の現状を把握する上で必要な要素となっています。もし、受けた結果が許容範囲を超えるなど思わしく無かった場合には、財団が行うヒアリングや、放射線治療品質管理機構の地域連携支援を活用して、原因の調査・改善に積極的に取り組んでいただければと思います。また、本冊子では、自施設でできる簡易的な確認方法も紹介しているのでご一読ください。

解説

測定の不確かさについて

産業技術総合研究所　黒澤忠弘

1. はじめに

筆者が所属している産業技術総合研究所・計量標準総合センターでは、様々な量に関する国家標準の開発・維持・供給を行っている。我々のグループでも、放射線線量に関する国家標準の開発を行っており、筆者自身もいくつかの線量に関して、定義に合わせた絶対測定を行ってきた。我々の仕事としては、標準開発までが半分、開発した結果についてどれくらい確かなのか？（＝不確かなのか？）の評価が残り半分となっている。このように不確かさの評価は、重要であると同時になかなか扱いにくいものであると理解している。筆者自身は統計のスペシャリストではないが、計測に関わる者として今まで行ってきた不確かさ評価についての考え方を書きたいと思っている。より深く理解を進めたい方は、文献を参考にしていただきたい。[1, 2]

2. 不確かさの考え方

測定した値がどれくらい正しいのか、その信頼性を示すことは従来より難しい問題であった。また様々な分野、地域によって、その評価方法や表現が異なっていたことから、統一的なルール作りが進められた。そこでまとめられたのが、1993年にISOを含む複数の国際機関名で出された「不確かさの表現のガイド」(Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements; GUM)[1]である。言葉の定義によるが、このガイドでは「真の値」と、真の値と測定量との差である「誤差」が評価方法に使われていない。知りたいと思っている物理量について、「真の値」があるはずであるが、測定するという行為には必ず測定結果がばらつくという要因が排除できないことから、我々は真の値を知ることができない、ということが前提となっている。我々が行っている測定は、真の値に近いであろう最良推定値であり、その近くに真の値があることになる。その最良推定値のばらつきがどの程度あるのかを表したのが不確かさとなる。測定の不確かさは、ISO/IEC Guide 99:2007「国際計量計測用語－基本及び一般概念並びに関連用語（VIM)」では以下のように定義されている。

－用いる情報に基づいて、測定対象量に帰属する量の値のばらつきを特徴付ける負でないパラメータ。－

またここで関連する用語として、「計量計測トレーサビリティ（metrological traceability)」についても示しておきたい。前述したVIMでは以下のように定義されている。

－個々の校正が測定不確かさに寄与する、文章化された切れ目のない校正の連鎖を通じて、測定結果を計量参照に関連付けることができる測定結果の性質。－

ここでポイントとなるのは、（1）計量参照＝国家標準（放射線分野においては産総研が供

給）にたどり着く校正がなされている、（2）連鎖（＝校正）の各段階で、適切に不確かさが評価されている、（3）校正の手法や校正結果は文書化されていなければならない、である。このように、トレーサビリティの取れた計測を行うためには、不確かさの評価は不可欠であることに注意いただきたい。

3. 不確かさの評価方法

計測器を用いてある量を計測した際に得られた測定結果の不確かさを評価するステップとしては、以下のようになる。

（1）測定結果がばらつく要因を洗い出す
（2）各要因のばらつきを求める
（3）各要因のばらつきを一つにまとめる。(合成する）
（4）包含係数と不確かさ区間の大きさを示し、信頼水準を表す。

3.1　要因の洗い出し

測定結果がばらつく要因としては、
○測定器及びそのほか測定に用いる装置
○測定方法、手順
○データ処理方法
○測定対象の安定性・再現性
○測定環境
などが考えられる。すべてを網羅する必要はなく、評価する測定結果に与える影響が大きいものを選び出すことが重要となる。

3.2　各要因のばらつき

次に各要因のばらつきがどの程度なのか評価する。ここで重要となるポイントが、（1）ばらつきの確率分布を想定する、（2）次のステップで合成するために、ばらつきの大きさを標準偏差（標準不確かさ）で統一して評価する、になる。

この標準偏差を求める手法として、（1）繰り返し測定によって求める（タイプA）と（2）繰り返し測定以外の方法でばらつきを推定する（タイプB）がある。タイプを分けることが重要なのではなく、ばらつきを評価した方法が実験データからなのか、それ以外なのかを識別するためのものである。

n回繰り返して得られた測定値 x_i（$i=1\sim n$）測定値の平均を$\bar{x}$とすると、推定標準偏差 Sは以下の式で求められる。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

繰り返し測定を行った場合、データとして使う値は平均値である。そのためこの平均値に対する不確かさを評価する必要がある。平均値の推定標準不確かさ uは以下の式で得られる。

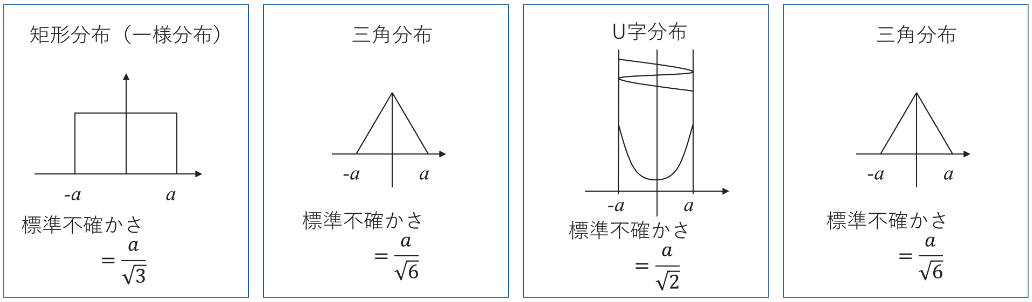


図１：タイプＢの評価に用いられる代表的な確率密度分布とその標準不確かさの評価式

$$u = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

タイプＢはタイプＡ以外の方法で、不確かさの要因のばらつきの確立分布を推定するものである。この確率分布を仮定するには合理的な判断材料が必要であるが、GUMの中でも示されているようにコスト、時間、人手の節約に大きく貢献する手法である。仮定される確率分布の代表的なものを**図１**に示す。

このタイプＢの評価方法は、過去の経験や測定値などを参考に確立分布を仮定することになる。一般的によく用いられるのが矩形分布である。これは「±〇〇の中には入っているだろう」という想定で用いられるものである。

3.3　各要因のばらつきの合成

各要因に対する不確かさ評価が終わったら、次にこれらを不確かさの伝搬則を用いて合成し、合成不確かさを評価する。一般的な合成式は以下の通りである。（平方和法または二乗和の平方根ともいう）

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{\partial y}{\partial x_i}\right]^2 u^2(x_i)$$

$u_c(y)$：合成標準不確かさ

$\frac{\partial y}{\partial x_i}$：不確かさ項目$x_i$の感度係数

$u(x_i)$：項目x_iの標準不確かさ

通常は、各要因のばらつきについて、最終的な測定結果に対する相対標準不確かさで求めておくことで、シンプルな方法で合成することが可能となる。また注意する点として、あるばらつきの要因にそれぞれ相関がある場合がある。この際には上記で示した単純な合成方法とはならいないため、文献を参考にしていただきたい。[1]

3.4　包含係数と信頼水準

合成標準不確かさに包含係数をかけることによって、拡張不確かさＵが得られる。

$$U = ku_c$$

合成標準不確かさの正確な確率分布を得ることは困難であるが、通常は正規分布と仮定することができる。（中心極限定理；詳細については文献を参考にしていただきたい）そのため、包含係数$k = 2$とすると約95 %の信頼水準で不確かさを表すことができる。機器の校正証明書などは、この包含係数を用いた拡張不確かさで表されることが多い。

4．最後に

不確かさ評価は容易ではないことは筆者自身も感じているところである。ただ不確かさの評価はその不確かさの値だけではなく、測定方法や検出器の特性など、どの部分が不確かさに大きく寄与しているのかが整理できる。これにより、より精度の高い計測のための改善点も明確になってくる。初めから完璧な不確かさ評価を求めるのではなく、関連する文献［1-3］などを参考に、ご自身の測定結果についてまずは検討を始めることからスタートしていただけたらと思う。

参考文献

[1] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) (1995).
日本では2012年にTS Z 0033:「計測における不確かさの表現のガイド」として発行
[2]「不確かさの入門ガイド」, ASG104-05, NITE (2014).
[3]「初心者用不確かさセミナー　テキスト ver.2」, https://unit.aist.go.jp/riem/ds-rg/uncertainty/text.html

井戸形電離箱線量計による
高線量率（HDR）密封小線源の基準空気カーマ率計測

公益社団法人日本アイソトープ協会　研究開発課　三家本隆宏

1. はじめに

密封小線源治療は、腫瘍に近接して照射することで優れた空間分解能を実現することができる放射線治療法として国内外で広く利用されている。線量率によって低線量率（LDR）や高線量率（HDR）のように分類され、国内ではHDR線源として^{60}Co線源と^{192}Ir線源が用いられている。線源の構造は型式によって若干の違いがあるが、**図1**の例のように5mm程度の金属カプセルに放射性同位体（^{60}Coの場合は74GBq、^{192}Irの場合は370GBq）が密封され、ワイヤーの先端に溶接された構造となっている。2019年の放射線利用統計によると、^{60}Co線源は24施設、^{192}Ir線源は136施設でそれそれぞれ用いられている[1)]。

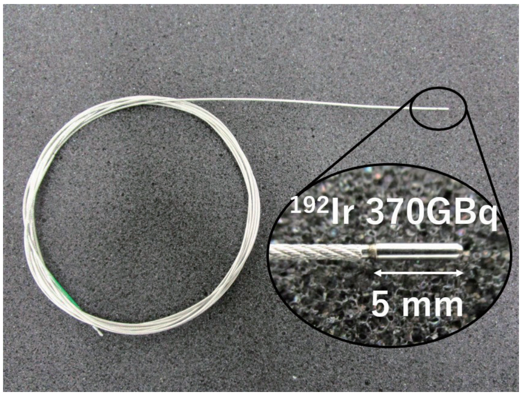


図1：高線量率密封小線源の例

HDR線源は優れた線量分布と短い照射時間を実現できる一方で、線量管理が非常に重要である。密封小線源の線量計測量は基準空気カーマ率（Reference Air Kerma Rate; RAKR）であり、RAKRは真空中の距離1mにおける空気カーマ率として定義されている[2)]。RAKRの計測には指頭形電離箱や井戸形電離箱が用いられ、国内では、^{60}Co線源に対して指頭形電離箱が、^{192}Ir線源に対しては井戸形電離箱がそれぞれ用いられる場合が多い。

2. RAKRのトレーサビリティ

RAKRの一次標準は、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）のグラファイト壁空洞電離箱による絶対測定により決定され、校正事業者に供給されている。各ユーザーの測定器は、校正事業者により校正されることで国家計量標準へのトレーサビリティが確保されている。例えば、^{60}Co線源のRAKR計測に用いる指頭形電離箱は、公益財団法人医用原子力技術研究振興財団で国家計量標準にトレーサブルな校正を受けることができる。また、国内における^{192}Irを対象としたRAKR絶対測定法は、2016年に産総研により開発され、同年、公益社団法人日本アイソトープ協会（以下、「アイソトープ協会」という。）は、^{192}Ir線源ユーザーを対象とした井戸形電離箱の校正サービスを開始している。

3. 井戸形電離箱の校正

アイソトープ協会では、グラファイト壁空洞電離箱により校正された井戸形電離箱（HDR 1000 Plus, Standard Imaging社製, 図2A）を特定二次標準器として整備し、特定二次標準器により校正した^{192}Ir線源のRAKRを二次標準として各ユーザーの井戸形電離箱（HDR 1000 Plus）を校正している。線源の取扱いにはマイクロセレクトロンHDR-V2（製造販売：株式会社千代田テクノル）を用いている。なお、校正の依頼は井戸形電離箱の代理店による一括申し込みとし、年2回（2021年度は9月と2月）の実施時期を限定したサービス体系となっている。

4. 線源補正係数を用いたレスポンス補正

アイソトープ協会による井戸形電離箱の校正サービスでは、線源にMICROSELECTRON V2r（以下、「mHDR-V2r」という。）を使用しており、同線源型式における基準空気カーマ率校正定数N_kを付与している。国内では、^{192}Ir線源としてmHDR-V2rの他、Flexisource、VS2000、Ir2.A85-2が利用されている。これらの線源では、^{192}Irが密封された金属カプセルの幾何学的構造や材質に違いがある。カプセルの幾何学的構造や材質が異なると、自己吸収の違いにより、特に井戸形電離箱のような測定ジオメトリではレスポンス差異が生じる場合がある。そのため、mHDR-V2rのN_kをその他の線源型式の計測に使用するためには、レスポンス差異を補正するか不確かさとして評価しておく必要がある。そこで、アイソトープ協会では、産総研と共同でこれらの線源型式によるレスポンス差異を補正するための補正係数を算出し、線源補正係数k_{source}としてN_kとともに提供している[3),4)]。校正を受けたユーザーは、校正証明書に記載されたmHDR-V2rのN_kに、使用している線源型式に対応したk_{source}を乗じることで、目的のN_kに換算することができる。

校正は海外の校正機関を利用して実施することも可能であるが、各校正機関によって使用される線源や不確かさが異なる点には注意が必要である。例えばUniversity of Wisconsin Radiation Calibration Laboratory（UWRCL）では数多くのユーザーを対象に井戸形電離箱の校正を実施しているが、N_kは特定の線源型式を対象としていない[5),6)]。すなわち、レスポンス差異は補正せず、不確かさに含まれるという考え方である。なお、不確かさの範囲内ではあるが、線源型式によるレスポンス差異は1%を超える場合がある。

