

線量校正センター

Vol. 2

ニュース News

Therapy-level Dosimetry and Calibration

解説

財団が実施する出力測定の方法

標準計測法12の構成と k_Q の更新について

話題

- 治療用密封小線源 ^{192}Ir の線量標準整備と線量計校正システム構築について
- 粒子線治療装置の品質管理



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.2

contents

巻頭言	出力測定事業にご協力下さい 1 池田 恢 (医療放射線監理委員会委員長、市立堺病院放射線治療科部長)
解説	財団が実施する出力測定の方法 2 新保宗史 (埼玉医科大学総合医療センター中央放射線部 放射線治療品質管理室) 標準計測法12の構成と k_Q の更新について 5 河内徹 (千葉県がんセンター 放射線治療部)
話題	治療用密封小線源 ^{192}Ir の線量標準整備と線量計校正システム構築について 9 川村慎二 (宮崎大学医学部附属病院 放射線部) 粒子線治療装置の品質管理 13 加瀬優紀 (静岡県立静岡がんセンター研究所 陽子線治療研究部)
報告	水吸収線量校正を10月より開始 -国際基準の第一歩- 16 矢島佳央理 (医用原子力技術研究振興財団 線量校正センター) 委員会の活動報告 19 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
資料	治療用線量計校正の施設名公表 (平成22年度、平成23年度) 21 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 平成23年度治療用線量計校正実績 (平成23年4月~平成24年3月) 23 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 出力測定の実績等について 28 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
お知らせ	線量計校正担当者より 31 出力線量測定担当より 32
編集後記 35

出力測定事業にご協力下さい

池田 恢

医療放射線監理委員会委員長、市立堺病院放射線治療科部長



「線量校正センターニュース」第2号をお届けいたします。創刊号はお蔭で好評をもって迎えられたようです。また当財団による一連の事業・活動は臨床放射線誌第57巻6号に特集で取り上げられました。懸案であった水吸収線量標準計測法（標準計測法12）がようやく発刊され、実施となります。計測法はこれをもって国際水準に並ぶこととなります。

ここであえて読者各位の注意を喚起したいと思います。放射線治療はその普及とともに機器・周辺機器の発達はめざましいものがあります。しかし線量計算はRTPSコンピュータ任せになって、その計算過程を見直すこともなく過ごしているのが現状なのではないでしょうか？

第三者評価は近年その重要度をますます増してきています。当財団では現在、出力測定事業も線量校正事業と並行して行なっています。この出力測定事業は第三者による線量評価活動であり、各施設において、より臨床に則した質の保証に繋がります。出力測定事業には郵送調査（線量計素子を送付する）と訪問調査（係員が訪問する）とがあります。欧米では放射線治療の関係する各種の臨床試験に参加の施設には前提としてこの出力測定の第三者評価を受けることで医療の質保証の一環を担っており、質が悪

いと、臨床試験そのものの結果に影響を及ぼしかねないことが報告されています。郵送調査については本号2ページ以下に詳しく解説されますが、わが国（当財団）ではガラス線量計を用いており、非常に精度がよいのが特徴です。

この受審は、日本医学放射線学会および日本放射線腫瘍学会の施設認定の際の要件になっています。また国指定のがん診療連携拠点病院では、がん診療・放射線治療に関して良好な医療の質を保証することがことさら要望されるので、そのための予算措置がなされ、実施に関しては国立がん研究センターがん診療情報センターがその仲介とデータ収集を行なっています。またわが国でも臨床試験が本格的に実施されるようになりましたが、多施設共同臨床試験の実施の際には、予め郵送ないし訪問による調査を受けることを、いわば前提条件として実施していただきたいと思います。各施設の方々は、予算措置なども年度ごとのスケジュールに含めて予定を立てておいてください。

受審の施設は原則として線量校正の場合と同様に当財団のHPに公開しました。また上記の、RTPS計画での陥りやすい点に関してもHP上で注意を喚起する予定です。ご協力をお願い致します。

財団が実施する出力測定の方法

埼玉医科大学総合医療センター中央放射線部 放射線治療品質管理室 新保宗史

どの医療でも同様だが、放射線治療でも提供する医療の品質の担保は重要である。特に、放射線治療では、処方線量に対する投与線量が異なるとき、数年経過してから有害事象が明らかになる場合があり、投与する時点での線量の品質担保は大切である。

過去の医療過誤の反省から、諸外国では放射線治療の品質管理、特に照射する線量について外部評価を受けることが推進されている。アメリカ RPC が行っている出力線量測定用の照射ファントムを図1に示す。また、ESTRO が行っている郵送調査の装置を図2に示す。

ESTRO の照射セットは、組み立て後、水に沈めて照射を行う。

双方とも線量計はパウダーの TLD を用いて

おり、RPC がアクリルファントム、ESTRO は水ファントムを用いる。本邦でも、厚生労働科学研究などで手法が確立され、放射線医学総合研究所のパイロットスタディを経て、公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団での第三者評価を実施できるようになり、IAEA の外部評価色分け地図では、「外部評価システムが確立されている地域」として登録されるようになった。(前号参照)

この郵送による出力測定は2007年11月から実施され、5年が経過した。年間利用数は40～50施設だが、2011年末までにのべ198施設225装置について測定が行われ、(実質137施設約60施設が複数回測定)が利用している。平成22年度からは、校正条件以外にウエッジ条



図1：アメリカ RPCでの出力測定装置

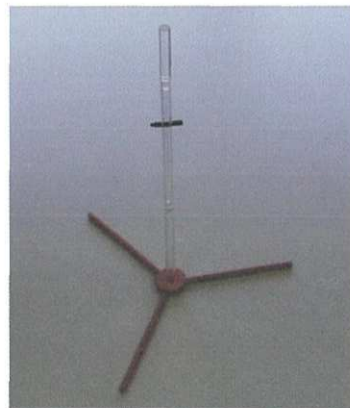


図2：ESTROでの出力測定装置

件及び照射野条件の変更についても対応している。財団のホームページで、掲載の了解を得た115施設について、施設名を公表している。また、施設のリファレンス線量計の比較校正についても、実施施設名が公表されている（平成23年度施設名公表同意642施設）。

出力測定で用いる線量計は蛍光ガラス線量計で、1測定に3素子を使用し、素子はIDで管理されている。蛍光ガラス線量計の特徴は測定線量1 mGy～10 Gyで、出力測定で使用する1.0 Gy付近を中心に精度管理が行われている。各素子について、コバルト60の照射での感度補正を行っており、また、出力測定時にはリファレンス素子（2セット6本）、バックグラウンド測定素子（1セット2本）を同封して、精度を維持している。

RPC及びESTROでは、線量計にパウダータイプのTLDを使用しているが、これは、1回毎に新しいパウダーを使用し、質量で規格化している。また、読み取りには相応の熟練が必要となる。蛍光ガラス線量計はそれほどの熟練を必要とせず、また、読み取り作業を何度でも行うことができるので、精度の担保が容易である。蛍光ガラス線量計は、TLDに比べれば、電子密度が高く、また、低エネルギーX線に対する

感度が高いが、固体ファントム10 cm深に設置することで、これらの影響を少なくし、精度を担保することができるため、採用している。

測定素子は20本1セットで、上記比較用素子8本以外の12本で、4条件の測定ができる。このうち、施設の各ビームについての校正条件は測定する上で必須とし、この結果と照射野条件、ウエッジ条件の結果を比較することで、相違があった場合の原因の確認を容易にしている。（医用原子力技術研究振興財団ホームページ-放射線治療品質管理-治療用出力線量測定事業 参照）

この出力測定では、吸収線量の実測と、照射したMU値についての計算過程を記入した用紙を提出してもらう。これは、検出された吸収線量に指定した線量との相違があった場合、その原因の確認を容易にするために行っている。図3に研究段階で送付したファントム、照射ピース、記入用紙の例を示す。図4に照射セットアップ例を示す。

大きな相違が検出されるのは、ビームの取り違えによるもので、別ビームの計算シートを参照して照射を行った場合などに起こる。この場合には電話でのヒアリング及び文書のやりとりにて、正しい（当該）ビームの計算MUに換



図3：日本での出力測定調査セット



図4：出力測定照射のセットアップ例

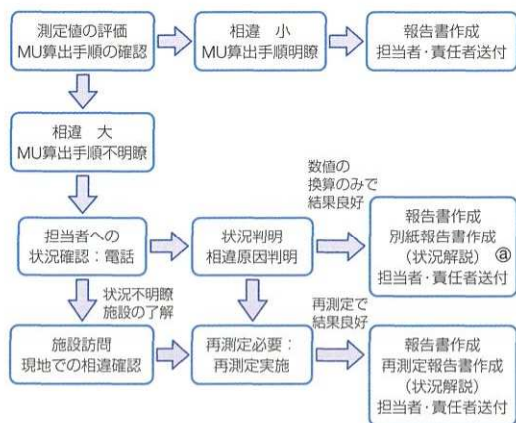


図5：医用原子力技術研究振興財団による出力線量測定の手順

算し、評価した結果を別紙にて送付することになっている。(図5中②)

検出される線量に大きな相違が無い場合でも、MU値算出手順に不明瞭な点があれば、確認作業を行っている。いずれにしても、出力測定を行った施設については、最終的に、「結果良好」という報告書が提示できるよう、必要に応じて修正のサポートを行っている。データは古いが厚生労働科学研究費補助金池田班での2002～2004年度の3年間54施設の測定結果を示す。(図6)

出力測定での照射の際は、通常治療と異なる計算方法を用いることがあるものと思う。通常治療の際には治療計画装置、出力測定の場合はTMR表、OPF表、ウェッジ係数を用いて手計算という場合が多いと思われるが、普段の業務でこれら手計算を行っていない場合に、間違い可能性が高くなる。大きなエラー防止のため、普段から治療計画装置の計算結果を、手計算にて確認し、実際の照射を行ってほしい。また、標準計測法12が発刊され、リファレンス線量

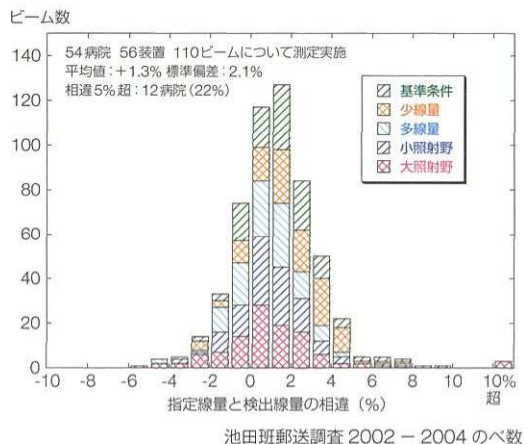


図6：郵送による線量調査 2002 - 2004

計の校正も水吸収校正が実施されるようになった。これを機会に、施設での測定手法について今一度確認してほしい。

私自身についてもそのように思うのだが、結局のところ、その測定、線量の評価が正しいかどうかを自分自身で判断することは難しい。標準計測法12に従って、水吸収線量校正を受けた線量計を用いて測定を行っても、何か、思いもよらない間違い(系統誤差)があれば、相応の線量の相違が発生する。これを確認するために、何度手順を見直しても、思い込みはなかなか解消できない。施設内でのダブルチェック、手順の再確認を行い、さらに外部評価を受けて、自施設の吸収線量の健全性を確保するようにしている。



標準計測法 12 の構成と k_Q の更新について

千葉県がんセンター 放射線治療部 河内徹

1. はじめに

標準計測法 12 における標準測定法 01 からの主な変更点は次の通りである。

- (a) 全体の構成
- (b) 水吸収線量校正定数 $N_{D,w}$ の不確かさの低減
- (c) 線質変換係数 k_Q の更新
- (d) 高エネルギー電子線を用いた相互校正の導入

当然、細部ではこの他にも重要な変更がある。しかし、それらを含めても今回の変更はユーザが行う手順に影響しないため、これまでと同様に線質指標から k_Q を決定して水吸収線量を計測できる。上記 (b) は創刊号で森下先生（産総研）と齋藤先生（首都大）が解説されたので、本稿では (a) (c) (d) について述べる。

2. 標準計測法 12 の構成

図 1 は標準計測法 12 の骨格となる章の構成を表す。これは IAEA TRS-398¹⁾ の構成を取り入れたものである。図 1 の (1) は $N_{D,w}$ に基づいた水吸収線量の計測法を示し、全ての線種（光子、電子、陽子、重粒子）に共通する理論を解説する。この章でユーザははじめに電離箱の計測値（単位：C）から水吸収線量（単位：Gy）へ変換する理論と、電離箱の感度変化に対する補正 (k_{TP} , k_{pol} , k_s , k_{elec}) について理解する必要がある。ただし、計測に必要な最低限の情報に留められているため、詳細は付録を参照して頂きたい。

