

線量校正センター

Vol. 6

ニュース News

Therapy-level Dosimetry and Calibration

解説

財団が実施する放射線治療装置の
出力測定についての状況報告

光子線の標準線量計測における
電離箱の選択について

話題

- 山口県における放射線治療装置出力の
第三者相互評価事業について
- IMRT 訪問測定の現状と IMRT 郵送測定への
移行実施状況について



公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

「線量校正センターニュース」 vol.6

contents

巻頭言	技術の進歩に対応した財団業務の今後の展開について…………… 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	財団が実施する放射線治療装置の出力測定についての状況報告…………… 2 新保宗史 (医療放射線監理委員会 放射線治療品質管理部会会長、 埼玉医科大学総合医療センター 中央放射線部 放射線治療品質管理室)
	光子線の標準線量計測における電離箱の選択について…………… 6 片寄哲朗 (千葉県がんセンター 放射線治療部 物理室)
話題	山口県における放射線治療装置出力の第三者相互評価事業について…………… 11 田辺悦章 (山口大学医学部附属病院 放射線部)
	IMRT 訪問測定の現状と IMRT 郵送測定への移行実施状況について…………… 14 峯村俊行 (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)
報告	分離校正サービスに関する進捗と留意点…………… 18 高瀬信宏 (医用原子力技術研究振興財団 線量校正センター)
資料	治療用線量計校正の実績 (平成27年4月～平成28年3月) …………… 21 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 …………… 29 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における施設名公表について…………… 34 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…………… 43
	財団ホームページの線量校正センター関連の更新…………… 44
編集後記	…………… 45

技術の進歩に対応した財団業務の 今後の展開について

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



「線量校正センターニュース」第6号をお届けいたします。医用原子力技術研究振興財団では平成16年(2004年)以来、放射線治療分野の線量計校正、および発生器の出力線量の測定の事業に携わり、皆様や関係各位の絶え間ないご協力のお蔭で着実な歩みを遂げてきたと思います。

出力測定業務では、新たに以下の業務を含めていくことになりました。平坦な側方線量分布を持たない機器、すなわちFFF(Flattening Filter Free)リニアック、およびTomoTherapy、CyberKnifeなどの出力測定にも対応できるようになりました。このためにはファントム内のガラス線量計素子の挿入間隔を小さくしたもので対応します。

分離校正とは耳新しい言葉かもしれませんが。線量計は計測本体(=電位計)と計測用電離箱とから成っており、それぞれ個々に特性があります。現状では財団が行っている線量計校正は、電位計と電離箱とを一体として校正(一体校正)していますが、これを、各施設に所持の複数の電離箱などにも対応するため、電位計と電離箱のそれぞれに校正値を与える(分離校

正) こととする予定です。本・ニュース第5号(2015年)でも進捗を報告いたしましたが、各施設の現場で余計な混乱を招くことにならないように、なお詳細検討を進めています。

時代は高精度放射線治療の時代であり、IMRTは今や多くの施設で盛んにおこなわれています。その治療の質が適切かどうかを第三者的にも検証しておく必要があるかと考えます。現在わが国では研究班レベルでIMRTの検証が行われています。即ちIMRT専用の測定ツールを用いて、訪問測定によるプログラムが実施されていますが、ゆくゆくは郵送法で実施できる体制づくりを目指したいと考えており、その面の研究も進むことが期待されます。

振り返って「ニュース」第1号(創刊号、2011年)を見ますと、記事として標準計測の水吸収線量への変更(のちに標準計測法12として実現)、第三者出力測定(財団で事業化)のほか、訪問調査、分離校正、またマンモグラフィ用X線の線量標準などが掲載されており、この時点で展望されていたと考えられます。着実に歩を進めているとあってよいかと思います。

財団が実施する放射線治療装置の出力測定についての状況報告

新保宗史¹⁾、水野秀之²⁾、山下 航³⁾、佐方周防³⁾

- 1) 埼玉医科大学総合医療センター
- 2) 放射線医学総合研究所
- 3) 医用原子力技術研究振興財団

医用原子力技術研究振興財団（以下財団と記載）が出力測定を事業として始めたのは2007年11月で、その後9年が経過し、のべ測定施設数は2015年度末に629施設となった。測定を行ったことのある施設数は388施設（内、医療機関は374施設（公表データより））となった。388施設のうち、一回のみの実施は254施設、2回実施が86施設、3回以上実施が48施設となっている。