5. ^{60}Co線源への適用

ここまで紹介した井戸形電離箱の校正は^{192}Ir線源の線量計測を対象としたものである。^{60}Co線源の線量計測の場合は、指頭形電離箱とクリーガファントムと呼ばれる固体ファントムを使用する。クリーガファントムには製造者からファントム係数が与えられているが、ファントムの個体差等に基づく不確かさの評価が必要である。また、^{192}Ir線源と比較すると^{60}Co線源はユーザー数が少なく、指頭形電離箱を対象とした空中校正は、校正サービス廃止の可能性が懸念されている。一方、海外では^{60}Co線源を井戸

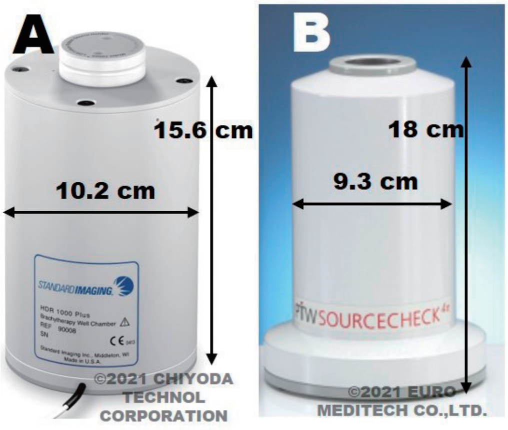


図2：高線量率密封小線源の例（A: HDR 1000 Plus, B: SOURCECHECK 4Pi type 33005）

形電離箱で計測する方法も開発されており[7]、国内でも同様の手法の整備が望まれていた。そこでアイソトープ協会は、井戸形電離箱校正サービスの対象を^{60}Co線源ユーザーにも拡大するため、k_{source}に2種類の^{60}Co線源（GK60M21, Co0.A86）を含めて提供することとした。また、対象の井戸形電離箱は、HDR 1000 Plusの他、国内で使用される可能性のあるSOURCECHECK 4Pi type 33005（PTW Freiburg GmbH, 図2B）を追加した。

^{60}Co線源を含めたk_{source}は校正証明書に付属する文書に記載される他、RADIOISOTOPES誌[4]にて詳細なデータを公開しているので、そちらを参照されたい。^{192}Ir線源ユーザーと同様に、mHDR-V2rに対するN_kにk_{source}を乗じることで^{60}Co線源のN_kに換算することが可能である。k_{source}は井戸形電離箱の最大感度点における補正係数であるので、井戸形電離箱を使用する際には、常に最大感度点で測定する必要がある。不確かさは不確かさの伝播則に基づき計算することができる。アイソトープ協会の校正の不確かさはおよそ2.2%（k=2）であるので、補正後の不確かさは2.4%程度となる。その他、井戸形電離箱によるRAKRの計測については密封小線源治療における小線源標準計測法18[8]を参考とされたい。

一般的に^{60}Co線源のユーザーは井戸形電離箱を所有していないため、設備の更新という点で課題がある。また、校正サービスには販売代理店への申込みが必要であるため、電離箱と電位計を同じ販売代理店で揃える必要がある。既存の電位計を利用したいという要望もあると思われるが、校正サービスの維持のためには合理的なサービス体系が不可欠であり、ユーザーの皆様にはご理解いただきたい。

6. まとめ

アイソトープ協会では、2016年より国家標準にトレーサブルな井戸形電離箱の校正サービスを提供している。mHDR-V2rに対応したN_kと各線源型式に対応した線源補正係数k_{source}を提供し、多くの^{192}Ir線源ユーザーが校正サービスを利用できる環境にある。さらに、^{60}Co線源ユーザーの継続的なトレーサビリティ確保のため、^{60}Co線源にもk_{source}の適用を拡大する。これにより^{60}Co線源ユーザーにも井戸形電離箱による線量計測の選択肢を提供することができると考えている。

参考文献

1) 公益社団法人日本アイソトープ協会. 放射線利用統計2019, 東京, 2020.
2) International Commission on Radiation Units & Measurements. Dose and Volume Specification for Reporting Interstitial Therapy. ICRU Report 58, Bethesda, 1997.
3) 三家本隆宏, 脇谷雄一郎, 黒澤忠弘. ^{192}Ir 高線量率密封小線源の測定における線源形状補正係数の算出. RADIOISOTOPES, 68, 605–612, 2019.
4) 三家本隆宏, 黒澤忠弘, 加藤昌弘, 石井隼也, 脇谷雄一郎. 高線量率密封小線源の測定における線源補正係数k_{source}の算出-^{60}Co線源及び^{192}Ir新型線源への適用-. RADIOISOTOPES, 70, 329-334, 2021.
5) Stump, K. E., DeWerd, L. A., Micka, J. A. and Anderson, D. R.. Calibration of new high dose rate ^{192}Ir sources. Med. Phys., 29, 1483–1488, 2002.
6) Rasmussen, B. E., Davis, S. D., Schmidt, C. R., Micka, J. A., et al. Comparison of air-kerma strength determinations for HDR ^{192}Ir sources. Med. Phys., 38, 6721–6729, 2011.
7) Schüller, A., Meier, M., Selbach, H. J. and Ankerhold, U.. A radiation quality correction factor k_Q for well-type ionization chambers for the measurement of the reference air kerma rate of ^{60}Co HDR brachytherapy source. Med. Phys., 42, 4285–4294, 2015.
8) 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（小線源標準計測法18）. 東京, 通商産業研究社, 2018.

リニアック装置出力線量第三者評価における地域連携支援ネットワークの役割

川村愼二（帝京大学大学院保健学研究科）

はじめに

放射線治療品質管理機構（以下、品質管理機構）は、2004年に放射線治療関連5団体の協議によって設立された。放射線治療事故の防止を目的とした安全管理体制を整備するため、放射線治療品質管理士（以下、品質管理士）の認定や講習会事業などを通して放射線治療における事故防止や品質維持活動を実施している。2021年10月1日時点で、全国に1,363 名の品質管理士が認定されている。

品質管理機構では、2017年から地域連携支援ワーキンググループ（現在、地域連携支援委員会）を設置し、各地域におけるネットワーク（協力体制）を整備する取り組みを開始した。これは、地域の品質管理士が相互に協力することにより品質マネジメントの脆弱な施設に支援を行う仕組みである。具体的には、リニアック装置のX線出力線量の第三者評価において、測定結果の相違が3%を超える施設への支援体制の整備に取り組んでいる。

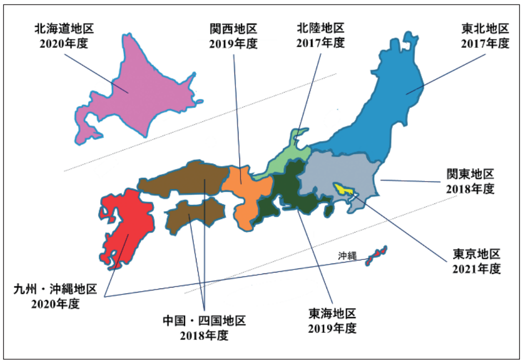


図１：全国９地区ブロック地域連携支援PS実施実績

地域連携支援委員会の活動として、2018年1月から全国9地区ブロックに分けてパイロットスタディ（以下、PS）を実施してきた（図１）。この活動は、地域の抱える問題や意見を収集して改善に向けた検討を行うことや線量測定に関する具体的な支援策を検討することを目的としている。2021年7月に東京地区ブロックのPSが終了し全国の地域連携支援ネットワークの構築が完了した。地域連携支援活動を通じて得られた成果や課題、地域連携支援ネットワークの役割について報告する。

1．地域連携支援活動で得られた成果

PSにおいて、得られた情報や成果を以下にまとめる。

1）全国の地域連携支援ネットワーク構築

地域連携支援PSでは、品質管理士を中心に延べ224名の方々に協力していただいた。全国9地区ブロックごとに都道府県相談者を設置し、地域連携支援ネットワークを構築した[(1)]。PSを通じて、各地区とも、都道府県単位や地域の枠を超えて研究会やコミュニティ活動が行われていた。しかし、地域によっては施設間の距離や施設の疎密があることや研究会やセミナーに参加するだけでは施設間の連携は乏しい。また、地域によっては、全く連絡のとれない施設もあるなどの課題が認められた。第三者評価の実施状況については、がん診療連携拠点病院に

おいて全施設で実施できていないこと、また、拠点病院以外の施設の実施はさらに少ないことがわかった。一方で、PS実施後に地域連携支援活動を各地区研究会で取り上げていただき、地域連携支援活動への理解、協力と第三者評価普及に取り組んでいただいた地域もある。地域連携支援ネットワークを通じた情報連携は有用である。

2) 出力線量測定遠隔支援システム（STD-Audit）の開発

地域連携支援活動では、地域の支援者と遠隔地の支援者が共にデータ共有して支援を行うSTD-Auditを開発し、PSの実施によって改良を重ねてきた。図2にシステムの概要図を示す。これは、地域支援者が施設に訪問する際に、事前に機材を送付して運用する。施設訪問者は、タブレット通信端末（iPad）を利用して出力線量測定や写真撮影を行い、VPN接続を通じでクラウドサーバに自動的にデータ送信するシステムである。サーバには、遠隔地の支援チームがPCやタブレットを利用して品質管理機構ホームページから測定データや画像データなどを確認することができる。これによって、セキュリティが確保された環境で施設担当者、訪問支援者、遠隔地支援者が連携して、組織的にサポートを行うことが可能となった。支援終了後は自動的に報告書作成も行う。

PSにおいて利用者から、訪問支援活動において遠隔支援システムSTD-Auditは有効であるという意見をいただいた。今後は、治療施設の品質管理士の方々が自施設の出力線量データをサーバに登録できるように改良する。これによって、TPS-QCやガラス線量計（出力線量第三者評価）を受けるためのデータ登録がオンラインで実施可能となる。

3) TPS-QCとガラス線量計測定の支援プロトコル導入

地域連携支援PSを通じて、治療計画装置の出力線量に関する品質管理の重要性が認識された。国立がん研究センターがん対策情報セン

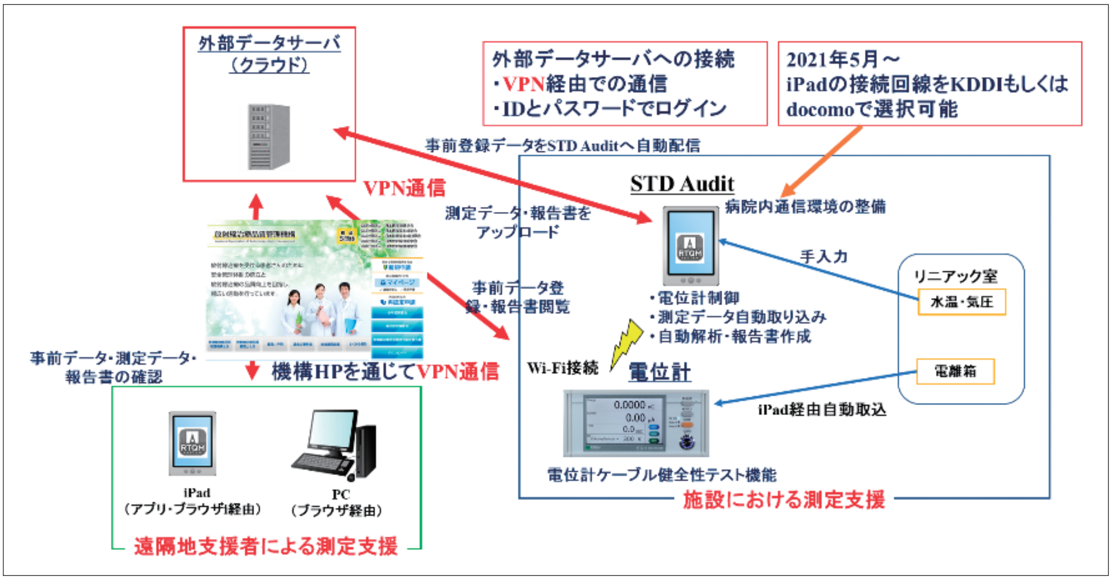


図２：出力線量測定遠隔支援システム（STD-Audit）

ターの協力を得て施設支援のスクリーニング検査として治療計画装置品質管理プログラムTPS-QCを訪問前に実施することを検討した。支援実施施設の治療計画装置の出力線量計算結果を全国のデータと比較することで、治療計画装置によるエラー原因の除外を行うことが可能となった。

国内の第三者評価機関である医用原子力技術研究振興財団線量校正センター（以下、財団、線量校正センター）では、ガラス線量計を用いたリニアック装置出力線量測定の郵送による第三者評価を実施している。地域連携支援活動では、放射線治療施設への第三者評価普及に取り組んでいる。PSにおいて支援施設のリニアック出力線量についてガラス線量計による第三者評価を支援報告書に加えて支援の最終確認を行った。

PS実施を通じてTPS-QCについては地区単位における実施の要望や装置導入時や品質管理士認定更新時に実施するべきなど、有用性や普及に関する意見が出されており、今後の取り組むべき課題と考える。

4）支援相談フォームの公開

地域連携支援PSにおいて、品質管理機構に相談窓口を設置して欲しいという要望があった。そこで、品質管理機構ホームページの更新にともなって支援相談フォームを設置した。リニアック装置のX線出力線量において相違が3%を超える施設に対する具体的な支援体制を整備した。PSで収集した意見から、施設によっては線量測定や品質管理などを担当者1名で実施しているところもあることがわかった。支援相談フォームからの相談を通して、施設や地域における人材育成も図っていく必要がある。そのためには、顔の見える地域の相談者によって相談しやすい環境の整備や、施設担当者が向上心を持つような支援が必要と考える。

2. 放射線治療事故防止のための新たな提言の発行

品質管理機構では、このような環境の変化にともなって、2021年7月に「放射線治療における品質マネジメント（提言2）」を発行した[(2)]。この中で、放射線治療の安全管理や品質保証に関わる品質管理士やその他の職種の役割分担や責務が明確に記述されている。