図 1 の (2) は線種によって異なる設定が必要となる項目を示す。それぞれの章では線種に適した計測手順とともに、水吸収線量計測の基準

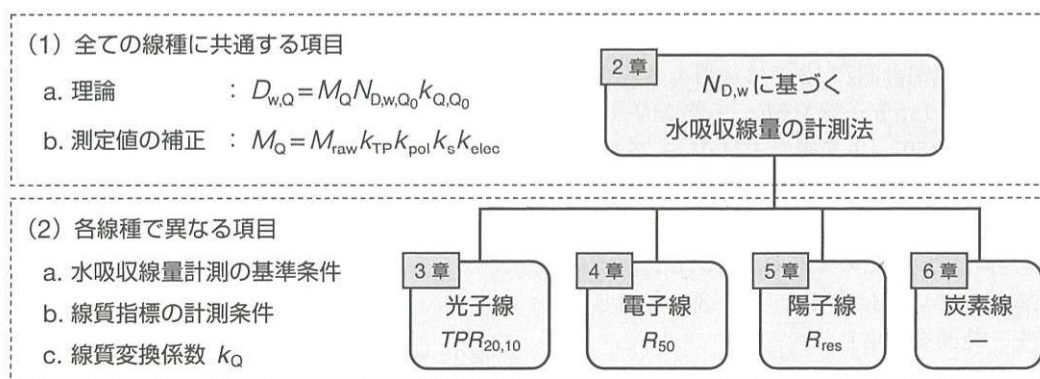


図 1：標準計測法 12 の基本構成

条件、線質指標の計測条件、線質変換係数が示されている。計測対象の線種に応じて3章～6章を参照して頂きたい。

3. 線質変換係数

標準計測法12の k_Q は、標準測定法01と同様に次式のパラメータを求めて計算した。

$$k_Q = \frac{\left[\left(\frac{\bar{W}_{\text{air}}}{e} \right) P_{\text{wall}} P_{\text{cel}} P_{\text{cav}} P_{\text{dis}} \left(\frac{\bar{L}}{\rho} \right)_{\text{w,air}} \right]_Q}{\left[\left(\frac{\bar{W}_{\text{air}}}{e} \right) P_{\text{wall}} P_{\text{cel}} P_{\text{cav}} P_{\text{dis}} \left(\frac{\bar{L}}{\rho} \right)_{\text{w,air}} \right]_{Q_0}} \quad (1)$$

ここで、 Q_0 は基準線質である ^{60}Co γ 線の線質、 Q はユーザビームの線質、 \bar{W}_{air}/e は単位電離電荷につき空気付与される平均エネルギー(J C^{-1})で、 ^{60}Co γ 線、光子線、電子線では 33.97 J C^{-1} 、陽子線では 34.23 J C^{-1} 、炭素線では 34.50 J C^{-1} とした。擾乱補正係数(P_{wall} , P_{cel} , P_{cav} , P_{dis})は順に壁補正係数、中心電極補正係数、空洞補正係数、変位補正係数、 $(\bar{L}/\rho)_{\text{w,air}}$ は水/空気の平均制限質量衝突阻止能比である。この中で、標準測定法01の k_Q との相違は全て擾乱補正係数の更新に起因する。AAPM TG-51 report、IAEA TRS-398、標準測定法01が2000年前後に発刊された後、光子線および電子線の擾乱補正係数はモンテカルロ計算によって大きく見直されており、標準計測法12では可能な限りこれを更新した。

さらに、標準計測法12では適用エネルギーの範囲を見直し、光子線で ^{60}Co $\sim 25 \text{ MV}$ ($0.56 < \text{TPR}_{20,10} < 0.80$)、電子線で $4 \text{ MeV} \sim 25 \text{ MeV}$ ($1 \text{ g cm}^{-2} < R_{50} < 10.5 \text{ g cm}^{-2}$)に縮小した。これは、一部のパラメータが適用範囲外に外挿して用いられていたためである。ただし、陽子線と炭素線についてはIAEA TRS-398と同じエネルギー範囲を採用した。

また、標準測定法01では光子線において防護鞘の厚さにより3つの表(鞘なし、0.5 mm、

1.0 mm)が掲載されていた。しかし、この相違は k_Q の不確かさに対して十分に小さいため1つの表にまとめた。よって、ユーザは防護鞘の有無に関わらず同じ k_Q を用いることになる。

以下に各線種における主な変更点を示す。

3.1. ^{60}Co γ 線と光子線

図2に代表的なファーマ形電離箱(PMMA壁、Al電極)の k_Q の変化を示す。新旧の k_Q は高エネルギーであるほど相違した。これは P_{cel} と P_{dis} および P_{wall} の更新によるが、主因は P_{dis} である。

P_{cel} は線質(線種とエネルギー)、中心電極の材質、直径、空洞に対する体積比に依存し、これまで無視されていた体積比の影響が大きい²⁾。しかし、光子線では式1の分子分母で P_{cel} を更新したため相殺され、アルミニウム電極の相対値($P_{\text{cel}})_{Q,Q_0}$ はほとんど変化しなかった。よって、高原子番号の中心電極(steelとSPC)をもつ一部の小型電離箱を除けば P_{cel} 更新の影響は小さい。

P_{dis} はJohanssonら³⁾からWangら⁴⁾の値に

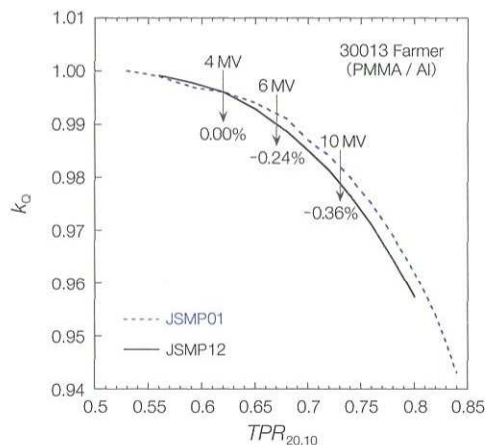


図2：光子線におけるファーマ形電離箱の線質変換係数 k_Q の変化
30013はPMMA壁、Al中心電極である。

更新し、大きく変化した。図3は新旧の P_{dis} を示す。近年、Johanssonらのグループは P_{dis} を見直し、従来の P_{dis} が過剰補正であったことを実験的に証明している⁵⁾。新旧の P_{dis} は低エネルギーであるほど、空洞半径が大きいほど相違し、 ^{60}Co 線質ではファーマ形で0.9%に達する。しかし、光子線では式1の分子分母で P_{dis} を更新するため、相対値 $(P_{dis})_{Q,Q_0}$ を新旧で比較すると逆に高エネルギーで乖離する。ファーマ形の $(P_{dis})_{Q,Q_0}$ は10 MVで-0.4%変化し、これが k_Q の変化の主因である。

P_{wall} の理論式は一部の壁材質でモンテカルロ計算値と大きく乖離する⁶⁾が、適当な代案がないため更新していない。線質 Q_0 では防浸鞘1 mmとし、ユーザ線質 Q では防浸鞘なしと1 mmの P_{wall} を計算して平均値を採用した。

k_Q の不確かさ(1σ)は1.0%と変化していない。これは従来の不確かさが過小評価されていたことによる。

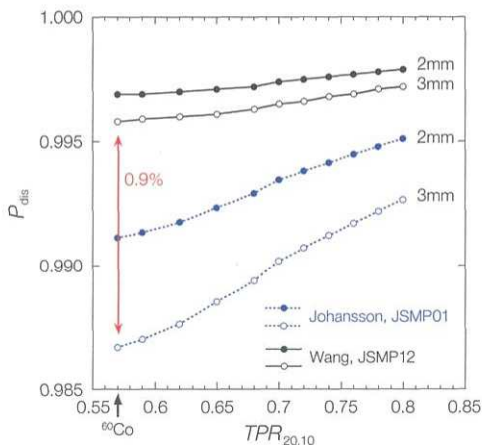


図3： ^{60}Co γ 線と光子線における円筒形電離箱の変位補正係数 P_{dis}
2 mmと3 mmは電離箱の空洞半径を示す。

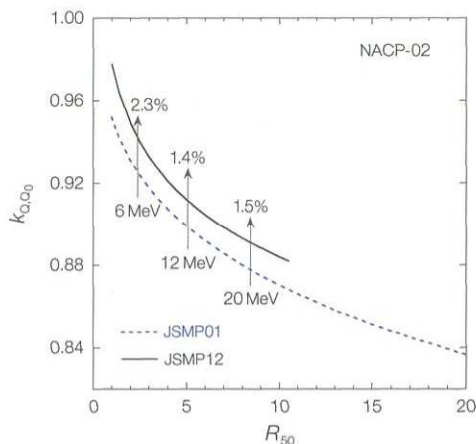


図4：電子線における平行平板形電離箱の線質変換係数 k_{Q,Q_0} の変化

3.2. 電子線

図4に示す様に電子線では新旧の k_{Q,Q_0} は大きく相違し、低エネルギーでは平行平板形で2%以上、円筒形では最大0.8%変化した。平行平板形の変化は P_{cav} を除いて無視されていた擾乱補正係数にモンテカルロ計算値⁷⁾を採用したことによる。しかし、現時点で十分な報告がないため、 ^{60}Co 線質を基準とする k_{Q,Q_0} はClassic Markus、NACP-02、Roosのみで計算した。よって、本邦で広く用いられているAdvanced Markusなどは後述する相互校正を自施設にて行う必要がある(標準計測法12、7章参照)。また、円筒形電離箱の P_{cav} もWangらの値⁸⁾に更新し、 P_{cel} の不確かさが大きい小型電離箱を除外してファーマ形のみ掲載した。 k_{Q,Q_0} の不確かさ(1σ)は平行平板形で1.2%、円筒形で1.0%となり、それぞれ0.2%および0.5%低減した。

電子線で有用である平行平板形は ^{60}Co 線質で擾乱補正係数の不確かさが大きく、製造上の個体差も大きい。このため、国際的には自施設にて高エネルギー電子線(線質 Q_{cross})とファーマ形電離箱を用いた相互校正を行い、水吸収線量校正定数 $N_{D,w,Q_{cross}}$ を決定する手法が推奨され

ている。標準計測法 12 では新たにこの手法を掲載し、必要となる媒介線質 Q_{int} を基準とする線質変換係数 $k_{Q,Q_{\text{int}}}$ を提供した（標準計測法 12, 7 章参照）。 $k_{Q,Q_{\text{int}}}$ の不確かさ (1σ) は平行平板形で 0.6%、円筒形で 0.7% と小さい。

3.3. 陽子線と炭素線

標準計測法 12 では陽子線と炭素線の標準計測法も示している。陽子線と炭素線に関するパラメータ（式 1 の分子）は IAEA TRS-398 と同じデータを用いた。しかし、基準となる ^{60}Co 線質（式 1 の分母）は P_{dis} が大きく変化したため、ファーマ形の k_Q は標準計測法 12 と IAEA TRS-398 で -0.9% 程度の系統的な相違が生じた。

近年のカロリメータを用いた調査⁹⁾ によって電離箱の k_Q が見直されつつあるが、陽子線と炭素線では依然として擾乱補正係数のデータが不足している。このため、IAEA TRS-398 と同様に標準計測法 12 においても擾乱補正は全て無視しており今後の課題である。

4. まとめ

本稿では標準計測法 12 の構成と k_Q の計算に関わる変更点を示した。 k_Q の詳細な計算過程は可能な限りで標準計測法 12 付録 3 に示したので参照して頂きたい。

関係者の努力によってユーザーに提供される $N_{D,w}$ の不確かさ (1σ) が 0.54% に低減された。これにより、 k_Q は全ての線種で水吸収線量の不確かさを最も増大する因子となった。 k_Q は式 1 による決定法の他に、(i) 個々の電離箱モデルを用いたモンテカルロ計算¹⁰⁾、(ii) 絶対線量計を用いた実測¹¹⁾ で決定できる。これらの方法は多大な労力を要するが、不確かさを 0.5% 以下まで低減できる利点がある^{10, 12)}。こ

のため、米国医学物理学会は既に新たな方法で k_Q を算出して更新する準備を進めており、本邦においても検討する必要があると考える。

謝辞

k_Q の計算についてご指導頂いた齋藤先生（首都大）、福村先生（放医研）、金井先生（群馬大）、橋本先生（都立駒込）、片寄先生（ANTM）をはじめ、貴重なご意見とともに快く研究データを提供して頂いた荒木先生（熊本大）に深く感謝申し上げます。

標準計測法 12 の k_Q は標準測定法 01 の付録 4 を参照して計算し、近年の報告に基づいてデータを更新しました。この標準測定法 01 には k_Q の計算法と特性について驚く程詳細な解説があり、これは本邦が世界に誇れるものだと思います。標準測定法 01 で k_Q を担当され、今年 1 月に逝去された都丸禎三先生に敬意を込めて、心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) IAEA: TRS-398, 2000 (2006, V.12), IAEA, Vienna
- 2) Muir BR., et al.: Med. Phys. 38: 1081-1088, 2011
- 3) Wang LLW., et al.: Phys. Med. Biol. 54: 1609-1620, 2009
- 4) Johansson KA., et al: IAEA Symposium Proceedings IAEA-SM-222/35, pp243-70, 1977, IAEA, Vienna
- 5) Swanpalmer J., et al: Phys Med Biol. 56: 7093-7107, 2011
- 6) Buckley LA., et al: Med Phys. 33 455-464, 2006
- 7) Araki F.: Med. Phys. 35: 4033-4040, 2008
- 8) Wang LLW., et al.: Med. Phys. 36: 4600-4608, 2009
- 9) Brede HJ., et al: Phys Med Biol. 51: 3667-3682, 2006
- 10) Muir BR., et al: Med. Phys. 37: 5939-5950, 2010
- 11) McEwen MR.: Med. Phys. 37: 2179-2193, 2010
- 12) Muir BR., et al: Med. Phys. 38: 4600-4609, 2011