厚生労働省の「主な施設基準の届け出状況等：15放射線治療：高エネルギー放射線治療（年間合計100例以上実施等）」では、平成27（西暦2015）年度の届け出医療機関数670（病院数と診療所数の合計）となっている。財団が行う線量計校正では平成27年度740の医療施設が線量計の校正を行っている。平成27年度の施設名公表のためのデータから、現在放射線治療を行っている医療施設は870施設（公表可＋不同意＋未回答、治療装置の中断、廃止、および対象外を含まない）を見込む。

すべての放射線治療実施施設を網羅する情報ではないが、放射線治療実施施設の4~5割（診療報酬申請施設：374 / 670 = 0.56、財団線量計校正実施施設：374 / 870 = 0.43）が財団の出力測定を実施しており、また、出力測定を実施した施設の3割5分（(86+49) / 388 = 0.35）が複

数回の測定を実施している。財団で把握する外部評価実施状況以外に、海外の出力測定を行う施設や、地域で相互に線量評価を行っている施設もある。年度ごとの出力測定実施施設数について、年度別の初回測定、2回、3回以上の施設数を図1に示す。がん診療拠点病院の認定条件に外部評価が含まれた時期から施設が増加している。また、複数回の出力測定実施施設も年度ごとに増加している。

財団が行う出力測定には、照射野条件やウエッジ条件もあるが、今回は校正条件（10 x 10 cm² d=10 g/cm³）のみを解析した。評価施設は

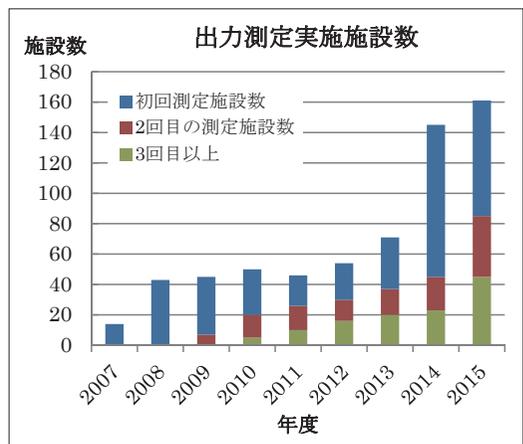


図1

388施設、評価ビーム数は1191ビームである。測定日ごとの施設別出力測定結果を図2に示す。回数はその施設ごとの財団出力測定実施回数である。

縦軸は、蛍光ガラス線量計での吸収線量検出値を、施設で算出した吸収線量で除したものであり、横軸は測定日としている。測定値や記入用紙に疑問がある場合には施設担当者と相談し、必要な修正を行ったものを記載している。

出力測定事業の目安では、5%を超えたら対応するとしているが、実際には3%を超える場

合に、施設担当者と相談して、原因究明に努めている。原因が明確にならない場合には、再測定を行うなどの対応をしており、図中の相違が3%を超える結果については、その後の再測定で相違が3%以内であることを確認している。