品質管理士は、患者の受診から治療終了までの全体的なプロセスを俯瞰できる能力を身に着ける必要があるとされている。具体的な対応項目として、第三者機関による出力測定等の定期的実施やその結果に基づく改善が提示されている。現在、治療装置の出力線量第三者評価は以下において義務付けられている。①がん診療連携拠点病院の指定要件[(3)]、②日本放射線腫瘍学会（JASTRO）認定施設規程[(4)]、③放射線治療における第三者機関による出力線量評価に関するガイドライン2019[(5)]。しかし、わが国では、依然として治療装置出力測定の第三者評価を受けていない施設が多いという問題がある。各施設の品質管理士は、これらの指定要件や施設認定規程、およびガイドラインにしたがって、自施設の出力線量第三者評価の受審を推進しなければならない。

3. 地域連携支援ネットワークの役割

地域連携支援活動では、リニアック装置のX線出力線量の第三者評価において、測定結果の相違が3%を超える施設への支援体制の整備を行った。施設からの支援相談フォームをHPに公開して、支援相談の受け入れを開始した。現在までのところ、施設の治療部門の品質管理運営に関する相談を1件受け入れた。しかし、実際の出力線量相違施設への支援を行った実績はない。財団の線量校正センターから発行される線量校正センターニュースでは出力線量の相違が3%を超える施設があることも報告されている[(6)]。今後、新たな提言2に沿った対応を検討

する上で、地域の品質管理士の相互協力に基づく地域連携支援ネットワークを活用していただきたい。

今後の地域連携支援の活動としては、放射線治療装置導入や更新時の出力線量第三者評価受審の推進や受審前の支援などにも取り組む予定である。さらに、PS実施において地域からの要望として、電子線やFFFビームなどの出力線量測定や装置立ち上げ時の準備、受け入れ試験、コミッショニングへの支援の意見があった。将来的には、これらの支援についても検討を行う予定である。

さいごに

2021年7月に地域連携支援ネットワークが構築された。各地区のPSを通じて、放射線治療品質管理で苦労や不安を抱えておられる施設があることが理解できた。地域の連携推進により顔見知りの各地区の方々が相互に協力することの意義や遠隔地からリモート支援を加えることの重要性も確認できた。

現在の放射線治療においては、治療実施プロセスが複雑化しており、情報伝達やスタッフのトレーニング不足、および責任の所在の不明瞭などに基づくリスクが増加している。地域連携支援ネットワークを通して放射線治療における安全文化の醸成を推進できればと考える。

参考文献

1. 地域連携支援委員会 放. 地域連携支援とは：放射線治療品質管理機構；[Available from: https://www.qcrt.org/pilot_study/about_area.
2. あり方委員会 放. 放射線治療における品質マネジメント（提言２）. 2021.
3. 厚生労働省健康局長通知. がん診療連携拠点病院等の整備について：厚生労働省；2018.
4. 日本放射線腫瘍学会. 認定施設規程：日本放射線腫瘍学会・認定委員会；2018 [Available from: https://www.jastro.or.jp/medicalpersonnel/recognition/kitei_180706.pdf.
5. 日本放射線腫瘍学会他. 放射線治療における第三者機関による出力線量評価に関するガイドライン2019 2019.
6. 医用原子力研究振興財団. 出力測定結果が許容範囲を超える事象の対応について. 線量校正センターニュース. 2018：2-4.

地域で取り組む放射線治療装置立ち上げ支援について

田辺悦章（岡山大学学術研究院保健学域　放射線技術科学分野）

ヒトの要求の階層説において、ヒトは生存するために必要な空気や水、食物、身の安全などの一次的要求を満たしたのちに、職人が自分の仕事の出来具合に生きがいを感じるように二次的に社会的な要求を求めます[1)]。放射線治療装置の立ち上げにおいても同様に法令から設備、装置調整などの膨大な業務から解放されたのちに、ようやく高度な治療など施設の目標に対して向かい合えると考えます。そのため、放射線治療立ち上げ支援では、働きやすい環境や安全性をサポートし、教育や高度な機器調整等を行い施設の要望に応えるように尽力しています。

私自身は、2011年から放射線治療装置の立ち上げ支援や臨床支援に携わってきました[2)]。当時は放射線装置機器や放射線治療装置の長時間を要する調整を中心に数か月の支援が多かったですが､近年は放射線治療業務に関わる環境（豊富な情報、システムの向上、有資格者の増加、安全文化の醸造等）が大きく変わり、施設の要望に合わせた短期間の支援で安全な放射線治療技術の構築が可能となってきています。

施設からの要望内容は、機器選定から部屋のレイアウト、治療情報システムの仕様、周辺機器の選定、法的な対応、放射線治療機器調整、放射線治療計画装置の登録値の調整、臨床実施手順など様々です。放射線治療装置立ち上げ支援では、できる限り施設担当者の過度な負担を減らすことも大切ですが、加えて、その検証や調整内容を伝え、支援後に施設担当者が不安なく臨床を開始できるように心がけています。これまで地域や施設に合わせて取り組んできた支援について紹介していきます。

放射線治療装置立ち上げ支援の業務範囲

放射線治療装置や放射線治療計画装置の立ち上げ時には、多くのことを同時並行で複数の作業を行う必要があり、医療事故につながる大きなエラーが起こりやすいリスクがあります。その一方で、短期間で行われる放射線治療装置や放射線治療計画装置の立ち上げ作業は、臨床開始後にも関係する品質管理・品質保証における技術的なスキルのほとんどが詰め込まれています。そのため、放射線治療担当者が学ぶべきことが多く、支援者が施設側に対して支援すべきことを､整理しておくことは重要かと思います。ここで、支援者の業務範囲の例として、国立病院機構中国四国グループの放射線治療品質管理規程について紹介します。

一　放射線治療システムに応じた放射線治療品質管理プログラムの策定とその体制のための支援業務

二　放射線治療装置、治療計画装置、線量計等の各種放射線治療関連機器の導入を予定する場合、及び既にこれらの装置等を稼働している場合において、放射線治療担当医や放射線治療担当技師等が、出力データの取得や入力作業等の確認作業、受け入れ試験や定期点検、及び修理・改良に伴う点検、並びに放射線治療における線量や照射部の誤差等の品質管理を行

うための支援業務

三　放射線治療装置、治療計画装置、及び照射技術・治療方針等の品質管理・品質保証の状況の調査、並びに必要な教育・研修のための支援業務

この規程は装置の立ち上げ支援から体制整備、教育まで想定され策定されており[3]、私自身もこの業務範囲を念頭に支援を行ってきました。そのなかで、施設の担当者以外のスタッフの構成なども調査し、将来のためになる人材育成についても検討するようにしています。

支援内容の聞き取りと支援期間の決定

支援者は施設の要望や状況（経験、技術、知識等）を把握するために、支援前には打ち合わせや聞き取り調査を行うことは重要です。その話し合い時の準備として、工程表と周辺機器の構成やネットワーク図などを事前に施設に要望しておくことを勧めます。支援者はその工程表をもとに施設が行うことや支援できることを説明し、施設担当者の要望を具体的に調査しながら施設が求めていることは何かを調査していきます。同時に、購入機器や所持している機器を確認し、受け入れ試験等で利用できる周辺機器での受入試験やネットワーク接続の時期を検討し、メーカに納品や設置可能時期について相談します。支援内容で装置の受入試験を行う場合は、支援者は装置の仕様や受入試験項目を入手し、その内容を十分に理解しておく必要があります。過去に同じ装置の立ち上げ更新を経験したことがあっても機能や試験方法は更新されていますので、仕様については熟読するようにしています。ここで、**表1**にこれまでに経験した大まかな支援内容と支援期間について示します。

表1に示すように放射線治療立ち上げ支援は施設によって対応や要望は異なり、支援者は施設の要望に対応できる技術や知識が求められます。そのため、支援者の負担や責任は大きいですが、支援することで施設担当者の成長の様子が見られたり、支援者自身も新しい情報を学べたりするため、やりがいや喜びも非常に大きいです。次に支援を通じて取り組んだ人材育成方法など紹介していきます。

放射線治療支援を通した人材育成の取り組み

放射線治療装置の立ち上げは受け入れ試験やコミッショニングを通して装置の特徴や調整方法、品質管理方法を理解できる貴重な機会です。また、放射線治療装置は年々、進歩していますので、経験者にとっても初めて知ることが多くあります。ここでは、立ち上げ支援時に行った人材育成の事例をいくつか紹介します。

事例１：立ち上げ予定施設担当者の育成

山口県放射線治療研究会では、県内の放射線治療施設が協力し、放射線治療装置の立ち上げ時に支援を行うとともに、立ち上げ予定の施設担当者も参加できるような取り組みをしています。この取り組みによって、事前に立ち上げ時に行う試験内容や手順などを学ぶことができ、交流を深めることで立ち上げ時にも相談しやすい環境が生まれています。

事例２：立ち上げ支援後の継続的な近隣の支援者の育成

転勤や退職により放射線治療に携わる放射線治療専門技師や医学物理士等の資格者が不在となる施設があります。そのために、施設から継続的な支援要望があり、立ち上げ支援者に加えて継続的な支援者として近隣施設の資格者とともに支援を行いました。立ち上げ後は近隣施設の資格者が導入時に関わることで機器の特徴や調整方法を把握でき、円滑に継続的な支援が可能となっています。その後、管理者の理解もあって、資格所持者が施設に配置されています。

事例３：動物医療センターへの支援

獣医療にも放射線治療装置は利用されています。しかし、ほとんどの動物病院では装置の品質管理を行う技師は配属されていないのが実情

です。支援のきっかけは、装置立ち上げ時に施設見学に来られた際に放射線治療装置の品質管理の重要性を伝えられたことかと考えています。その後、獣医師側からの依頼を受けて定期的な支援を現在まで５年以上行っています。定期的な支援は、品質管理に加え強度変調放射線治療の実施や品質管理等の共同研究をしたりすることで、楽しく放射線治療技術等を伝えるように心がけています。

これらの事例のように放射線治療の立ち上げ

表１：過去の支援期間とその内容等

支援内容	対応期間	対応方法	大まかな内容	施設数（全18施設）
機器選定	数週間～数か月	メール又は口頭，見学受入	装置の特徴やスループットの説明，導入後の管理，治療方針や患者数，予算，スタッフの構成．地域性などの確認等	3
部屋のレイアウト	数日	メール	運用状況の聞き取り．スタッフ導線．施設基準モニター位置やカメラ位置など個人情報の配慮できているかなど	4
スケジュール調整	数日	メーカを含めたメール及び口頭	装置の構成の確認，導入スケジュールの確認，周辺機器の導入時期やネットワークの接続時期の調整，要望の聞き取り，大まかな予定表の作成等	12
情報システムの仕様や運用	数日	メール	予算．仕様書内容の確認．周辺機器と接続状況の確認等	5
装置仕様	数日	メール及びメーカ問い合わせ	ネットワーク費用，研修費用．旧システムからの移行作業．導入後のVer. up等に関する費用の確認等	4
放射線治療装置の受入試験	２日～５日	現地	メーカの行う受け入れ試験の内容説明や追加調整依頼等	5
放射線治療装置のコミッショニング	１日～３日	現地	メカニカルアイソセンタ，放射線アイソセンタ，MLCとJAWの位置調整等	5
治療計画装置の受入試験	２日～３日	現地	モデリング結果の確認，回転方向などの定義，出力に関するパラメータ，実測確認等	6
治療計画装置のコミッショニング	１日～３日	メール及び現地	基準線量や軸外線量などの計算結果と出力結果の確認，定義の確認，Tableカウチの電子密度等の調整，End to End試験等	6
法的対応	１日	現地	予防規定の確認．漏洩線量測定や自主点検などの法的資料の確認．施設検査前の資料等の確認等	3
定期品質管理・品質保証	１日～定期	現地にて実技対応	各種ガイドラインに沿った品質管理試験の実施等	5
臨床前支援	２日		照合手順の確認，End to End試験	3
高精度放射線治療の開始支援	１日～２日	事前調査及び現地調整	MLCパラメータの調整，検証機器の調整，検証方法の構築等	3
装置立ち上げ後の継続支援	１日～数年	現地	定期的な品質管理，高精度放射線治療の支援，共同研究等	3

支援時には様々な人材育成が可能です。施設側も積極的に学びたい気持ちが強く、支援者は座学などを加えながら技術を伝えることも効果的と考えます。

最後に

実際の放射線治療装置の立ち上げ支援は、装置のトラブルや工事の遅れ、調整ミスなど、予測できないイベントが多くあり、順調にいくことのほうが少ない状況です。また、支援者においては新しい装置で初めてのことも多いことや施設側の期待は大きく、予想以上に心身ともに大きなプレッシャーがあります。支援者はそれらの予想外の事態や精神的な負担を緩和するために、事前に装置の仕様を理解し、作業工程や支援項目、各試験の確認表などできる限りの事前準備を行っておくことは大切かと思います。

また、過去の放射線治療事故において放射線治療装置の出力の相違は大きな問題となっています。支援期間中に放射線出力に関する手順や結果を支援者は確認しますが、施設担当者には再確認をお願いしています。放射線治療装置の出力は施設のみの確認や測定では真値を求めることはできないために、できる限り医用原子力技術研究振興財団等が提供する治療用出力線量測定を受けてもらうように勧めています。放射線治療装置の出力の相違は大きな事故につながるために、支援者がその責任を負うには重く、第三者機関による出力評価は非常に重要と考えています。

近年、放射線治療装置の機器精度や制御システムの向上等により、支援者への負担は少なくなっているように思います。放射線治療に関する資格者は10年前よりは増えてきており、立ち上げ支援以外の高精度放射線治療に関する支援依頼のほうが多くなりつつあります。放射線治療立ち上げ支援は時代によってニーズは変わるため、その時々で支援者は施設にとって大切なことを考えていくべきと思います。また、時代ともに世代は交代するために、定期的な人材育成の継続性は必要と考えます。

最後に、放射線治療装置の立ち上げでは地域や施設間が協力して助け合うことで地域の放射線治療の質を高められると考えています。それらの取り組みが地域医療や施設に貢献できることを心より願っています。