治療用密封小線源¹⁹²Irの線量標準整備と 線量計校正システム構築について

宮崎大学医学部附属病院 放射線部 川村慎二

1. はじめに

密封小線源治療は線量率の違いにより0.4～2.0 Gy/hr までを低線量率 (Low dose rate: LDR)、2.0～12 Gy/hr までを中線量率 (Medium dose rate: MDR)、12 Gy/hr 以上を高線量率 (High dose rate: HDR) に分類される。このうち高線量率密封小線源治療は1960年代から国産の⁶⁰Co 遠隔操作式後装填方式 (RALS) 装置が利用されてきた。しかし、線源供給の停止などの問題もあり、徐々に装置の入れ替えが進み、現在では¹⁹²Ir 線源や新型の⁶⁰Co 線源を用いたHDR 密封小線源治療装置に置き換わっている¹⁾ (図1)。¹⁹²Ir 線源のHDR 密封小線源治療では線源の半減期により年3～4回の線源交換が必要である。毎回の線源交換時には治療線量に関わる線源強度 (空気カーマ強度) を正しく

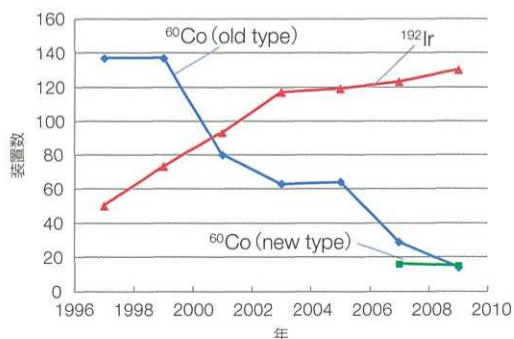


図1: 高線量率 (HDR) 密封小線源治療装置の推移 (JASTRO 構造調査から)

評価する必要がある。American Association of Physicist in Medicine (AAPM) Task Group (TG) 報告では医療施設ユーザの所有する線量計による校正は±3%以内の精度が必要とされている²⁾。また、ユーザ線量計は2年ごとに校正受けることが義務付けられている³⁾。しかし、我が国において¹⁹²Ir 線源の線量標準は存在せず、線源強度測定に必要な線量計校正のトレーサビリティが確保されていない⁴⁾。医療施設ユーザは米国 University of Wisconsin の Accredited Dosimetry Calibration Laboratory (ADCL) へ線量計を送付して校正を受けるか、治療装置メーカーで所有する ADCL 校正ウエル形線量計を用いた相互比較を実施しており、校正の実施率は低いという現状がある⁵⁾。放射線治療において標準線量に基づいた線量評価は品質保証の根幹であり、早急なシステムの確立が望まれる。以下に治療用¹⁹²Ir 線源の米国における線量計校正システムの状況や我が国における校正システム構築に向けた取り組みと問題点を紹介する。

2. 米国における¹⁹²Ir 線量校正システム

2-1. ¹⁹²Ir 線量標準の提供

米国では National Institute of Standards and Technology (NIST) が¹⁹²Ir 線源の線量標準を提供している。その方法は¹³⁷Cs と 250 kVp X 線による校正値によって、¹⁹²Ir の平均エネルギー 397 keV に対する補間値を提供する⁶⁾。補

間は以下の式で計算する。

$$\frac{1}{N_{Sk}^{Ir-192}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{N_{Sk}^{Cs-137}} + \frac{1}{N_{Sk}^{X-ray}} \right)$$

N_{Sk}^{Cs-137} 、 N_{Sk}^{X-ray} ($\mu\text{Gym}^2/\text{hr}/\text{A}$) はそれぞれ ^{137}Cs と 250 kVp X線による空気カーマ校正定数である。

次に、得られた空気カーマ校正定数から空気カーマ強度 S_k ($\mu\text{Gym}^2/\text{hr}$ または U) を算出する。空気カーマ強度は線源長軸に垂直な面上の自由空気測定点における空気カーマ率と測定点までの距離の 2 乗積で表わされる⁷⁾。 S_k の算出方法は Goetsch らの 7 点距離法を利用する⁸⁾。これは、測定空間における散乱線成分や測定距離などを正しく補正して、距離に依存しない電離量補正值 f (nCcm^2) を算出する方法である。球体電離箱を利用し線源 - 電離箱間の距離を 10cm から 5cm ずつ移動させて 40cm までの 7 点の測定値を利用する。計測点までの距離誤差の補正值 c を含めた正味の距離 d' (cm) は

$$d' = d + c$$

で表される。距離 d における電荷量測定値 Md (nC) は 1 次光子からの電荷量 $M'd$ (nC) と室内散乱 M_s (nC) とから

$$M_d = M'_d + M_s$$

となる。上記 2 式から電離量補正值 f を求める式は

$$f = M'_d (d')^2 = (M_d - M_s) (d + c)^2$$

で表わされる。Exradin A3 chamber と ^{192}Ir 線源を用いた測定結果例を図 2 に示す⁸⁾。室内散乱と距離補正なしの $M_d d^2$ 、散乱補正のみ $M'_d d^2$ 、距離補正のみ $M_d (d')^2$ 、距離と散乱補正あり $f = M'_d (d')^2$ を表す。補正を実施することで電

離量補正值 f は標準偏差が $\pm 0.08\%$ となり一定の値を取ることがわかる。最終的に S_k を以下の式で求める。

$$S_k = \frac{N_{Sk}^{Ir-192} \cdot f}{\Delta t}$$

ここで得られた空気カーマ強度は $S_{k,NIST}$ として、以下の二次標準に引き継がれる。

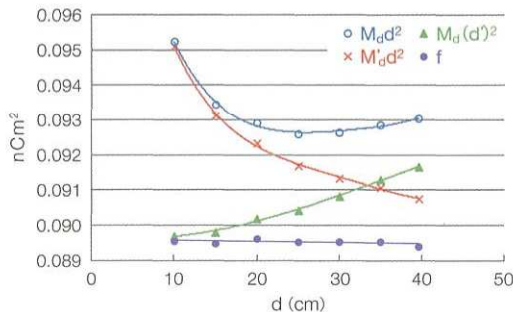
2-2. ADCL による二次標準とユーザ測定器の校正

ADCL では NIST で与えられた ^{192}Ir の標準線源を利用し、二次標準器のウエル形線量計による測定を行う。NIST で与えられた空気カーマ強度 $S_{k,NIST}$ と ADCL における測定電離量値 I_{ADCL} (A) の比 $S_{k,NIST}/I_{ADCL}$ をとって空気カーマ強度 S_k の二次標準値を得る。これは異なる線源タイプごとに値付けされる。

次に、ADCL ではメーカーからの線源に対して空気カーマ強度 $S_{k,ADCL}$ の値付けを行い、その線源を用いてユーザから送付された測定器による電離量 I_{CLINIC} を測定する。最終的なユーザ測定器の空気カーマ校正定数 $N_{sk,CLINIC}^{Ir-192}$ ($\mu\text{Gym}^2/\text{hr}/\text{A}$) は以下の式で表す。

$$N_{sk,CLINIC}^{Ir-192} = \frac{S_{k,ADCL}}{I_{CLINIC}}$$

ユーザは所有のウエル形線量計に与えられた上



Goetsch et al., Med. Phys. Vol.18(3)

図2：線源・電離箱間距離による電離量補正值 f の変化

記の空気カーマ校正定数を用いて、使用する線源の空気カーマ強度 S_k を求める。

2-3. 医療施設における治療線量の評価方法

医療施設では ADCL で校正されたユーザ測定器とそれに値づけられた空気カーマ校正定数 $N_{sk,CLINIC}^{Ir-192}$ を用いて、治療に使用する個別の線源を線量計タイプごとに決められたプロトコルで測定する。空気カーマ強度 $S_{k,CLINIC}$ は以下の式で求める。

$$S_{k,CLINIC} = N_{sk,CLINIC}^{Ir-192} \times M \times ECC \times C_{TP}$$

M は補正済み測定読み値、 ECC は電位計校正定数、 C_{TP} は気温気圧補正係数である。

最終的にユーザ測定器で得られた治療用線源の空気カーマ強度を利用して、密封小線源治療における治療線量を以下の AAPM TG-43 評価式で計算する⁷⁾。

$$\dot{D}_{med}(r, \theta) = S_k \Lambda \frac{G(r, \theta)}{G(r_0, \theta)} g(r) F(r, \theta)$$

ここで、 S_k は空気カーマ強度、 Λ ($\text{cGy hr}^{-1} \text{U}^{-1}$) は線量率定数、 $G(r, \theta)$ は線源幾何学係数、 $g(r)$ は放射状線量関数、 $F(r, \theta)$ は非等方性関数である。このうち S_k 以外は線源の種類ごとに定められた既知のデータを使用する。したがって、

医療施設ユーザが測定評価する S_k は治療線量に直接影響する。上記校正システムの各段階の不確かさと最終的なユーザでの S_k 評価における拡張不確かさを表 1 に示す。ユーザ測定器を用いた $S_{k,CLINIC}$ を求める総合拡張不確かさは 2.9% ($k=2$) と見積もられている。

3. 我が国における線量標準供給と線量計校正システム構築について

2008 年に実施された日本放射線腫瘍学会 QA 委員会と日本医学物理学会 (JSMP) 測定委員会が行ったアンケート調査では、ウェル形線量計所有施設の線量計校正実施率は低いという結果であった。しかし、回答を得られた 96% の施設から線量計の校正や標準線源の供給など校正サービスへの要望があることがわかった。JSMP 測定委員会小線源班では、2010 年 10 月から 2011 年 7 月にかけて標準線源供給を想定した校正試験を 3 回実施した。その結果、ユーザ施設での空気カーマ校正定数算出誤差は 1.1% 未満であった。しかし、標準線源供給については、ユーザ測定器を用いた測定における不確かさの評価が不可能であった。この方法はトレーサビリティの確保された校正としての認定は難しいという結論が得られた。この結果を受けて 2012 年 2 月に産業技術総合研究所 (産総研)、日本アイソトープ協会 (RI 協会)、医

表 1: ^{192}Ir 空気カーマ強度評価における不確かさ (米国における線量計校正)

手順	測定項目	記号・単位	相対拡張不確かさ (%)
1	ADCL 校正空気カーマ強度	$S_{k,NIST}$ ($\text{cGym}^2\text{h}^{-1}$ or U)	1.1
2	ADCL ウェル形線量計空気カーマ校正定数	$S_{k,NIST}/I_{ADCL}$ or $N_{k,ADCL}$ (U/A)	1.2
3	ADCL ウェル形線量計による空気カーマ強度	$S_{k,ADCL}$ ($\text{cGym}^2\text{h}^{-1}$ or U)	1.3
4	ユーザウェル形線量計空気カーマ校正定数	$S_{k,ADCL}/I_{CLINIC}$ or $N_{k,CLINIC}$ (U/A)	1.4
5	ユーザウェル形線量計による空気カーマ強度	$S_{k,CLINIC}$ ($\text{cGym}^2\text{h}^{-1}$ or U)	1.5
	拡張不確かさ ($k=2$)	$S_{k,CLINIC}$ ($\text{cGym}^2\text{h}^{-2}$ or U)	2.9

用原子力技術研究振興財団（財団）、医療施設（ユーザ）が参加した JSMP 測定委員会小線源班会議が開催された。線量標準から線量計校正システム構築について検討した結果、以下の共同意見が出された。

1. 産総研において ^{192}Ir の一次標準供給を 2014 年までに整備される予定。
2. RI 協会では産総研の標準供給に合わせて二次標準器の整備し、階層校正事業者の参照標準器を含むユーザ測定器の校正サービスを実施することを目指す。
3. 財団では校正事業協力施設を探索し、校正事業に関する具体的事業契約を結ぶ。年間の校正実施期間と回数を設定し、ユーザ測定器の校正を実施する準備を整える。とりあえず、校正協力施設を 1 施設にして校正対象をウェル形線量計とする。
4. ユーザでは校正サービスが整備された場合の校正希望実数などアンケート調査を実施する。また、ウェル線量計に関するユーザ施設における線量測定データを集計・解析する。

4. さいごに

JSMP 測定委員会(2012 年度から計測委員会)では上記の共同意見を基に今後も ^{192}Ir 線量計校正システムの構築に取り組む予定である。しかし、校正体系を整備していくためには不確かさの評価など技術的課題だけではなく、関係法令上の問題なども指摘されている。今後も産総研、RI 協会、財団、ユーザの相互連携を図り、これらの課題解決に向けて継続的に審議していく予定である。密封小線源治療は周囲の正常組織への影響を抑えて病巣に高い線量を投与することができる大変有用な治療方法である。安全で安心できる治療を実践するためには、線量標準からユーザ線量測定まで切れ目のない連鎖に

よる線量評価の品質保証は必要不可欠である。 ^{192}Ir 線源の線量計校正システム構築の実現のために、今後もユーザや関係団体の継続的な協力をお願いしたい。

参考文献

- 1) 日本放射線腫瘍学会・データベース委員会, “全国放射線治療施設の 2009 年定期構造調査報告,” (日本放射線腫瘍学会誌, 2009).
- 2) R. Nath, L.L. Anderson, J.A. Meli, A.J. Olch, J.A. Stitt, J.F. Williamson, “Code of practice for brachytherapy physics: report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 56. American Association of Physicists in Medicine,,” Med Phys 24, 1557-1598 (1997).
- 3) H.D. Kubo, G.P. Glasgow, T.D. Pethel, B.R. Thomadsen, J.F. Williamson, “High dose-rate brachytherapy treatment delivery: report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 59,,” Med Phys 25, 375-403 (1998).
- 4) 日本医学物理学会, “放射線治療における小線源の吸収線量の標準測定法,” (通商産業研究社, 2000).
- 5) 川村慎二, “線量校正と標準測定法の動向 密封小線源の線源強度測定に関するアンケート調査報告,” 医学物理 29, 75-79 (2010).
- 6) L.A. DeWerd, G.S. Ibbott, A.S. Meigooni, M.G. Mitch, M.J. Rivard, K.E. Stump, B.R. Thomadsen, J.L. Venselaar, “A dosimetric uncertainty analysis for photon-emitting brachytherapy sources: report of AAPM Task Group No. 138 and GEC-ESTRO,,” Med Phys 38, 782-801 (2011).
- 7) R. Nath, L.L. Anderson, G. Luxton, K.A. Weaver, J.F. Williamson, A.S. Meigooni, “Dosimetry of interstitial brachytherapy sources: recommendations of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 43. American Association of Physicists in Medicine,,” Med Phys 22, 209-234 (1995).
- 8) S.J. Goetsch, F.H. Attix, D.W. Pearson, B.R. Thomadsen, “Calibration of ^{192}Ir high-dose-rate afterloading systems,,” Med Phys 18, 462-467 (1991).

粒子線治療装置の品質管理

静岡県立静岡がんセンター研究所 陽子線治療研究部 加瀬優紀

1. はじめに

近年、高エネルギーの粒子線（陽子線、炭素線）を用いた放射線治療は、治療効果が高く副作用の少ない治療法として認められつつあり、世界的に粒子線治療施設の普及が進んでいる。日本では現在、陽子線治療が7施設、炭素線治療が3施設で行われている。新施設の計画も各地で進んでおり、粒子線治療を受ける患者数は今後も増加することが予想される。光子線治療では治療装置の照射精度や安全性を確保するため、既に装置の品質管理（QA）に関するガイドラインや文献が普及しており、一般的な装置QA項目、確認頻度などが広く周知されている。一方、粒子線治療においては、普及台数が少ないことや装置の構造が多様であるなどの理由により、粒子線治療装置QA方法のガイドラインは普及していない。しかし近年の施設増加と患者数増加により、できるだけ一般化された装置QA方法をガイドラインとして周知し、全体的な意思統一を図ることが重要と考えられてきている。本稿では、一例として静岡がんセンター陽子線治療装置QAについて概説した後、厚生労働科学研究鎌田班の粒子線治療装置物理QAガイドライン作成ワーキンググループによる粒子線治療装置物理QAガイドラインと、米国医学物理士会（AAPM; American Association of Physicists in Medicine）のタスクグループによる陽子線治療装置QAガイドラインの作成状況について紹介する。

2. 静岡がんセンター陽子線治療装置 QA の改訂

静岡がんセンターでは、米国 RTOG (Radiation Therapy Oncology Group) への臨床試験の参加を目指して、RPC (Radiological Physics Center) に品質調査を依頼している。郵送調査ではファントム中の熱蛍光線量計 (TLD) に指定された線量の陽子線を照射して線量精度が評価され、訪問調査では物理的 QA 作業、患者 CT 撮影、治療計画、線量分布等の確認が行われる。そこで数年前から陽子線治療装置 QA マニュアルを国際的基準に沿うよう改訂し、RPC の調査がスムーズに進むよう整備してきた。従来まで運用していた QA マニュアルをベースにして、AAPM-TG40 と TG142 の装置 QA レポート^{1,2)}、ICRU レポート 78³⁾、MD Anderson がんセンターの装置 QA 論文⁴⁾等を参考にして新しい QA マニュアルを作成した。新しい QA マニュアルにおける日毎、月毎、年毎の QA 項目を表 1 に示す。ここでの装置 QA とは現地メンバで行う作業であり、メーカー側が定期点検で行う項目は含まれていない。

装置 QA の確認で問題が見つかった場合の対処行動レベルは、以下の3段階 (AL 1, 2, 3) に分けた。

- AL 1 (調査レベル) : AL 1 の許容値を超えた場合や許容値内でも異常な変化が見られた場合、治療は継続して調査を行う
- AL 2 (計画的対処レベル) : AL 2 の許容値を超えた場合、1日以内に内部調査を行

表1：静岡がんセンター陽子線治療装置 QA 項目（メーカーの定期点検項目は含まない）

分類	日毎（朝に全て実施）	月毎（昼休みに分けて実施）	年毎（休日に分けて実施）
線量測定	線量出力の定常性（190 MeV）	線量出力の定常性（150, 190, 220 MeV） ビーム飛程の定常性 副モニタの定常性 軸外係数の定常性	平坦度の変化 対称性の変化 吸収線量の絶対測定 線量モニタの直線性 線量出力の線量率依存性 線量出力のガントリ角依存性 軸外係数のガントリ角依存性
メカニカル	レーザー位置 MLC リーフ開口位置 レンジシフト動作	ガントリ角度表示 スノート角度表示 クロスワイヤ中心点 治療台位置表示（平行、回転） 補償フィルタ位置精度 クロスワイヤとレーザーの一致	ガントリ回転中心 スノート回転中心 陽子線とレーザーのアイソセンタの一致 レンジシフトの水等価厚 治療台のたわみ 治療台の傾き 治療台全方向最大移動距離 治療台アイソセントリック回転中心
安全性	扉インターロック ビーム停止ボタン動作 治療室扉閉中の安全性 音声画像モニタ ノズルとホルダの衝突インターロック 患者用コールボタン動作		
呼吸同期		ビーム出力の定常性 呼吸同期ビーム制御 ゲート信号インターロック 呼吸モニタシステム	同期位相／振幅ゲートオン時間精度 呼吸同期装置インターロック
X 線画像	画像座標と治療座標の一致 画像中心とレーザーアイソセンタの一致 装置の衝突インターロック	画像目盛り精度 画像空間分解能 画像コントラスト 画像一様性とノイズ	

う。1 週間経っても解決しなければ、AL 3 に移行して治療を止める。

- AL 3（即時中断レベル）：AL 3 の許容値を超えた場合または AL 2 が 1 週間以上解決しない場合、治療を止めて調査を行う。解決しなければ修理やベースラインの見直しを行って協議した後、治療を再開する。

各 QA 項目の許容値はレベル毎に決めている（例えば日毎の“線量出力の定常性”の項目の場合、AL 1 で 0.4%、AL 2 で 2%、AL 3 で 4% と定めた）。運用上の問題や新 QA ガイドライン発行により追加や修正が必要となればその都度 QA マニュアルは改訂される。

3. 国内の粒子線（陽子線と炭素線）治療装置 QA ガイドライン作成の動き

日本では 2005 年に「陽子線・重イオン線治

療装置の物理・技術的 QA システムガイドライン」⁵⁾ が発行され、粒子線治療装置に必要な機能や満たすべき精度について国内の意識統一が図られるようになった。しかし、定期的に行うべき QA 項目、確認頻度、許容値を外れた場合の対処方法などの記述は不十分であった。そこで 2011 年に粒子線治療装置物理 QA ガイドライン作成ワーキンググループが発足し、2005 年版を改訂した「粒子線治療装置の物理・技術的 QA システムガイドライン」の作成が進められている。メンバは放射線医学総合研究所、筑波大学、国立がん研究センター東病院、群馬大学、北海道大学、広島大学、静岡がんセンターの医学物理士から成り、粒子線治療装置の国内の全メーカー（三菱電機、日立、住重、東芝）のユーザーを含むよう構成された。月に 1 度のペースで 3 時間程度の会議を開き、これ

までに品質管理体制、照射体積や線量分布の表現や定義、粒子線治療の精度を担保する方法、ビーム照射範囲の誤差評価、照射装置の保守管理、装置 QA 項目と許容値、対処行動基準などを議論してガイドライン案を作成した。静岡がんセンターの QA マニュアルも、この装置 QA ガイドライン案の作成に反映させた。

まだ作成中のため具体的な内容は記載しないが、新 QA ガイドラインの方針 (2005 年の QA ガイドラインとの違い) を以下に示す。

- 線量分布パラメータや座標系などの定義を国際的な基準 (IEC など) に近づけること
- 対象は粒子線治療の拡大ビーム照射法に限定すること (スキャニング照射法は今回対象外)
- QA 項目の確認で問題があった場合の対処方法を、調査レベルと即時対応レベルに分類し、それぞれの許容値を記載すること
- 定期的に実施すべき最低限の装置 QA 項目とそれぞれの確認頻度、許容値、評価方法を記載すること

今後、粒子線治療施設のユーザーやメーカー担当者の意見を反映させて原稿を完成させ、学会を通じて発行する予定となっている。

4. 米国の陽子線治療装置 QA ガイドライン作成の動き

2012 年 1 月に米国医学物理士会にて陽子線治療装置 QA タスクグループ (AAPM-TG244) が発足し、MD アンダーソンがんセンターの装置 QA 論文⁴⁾をベースに「包括的陽子線治療装置 QA (Comprehensive proton therapy machine QA)」の原稿作成が進められている。リーダーは McLaren 陽子線治療センター所属の Arjomandy 博士で、メンバは McLaren 陽子線治療センター、Essen 大学病院、Washington 大学、Pennsylvania 大学、Loma Linda 大学医療センター、ProCure 治療センター、MD Anderson がんセンター、Massachusetts 総合

病院、ProTom International 社、Paul Scherrer 研究所、静岡がんセンターの医学物理士、顧問として Memorial Sloan-Kettering がんセンター、MD Anderson がんセンターの医学物理士で構成されている。月に 1 度のペースで 1 時間程度の電話会議を行い、これまでに序文、線量分布の表現や定義、日毎の装置 QA 項目まで議論が進んでいる。日本の QA ガイドラインとの違いは、陽子線に限定されていることとスキャニング照射法の QA が含まれていることである。

5. まとめ

現在、粒子線治療装置 QA は、粒子線施設内で独自に QA 項目と運用方法が決められている。近年、粒子線治療装置の普及に伴って、粒子線治療装置 QA ガイドラインが必要と考えられるようになってきており、日本とアメリカで独自にガイドライン作りが進められている。将来、これらのガイドラインをベースに施設内の QA マニュアルが作成されることで、全体的に照射精度と安全性の向上が図られることが期待される。

- 1) AAPM Task Group 40: Comprehensive QA for radiation oncology, Med. Phys. 21, 581-618, 1994
- 2) AAPM Task Group 142: Quality assurance of medical accelerators, Med. Phys. 36, 4197-4212, 2009
- 3) ICRU: Prescribing, Recording, and Reporting Proton-Beam Therapy, ICRU Report 78, 2007
- 4) Arjomandy B *et al.*: An overview of the comprehensive proton therapy machine quality assurance procedures implemented at The University of Texas M. D. Anderson Cancer Center Proton Therapy Center-Houston, Med. Phys. 36, 2269-2282, 2009
- 5) 日本医学物理学会 粒子線治療研究会, 放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター: 陽子線・重イオン線治療装置の物理・技術的 QA システムガイドライン, 2005

水吸収線量校正を10月より開始 —国際基準の第一歩—

矢島佳央理 (医用原子力技術研究振興財団 線量校正センター)

諸外国では以前より水吸収線量が国家標準として整備されていますが、これまでわが国の国家標準は照射線量及び空気カーマでした。しかしながら、平成23年に線量の国家標準機関である(独)産業技術総合研究所にて⁶⁰Co γ 線による水吸収線量(率)標準が確立し、同年10月より特定標準器による同標準の校正(jcss校正)が開始されたことから、国際基準である水吸収線量校正定数が日本でも供給できる運びとなりました。