謝辞

本執筆に際し、ご協力およびご助言いただきました国立病院機構中国四国グループの二見智康先生と元国立病院機構呉医療センター・中国がんセンターの姫野敬先生に厚くお礼申し上げます。

参考文献

1） 堀洋道，山本眞理子，吉田富二雄．新編社会心理学．2007．福村出版株式会社
2） 田辺悦章（監修） 実践 放射線治療技術学 放射線治療装置を立ち上げよう．日本放射線技術学会・メディカルトリビューン．2020．ISBN 9784895895194
3） 姫野敬，水嶋徳仁，田辺悦章，遠藤崇，古志和信，田淵修一．中国四国ブロック国立病院における放射線治療品質管理支援制度による人材育成について．日本病院学会プログラム．2014．p263

資料 1

治療用線量計校正の実績 令和２年度（令和２年４月～令和３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）による治療用線量計校正事業は令和2年度末で17年が経過、校正体制を水吸収線量単位の校正（水中校正）に移行後8年半が経過しました。照射線量単位の校正（空中校正）も僅かながら年1回実施しています。

また、平成30年7月より提供を開始した電位計および電離箱（水中校正）の単体校正（分離校正）は3年が経過しました。

水中、空中、分離校正は、全てJCSS登録事業者としてJCSS標章付の校正証明書を発行しております。

２．令和１年度実績との比較

令和1年度と2年度（両年度とも、一体および分離校正の合計）の校正実績比較を**表１**に、一体校正と分離校正の内訳を**表２**に示します。

令和2年度は新型コロナウイルスによる緊急事態宣言等の影響による校正日数の減少があり、校正実施が滞る期間がありましたが、その後は校正日数および1日当りの校正件数の増加により、年度末までに電離箱本数および校正件数は前年度と同程度の実績となりました。電位計台数は前年度に比べ1割強減少しましたが、これは一体校正から分離校正へ移行中であり、分離校正での電位計校正は3年に1回の頻度となること、また電位計製作会社による自社での校正が行われているためです。**令和５年４月より一体校正から分離校正への完全移行**が予定されており、さらに200台程度の減少が予想されます。

また、コバルト線源の使用年数が半減期から2年を経過し、線量が減衰したことに伴い、測定値のばらつき等で測定時間の増加により、1日当りの校正件数は減少傾向にあります。**令和４年１月から３月末までにコバルト線源の更新**が予定されており、線源更新後は1日当りの校正件数の増加により年間実績の増加も見込まれます。

３．月別校正数

表３に令和2年度の一体校正による月別の校正日数および校正した電位計台数、電離箱数な

表１：令和１年度と令和２年度の校正実績比較（各年度とも一体校正（水中と空中の合計）と分離校正の合計。）

年度	校正日数	電位計数	電離箱数			校正件数	校正依頼形態	
			円筒形	平行平板	合計		直接	仲介
R2	112	626	1,562	745	2,307	3,052	268	1,428
R1	117	720	1,519	779	2,298	3,077	222	1,234
月平均	9.3	52.2	130.2	62.1	192.3	254.3		
同, R1	9.8	60.0	126.6	64.9	191.5	256.4		

表２：年度別の一体校正と分離校正の内訳

年度		校正日数	電位計数	電離箱数			校正件数	校正依頼形態	
				円筒形	平行平板	合計		直接	仲介
一体	R2	60	542	826	411	1,237	1,648	93	449
	R1	81	667	1,036	527	1,563	2,090	109	559
分離	R2	52	84	736	334	1,070	1,404	175	979
	R1	36	53	483	252	735	987	113	675

表３：令和２年度月別校正数（一体校正のみで集計。水中は月別、空中は年間の合計で示す。）

年／月	校正日数	電位計数	電離箱数			校正件数	校正依頼形態	
			円筒形	平行平板	合計		直接	仲介
R2/4	4	28	50	23	73	96	3	25
R2/5	3	27	38	12	50	62	16	11
R2/6	3	31	42	26	68	94	9	22
R2/7	4	33	49	30	79	109	0	33
R2/8	5	40	66	33	99	132	9	31
R2/9	6	63	90	42	132	174	10	53
R2/10	7	68	101	51	152	203	12	56
R2/11	5	53	81	37	118	155	8	45
R2/12	6	56	87	40	127	167	12	44
R3/1	5	44	62	36	98	134	4	40
R3/2	5	52	85	39	124	163	8	44
R3/3	6	41	66	42	108	150		41
水中計	59	536	817	411	1,228	1,639	91	445
空中計	1	6	9	0	9	9	2	4
合計	60	542	826 (66.8%)	411 (33.2%)	1,237 (100%)	1,648	93 (17.2%)	449 (82.8%)

証明書作成（JCSS）：542通（電位計ごとに発行）
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、保守点検業者

表４：令和２年度月別校正数（分離校正のみで集計。）

年／月	校正日数	電位計数	電離箱数			校正件数	校正依頼形態	
			円筒形	平行平板	合計		直接	仲介
R2/4	2	3	28	14	42	56	3	42
R2/5	1	3	19	8	27	35	9	21
R2/6	2	4	30	10	40	50	20	24
R2/7	4	5	55	27	82	109	25	62
R2/8	4	3	46	23	69	92	25	47
R2/9	4	8	61	28	89	117	28	69
R2/10	7	13	88	43	131	174	20	124
R2/11	5	8	72	31	103	134	11	100
R2/12	6	15	102	42	144	186	9	150
R3/1	5	8	82	35	117	152	6	119
R3/2	5	6	70	32	102	134	14	94
R3/3	7	8	83	41	124	165	5	127
合計	52	84	736 (68.8%)	334 (31.2%)	1,070 (100%)	1,404	175 (15.2%)	979 (84.8%)

証明書作成（JCSS）：1154通（電位計、電離箱ごとに発行）
校正依頼形態　：表３．下欄の記載に同じ。

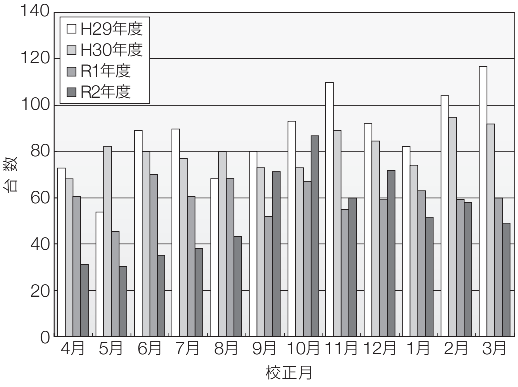


図１：電位計月別校正数（平成29～令和２年度）

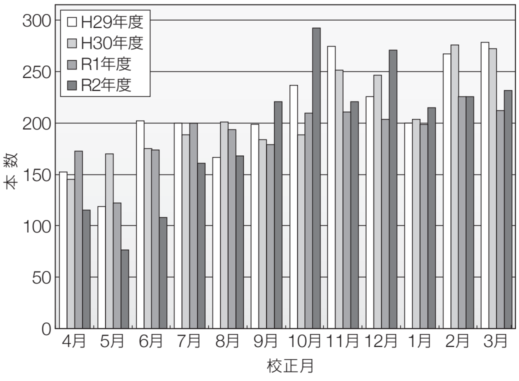


図２：電離箱月別校正数（平成29～令和２年度）

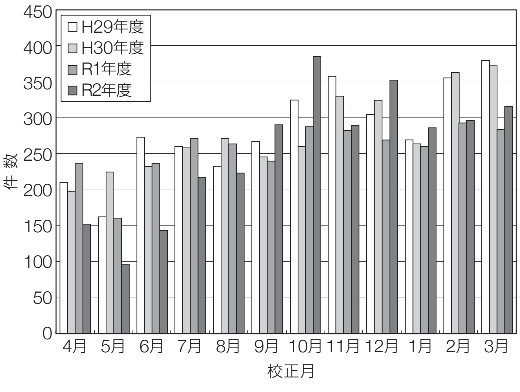


図３：月別校正件数（平成29～令和２年度）

らびに校正件数等を示します。空中校正の依頼は少数のため、年間の総数をまとめて1行としてあります。**表4**では令和2年度の分離校正の実績を示します。令和5年4月から分離校正へ完全移行の予定ですが、分離での電離箱校正は、前年度比では14%増加しましたが、校正件数全体の46%と提供開始から3年経過での目安60%に至っていません。

4．年度別比較

4－1．月別校正数の年度別比較

図1、2および**3**に、電位計、電離箱および校正件数の月別実績の、平成29年度より令和2年度までの4年間の比較を示します。なお、30年度7月以降は、一体校正（水中および空中）と分離校正の合計です。

29年度以降、特定二次標準器のバックアップ機の整備により年間を通して校正業務を行える環境が整いました。また、29年度までは年度後半で急激に依頼が増加していましたが、30年度以降、月ごとの依頼数の増減幅が小さくなり、各月の校正数はほぼ平坦化しています。令和2年度の前半は、新型コロナウイルスへの対策の影響により、校正の実施が抑制されましたが、年度後半で前年度程度の実績を維持できました。

4－2．電位計、電離箱および校正件数

表5および**表6**は、水中校正を開始した平成24年度から令和2年度までの電位計、電離箱の校正数および校正件数ならびに1日当りの校正数の変化の比較です。

表5の年間校正数は、平成30年度より分離校正への移行およびコバルト線源の減衰に伴い減少しています。令和2年度の前半は新型コロナウイルス対策の影響により、さらに年間校正数は減少する予想でしたが、年度後半に校正日数および1日当たりの校正件数の増加に努め、前年度とほぼ同等の実績を維持できました。また、電離箱形状別での申し込み数の年度別変化ですが、令和2年度は、前年度比で円筒形は2%増加、平行平板形は5%減少したが、円筒形と平行平板形の割合は約2：1を維持しています。

表6は、校正作業日数および1日当たりの校正数です。令和2年度の前半は新型コロナウイルス対策の影響で校正日数が減少したため、実績は前年度とほぼ同等でしたが、1日当りの校正数は多めとなりました。

表5：年間校正数（カッコ内の数値は対前年比。H24以降は空中・水中の合計、H30以降は分離校正を含む合計。）

年度	電位計	電離箱				校正件数
		①円筒	②平行平板	合計	①/②	
R2	626 (0.869)	1,562	745	2,307 (1.004)	2.097	3,052 (0.992)
R1	720 (0.745)	1,519	779	2,298 (0.919)	1.950	3,077 (0.922)
H30	967 (0.926)	1,664	837	2,501 (0.992)	1.988	3,336 (0.984)
H29	1,044 (1.005)	1,649	870	2,519 (1.004)	1.895	3,389 (1.008)
H28	1,039 (0.968)	1,657	853	2,510 (0.998)	1.943	3,363 (0.994)
H27	1,073 (1.190)	1,648	868	2,516 (1.200)	1.899	3,384 (1.192)
H26	902 (0.866)	1,354	742	2,096 (0.879)	1.825	2,838 (0.875)
H25	1,041 (1.136)	1,528	857	2,385 (1.134)	1.783	3,242 (1.135)
H24	916 (1.083)	1,343	753	2,103 (1.058)	1.784	2,856 (1.049)

表6：1日当たりの校正数（H24以降は空中・水中の合計、H30以降は分離校正を含む合計。）

年度	校正日数	電位計数	電離箱			校正件数
			円筒	平行平板	合計	
R2	112	5.59	13.9	6.7	20.6	27.3
R1	117	6.15	13.0	6.7	19.7	26.3
H30	116	8.34	14.3	7.2	21.6	28.8
H29	117	8.99	14.1	7.4	21.5	29.0
H28	114	9.15	14.5	7.5	22.0	29.5
H27	115	9.33	14.3	7.5	21.9	29.4
H26	101	8.93	13.4	7.3	20.8	28.1
H25	120	8.67	12.7	7.1	19.9	27.0
H24	109	8.37	12.3	6.9	19.2	26.1

４－３．校正依頼形態

表７は水中校正を開始した平成24年度以降の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は、平成28年度から30年度まではほぼ同じ傾向にあり、業者等による仲介に対する割合は25％程度でしたが、令和1年度以降は仲介での依頼の割合が増加しました。これは、一体での申し込みは電位計及び電離箱の組み合わせでの申し込みに対し、分離校正では電位計および電離箱それぞれ単体での申し込みであり、校正依頼の大部分が仲介に起因するためです。直接依頼の絶対数が必ずしも減少しているのではなく、各年度ともほぼ一定数の依頼があり、直接依頼でも分離校正による単体での依頼が増加していることが判ります。

表７：校正依頼形態　（一体校正は線量計単位で集計、H30以降の分離校正は電位計および電離箱の単体校正単位で集計。）

年度	① 直接	② 仲介	①/②
R2	268	1,428	0.1877
R1	222	1,234	0.1799
H30	191	776	0.2461
H29	209	843	0.2479
H28	204	840	0.2429
H27	227	846	0.2683
H26	157	745	0.2107
H25	197	843	0.2337
H24	187	725	0.2579

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、保守点検業者

５．校正データの解析

５－１．電位計および電離箱の型式の年次変化

表８および９に、財団が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。

表８では、平成30年度より分離校正への提供開始に伴い、分離での電位計校正が3年に1回の周期であること、また、線量計製造・販売業

表８：電位計の機種別集計（年度内の総合計。水中および空中、H30年度以降は分離（電位計校正）含む。）

機種名	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
RAMTEC Smart	301	423	388	477	441	457	361	258	187
UNIDOSwebline10021/22/23	74	99	107	122	130	129	163	138	127
RAMTEC Solo/Duo	--	--	--	53	87	132	132	94	81
RAMTEC1000plus	235	247	185	181	167	134	94	79	55
Tomo Electrometer	--	3	6	8	18	22	32	22	33
UNIDOS10001/10002/10005	89	70	64	58	58	39	37	24	22
KEITHLEY35040（同等品）	41	44	40	41	38	32	32	18	21
AE130/131/132/132a^{+}/132a改/1322	24	15	16	19	14	12	15	16	15
UNIDOS E10008/10009/10010	12	6	10	9	10	13	14	11	15
EMF520/521/521R/522/523（同等品）	--	--	--	2	2	5	6	17	14
UNIDOS Tango/Romeo	--	--	--	--	--	--	--	--	13
KEITHLEY6517A/B/617/6514	14	12	14	16	13	19	16	14	12
MAX4000/plus	13	12	6	15	12	12	10	6	8
Super MAX	8	11	8	13	14	12	22	7	7
RAMTEC1000D/H	69	59	35	32	20	16	17	6	6
AE1110a/S	--	10	4	5	4	4	5	4	4
DOSE1	6	4	3	6	4	4	4	3	3
sakuraProof RDM1	--	--	--	--	--	1	2	1	1
PC Electrometer	4	8	5	7	5	6	3	1	0
Others	4	2	1	3	4	1	2	1	2
Total	916	1,041	902	1,073	1,044	1,052	967	720	626