当財団線量校正センターでもJCSS認定の水吸収線量単位による校正(以下、水中校正)に向けて、機材の整備やデータの取得、ソフトウェア開発や測定技術の習練などに邁進してきました。二次標準場施設である(独)放射線医学総合研究所を始めとする関連学協会の先生方やメーカ等のご協力を頂き、平成24年10月よりJCSS認定下での水中校正を開始しました。今回は当センターによる水中校正について紹介します。

1. JCSS 認定について

JCSS (Japan Calibration Service System) とは、校正事業者が国際標準化機構及び国際電気標準会議が定めた校正機関に関する基準(ISO/IEC 17025)の要求事項に適合しているか(独)製品評価技術基盤機構(NITE)が審査を行い、校正事業者を登録する制度です。JCSS認定により、国家標準へのトレーサビリティの確保と校正事業者の技術的能力が証明されます。

当センターは平成20年11月26日付でJCSS登録事業者となり、平成21年1月からJCSS認定の照射線量単位による校正(以下、空中校正)を開始しました。JCSS登録の有効期限は計量法により4年と定められています。また、JCSS認定取得には特定二次標準器のjcss校正が必須となるため、平成23年10月に水吸収線量単位でのjcss校正を行い、同年12月末にNITEへ水中校正の登録及び空中校正の更新に係わる申請を行いました。書類及び現地審査と技能試験を経て、同年8月16日付で水中校正及び空中校正のJCSS登録事業者に認定されました(空中校正は登録更新)。図1に水中校正の校正証明書及び校正結果の例を示します。校正証明書に付いたJCSS標準章は、国家標準とのトレーサビリティの証です。



図1：水中校正証明書及び校正結果例

2. 水中校正の校正条件と不確かさについて

水中校正は水中5cm深にてSCD 80cmとなるように電離箱を設置(図2参照)し、二次標準器と被校正線量計の相互比較により水吸収線量校正定数 $N_{D,w}$ を算出します。当センターの水中校正は、標準計測法12に準拠しています。二次標準器で計測した水吸収線量を D_w 、被校正線量計の表示値を M とすると、 $N_{D,w}$ は次式で与えられます。

$$N_{D,w} = \frac{D_w}{M} \quad (\text{式1})$$

これまで参考資料として提供していた $N_{D,w}$ は、空中校正より得たコバルト校正定数 N_c に電離箱の種類毎に定められていた校正定数比 $k_{D,x}$ を乗じて算出した値でした(式2参照)。

$$N_{D,w} = N_c k_{D,x} \quad (\text{式2})$$

$k_{D,x}$ の大半は電離箱の材質や構造から算出した計算値であるため、線量評価の不確かさが大きくなる問題があります。水中校正では式1の通り $N_{D,w}$ が直接算出されることから、線量評価時の不確かさは低減すると期待されます。また、水中校正は測定中の温度変化が空中校正よりも小さいため、 $N_{D,w}$ の不確かさは N_c の不確かさ

よりも小さくなります。

当センターによる $N_{D,w}$ の不確かさの要因は、特定標準器による校正の不確かさ U_s 、特定二次標準器による場の決定 U_f 、被校正線量計の不確かさ U_d の3つに大別できます。 $N_{D,w}$ の合成標準不確かさ U_c は、各要因を合成して

$$U_c = \sqrt{U_s^2 + U_f^2 + U_d^2} = \sqrt{0.40^2 + 0.20^2 + 0.27^2} = 0.52\%$$

となります。 $N_{D,w}$ の拡張不確かさ U は、包含係数 $k=2$ 、約95%の信頼水準とすると

$$U = k \times \sqrt{U_s^2 + U_f^2 + U_d^2} = 2 \times 0.52 = 1.04\%$$

となりますので、特に問題のない限り小数第2位を丸めた1.1%を $N_{D,w}$ の拡張不確かさとして校正証明書に掲載しています。

なお、空中校正による N_c の不確かさはこれまで15%と定めていましたが、今回のJCSS登録更新で不確かさを再評価した結果、作業の安定性及び熟練度の向上により校正業務発足時に予測した不確かさは余裕をもって実現出来ている事が判明し、1.3%に低減しました。

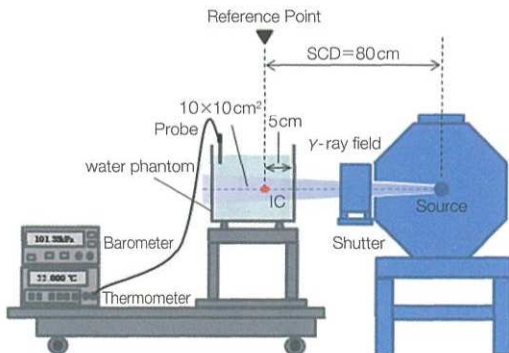


図2：当センターによる水中校正の概略図



図3：水中校正の様子(電離箱は二次標準器)

表 1：防浸鞘のない電離箱一覧

No	電離箱型式	標準測定法 01 掲載有無
1	550-6A	無
2	550-5	無
3	CC13	無
4	31005	無
5	RK8305	無
6	2571	有
7	2581	有

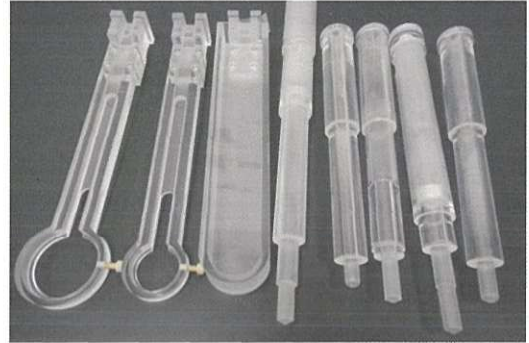


図 4：固定治具と防浸鞘（平行平板形電離箱用固定治具 3本と円筒形電離箱用防水鞘 5本）

3. 防浸鞘について

水中校正では全ての円筒形電離箱に防浸鞘（1mm厚のPMMA製）を使用します。平行平板形電離箱は固定治具を使用し、防浸性のない平行平板形電離箱は付属の防浸キャップを、防浸キャップが付属されていない場合は1mm厚のPMMA壁が付いた固定治具を用います。なお、平行平板形電離箱については、依頼される線量計の発送前に施設にて浸水確認をお願いします。防浸鞘の浸水確認や校正料金等の詳細は31頁「線量計校正担当者からのお知らせ」をご覧ください。

防浸鞘は過去3年間に校正を実施した99%以上の電離箱に対応できるよう平行平板形10種類、円筒形38種類を整備しました。残り1%未満の電離箱（表1参照）は電離箱の図面が無いため防浸鞘が未製作です。これらの電離箱については水中校正が実施出来ないため空中校正をご案内させていただきます事をご了承下さい。防水鞘の有無については、当センターまでお問い合わせ下さい。

4. 水中校正による校正定数の変化

10月から11月1日までに校正日数10日、計152件の水中校正を実施しました（故障等の中止やキャンセルを除く）。このうち空中校正

の実績をもつ電離箱92件に対し、水中校正で得た $N_{D,w}$ と前回実績の N_C に $k_{D,X}$ （防浸鞘を用いた場合は $k_{D,X+S1}$ ）を乗じて算出した $N_{D,w}$ との相違（以下、 $N_{D,w}/(N_{C,old} \times k_{D,X})$ ）を図5に示します。 $N_{D,w}/(N_{C,old} \times k_{D,X})$ の平均は0.9974、標準偏差0.0045となりました。まだ僅かな校正件数ではありますが、今のところ特に偏りのない結果となっています。空中校正に比べて水中校正は測定時間を要するため、1日当たりの校正件数は空中校正よりも少なくなっていますが、空中校正と同程度の件数が実施出来るように現在対策を検討しています。

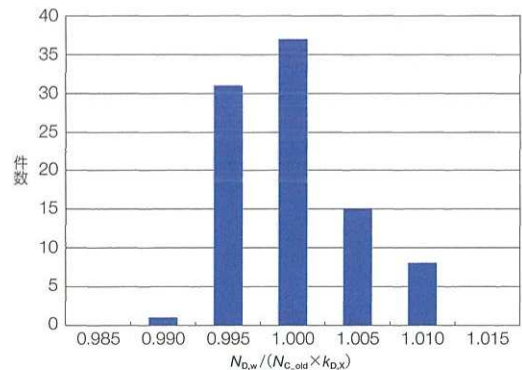


図 5： $N_{D,w}$ と前回実績 $N_C \times k_{D,X}$ との相違（全92件）

委員会の活動報告

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

我が国の放射線治療の精度向上に貢献することを目的として、当財団では「線量計校正事業」並びに「放射線治療品質管理事業」を行っております。そして研究面における評価及び技術的な内容の監理・監督を仰ぐために、関係7学会・機関（日本医学放射線学会、日本放射線技術学会、日本医学物理学会、日本放射線腫瘍学会、

産業技術総合研究所、国立がんセンター、放射線医学総合研究所）および専門家で構成される「医療放射線監理委員会」並びに下部組織の専門部会として「医療用線量等校正部会」、「放射線治療品質管理部会」を設置し、下記のような事項について検討・報告を行っております。

【主な委員会の活動内容】

第4回 医療放射線監理委員会

日時 平成23年11月25日（金曜日）午後14時～17時

議題 1. 線量計校正事業について

- 1-1. 線量計校正実績等について（平成23年度10月までの実績）
- 1-2. 線量計校正施設名の公表について（平成22年度、23年度分）

2. 出力線量測定事業について

- 2-1. 出力線量測定の実績等について（平成23年度10月までの実績）
および出力線量測定報告に関するアフターケアについて
- 2-2. 出力線量測定の確認測定について
- 2-3. Siemens Oncor ウェッジ条件測定結果

3. 医療用線量等校正部会の報告（開催日：平成23年10月17日 午前 実施）

- 3-1. 水吸収線量率標準の進捗（一次標準 産総研）
- 3-2. 水吸収線量校正場の準備状況（二次標準 ANTUM、放医研）
- 3-3. 線量計校正料金の改定案について
- 3-4. 吸収線量標準計測法11（仮）改訂の進捗状況
- 3-5. 機関誌「線量校正センターニュース」についての報告

4. 放射線治療品質管理部会の報告（開催日：平成23年10月27日 午後 実施）

- 4-1. JRS への施設基準項目追加について
- 4-2. 放射線治療装置の訪問測定事業化（案）について

第5回 医療放射線監理委員会

日時 平成24年6月22日(金) 午後14時～17時

- 議題
1. 線量計校正事業について
 - 1-1. 線量計校正の実績等について(平成23年度実績)
 - 1-2. 線量計校正の施設名公表(平成22年度、23年度分)
 - 1-3. 2009年度JASTRO構造調査と財団の線量計校正データベースの比較
 2. 出力線量測定事業について
 - 2-1. 出力線量測定の実績等について(平成23年度実績)
 - 2-2. 出力線量測定の不適切例Web公表について
 - 2-3. 出力線量測定の施設名公表
 - 2-4. Varian CLINAC iXバーチャルウェッジ条件測定結果報告
 3. 医療用線量等校正部会の報告(開催日:平成24年6月7日 午前 実施)
 - 3-1. 水吸収線量校正場からの報告(一次標準、二次標準)
 - 3-2. 線量校正料金改定案内および⁶⁰Co線源交換の検討について
 - 3-3. 吸収線量標準計測法12の進捗状況
 - 3-4. 機関誌「線量校正センターニュース」Vol.2の内容と発刊について
 4. 放射線治療品質管理部会の報告(開催日:平成24年6月7日 午後 実施)
 - 4-1. 訪問測定事業化と出力線量測定の訪問調査の取扱いについて
 - 4-2. 粒子線治療の品質管理(線量計校正の推進)について

医療放射線監理委員会

委員長

池田 恢 市立堺病院 放射線治療科

委員

秋元 哲夫 国立がん研究センター東病院 臨床開発センター
伊丹 純 国立がん研究センター中央病院 放射線治療科:(公社)日本放射線腫瘍学会
井上登美夫 横浜市立大学 医学部:(公社)日本医学放射線学会
内山 幸男 名古屋共立病院 放射線外科センター:(公社)日本放射線技術学会
金井 達明 群馬大学 重粒子線医学研究センター
齋藤 則生 産業技術総合研究所 計測標準研究部門
齋藤 秀敏 首都大学東京 健康福祉学部:(一社)日本医学物理学会
新保 宗史 埼玉医科大学 総合医療センター
西村 恭昌 近畿大学 医学部:(公社)日本医学放射線学会
野田 耕司 放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター
福村 明史 放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター
保科 正夫 群馬県立県民健康科学大学 診療放射線学部
水野 秀之 放射線医学総合研究所 企画部

治療用線量計校正の施設名公表（平成22年度、平成23年度）

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

施設名公表について

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、治療用線量計校正を実施した施設の施設名公表を行っています。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（図1）。本年度（平成24年度）は、平成22年度及び23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。

治療用線量計校正実施医療施設	
千葉県	21施設
医用原子力財団病院 ○○病院 △△医療センター □□会 ××病院 ・ ・ ・	
茨城県	14施設
○○病院 △△総合病院病院 □□中央病院 ・ ・ ・	

図1：施設名公表の掲載例

実際の施設名公表一覧は当財団ホームページ（http://www.antm.or.jp/03_activities/025.html）をご覧ください。

施設の公表状況

平成22年度 校正実施施設

平成22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、本年度に再調査の結果、平成22年度校正実施施設名の公表状況は図2の通りとなりました。医療機関においては99%に相当する施設から公表の同意が得られました。なお不同意の理由として、照射装置の更新による治療中断や照射装置の廃止等の回答がありました。

研究・教育機関やメーカーについては、全17施設から公表の同意が得られました。

平成23年度 校正実施施設

平成23年度に校正を実施した施設の公表状況を図3に示します。平成22年度と同様に、

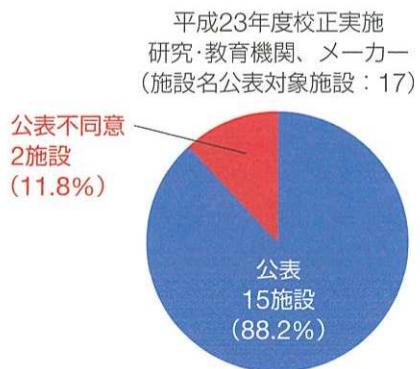
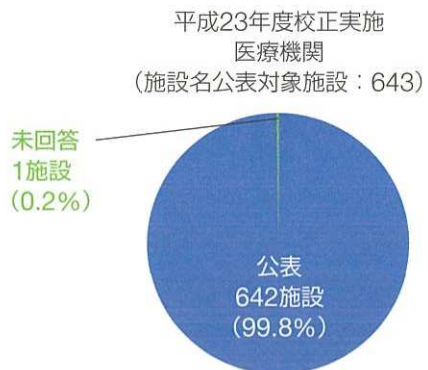
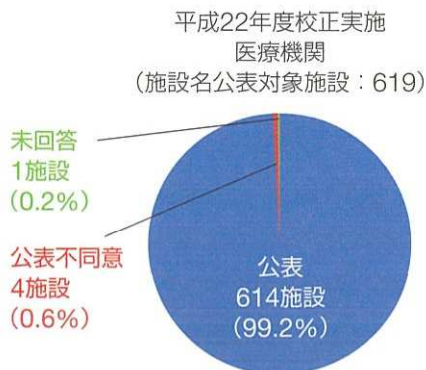


図2：平成22年度校正実施施設の公表状況

図3：平成23年度校正実施施設の公表状況

医療機関においては99%の施設から公表の同意が得られました。

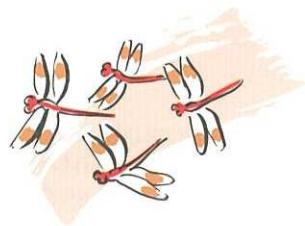
研究・教育機関やメーカーにおいては約90%の施設から公表の同意が得られました。

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 高瀬信宏)

施設名公表へのご理解とご協力について

平成24年9月現在、平成22年度及び23年度に治療用線量計校正を実施した施設を対象として、当財団のホームページにて施設名を公表させて頂いております。いずれも高い公表率を維持することができました。この場を借りまし



平成23年度治療用線量計校正実績（平成23年4月～平成24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

平成23年度は、医用原子力技術研究振興財団が線量計校正事業を開始して以来8年目となる。また、平成21年1月よりJCSS登録事業者としての校正形態に移行してからも3年余が経過した。本年度の実績は、それまでの最多であった21年度は下回ったものの、線量計、電離箱および校正件数の何れにおいても2番目という結果であった。年間の推移として、平成23年3月11日の東日本大震災による校正の一時中断、計画停電による校正時間の圧迫、校正依頼の繰り延べ・キャンセル等が年度の途中まで続いたが、年度後半にはそれも解消した。平成22年度も同大震災の影響が最後に起こったが、年度終了時点では21年度に次いで2番目の実績であった。23年度はこれを上回ったことになり、再び上昇傾向に転じたようにも見られる。ただし、ここ数年の校正数の変動は校正開始時当初に比べ落ち着いており、今後においては急激な大きい増加は望めないとも思われる。

本年度は、大震災の影響を除けば特にこれといった作業上のトラブルおよび機器の不具合もなく、校正そのものは順調に推移した。校正に要した日数は校正数の増大および大震災による作業時間の圧迫に伴い多少増加し、1日当りの校正数は数年前の水準まで後退した。また、平成24年度中に予定されている水吸収線量単位による線量計校正開始のための準備も進んでいるが、業務量も増加し職員の過重な作業負担は

解消されていない。

2. 平成22年度（平成22年4月～平成23年3月）の月別校正数

平成22年度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に示す。また、これらの月平均も同表の最下行に示す。校正日数は年度前半に多かったことが見て取れる。

3. 平成21年度迄との比較

3-1. 月別校正数の年度別比較

図1、2および3に、線量計、電離箱および校正件数の月別実績の、平成20年より23年までの4年間の年度毎の比較を示す。毎年、年度後半、特に年度末に校正依頼が集中する傾向にある。23年度前半は東日本大震災の影響で例年より校正数が少なめであることが判る。月により多少校正数の変動があるのは、連休、学会出席および産総研における標準線量計の校正実施等による業務休止の影響であり、毎年同時期になるように調整している。また、特に校正数の少ない月が存在するが、平成21年2月は⁶⁰Co照射装置の故障、23年3月は大震災発生が原因である。

3-2. 線量計、電離箱および校正件数

平成16年より23年までの、線量計、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を表2および3に示す。平成

18年以降校正数の増減が繰り返されていることが判る。22年は東日本大震災の影響もあってか21年度に比べ約10%の減少であったが、23年度は再び増勢傾向に転じ、校正件数にして前年度より約7%の増加である。

表2の右より2列目は、電離箱の分類の年度別変化である。平成23年度は22年度に比べ僅かに平行平板形の比率が大きくなった。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たが、20年度はこの傾向が逆転し、21および22年度も引き続き円筒形の割合が増え17年当りのレベルになった。ただし、いずれにしても大きい変化ではなく、電離箱種類の比率も、およそこの辺りに落ち着くのではないかと思われる。1日当りの校

正数は、東日本大震災の影響による校正時間の制約があり、年度前半においてはかなり減少せざるを得なかった。年度後半は例年の状態に復帰したが、年間の平均では前3ヵ年を下回る結果となった。従って、年間の校正日数も100日を超えることとなった。

3-3. 校正依頼形態

表4は線量計校正依頼形態の年度別変化である。ユーザーからの直接校正依頼の比率の減少は平成20年度まで継続しており、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%に近かったものがここ数年は25%前後となっている。これまでの校正申込みの増加の大部分が線量計販売業者等の仲介

表1：平成23年度月別校正数

年 / 月	校正日数	線量計数	電離箱数			校正件数	校正依頼形態	
			円筒	平行平板	合計		直接	仲介
23/4	9	53	79	48	127	175	3	50
23/5	9	62	83	48	131	179	19	43
23/6	12	81	139	83	222	305	14	67
23/7	9	70	108	57	163	220	13	57
23/8	7	60	75	52	127	179	20	40
23/9	8	70	105	50	155	205	17	53
23/10	6	50	72	40	112	152	9	41
23/11	8	69	102	61	163	224	10	59
23/12	8	75	115	71	186	257	12	63
24/1	8	78	114	70	184	254	12	66
24/2	10	94	139	82	221	303	26	68
24/3	9	84	124	73	197	270	15	69
合計	103	846	1,253 (63.0%)	735 (37.0%)	1,988 (100%)	2,723	170 (20.1%)	676 (79.9%)
月平均	8.6	70.5	104.4	61.2	165.7	226.9		

電離箱数合計の%は、円筒形および平行平板形の電離箱総数に対する割合。線量計校正依頼形態合計の%は、直接および仲介分の線量計総数に対する割合

証明書作成 (JCSS) : 816 通 (13 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)

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 23	846 (1.054)	1,253	735	1,988 (1.065)	1.704	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 (-)

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 23	103	8.21	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

表4：校正依頼形態

年度	① 直接	② 仲介	①/②
平 23	170	676	0.2515
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出入り業者等
 による仲介（料金支払い代行のみを含む）

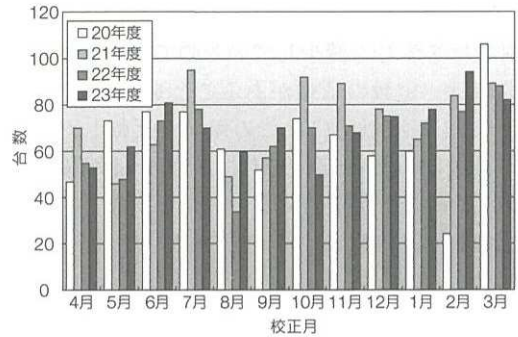


図1：線量計月別校正数（平成20～23年度）

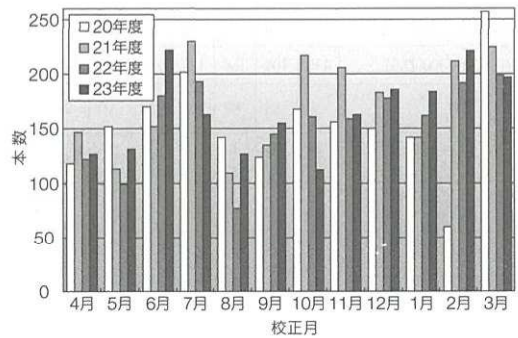


図2：電離箱月別校正数（平成20～23年度）

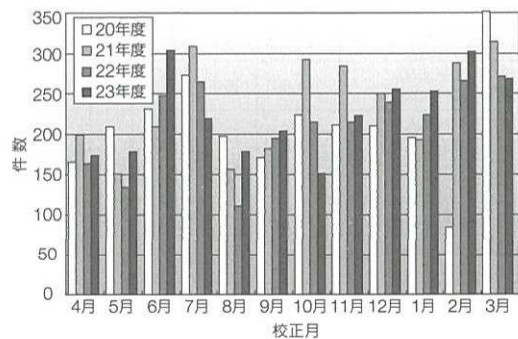


図3：月別校正件数（平成20～23年度）

に起因するものであり、ユーザー直接依頼の絶対数は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を示している。平成 21 年度以降にはこの傾向が反転したように見受けられるが、これまで分けが曖昧であった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）の校正をユーザー直接依頼

分に含めたためこの区分が増加した。

4. 校正データの解析

表 5 および 6 に、校正依頼のあった電位計および電離箱形式の年次変化を示す。電位計の上位機種には、あまり大きな順位の変動は見られないが、IONEX DOSEMASTER は引き続き

表 5：線量計の機種別集計

機種名	平16	平17	平18	平19	平20	平21	平22	平23
RAMTEC1000plus	151	196	254	229	275	274	256	259
RAMTEC Smart	0	0	16	81	105	183	205	258
RAMTEC1000D/H	115	104	158	128	131	121	98	80
UNIDOS10001/ 10002/10005	59	85	93	105	82	90	79	75
UNIDOS weblin10021/ 10022	**	**	**	**	20	27	32	45
KEITHLEY35040 (同等品)	12	16	24	28	26	48	41	39
AE130/131/132/132a*	43	35	37	28	26	31	24	18
IONEX DOSEMASTER 2590A/B	75	72	79	62	44	38	17	16
KEITHLEY6517A/ 617/6514	<4	4	11	7	8	14	10	15
UNIDOS E10008/ 10009/10010	**	**	**	**	5	2	7	9
MAX4000	9	13	14	11	13	14	3	9
Super MAX	0	0	0	0	5	6	6	4
DOSE1	<4	5	5	5	8	7	4	4
VICTOREEN500/ 500-1/500SI/530SI	27	35	25	20	15	10	4	4
DOSE-DOSERATE METER2620/A	11	8	13	8	6	8	5	3
PC Electrometer	0	0	0	0	0	2	4	2
CAPINTEC192/A/292*	6	8	3	6	4	2	2	2
DOSEMETER2570/ A/1B/2670A*	4	4	4	9	2	5	3	1
RAMTEC2000	4	2	3	1	2	1	1	0
Others	15	8	4	1	1	2	2	3
合計	535	595	743	729	776	885	803	846

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。その他の機種の内訳は H16:7、H17:5、H18:4、H19:1、H20:1、H21:3、H22:2、H23:3。**は、平成 19 年までは UNIDOS10001 系にまとめて集計した