表9：電離箱の型式別集計（年度内の総合計。H29年度まで一体校正のみ。H30年度以降は分離校正含む。）

型式名	種別	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	Note
30013	C	939	1,137	1,026	1,240	1,215	1,194	1,196	1,119	1,063	WP
PPC40	P	179	227	209	256	272	289	286	280	268	WP
NACP-02	P	201	263	233	283	271	269	240	234	212	WP
34001	P	74	101	89	124	132	131	156	130	140	WP
A1SL/MR	M	11	25	31	51	71	90	104	103	120	WP
34045	P	161	163	140	143	130	133	124	100	100	cap
31010/31002	M	51	61	71	92	98	94	114	85	100	WP
CC13	C	--	--	8	25	42	61	74	67	73	WP
FC65P/G	C	2	4	1	3	3	3	2	3	51	WP
A12S	C	25	27	23	42	42	43	50	40	50	WP
C110（0.6ml）	C	34	23	24	26	25	20	23	23	21	nWP
CC04	C	--	--	3	4	8	14	11	10	16	WP
31013/31003	C	11	8	11	11	9	15	12	14	12	WP
A19/MR	C	--	3	5	6	12	9	9	3	12	WP
A12	C	31	22	14	19	17	16	13	14	11	WP
23343	P	107	86	59	48	28	31	20	16	10	cap
FC23C	C	--	--	--	--	--	--	--	--	9	WP
30001	C	124	110	50	44	23	14	13	6	7	nWP
30010	C	75	58	46	39	27	21	17	13	6	nWP
A10	P	10	9	5	9	12	9	7	6	6	cap
C111F	C	--	13	4	5	4	4	5	4	4	nWP
P11	P	7	8	7	5	8	6	3	8	4	WP
PPC05	P	--	--	--	--	--	--	--	3	4	WP
31015	C	--	--	--	--	12	0	2	3	2	WP
A11	P	--	--	--	--	--	--	--	--	1	WP
23333/4/2	C	10	4	3	4	1	3	1	1	1	nWP
30006	C	18	16	15	8	6	4	5	1	0	WP
30011	C	--	9	1	1	1	1	1	1	0	nWP
31014/31016/31022	M	4	2	8	17	26	31	3	0	0	WP
23323	M	5	5	4	3	4	4	2	0	0	WP
CC01	M	--	--	--	2	4	3	0	0	0	WP
31006	M	3	0	0	1	1	2	0	0	0	WP
A16	C	--	--	2	0	1	0	0	0	0	WP
Others		9	1	4	5	5	5	8	5	4	
Total		2,103	2,385	2,096	2,516	2,510	2,519	2,501	2,292	2,307	

種別欄のC：円筒形、P：平行平板形、M：マイクロ形、を示す。Note欄の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。

者が自社にて電位計校正を行うことで、財団による電位計校正台数は年々減少し、分離校正への完全移行後に落ち着くことが予想されます。

表9では、電離箱の申し込み本数は令和1年度に1割弱減少し、令和2年度も前年度と同等でした。防水タイプが多く全体の約93%を占めています。特に、円筒形では防水のFarmer形（30013）は平成27年度をピークに減少傾向にありますが最も多く、令和2年度は（FC65G）が増加しました。平行平板形ではRoos形（PPC40、34001）およびNACP-02が主です。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（31010、A1SL、A12S、CC13等）の校正依頼数は僅かに増加しています。

5－2．電離箱の校正定数の比較

財団による校正も17年が経過し、平成30年7月より分離校正の供給開始からおよそ3年が経過しました。校正形態は一体校正がいまだに多く、新規購入分を除いて殆どがデータベースに登録され校正履歴の把握は可能ですが、一方、分離校正への移行途中であり、電離箱単体での校正は半数に満たない状況です。令和2年度実施の比較対象となる電離箱について、型式別での校正定数の差を**表10**に示します。また、令和1年度実施分の合計を最下欄に示します。

分離校正の形状別では、まだ実施数が少なく標準偏差の確認が出来ない電離箱もありますが、平行平板形および円筒形ともに校正定数の差およびばらつきは小さい。一体校正でも同様に小さく、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。

表10：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

種別	電離箱型式	電離箱本数	一体校正			分離校正		
			電離箱数	平均（%）	S.D.（%）	電離箱数	平均（%）	S.D.（%）
平行平板形	NACP02	161	116	−0.03	0.37	45	−0.06	0.34
	PPC40	209	104	−0.09	0.26	105	−0.13	0.23
	34045	79	63	−0.06	0.23	16	0.07	0.31
	23343	8	7	0.00	0.34	1	−0.18	
	34001	103	77	−0.07	0.21	26	−0.05	0.20
	その他	10	10	−0.09	0.21			
	計	570	377	−0.06	0.29	193	−0.09	0.27
円筒形	30013	811	534	−0.09	0.18	277	−0.11	0.14
	30001	7	7	−0.06	0.18			
	31010	67	58	−0.04	0.23	9	−0.05	0.24
	30010	3	3	−0.03	0.18			
	C110（0.6ml）	14	14	0.01	0.36			
	A12	9	9	−0.08	0.20			
	A12S	30	14	0.13	0.37	16	0.03	0.17
	A1SL	64	47	−0.08	0.38	17	0.00	0.44
	CC13	43	24	−0.04	0.20	19	0.02	0.22
	その他	30	25	−0.03	0.34	5	0.00	0.20
	計	1,078	735	−0.07	0.22	343	−0.08	0.18
	令和2年度合計	1,648	1,112	−0.07	0.24	536	−0.08	0.21
	令和1年度合計	1,597	1,382	−0.01	0.26	215	−0.02	0.22

※標準器：EMF520＋30013
※比較対象の実施数が少ない電離箱の標準偏差は除く。

6．その他

6－1．標準線量計等の校正と変更

令和2年度にjcss校正を予定していた特定二次標準器（①電位計：Keithley6517B＋電離箱：PTW_30013）は、令和1年度12月に故障があり、修理後に先行してjcss校正を行ったため、令和2年度はjcss校正を行っていません。故障時にBackup器（②電位計：EMF520＋電離箱：PTW_30013）に切り替えました。①、②の測定差は±0.05%以内であり校正結果に影響しないことを確認しています。現在、特定二次標準器は3組を所有し、1組を正とし、他2組をBackupとして維持しています。また、校正年度に当たる気圧計、温度計および分離校正で使用する電圧計、標準コンデンサも、JCSS登録事業者に校正を依頼しましたが、結果に特段の変化はありませんでした。

6－2．分離校正への完全移行について

平成30年7月1日より供給を開始した分離校正ですが、令和5年4月1日より、一体校正の受付を終了し、分離校正へ完全移行いたします。そのため、完全移行までの約1年4か月の期間で、分離校正における電位計校正の対象となる電位計の準備をお願いいたします。対象となる電位計は、財団ホームページに受け入れ電位計一覧が掲載されております。（https://www.antm.or.jp/03_activities/pdf/list_002.pdf）ご確認をお願いいたします。

（線量校正センター　成田克久）

資料 2

出力線量測定の実績について

令和２年度（令和２年４月～令和３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

医用原子力技術研究振興財団（以下、財団）が治療用出力線量測定（線量の第三者評価）を平成19年度の開始以来、令和2年度末で14年が経過しました。また、令和1年11月より電子線条件での測定を開始しました。

これまでのＸ線出力線量測定の実施施設数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。（表は依頼が増加した平成25年度以降。但し、累計は平成19～24年度含む）。施設数、装置数およびビーム数の累計は、それぞれ1,525, 1,954および8,023（内，校正条件ビーム：4,447）でした。令和2年度の依頼数は、施設、装置およびビーム数が、それぞれ184，249および848であり、前年度比で施設数14%、装置数11%、ビーム数24% 減少しました。これは新型コロナウイルス感染防止対策への対応が主な要因です。エネルギー別の累計では10MVが最も多く、次いで6MVおよび4MVの順であり、校正条件ビームのみの集計でも同様です。ただし、エネルギー別の依頼数は年度により、6MVが10MVを超える年もあります。

また、電子線の出力線量測定について、年度別、エネルギー別の集計を**表３**に、施設の申告線量と財団の評価線量の差の平均と標準偏差を**表４**に示します。また、線量差の分布を**図１**に示します。令和2年度は、前年度の約2倍の申し込みがありました。エネルギー別では、6、9MeVが多く、次いで12、15MeVの順となっています。線量の差は前年度に比べ平均は僅かに大きく、標準偏差は同程度であり、

表１：Ｘ線＿出力測定数の集計１、施設数および装置数

項目		平25	平26	平27	平28	平29	平30	令1	令2	累計
施設数	拠点	55	111	124	101	103	150	143	124	1104
	その他	16	33	33	36	49	52	71	60	404
	合計	73	145	162	140	153	203	213	184	1525
装置数		99	182	212	180	194	256	278	249	1954

実施日の区分は測定セットの発送日。施設の拠点およびその他の集計は正味の数。
施設数の合計および装置数は延べ数。累計は平成19～24年度を含む。

表２：Ｘ線＿出力測定数の集計２、エネルギー別および条件別ビーム数

項目		平25	平26	平27	平28	平29	平30	令1	令2	累計
エネルギー別	4MV	88	179	212	142	189	188	210	154	1618
	6MV	180	319	344	319	310	438	432	343	3056
	10MV	208	314	384	335	328	422	450	332	3194
	15MV	4	12	17	5	14	11	8	9	96
	Others	2	6	5	15	10	2	9	10	59
	*Total	482	830	962	816	851	1061	1109	848	8023
条件別	Calibr.	217	394	473	467	454	598	689	585	4447
	Wedge	117	143	140	113	128	132	116	67	1141
	Field	147	293	349	236	269	331	304	196	2434
	Others	1	1	2	11	22	26	28	32	123

実施日の区分は測定セットの発送日。エネルギー別Othersは、7,8,11,14,18,20MVを含む。*Totalには、SRS,FFF,EDW,UW,VWを含む。
条件別 Othersは、CyberKnife,Tomotherapyである。累計は19～24年度を含む。

表3：電子線＿出力測定数の集計（年度別。令和1～2年度。線量評価は標準計測法12のみ。）

項目		令1	令2		累計
施設数	拠点	13	28		41
	拠点以外	4	9		
	合計	17	37		41
装置		19	41		60
電子線エネルギー別ビーム数	4MeV	3	5		8
	5MeV	1			1
	6MeV	16	26		42
	9MeV	12	31		43
	10MeV	1			1
	12MeV	8	19		27
	15MeV	5	12		17
	16MeV		1		1
	18MeV	1	3		4
合計		47	97		144

表4：電子線＿施設申告線量と財団評価線量の差（%）の分布（年度別。令和1～2年度。線量評価は財団・施設とも標準計測法12のみ。参考値対象を除く。）

範囲（%）	令1	令2		合計
～ -3.75				0
-3.75 ～ -3.25				0
-3.25 ～ -2.75				0
-2.75 ～ -2.25				0
-2.25 ～ -1.75		1		1
-1.75 ～ -1.25	3	1		4
-1.25 ～ -0.75	5	2		7
-0.75 ～ -0.25	4	5		9
-0.25 ～ 0.25	4	13		17
0.25 ～ 0.75	5	5		10
0.75 ～ 1.25	2	14		16
1.25 ～ 1.75	2	8		10
1.75 ～ 2.25	3	6		9
2.25 ～ 2.75	1	4		5
2.75 ～ 3.25	1	3		4
3.25 ～ 3.75		5		5
3.75 ～	1	1		2
ビーム数	31	68		99
平均	0.401	1.080		0.867
標準偏差	1.437	1.360		1.219

プラス目の分布となっています。

平成26年以降、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、日本放射線腫瘍学会のJASTRO認定施設および日本医学放射線学会の専門医修練機関の条件になったこと、また、平成29年度7月にがん診療連携拠点病院の指定条件が改定され、出力測定結果で「±5%以内を維持すること」が盛り込まれたことが依頼増加に大きく影響しています。出力線量測定の頻度は3年に1回以上行われることが推奨されており、令和2年度は、指定条件の施行から三巡目の実施が行われています。

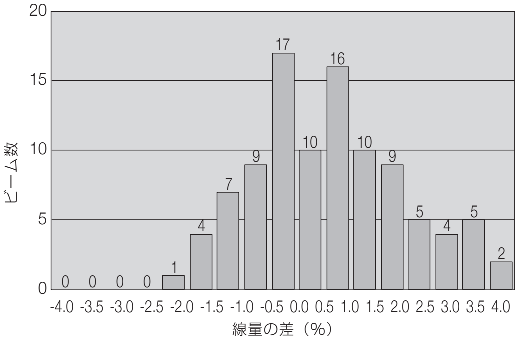


図1：電子線条件　施設申告線量と財団評価線量の差（%）の分布

令和2年2月より1条件単位での申し込みが可能となり、前年度比で、令和2年度の条件別申し込み数は、校正条件では2割弱減少、照射野条件およびウエッジ条件では4～5割減少しました。FFF、CyberKnifeおよびTomotherapyビームは僅かながら増加傾向にあります。電子線条件の依頼は今後、増加が見込まれます。

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5に、X線の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）との差の分布を示します。

表5は、平成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（双方が線量測定法01を用いていた、25年11月以前の結果については、線量校正センターニュースVol.6 [1] をご参照下さい）。なお、現在も標準測定法01を用いるユーザーはおります

表5：施設申告線量と財団評価線量の差（%）の分布（平成25-令和2年度。X線__校正条件：4, 6, 10, 15MVビームのみ。線量評価は、財団・施設とも計測法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の平成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Vol.6号[1)]を参照。）

範　囲（%）	平25	平26	平27	平28	平29	平30	令1	令2	合計
～ -3.75			1						1
-3.75 ～ -3.25					1		1		2
-3.25 ～ -2.75					1	1		1	3
-2.75 ～ -2.25			3	3	3	6	5	3	23
-2.25 ～ -1.75	2	5	6	12	8	9	12	4	58
-1.75 ～ -1.25	4	10	12	12	26	27	23	32	146
-1.25 ～ -0.75	6	18	34	35	36	41	39	42	251
-0.75 ～ -0.25	18	34	69	67	66	79	78	66	477
-0.25 ～ 0.25	30	70	80	85	66	71	91	85	578
0.25 ～ 0.75	32	62	78	73	64	107	113	83	612
0.75 ～ 1.25	34	48	58	54	43	76	69	65	447
1.25 ～ 1.75	19	44	34	23	33	54	63	47	317
1.75 ～ 2.25	14	30	28	9	24	21	27	30	183
2.25 ～ 2.75	8	13	6	9	3	11	36	18	104
2.75 ～ 3.25	5	2	5	2	8	11	11	5	49
3.25 ～ 3.75	3	4	4	2	1	2	4	4	24
3.75 ～		2				1		1	4
ビーム数	175	342	418	386	383	517	572	486	3,279
平均	0.733	0.599	0.334	0.168	0.179	0.331	0.450	0.350	0.367
標準偏差	1.063	1.074	1.062	1.001	1.145	1.126	1.168	1.102	1.102

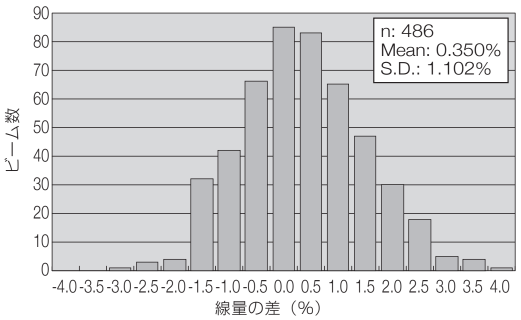


図2：財団の評価線量と施設の申告線量の差（令和2年のX線__校正条件ビーム。線量の評価プロトコールは財団・施設とも標準計測法12。FFFビームは含まない。）

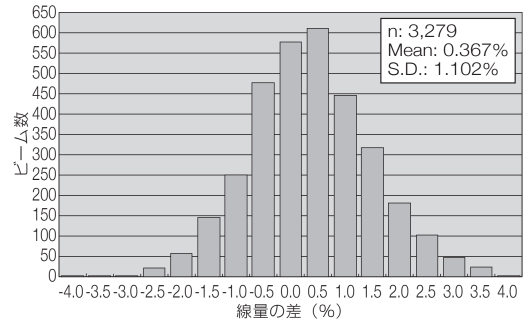


図3：財団の評価線量と施設の申告線量の差（平成25-令和2年のX線__校正条件ビームの合計。線量の評価プロトコールは財団・施設とも標準計測法12。FFFビームは含まない。）

が、線量差の解析対象から除いています。また、同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5の令和2年度の分布では、線量差のピークは-0.25～0.25%と0.25～0.75%がほぼ同等にあり、差の平均は財団の評価線量が申告線量を上回っています。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2**および**3**に示します。**図2**は令和2年単年度の集計、**図3**は平成25年度から令和2年度までの合計です。財団側の評価が多少プラス方向に分布が偏っていることが判ります。

また、**表5**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、平成25年度から26年度は0.6%前後、27年度以降の線量差は縮小方向となり、28および29年

表6：令和2年度の施設申告線量と財団評価線量の差(%)。X線＿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。

Energy (MV)	4	6	10	15	Total
ビーム数	107	179	189	8	483
平均（%）	-0.172	0.086	0.545	0.531	0.352
標準偏差	1.001	1.137	1.138	0.768	1.103

度は0.2%以下で落ち着いた状態でした。しかし、平成30年度以降では0.3～0.4%と僅かに大きくなり、令和2年度も同等でした。また、標準偏差は平成28年度までは1%前後とほとんど変動が無く、29年度以降は1.1%程度と僅かに大きくなっているが、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6は、令和2年度のX線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。また、平成27年度以降は縮小方向にありましたが、30年度以降は僅かながら拡大する方向にあります。

現在、ユーザー側でも標準計測法12への移行および線量計も水中校正済みとなりました。出力測定の依頼は平成26年1月に、がん診療連携拠点病院の指定要件に第三者評価を受けることが盛り込まれたこと、また、30年7月末には指定要件の改定があり、その都度、依頼の急増があり比較解析が難しい状況にあります。

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年より開始した校正条件以外の条件では、令和1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196および67であり、前年度比で照射野条件は4割弱、ウエッジ条件では4割強程度下回っています。数年前までは、どの条件も増加傾向にあったのですが、ユーザーの依頼が、CyberKnife, TomotherapyおよびFFFなどを含む校正条件中心へ変化したことが窺えます。

表7：照射野条件ビームの財団評価線量と施設申告線量の差（令和2年度）。使用プロトコールは、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	15×15	20×20	25×25	合計
ビーム数	85	15	80	13	193
平均（%）	0.249	0.920	0.378	0.954	0.413
S.D.（%）	1.058	0.601	1.158	1.054	1.073

表8：ウエッジ条件の角度別ビーム数（令和2年度）および財団線量評価と施設申告線量の差。使用プロトコールは、双方とも標準計測法12。

Wedge角 (°)		15	30	45	60	合計
Physical		11	11	4	13	39
EDW		10	3	1	3	17
UW						0
VW			2			2
合計		21	16	5	16	58
線量の差	平均	0.529	0.250	0.600	-0.094	0.291
	S.D.	1.511	1.009	1.298	1.434	1.347

表7は、令和2年度の照射野条件の依頼内容および財団評価線量と各施設の申告線量の差です。照射野では5×5および20×20cm^2の申し込みが多く、線量の差の平均は5×5 cm^2は小さく、広い照射野では大きくなる傾向です。一方、標準偏差は15×15cm^2を除き1.1%前後であり、校正条件と同程度となっています。（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8は、ウエッジ条件の依頼内容、財団評価線量と各施設の申告線量の差です。表にはウエッジの種類の分類も示してあります。角度では15次いで30、60度の依頼が多く、45度は比較的少なくなっています。線量の差の平均は60度が小さく、比較して15、45度は大きい傾向です。標準偏差では30度は1.0%と小さく、15、

45、60度は1.3～1.5％前後と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9および**10**は、標準計測法12に移行した平成25年から令和2年までの条件付測定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。合計でみると、照射野条件では15×15および20×20 cm^{2}の差が大きく、ウエッジ条件では差が小さく、角度による違いも見られません。一方、標準偏差は、照射野条件では1.2％前後、ウエッジ条件では1.1％前後であり、照射野サイズおよびウエッジ角度とも大きい条件では1.4～1.5％前後と、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Vol. 6[1)]を参照下さい。）

表9：照射野条件のビーム数と線量の差（％）。標準計測法12のみ。年度別。FFFビーム除く。下記以外の照射野分を除く。

年度		照射野（cm^2）				合計	線量の差	
		5×5	15×15	20×20	25×25		Mean	S.D.
平25		31	7	13	11	62	0.245	1.006
平26		103	30	115	9	257	0.425	1.144
平27		134	46	127	26	333	0.309	1.370
平28		100	17	88	16	221	0.037	1.032
平29		94	40	89	13	236	0.248	1.427
平30		133	35	127	17	312	0.344	1.146
令1		114	39	100	24	277	0.400	1.192
令2		85	15	80	13	193	0.413	1.073
累計		794	229	739	129	1,891	0.313	1.209
線量の差	平均	0.091	0.631	0.455	0.302			
	S.D.	1.171	1.126	1.241	1.387			

表10：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のみ。

年度		ウエッジ角				合計	線量の差	
		15度	30度	45度	60度		Mean	S.D.
平25		18	13	6	13	50	0.528	0.988
平26		52	51	13	14	130	0.180	1.127
平27		45	52	17	19	133	0.224	1.105
平28		37	34	16	20	107	−0.217	1.137
平29		36	40	20	32	128	−0.191	1.458
平30		41	31	15	43	130	0.086	1.138
令1		29	28	9	34	100	0.307	1.428
令2		21	16	5	16	58	0.286	1.336
累計		279	265	101	191	836	0.110	1.216
線量の差	平均	0.130	0.149	−0.088	0.132			
	S.D.	1.117	1.143	1.067	1.495			

４．その他

１）1施設当たりの申込条件数

表11は、1施設当りの申込条件数（ビーム数）です。平成22年度より、同料金で1セット2条件から4条件の申し込みが可能となり、また条件付測定の導入もあり、約3倍のビーム数の申し込みとなりました。しかし、平成26年度以降は、実施施設数の増加に対し、1施設当たりの申込条件数は僅かに減少傾向となり、最初の依頼は基本的な条件に絞って始める様子が窺えます。また、令和2年2月より1条件単位での受付が可能となり、申し込み条件の選択の自由度が増したことも、減少傾向に影響していると思われます。

校正条件は、平成24年度以降、年度毎に増加傾向にありましたが、原因として1施設の依頼される装置の数およびFFFなどのエネルギーの異なるビームの依頼増加が挙げられます。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。ウエッジ条件は、条件付測定の開始直後は少なく、年度を追って増加しましたが、25年度をピークに減少が続いています。照射野条件は、当初は年度による増減が見られましたが、最近ではウエッジ条件と同様に減少傾向にあります。

２）線量評価用標準プロトコール

表12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。令和2年度の申し込みでは、標準測定法01を使用の施設が2件みられました。

３）線量評価の結果について

財団評価線量と施設申告線量の差が、

表11：X線＿1施設当たりの申し込み条件件数（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
令2	3.35	0.36	1.07	4.78
令1	3.23	0.55	1.43	5.21
平30	3.07	0.65	1.63	5.35
平29	3.11	0.84	1.77	5.72
平28	3.41	0.81	1.69	5.91
平27	2.93	0.86	2.15	5.94
平26	2.72	0.99	2.02	5.73
平25	2.96	1.60	2.01	6.57

表12：施設の使用する線量評価用標準プロトコール。複数回実施の施設は、1カウント。

プロトコール	平25	平26	平27	平28	平29	平30	令1	令2
86	0	0	1	0	0	0	0	0
1	12	12	7	2	1	3	1	2
12	60	133	155	139	153	200	214	182
合計	72	145	163	141	154	203	215	184

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、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おります。この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は確認できておりますが、線量の差が3～5％以内の施設もありますため、財団よりお送りする出力線量測定結果報告書を参考に自施設の状態をご確認くださいますようお願いいたします。

現在は、照射データ記入シートを新しい様式へ改定し、治療現場での線量計算方法に合わせて、治療計画装置からデータを得る仕様となっております。

また、治療計画装置メーカーご協力のもと、照射データ記入シートへの記入が容易になるよう、出力線量測定に特化した治療計画装置の操作マニュアルを財団ホームページに掲載しております。操作マニュアルご利用により誤記による不適切例は、ほぼ無くなりました。（今後も照射データ記入シートについては、財団よりご連絡を差し上げる場合がございます。その節は、宜しくお願いいたします。）

4）地域連携支援の体制構築への協力

放射線治療品質管理機構において、地域の放射線治療施設が相互に連携支援を行うネットワークが構築されました。本誌およびバックナンバー[2),3),4)]にも関連報告が掲載されておりますのでご参照ください。当財団では、品質管理支援の一環として、出力線量測定の実施施設に、その結果についてのご相談など、この地域連携支援をご活用いただけるよう、連絡先のご案内を行うべく準備しております。

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
2） 川村慎二：放射線治療における地域連携支援事業の実施実現に向けて．線量校正センターニュース, Vol.7, 12-15, 2017
3） 大坂暁胤：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.線量校正センターニュース, Vol.8, 19-21, 2018
4） 田辺悦章：放射線治療における地域連携支援事業（中国・四国）パイロットスタディの実施報告．線量校正センターニュース, Vol.9, 11-13, 2019

※ 線量校正センターニュースのバックナンバーは、財団ホームページに掲載されており、PDF版にてダウンロード可能となっております。資料集 > 発行物
https://www.antm.or.jp/07_material/03.html

（線量校正センター　成田）

資料 3

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

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」の監理・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。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（2021年度）は、2019年度および2020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頂き、お気付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

2019年度 校正実施施設

2019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。2019年度の校正実施施設名の公表対象施設数は726施設であり、医療機関では705施設、研究・教育機関やメーカーは、21施設の全施設から公表の同意が得られました。なお、工業用または医療を目的としない研究機関等は対象外としています。

2020年度 校正実施施設

2020年度に校正を実施した施設の公表対象施設数は731施設であり、図1.2に示す通り、医療機関では708施設、研究・教育機関やメーカーでは22施設の施設から公表の同意が得られました。また、2020年度に初めて校正を実施した施設は医療機関では3施設、研究・教育機関やメーカーでは0施設でした。なお、工業用または医療を目的としない研究機関等は対象外としています。