表 6：電離箱の型式別集計

型式名	種別	平16	平17	平18	平19	平20	平21	平22	平23	Note
30013	C	158	242	371	463	575	739	743	841	WP
NACP-02	P	99	127	177	200	221	245	208	250	WP
30001	C	280	267	346	275	274	242	189	159	nWP
PPC40	P	<4	12	40	62	81	117	132	149	WP
34045	P	19	35	56	77	100	137	125	136	cap
23343	P	250	242	292	216	208	184	149	125	cap
30010	C	75	87	100	93	85	96	80	72	nWP
34001	P	20	34	31	39	46	47	53	55	WP
31010/31002	M	15	15	16	20	31	33	44	31	WP
C110(0.6ml)	C	66	49	45	39	36	39	43	27	nWP
A12	C	8	16	18	20	26	36	13	22	WP
30006	C	22	32	29	28	24	23	20	17	WP
31014/31016	Pin.Po.	<4	<4	5	7	9	9	7	15	WP
A12S	C	5	6	8	8	10	17	11	14	WP
31013/31003	C	<4	<4	<4	6	6	12	13	14	WP
23333/4/2	C	68	80	91	53	50	37	13	13	nWP
A10	P	5	9	8	9	10	7	2	8	cap
P11	P	4	6	6	4	7	12	5	8	WP
FC65P	C	<4	<4	<4	<4	<4	4	2	5	WP
23323	M	6	5	7	4	5	3	5	5	WP
C134A	P	11	16	16	11	8	7	6	5	nWP
31006	Pin.Po.	<4	5	8	6	9	6	4	3	?
その他		32	40	40	20	18	14	8	15	
合計		1,154	1,334	1,719	1,663	1,839	2,071	1,867	1,988	

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（ファーマ）形、P は平行平板形、M はマイクロ形、Pin Po. はピンポイント形を示す。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

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

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、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

校正依頼が減少している。電離箱では防水タイプの増加が著しく、特に、防水の Farmer 形 (PTW30013) の校正依頼が年度を追って上昇していることが判る。一方、非防水の Farmer 形 (PTW30001) および Markus 形 (PTW23343) は減少傾向が継続している。表7は、電離箱の校正履歴分類の年次変化である。財団による校正も8年が経過し、電離箱については、新規購入分を除くとおよそ95%以上がデータベースに登録されており、ほとんどの電離箱のデータが把握できるようになった。なお、これまでの校正実績の集計の一部は当財団HPにアップしてある。

表7の右の2欄は、校正定数を比較できる電離箱について新旧の校正定数の比の平均と標準偏差である。平成22年度に決定されたユーザー電離箱の校正定数の変化（決定された構成定数の前回のものとの比）の平均は 1.00141 ± 0.00380 ($n=1682$) であり、22年度 (1.00027 ± 0.00404) に比べ多少上昇した。この変化は、平成16年より18年までは僅かではあるが連続して下降気味であったのが、19年に逆転しその傾向が続いていることになる。また、財団が校正を開始した直後の数年はこの比の標準偏差は0.6%前半であったが、19年には初めて0.5%前半

ばとなり、20年以降も0.4%台あるいはそれ以下と引き続き改善した。ここ数年の比の平均は0.1%以下であり、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る。

5. JCSS 関連

当財団が、水吸収線量による線量計校正（水中校正）をJCSS登録事業者として実施するため、製品評価技術基盤機構（NITE）に対し、平成23年12月に該当区分のJCSS登録申請を行った。加えて、照射線量および空気カーマ単位による校正（空中校正）を登録して以来、4年目を迎えるので、水中校正と同時に同校正の登録更新の申請も行った。これに対し、NITEの書類審査があり、更に3月12、13日に現地審査があり、指摘された不適合事項に対する処置を進めた。また、登録申請に必要な水中校正（3月6日）および空中校正（平成24年5月23日）の技能試験にも参加した。

平成24年度9月までに、水中校正に必要な全ての手続きを完了し、特定二次標準器として同校正に用いる線量計のjcss校正も終了し、同年10月よりJCSS校正事業者として水中校正を開始する予定である。

（線量校正センター 佐方周防）

出力測定の実績等について

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

1. 出力測定の集計

平成23年度までに出力測定を行った施設、治療装置、ビーム数およびその他の集計を表1に示す。事業開始より平成24年3月までの施設の合計は198、装置の合計は225、ビーム数は736（校正条件ビーム数：424）であった。エネルギー別では10 MVが最も多く、次いで6 MVであった。ただし、4 MVと6 MVの依頼数は年度によって増減がある。校正条件ビームのみのエネルギー別集計は後出の表3に示すが、10 MVが突出して多く、4 MVと6 MVはほぼ同数であった。23年の単年度の集計は、

22年度に比べ施設数にして10%、ビーム数にして15%程度の減少であるけれども、校正条件ビームに限定すれば微減である。従って、22年度から開始した条件付測定が2年目に大幅に減少したことになるが、それでも条件付測定の依頼数が校正条件を上回っている。

2. 財団で評価した線量と施設側で照射した線量との相違

表2に、各ビームについて、財団で評価した線量と、各施設より申告された線量との差を示す。何れも校正条件ビーム（n = 424）での比

表1：出力測定内容の集計

項目		平19	平20	平21	平22	平23	累計
施設		14	43	45	50	46	198
装置		17	50	61	59	54	225
エネルギー	4 MV	9	20	29	78	64	200
	6 MV	8	29	25	95	84	241
	10 MV	13	35	40	112	88	288
	15 MV	0	3	0	3	1	7
	合計	30	87	94	288	237	736
区分	拠点	12	33	34	38	35	152
	一般	2	10	11	12	11	46
条件	Calibra	30	87	94	109	104	424
	Wedge	-	-	-	53	58	111
	Field	-	-	-	126	75	201

- ・区分の拠点はがん診療連携拠点病院、一般はその他の病院を指す
- ・実施日の区分は報告書の発行日

表2：施設より申告された線量と財団で評価した線量の差(%)

範囲(%)	合計 (19～23)	平19	平20	平21	平22	平23
～-2.25	4	0	1	1	1	1
-2.25～-1.75	4	0	0	0	2	2
-1.75～-1.25	17	2	1	6	6	2
-1.25～-0.75	28	3	3	5	10	7
-0.75～-0.25	58	2	9	13	13	21
-0.25～0.25	75	2	16	15	20	22
0.25～0.75	78	4	12	23	22	18
0.75～1.25	82	9	25	14	19	15
1.25～1.75	44	6	12	10	7	8
1.75～2.25	17	1	2	5	5	4
2.25～2.75	9	1	3	1	2	1
2.75～3.25	7	0	3	0	2	2
3.25～	1	0	0	1	0	0
ビーム数	424	30	87	94	109	104
平均	0.387	0.573	0.677	0.356	0.240	0.264
標準偏差	1.039	1.051	0.991	1.016	1.076	1.022

校正条件のビームのみ

較である。0.75より1.25%のものが最も多く、次いで0.25より0.75%台であった。従って、財団とユーザーの差は多少プラス目である。範囲は-2.7%より3.6%であり、±2.5%を超えるのは14ビーム(内2ビームは15MV)であった。平成19年および20年では0.6%前後であった差が21年より減少に転じ、23年度は0.264となった。ただし、標準偏差は何れの年度でもおよそ1%である。平成23年度のみこの傾向は特に4MVに著しい。平成23年度のみこの差の分布を図1に示す。平均が0に近づき、プラス傾向が改善気味であることが判る。

表3は、エネルギー別の線量の差とばらつきである。差の平均は、4MVで小さく、10MVでは大きかったが、ばらつきは6MVが最も小さかった。

3. 校正条件以外の測定

平成22年度より校正条件以外の出力測定も開始した。この2年間の条件付測定の内容を表4および5に示す。平成23年度は、照射野条

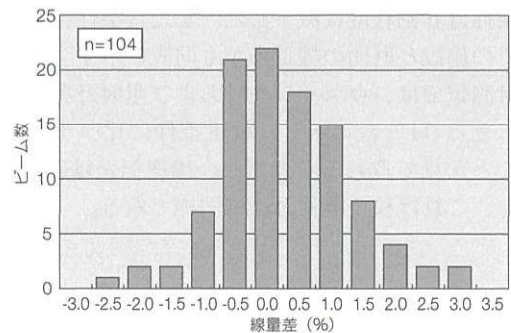


図1：施設より申告された線量と財団で評価した線量との差(平成23年度、校正条件のビームのみ)

表3：校正条件ビームのエネルギー別線量の差の平均と標準偏差

エネルギー	ビーム数	平均	標準偏差
4 MV	117	0.108	1.027
6 MV	124	0.352	0.876
10 MV	178	0.552	1.087
合計	424	0.387	1.039

合計には、15MVの4ビーム分を含む

表6：1施設当りの申し込み条件数

年度	校正	ウエッジ	照射野	合計
平19	2.14	-	-	2.14
平20	2.02	-	-	2.02
平21	2.09	-	-	2.09
平22	2.18	1.06	2.52	5.76
平23	2.26	1.26	1.63	5.15

表4：ウエッジ条件のビーム数と線量の差

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22	23	18	8	4	53	0.075	1.093
平23	20	40	15	13	58	0.129	1.085
累計	43	40	15	13	111	0.104	1.085

表5：照射野条件のビーム数と線量の差

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22	55	19	48	4	126	0.135	1.127
平23	33	4	34	4	75	-0.164	1.077
累計	88	23	82	8	201	0.036	1.116

件は75ビーム、ウエッジ条件は58ビームであり、いずれも校正条件の104ビームを下回った。ウエッジ条件は22年度を上回ったが、照射野条件は6割程度に減少した。また、条件付測定での施設と財団の線量の差も同表に示す。条件付測定では、ウエッジ条件および照射野条件とも差は0.1%台であり、校正条件に比べ小さいことが見て取れる。ただし、標準偏差は約1%と、これは校正条件とほぼ同様である。

表6は1施設当りの申込条件数（ビーム数）である。平成21年以前と同料金で2倍のビーム数が測定可能となったが、21年までに比べると実際は条件拡大に伴いより多くのビームの測定が申し込まれていることになる。また、校正条件およびウエッジ条件の1施設当りの申し込みは年度による変動が少ないが、照射野条件は変動のあることが判る。

(線量校正センター 佐方周防)

出力線量測定担当より

●出力線量測定とは

近年様々な放射線照射事故が報告されており、2003年に露見した過剰照射事故では対象患者約270名、慰謝料総額は約10億円にも上り、1名の患者の死亡原因として疑われています。このような医療事故を未然に防止する策の一つとして、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カ国、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。また、米国の放射線物理センターによる郵送調査では全米放射線治療施設の8割が参加しています。当財団では蛍光ガラス線量計(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。

●評価項目について

1セット(84,000円+送料5,700円)のお申込みで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頂くことになり、その他については任意のX線エネルギー(4、6、10、15 MV)、照射野(5×5、15×15、20×20、25×25 cm²)、ウェッジ角(15、30、45、60°)をお選び頂けます。

●測定の流れについて

申込書の確認後、出力線量測定の測定セット(RGD、個体ファントム等)の発送日およびスケジュール等の打ち合わせを行います。測定セットの発送は原則として月曜日に設定しております。運送状況により送付日が遅れる場合がありますので、照射日を予め決定される場合はこの点をご配慮頂けますよう、お願い致します。施設にて規定の照射を実施して頂き、返送された素子を測定し出力線量を評価致します。測定セット発送日から約4週間で測定結果報告書をお届け致します。

●申込方法について

当財団のホームページ(http://www.antm.or.jp/03_activities/0333.html)より申込書を入力して頂き、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」では申込書および送付先が異なります。

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：

国立がん研究センターがん対策情報センター
がん医療支援研究部 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：03-3542-2511 (内線：2457)
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

ソフトウェッジビームなど、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)をお願いさせて頂く可能性があります。そのような場合は、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頂きます。

●照射記録に係わる不適切例の公表について

出力線量測定事業は今年で6年目を迎え、これまで出力線量測定を実施した施設は約140施設にも上ります。幸いにも、許容範囲(線量差が±5%)を超える事例は検出いたしませんでした。標準測定法01に準拠していない等の不適切な事例が数々見られました。これらの事例および対策について財団ホームページに掲載する予定です。この情報が各施設における出力線量の品質管理の向上に繋がれば幸いです。

●実施施設名の公表について

2007年度から2011年度に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本誌紙面、財団ホームページおよびJRS等の関連学会のホームページにて公表致します。現状では放射線治療施設770(2009年JASTRO調査)のうち約18%の施設で実施されており、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。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頂きたいと考えております。

Information
お知らせ

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 片寄哲朗)

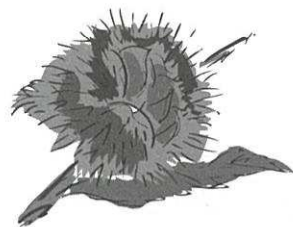
● 2007年度～2011年度治療用照射装置(X線)の出力線量測定実施施設一覧(115施設)