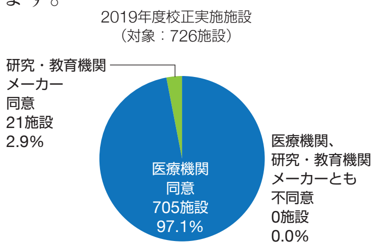


図1.1：2019年度校正実施施設の公表状況

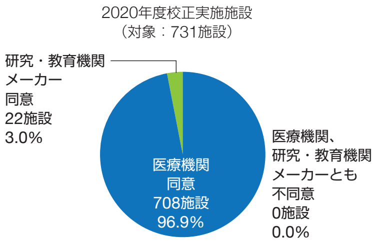


図1.2：2020年度校正実施施設の公表状況

※ なお、工業用または医療を目的としない研究機関等は対象外としています。

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ヵ国、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2018年度から2020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します。

3. 施設名公表へのご理解とご協力について

2021年10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。この場をお借りいたしまして、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）

2018年～2020年度治療用照射装置の出力線量測定実施施設一覧（477施設）

北海道（21施設）
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
市立函館病院
医療法人渓仁会手稲渓仁会病院
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
小樽市立病院
社会医療法人母恋日鋼記念病院
北見赤十字病院
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
社会医療法人北腎会脳神経・放射線科クリニック
北海道大学病院
社会医療法人製鉄記念室蘭病院
社会医療法人禎心会札幌禎心会病院
国家公務員共済組合連合会斗南病院

青森県（6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
八戸市立市民病院
十和田市立中央病院
一部事務組合下北医療センター むつ総合病院

岩手県（7施設）
岩手県立二戸病院
岩手県立胆沢病院
岩手県立久慈病院
岩手県立大船渡病院
岩手県立宮古病院
岩手県立中央病院
岩手県立釜石病院

宮城県（7施設）
一般財団法人厚生会仙台厚生病院
独立行政法人労働者健康安全機構 東北労災病院
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
医療法人秀放会 仙台総合放射線クリニック

秋田県（7施設）
秋田大学医学部附属病院
大館市立総合病院
JA秋田厚生連由利組合総合病院
秋田厚生医療センター
社会医療法人明和会中通総合病院
平鹿総合病院
秋田赤十字病院

山形県（7施設）
山形県立中央病院
山形県立新庄病院
公立置賜総合病院
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
山形大学医学部附属病院
鶴岡市立荘内病院

福島県（9施設）
一般財団法人竹田健康財団竹田綜合病院
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
いわき市医療センター
一般財団法人太田綜合病院附属 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
福島県厚生農業協同組合連合会
白河厚生総合病院
北福島医療センター
一般財団法人脳神経疾患研究所附属
総合南東北医療クリニック

東京都（44施設）

JR東京総合病院
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
東京慈恵会医科大学葛飾医療センター
国家公務員共済組合連合会東京共済病院
国立研究開発法人
国立国際医療研究センター病院
帝京大学医学部附属病院
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
東邦大学医療センター大森病院
青梅市立総合病院
東邦大学医療センター大橋病院
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
東京逓信病院
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
公益財団法人東京都保健医療公社
多摩北部医療センター
武蔵野赤十字病院
東京都立墨東病院
NTT東日本関東病院
東京医科歯科大学医学部附属病院
聖路加国際病院
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
日本私立学校振興・共済事業団
東京臨海病院
日本赤十字社医療センター
昭和大学病院
社旗福祉法人三井記念病院
自衛隊中央病院
医療法人徳洲会東京西徳洲会病院
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
国際医療福祉大学三田病院
公益財団法人東京都保健医療公社
多摩南部地域病院
公立阿伎留医療センター
独立行政法人国立病院機構
災害医療センター
公立福生病院
東海大学医学部付属八王子病院
IMSグループ医療法人社団明芳会
板橋中央総合病院

神奈川県（22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
国家公務員共済組合連合会平塚共済病院
独立行政法人労働者健康安全機構
関東労災病院
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
横浜市立市民病院
一般財団法人神奈川県警友会
けいゆう病院
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
北里大学病院
独立行政法人労働者健康安全機構
横浜労災病院
地方独立行政法人神奈川県立病院機構
神奈川県立がんセンター
藤沢市民病院
川崎市立井田病院
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
神奈川県済生会横浜市東部病院
医療法人沖縄徳洲会湘南鎌倉総合病院
医療法人社団三成会新百合ヶ丘総合病院
社会医療法人財団石心会川崎幸病院
国家公務員共済組合連合会
横浜栄共済病院
社会医療法人社団三思会東名厚木病院

埼玉県（17施設）

独立行政法人国立病院機構埼玉病院
獨協医科大学埼玉医療センター
深谷赤十字病院
学校法人北里研究所
北里大学メディカルセンター
埼玉県立がんセンター
埼玉医科大学病院
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
医療法人社団東光会戸田中央総合病院
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
医療法人社団愛友会上尾中央総合病院
埼玉医療生活協同組合羽生総合病院

千葉県（15施設）

日本医科大学千葉北総病院
総合病院国保旭中央病院
医療法人鉄蕉会亀田総合病院
千葉大学医学部附属病院
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
船橋市立医療センター
松戸市立総合医療センター
国立研究開発法人
量子科学技術研究開発機構QST病院
東京慈恵会医科大学附属柏病院
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
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（10施設）

独立行政法人国立病院機構
水戸医療センター
筑波メディカルセンター病院
茨城県厚生農業協同組合連合会
総合病院土浦協同病院
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
東京医科大学茨城医療センター
茨城県厚生連JAとりで
総合医療センター
茨城県厚生連総合病院水戸協同病院
株式会社日立製作所ひたちなか総合病院

栃木県（6施設）

足利赤十字病院
獨協医科大学病院
那須赤十字病院
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
国際医療福祉大学病院

群馬県（10施設）

前橋赤十字病院
群馬県立がんセンター
群馬大学医学部附属病院
伊勢崎市民病院
桐生厚生総合病院
独立行政法人国立病院機構
渋川医療センター
医療法人社団日高会日高病院
独立行政法人国立病院機構
高崎総合医療センター
公立富岡総合病院
公立藤岡総合病院

山梨県（3施設）

山梨県立中央病院
国民健康保険富士吉田市立病院
山梨大学医学部附属病院

新潟県（8施設）

長岡赤十字病院
新潟市民病院
新潟県立新発田病院
新潟大学医歯学総合病院
新潟県厚生農業協同組合連合会
長岡中央綜合病院
新潟県立中央病院
新潟大学地域医療教育センター
魚沼基幹病院
医療法人泰庸会新潟脳外科病院

長野県（7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
諏訪赤十字病院
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
社会医療法人財団慈泉会相澤病院

富山県（10施設）

富山県立中央病院

高岡市民病院
富山赤十字病院
市立砺波総合病院
富山大学附属病院
独立行政法人労働者健康安全機構
富山労災病院
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（4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
公立松任石川中央病院

福井県（5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
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
福井県済生会病院
独立行政法人国立病院機構
敦賀医療センター

愛知県（30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病院
名古屋第一赤十字病院
愛知医科大学病院
藤田医科大学病院
独立行政法人地域医療機能推進機構
中京病院
成田記念病院
独立行政法人労働者健康安全機構
中部労災病院
トヨタ記念病院
医療法人豊田会刈谷豊田総合病院
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
愛知県厚生農業協同組合連合会海南病院
名古屋市立大学病院
愛知県厚生農業協同組合連合会
安城更生病院
社会医療法人名古屋記念財団
名古屋記念病院
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
豊川市民病院
名古屋掖済会病院
江南厚生病院
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
社会医療法人財団新和会八千代病院
公立西知多総合病院

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
大垣市民病院
地方独立行政法人
岐阜県総合医療センター
地方独立行政法人岐阜県立多治見病院
朝日大学病院

静岡県（14施設）

藤枝市立総合病院
浜松医科大学医学部附属病院
浜松医療センター
富士宮市立病院
磐田市立総合病院
焼津市立総合病院
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
中東遠総合医療センター
総合病院聖隷浜松病院
静岡市立清水病院
市立島田市民病院
富士市立中央病院
すずかけセントラル病院

三重県（8施設）

地方独立行政法人
三重県立総合医療センター
独立行政法人国立病院機構
三重中央医療センター
伊勢赤十字病院
三重大学医学部附属病院
三重県厚生農業協同組合連合会
松阪中央総合病院
三重県厚生農業協同組合連合会
鈴鹿中央総合病院
市立四日市病院
桑名市総合医療センター

大阪府（46施設）

独立行政法人労働者健康安全機構
大阪労災病院
地方独立行政法人市立吹田市民病院
堺市立総合医療センター
八尾市立病院
大阪大学医学部附属病院
市立池田病院
地方独立行政法人
市立東大阪医療センター
宗教法人
在日本南プレスビテリアンミッション
淀川キリスト教病院
医療法人警和会大阪警察病院
独立行政法人地域医療機能推進機構
星ヶ丘医療センター
医療法人医誠会医誠会病院
独立行政法人国立病院機構
大阪南医療センター
大阪市立総合医療センター
一般財団法人住友病院
医療法人徳洲会岸和田徳洲会病院
公益財団法人日本生命済生会
日本生命病院
独立行政法人国立病院機構
大阪医療センター
地方独立行政法人大阪府立病院機構
大阪急性期・総合医療センター
地方独立行政法人
りんくう総合医療センター
大阪市立大学医学部附属病院
関西電力病院
大阪鉄道病院
和泉市立総合医療センター
市立貝塚病院
パナソニック健康保険組合松下記念病院
市立岸和田市民病院
市立豊中病院
独立行政法人地域医療機能推進機構
大阪病院
近畿大学病院
第二大阪警察病院
社会医療法人生長会ベルランド総合病院
地方独立行政法人大阪府立病院機構
大阪国際がんセンター
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
大阪府済生会中津病院
関西医科大学附属病院
関西医科大学総合医療センター
都島放射線科クリニック
国家公務員共済組合連合会大手前病院
医療法人友紘会彩都友紘会病院
若草第一病院
多根総合病院
社会福祉法人恩賜財団
大阪府済生会野江病院
医療法人徳洲会八尾徳洲会総合病院
社会医療法人美杉会佐藤病院
医療法人沖縄徳洲会吹田徳洲会病院
市立ひらかた病院
大阪ブレストクリニック

兵庫県（23施設）

兵庫県立加古川医療センター
赤穂市民病院
兵庫県立淡路医療センター
兵庫県立がんセンター
神鋼記念病院
姫路赤十字病院
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
西宮市立中央病院
兵庫県立丹波医療センター
神戸市立西神戸医療センター
公立豊岡病院組合立豊岡病院
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
北播磨総合医療センター
医療法人明和病院
明和キャンサークリニック
兵庫県立尼崎総合医療センター
宝塚市立病院

京都府（12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
京都第二赤十字病院

独立行政法人国立病院機構
京都医療センター
京都府立医科大学附属病院
社会福祉法人京都社会事業財団
京都桂病院
京都市立病院
京都大学医学部附属病院
京都中部総合医療センター
京都岡本記念病院
京都府立医科大学附属北部医療センター

滋賀県（7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
彦根市立病院
滋賀医科大学医学部附属病院
公立甲賀病院
地方独立行政法人市立大津市民病院

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
近畿大学奈良病院
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（5施設）

日本赤十字社和歌山医療センター
紀南病院
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（4施設）

鳥取県立厚生病院
鳥取県立中央病院
鳥取大学医学部附属病院
独立行政法人国立病院機構
米子医療センター

島根県（2施設）

松江赤十字病院
松江市立病院

岡山県（5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
岡山赤十字病院
岡山大学病院
独立行政法人国立病院機構
岡山医療センター
岡山済生会総合病院

広島県（10施設）

独立行政法人国立病院機構
東広島医療センター
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
広島県厚生農業協同組合連合会
尾道総合病院
独立行政法人国立病院機構
呉医療センター・中国がんセンター
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
広島大学病院
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（2施設）

山口大学医学部附属病院
山口県立総合医療センター

徳島県（4施設）

徳島大学病院
徳島赤十字病院
徳島県立中央病院
地方独立行政法人徳島県鳴門病院

香川県（4施設）

高松赤十字病院
三豊総合病院
香川大学医学部附属病院
独立行政法人労働者健康安全機構
香川労災病院

愛媛県（4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
愛媛大学医学部附属病院
市立宇和島病院

高知県（4施設）

高知赤十字病院
高知県・高知市病院企業団立
高知医療センター
独立行政法人国立病院機構高知病院
高知大学医学部附属病院

福岡県（17施設）

北九州市立医療センター
株式会社麻生飯塚病院
戸畑共立病院
久留米大学病院
独立行政法人国立病院機構
九州がんセンター
九州大学病院
独立行政法人国立病院機構
九州医療センター
公立学校共済組合九州中央病院
独立行政法人地域医療機能推進機構
九州病院
独立行政法人国立病院機構
福岡東医療センター
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
福岡赤十字病院
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
医療法人原三信病院

佐賀県（4施設）

佐賀大学医学部附属病院
地方独立行政法人
佐賀県医療センター好生館
独立行政法人国立病院機構
嬉野医療センター
唐津赤十字病院

長崎県（7施設）

社会医療法人財団白十字会
佐世保中央病院
地方独立行政法人
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
日本赤十字社長崎原爆病院
長崎大学病院
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（8施設）

国家公務員共済組合連合会熊本中央病院
独立行政法人地域医療機能推進機構
天草中央総合病院
独立行政法人労働者健康安全機構
熊本労災病院
独立行政法人地域医療機能推進機構
熊本総合病院
社会福祉法人恩賜財団済生会熊本病院
熊本市立熊本市民病院
独立行政法人国立病院機構
熊本医療センター
熊本赤十字病院

大分県（5施設）

中津市立中津市民病院
大分大学医学部附属病院
大分県立病院
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
大分県済生会日田病院
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（9施設）

鹿児島大学病院
鹿児島県立大島病院
鹿児島県立薩南病院
独立行政法人国立病院機構南九州病院
県民健康プラザ鹿屋医療センター
社会医療法人博愛会
さがらパース通りクリニック
社会福祉法人恩賜財団済生会川内病院
独立行政法人国立病院機構
鹿児島医療センター
公益財団法人慈愛会今村総合病院

沖縄県（4施設）

琉球大学病院
沖縄県立中部病院
那覇市立病院
医療法人沖縄徳洲会南部徳洲会病院

※2021年9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

●一体校正サービス終了のお知らせ（再案内）

2018年の分離校正サービス開始時よりご案内のとおり、2023年4月1日校正実施分より、電離箱線量計の校正は分離校正のみとなります。

つきましては一体校正サービスの提供は2023年3月31日校正実施分をもちまして終了いたします。

なお、一体校正実施可能な電位計型式の中には、分離校正での電位計校正の対象とならない型式があります。電位計校正における受け入れ可能な型式の最新情報は、当財団ホームページ「受け入れ電位計一覧（電位計単体 JCSS 校正）」※1）に掲載しておりますので、現在一体校正のみで運用されている施設におかれましては、受け入れ可能な型式についてご確認をお願いいたします。

●一部の微小容量電離箱の受け入れに関するお知らせ

当センターニュースVol.10号にて、一部の微小容量電離箱（PTW FREIBURG 34045型）は、現コバルト線源の強度低下を憂慮し、先行して2022年10月1日校正実施分より分離校正のみとなることをお伝えしましたが、線源更新が2022年前半に行われる見通しとなったことから、34045型も他の型式と同様に2023年4月1日校正実施分より分離校正のみとなります。

水中校正における受け入れ可能な型式の最新情報は、当財団ホームページに掲載している「受け入れ電離箱一覧（水吸収線量・分離または一体方式による JCSS 校正）」※2）をご覧ください。

●空中校正サービス終了のお知らせ

当財団では、2004年より電離箱線量計の照射線量単位の校正（空中校正）サービスを提供してまいりましたが、2012年の水吸収線量単位の校正（水中校正）開始以降、空中校正のご利用が減少し、現状で極めて少ない状態となりました。これまでの数年間は、経過措置として空中校正サービスの維持に努めてまいりましたが、経営上の観点から今後は空中校正サービスの継続が困難と判断いたしました。

つきましては、JCSS校正事業者登録に関連する手続きも考慮し、空中校正サービスの提供は2022年10月31日までの実施分をもちまして終了いたします。

ご利用のお客様には、何卒ご理解いただきますようお願い申し上げます。長らくのご利用、誠にありがとうございました。

※1）当財団ホームページ「受け入れ電位計一覧（電位計単体 JCSS 校正）」：https://www.antm.or.jp/03_activities/pdf/list_002.pdf

※2）当財団ホームページ「受け入れ電離箱一覧（水吸収線量・分離または一体方式による JCSS校正）」：https://www.antm.or.jp/03_activities/pdf/list_001.pdf

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頂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の治療装置における品質管理評価へのサポートを目的とし、第三者機関として測定システムを提供しております。また、令和元年11月より電子線の出力線量測定、令和2年4月よりIMRT郵送調査を開始いたしました。

●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）の改定があり、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±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（当財団での判定基準は±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。また、日本放射線腫瘍学会の公認ガイドライン「放射線治療における第三者機関に関するガイドライン2019」において当財団は暫定的な第三者出力線量評価認定機関として指名されております。

●当財団の出力線量測定等の費用について（令和３年１１月現在）

＜Ｘ線出力線量測定＞

１測定条件の申し込みを基本として、測定条件1～2条件では、１条件あたり33,000円 3～4条件の測定では、1セット88,000円で、条件数での組み合わせの料金となります。また、郵送費は6,000円となります。校正条件についてはエネルギー毎に必ず選択して頂くことになり、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頂けます。

＜電子線出力線量測定＞

Ｘ線の出力線量測定事業の費用に準じます。また、使用する固体ファントムがＸ線のものとは別になるため、郵送費等は別途4,000円となります。

＜IMRT郵送調査事業＞

治療用照射装置、治療計画装置、照射エネルギーの組合せを1条件とし（315,500円＋郵送費等10,000円）で測定を行います。初回に限りまして、2方向（Axial・Coronal）の線量分布評価を行います。2回目以降は1方向(Axial)のみ線量分布評価を行います。その際の測定料金も初回と同額となります。

●申込方法

＜治療用照射装置（Ｘ線及び電子線）の出力線量測定＞

当財団のホームページより申込書を入手して頂き、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

＜IMRT郵送調査＞

当財団のホームページより申込書を入手して頂き、必要事項をご記入の上、E-mailにてお送り下さい。施設と電子データのやり取りが必須となりますので、申し込みも原則E-mailにてお願いしております。E-mailでの申し込みが不可の施設がありましたら、当財団までご相談ください。連絡先は上記、線量校正センターの送付先と同様です。

＜出力線量測定及びIMRT郵送調査のお見積りについて＞

当財団HPにて専用フォーム（https://www.antm.or.jp/info-kosei/form.html）がございますのでご利用ください。原則メールによるPDF形式でのお渡しとなります。

●未取得条件での申し込みについて

ソフトウェッジビームなど、当財団が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）を行う可能性があります。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申し上げます。

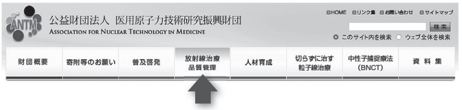
●照射時の照射画面写真、治療計画レポートの添付のお願いについて

出力線量測定事業は今年で13年目を迎え、昨年度、出力線量測定を実施した施設は184施設でした。本測定におきましては、施設側から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再測定を推奨しております。再測定においても線量の異常値が解消されない場合は、施設訪問による確認測定なども検討いたします。現在､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た印刷物や、照射条件と計算MUが確認できる治療計画レポートをご返送いただくようにお願いしております。そのため、ヒアリングでの原因究明が可能となり、再計算にて正常範囲となることが確認できるケースが増えてまいりました。引き続き、ご理解とご協力のほど、よろしくお願いいたします。

最後に、本事業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　奥山浩明）

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きますようお願いいたします。

＜ページトップ「重要なお知らせ」の更新＞

（本稿作成時より一部抜粋）

重要度の高いお知らせを随時更新しております。定期的にご確認ください。

- 「計測校正事業のコバルト線源更新に伴う照射業務の休止ならびに再開予定に関するお知らせ」を掲載いたしました。（2021年7月8日）2021年9月22日更新
- 「治療用線量計校正の料金改定ならびに分離校正サービスへの完全移行について」を掲載いたしました。（2020年12月9日）2021年2月4日更新

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

2020年度に当センターによる治療用線量計校正を実施した施設について、施設公表の掲載データを更新いたしました。

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

出力線量測定の照射手順動画（X線、電子線）を公開いたしました（放射線治療品質管理＞治療用出力線量測定事業＞出力線量測定について＞照射手順）。2018年度から2020年度の期間に当センターによる出力線量測定を行った施設について、施設公表の掲載データを更新いたしました。

「出力線量測定の実績」について、2020年度分の更新を行いました。

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

これまでに発刊した校正センターNEWSの各号について、PDF版の公開を開始しております。最新号についても順次公開予定となっておりますのでご利用ください。

線量校正センターへのお問合わせ

HOME > 放射線治療品質管理

校正センターへのお問合せ、線量計校正、出力線量測定の見積依頼の際はお問い合わせフォームのご利用をお願いいたします。

編集後記

今秋は新型コロナウイルスの緊急事態宣言も解除され、少しストレスが緩和されたように感じられます。しかしながら油断すると第6波発生となるかも知れません。ここは安心せず、引き続き十分な対策をとりつつ日々を過ごしたいと思います。

さて、Vol.11号では、出力線量測定の実施および測定結果への対応方法や不確かさの解説、話題に、密封小線源による線量計校正に関する記事が掲載されております。測定結果への対応方法などご検討いただければ幸いです。また、リニアック装置の出力線量の第三者評価について構築された地域による連携支援ネットワークの役割について、また、放射線治療装置立ち上げ時の支援活動などが報告されております。ぜひ参考にしていただき、より活発な活動となることを期待いたします。

また、線量計校正担当者および出力線量測定担当者からのお知らせでは、お申し込みや輸送時の注意点など掲載されております。十分ご確認いただきまして、お間違いの無い、お申し込みをお願いいたします。

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ので、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）

For All Your Tomorrows
TOYO MEDIC

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

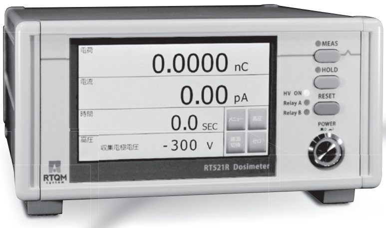
本　社：〒162-0813 東京都新宿区東五軒町2-13
TEL.(03)3268-0021(代表)　FAX(03)3268-0264
http://www.toyo-medic.co.jp/　E-mail info@toyo-medic.co.jp

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

今すぐリニアック立ち上げ時のTMR、TPR$_{20,10}$を確認したい。
先月の標準計測時の気圧の値が間違っている気がする……。
出力管理の月報や年報を今すぐに出力したい。
リニアックを操作しながら、タブレットで標準計測したい。
標準計測法12のテキストが見あたらないけど、この係数の意味をすぐに知りたい。

一歩先を行く標準計測・データ管理戦略

RTQM システムが提供します



RT521R 型リファレンスクラス電位計
EMFジャパン株式会社製

ST Dose タブレットアプリ
タブレットから電位計制御・
測定値自動取込みができます

院内
ネットワーク

RTQM システムサーバ
測定結果のデータを自動的に保存します

ST Dose ウェブアプリ
PCから電位計制御・
測定値自動取込みができます

※RT521R型電位計は、日本医学物理学会発行の「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」に適合しています。
※『ST Dose』は標準計測法12に準拠した計測補助・データ管理アプリです。
体験版『ST Dose』アプリをApp Storeよりダウンロードしてご利用いただけます。
App Store からダウンロード

RTQMシステム株式会社
〒734-8551　広島県広島市南区霞1-2-3　広島大学　霞総合研究棟323
TEL 082-257-1756　|　FAX 082-257-1757　|　http://www.rtqm.net

電離箱式放射線測定器(BG～2×10⁵Gy/h)、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。

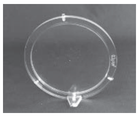
URL:http://www.o-yo-giken.co.jp

目の線量H'(3)の評価に！

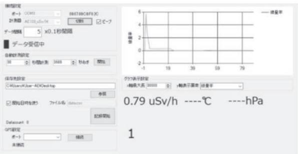
保健物理学会「眼の水晶体線量モニタリングのガイドライン」
(2020年7月制定に対応)

1μSv/h～100mSv/h

電離箱式サーベイメータ
AE－133B/Λ2+
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
with
トランスポンダ DAQ-13301
＊専用ソフトでパソコンに自動取り込み
CSVファイル形式で線量率と時刻など
記録が可能
有線・無線(bluetooth対応)



オプション品
H'(3)用ビルドアップキャップ



←イメージ図
パソコン取り込みソフトの画面イメージ

Wireless Data Transmission Test System

電波到達試験実験装置 WDT-429M

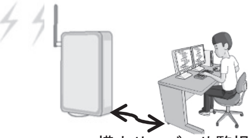
ARIB STD-T67 Conformance LoRa Mode

特長

- 高受信感度で10km以上の通信が可能
- 従来の電波通信不向きの施設でもご利用可能
  (様々な高線量率場で電波到達確認済み)
- 既存の回線ネットワークを使わない特定小電力
- 独自コードでセキュリティーも確保
- 無制限に近い子機設置可

データ収集装置
DAQ-13301

イメージ図



構内サーバーや監視室等

本装置は、無線電波の到達試験を簡易的に行うものであります。放射線測定器のデータに限らず、気温、気圧などお客様のニーズにあわせて様々なシステムを構築できます。あくまで電波試験を行う装置です。

APPLIED ENGINEERING INC.

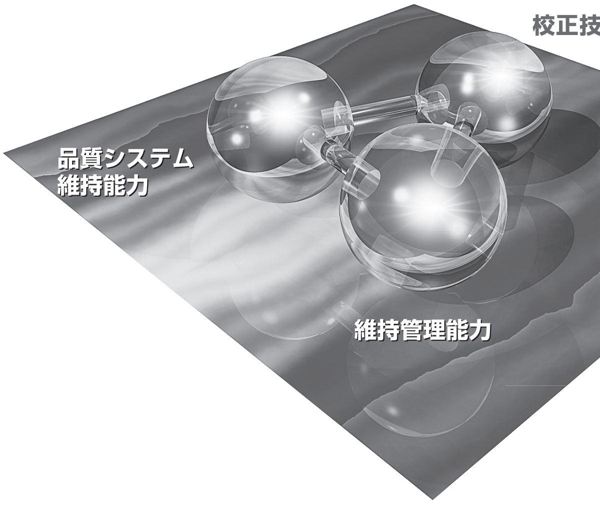
株式会社 応用技研

■環境放射線測定器
■医療用放射線測定器
■エレクトロニクス機器
■微少電流測定器

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

お客様へ、正しさに基づく安心をご提供いたします。

TECHNOL



年に1回

放射線測定器の校正を済ませましょう

正しい測定、確実な放射線・放射能管理を行うためには、使用する測定器が定期的に校正されている必要があります。弊社大洗研究所は、計量法に基づく、校正事業者登録制度(JCSS)におけるγ線の登録業者です。国家標準とトレーサビリティが取れており、信頼性の高い校正サービスを提供いたします。

大洗研究所では、1972年から放射線標準を保有。計量法校正事業者登録制度(JCSS)におけるγ線の校正事業者として登録。また、国際MRA対応認定事業者として、国際相互承認(Mutual Recognition Arrangement)加盟国に通用する認定マーク付きの校正証明書が発行可能です。

● 弊社校正サービスは、ISO9001の要求事項(監視および計測機器の管理)に有効に活用できます。

※ 詳しくは下記までお問い合わせください。

放射線測定器校正サービス(一般校正)

放射線測定器校正

お問い合わせは

株式会社千代田テクノル

E-mail: ctc-master@c-technol.co.jp
https://www.c-technol.co.jp

令和３年11月19日 発行
Therapy-Level Dosimetry Calibration

線量校正センターニュース　第11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