北海道	9 施設	神奈川県	2 施設
J A 北海道厚生連旭川厚生病院		横浜市立市民病院	
J A 北海道厚生連札幌厚生病院		昭和大学横浜市北部病院	
KKR 札幌医療センター			
医療法人溪仁会手稲溪仁会病院		埼玉県	2 施設
岩見沢市立総合病院		埼玉医科大学総合医療センター	
砂川市立病院		川口市立医療センター	
市立釧路総合病院			
社会医療法人母恋日鋼記念病院		千葉県	6 施設
独立行政法人国立病院機構函館病院		医療法人鉄蕉会亀田総合病院	
		国保直営総合病院君津中央病院	
青森県	3 施設	社会福祉法人恩賜財団済生会	
弘前大学医学部附属病院		千葉県済生会習志野病院	
三沢市立三沢病院		千葉県がんセンター	
青森県立中央病院		千葉大学医学部附属病院	
		東京歯科大学市川総合病院	
宮城県	3 施設	茨城県	3 施設
石巻赤十字病院		筑波大学附属病院	
地方独立行政法人宮城県立病院機構		東京医科大学茨城医療センター	
宮城県立がんセンター		独立行政法人国立病院機構茨城東病院	
東北厚生年金病院			
秋田県	2 施設	栃木県	2 施設
秋田大学医学部附属病院		社会福祉法人恩賜財団済生会支部	
大館市立総合病院		栃木県済生会宇都宮病院	
		日本赤十字社足利赤十字病院	
山形県	2 施設	群馬県	1 施設
山形県立中央病院		桐生厚生総合病院	
山形市立病院済生館			
東京都	8 施設	新潟県	5 施設
公立阿伎留医療センター		J A 新潟厚生連上越総合病院	
公立昭和病院		社会福祉法人恩賜財団済生会支部	
順天堂大学医学部附属練馬病院		新潟県済生会済生会新潟第二病院	
東京医科歯科大学医学部附属病院		新潟県立中央病院	
東京医科大学病院		新潟市民病院	
東京厚生年金病院		新潟大学医歯学総合病院	
同愛記念病院			
日本大学医学部附属板橋病院			

長野県	1 施設	兵庫県	5 施設
長野赤十字病院		公立豊岡病院組合立豊岡病院	
富山県	1 施設	財団法人神戸市地域医療振興財団	
黒部市民病院		西神戸医療センター	
石川県	4 施設	神鋼病院	
金沢大学附属病院		独立行政法人国立病院機構姫路医療センター	
公立松任石川中央病院		兵庫県立がんセンター	
石川県立中央病院			
独立行政法人国立病院機構金沢医療センター			
愛知県	8 施設	京都府	5 施設
愛知医科大学病院		京都市立病院	
愛知県がんセンター中央病院		市立福知山市民病院	
一宮市立市民病院		社会福祉法人京都社会事業財団京都桂病院	
公立陶生病院		独立行政法人国立病院機構京都医療センター	
社会保険中京病院		独立行政法人国立病院機構舞鶴医療センター	
半田市立半田病院			
豊橋市民病院		和歌山県	3 施設
名古屋市立東部医療センター		社会保険紀南病院	
岐阜県	4 施設	日本赤十字社和歌山医療センター	
岐阜市民病院		和歌山県立医科大学附属病院	
高山赤十字病院			
社会医療法人厚生会木沢記念病院		鳥取県	1 施設
地方独立行政法人岐阜県総合医療センター		鳥取県立中央病院	
静岡県	5 施設	島根県	1 施設
静岡済生会総合病院		島根県立中央病院	
総合病院聖隷三方原病院			
総合病院聖隷浜松病院		岡山県	1 施設
磐田市立総合病院		独立行政法人国立病院機構岡山医療センター	
浜松医療センター			
三重県	1 施設	広島県	1 施設
伊勢赤十字病院		県立広島病院	
大阪府	6 施設	山口県	2 施設
ベルランド総合病院		医療法人聖比留会セントヒル病院	
近畿大学医学部附属病院		総合病院社会保険徳山中央病院	
社団法人全国社会保険協会連合会			
星ヶ丘厚生年金病院		香川県	1 施設
大阪赤十字病院		香川県立中央病院	
地方独立行政法人堺市立病院機構市立堺病院			
独立行政法人国立病院機構大阪医療センター		愛媛県	1 施設
		独立行政法人国立病院機構四国がんセンター	
		高知県	2 施設
		高知県・高知市病院企業団立高知医療センター	
		高知大学医学部附属病院	

福岡県	5 施設	熊本県	2 施設
公立八女総合病院		熊本市立熊本市民病院	
社会医療法人雪の聖母会聖マリア病院		荒尾市民病院	
大牟田市立病院			
独立行政法人国立病院機構九州がんセンター		大分県	1 施設
北九州市立医療センター		九州大学病院別府病院	
長崎県	3 施設	宮崎県	2 施設
社団法人全国社会保険協会連合会		宮崎大学医学部附属病院	
健康保険諫早総合病院		社団法人八日会藤元早鈴病院	
独立行政法人国立病院機構長崎医療センター			
日本赤十字社長崎原爆病院		鹿児島県	1 施設
		社会医療法人聖医会サザン・リージョン病院	

※ 2012年8月末日までに承諾を得られた施設を掲載。不同意の施設については未掲載。



編集後記

冬めくころとなりました。

今年は残暑が厳しく、冬の訪れは遅いと思っておりましたが晩秋を迎えたと思ったら、いっきに寒気が押し寄せてきました。先日は日光の神社の冬の凜とした空気に触れ、気持ちよく感じて帰ってきたところです。

センターニュースの第2号では、近年その重要性が増しております第三者評価の出力測定事業を紹介させていただきました。池田委員長の巻頭言、新保先生の解説をご一読いただければ幸いです。

遅れておりました念願の水吸収線量校正を10月より開始させていただきました。

当初は、年度途中での開始のため水吸収線量校正に移行する施設は、全体の2割程度と見ておりましたが、開けてみますと水吸収線量校正の申し込みが全体の8割程度となり、施設における放射線治療の質保証への意識の高さに驚かされております。

水吸収線量校正作業は従来の空中場での校正と違い作業時間と精度管理に時間がかかるため、校正のご依頼に少々遅れが発生しご迷惑をおかけしております。対策を取っておりますので、宜しくご理解を頂きたいお願い申し上げます。

(T.T)



新製品のご紹介

マンモグラフィー・I V R・診断用 超小型電離箱式線量計

- 新開発のカーボン薄膜採用で飛躍的に特性向上
- 線量・線量率同時測定可能 ●優れたエネルギー特性
- 高感度、高安定、高性能 ●小型軽量・コンパクト
- AC/DC 2電源駆動 ●低価格を実現



概略仕様

AE-1341D

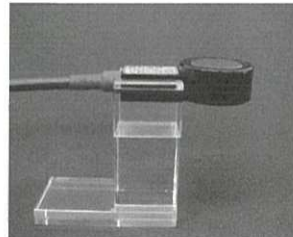
表示 デジタル3 1/2桁表示

測定範囲 0.00~200.0[mGy及びμGy/sec]

レンジ2段切替: 20: 0.00~20.00

200: 0.0~200.0

*測定中の感度の切替は可能です



C-MA (電離箱)

1円玉と比較した様子

環境モニタリング、除線則の決定版!

電離箱式サーベイメータ

東日本大震災被災地及び原子力発電所等にて活躍中!

＜優れたエネルギー特性及び温度特性で評価が簡単＞



AE-133L Z

測定範囲: 0.01 μSv/h~100 μSv/h

AE-133L Z (Gy)

測定範囲: 0.01 μGy/h~100 μGy/h

電離箱容量約900ml

写真は、AE-133LZ (Gy)

データ収集装置DAQ-133と組み合わせると、測定データ及びGPS情報と時刻をSDカードに記録できます。記録したデータを基に、簡単に線量分布マップを描くことができます。詳しくは弊社ホームページをご覧ください。

●品質向上のため、おことわりなしに仕様の一部を変更する場合があります

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
- 微小電流測定器

国内No.1 Dosimeter* RAMTECシリーズの最新版

*国内No.1 Dosimeter：RAMTECシリーズ(RAMTEC 1000D、RMTEC 1000plus)線量計には、800台を超える(2007年4月現在)国内医療施設への納入実績があります。

RAMTEC Smart

高精度線量計 Universal Dosimeter

RAMTEC Smartの特徴

- 見やすく色鮮やかな大型カラーTFT液晶搭載
- 完全日本語表示の快適な操作環境
- タッチパネル、ジョグダイヤルによる簡単操作
- 温度、気圧、各種線量変換係数、イオン再結合補正係数、その他補正係数等の入力により線量を直読可能
- 各種測定単位で測定可能 [C, Gy, R, Sv, A]
- ノートPCやプリンタへUSBポートで接続可能
- RAMTEC LinkでMicrosoft Excelに測定データを送信
- QCのメインステーションにふさわしい洗練された外観デザイン



放射線測定における
QCのメインステーションへ。
精度と操作性を高め、
線量計の理想を追求したRAMTEC Smart。

For All Your Tomorrows
TOYO MEDIC

<http://www.toyo-medico.co.jp/> E-mail info@toyo-medico.co.jp

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
大阪支店：〒550-0014 大阪府大阪市西区北堀江1-19-1
TEL. (06) 6535-5741 (代表) FAX (06) 6535-5745
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

We can provide efficient tools for helps in RT

Dairy Linac QA Tools

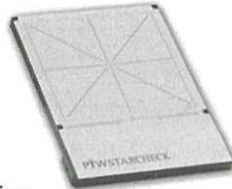
UNIDOS^{webline}

リファレンス線量計



STARCHECK

スタージオメトリ
イオンチェンバアレイ



QUICKCHECK^{webline}

日常QCチェッカー



LINACHECK

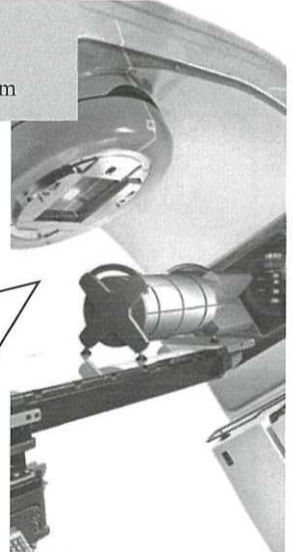
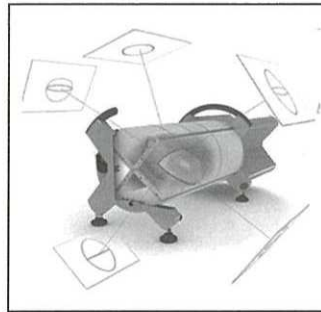
モニターテストデバイス



IMRT Dosimetry Tools

Delta⁴® PT

IMRT/VMAT Verification system



Optimize RTP Workflow

MIM Maestro

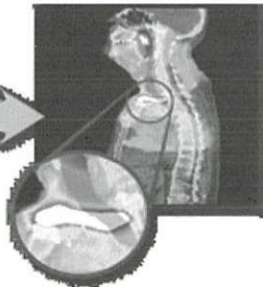
deformable registration software

前回治療時



新たな疾患

変形線量合算
最大総線量: 102 Gy



Dosimetric Phantoms



国内総販売元 ユーロメディテック株式会社

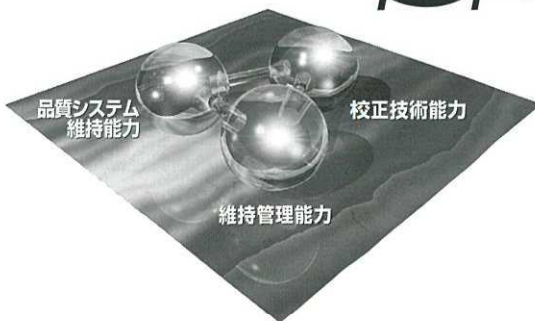
【本社】〒141-0022 東京都品川区東五反田2-20-4 NOF高輪ビル

TEL:03-5449-7585 FAX:03-5449-0234

Euro Meditec

URL <http://www.euro-meditec.co.jp/>

放射線測定器 校正サービス



放射線測定器の校正はお済ですか？

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。

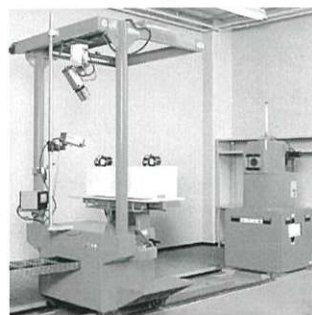
校正には、国家標準とのトレーサビリティが明確になっていることが必要です。放射線測定器は、トレーサビリティが明確な基準に基づく校正を行ってはいじめて精度の高い測定が実現します。

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。



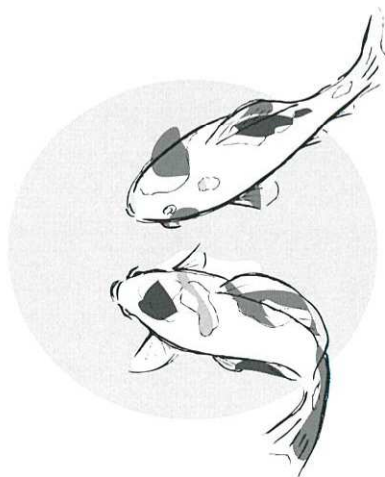
CHIYODA TECHNOL CORPORATION

株式会社 千代田テクノル 営業部

〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

TEL03 (3816)1163

www.c-technol.co.jp



線量校正センターニュース 第2号

編集・発行 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-8-16 第2升本ビル

●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