これらの結果から、多くの施設の出力は正しく管理されていることが期待できるが、一方、出力測定を実施していない施設の管理状況がどのようになっているのか、不安がある。

施設ごとの測定結果を図3に示す。横軸は初回測定の日付になっている。

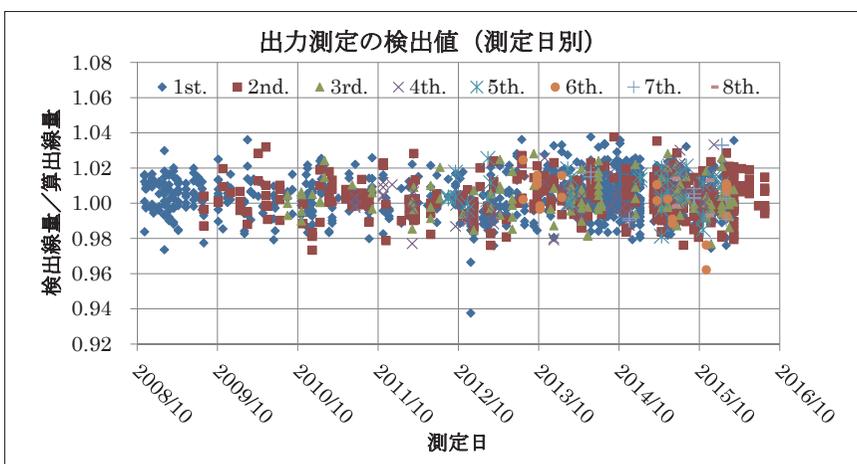


図2

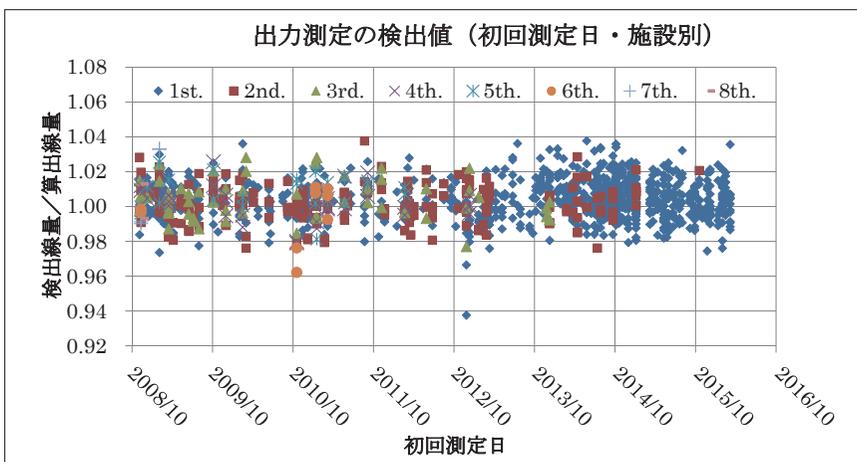


図3

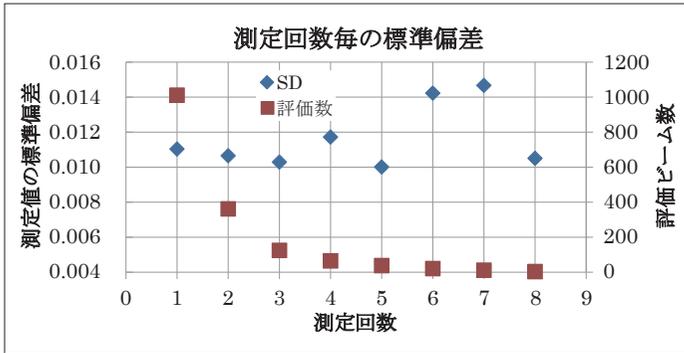


図4

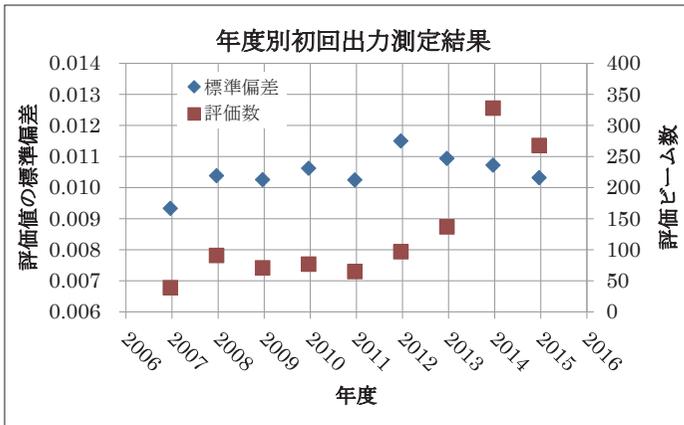


図5

出力測定開始から数年の年間実施施設が少ない時期に出力測定を行った施設は、繰り返し出力測定を行う施設が多いようだ。2013年度以降に初回出力測定を行った施設では、2回目、3回目の測定実施を行う施設は少ないようだが、今後、定期的実施するようになることを期待している。

複数回の出力測定で、検出値が改善するという明確な結果は得られなかった。施設の測定回数毎の測定値の標準偏差を図4に示す。左軸が標準偏差で、右軸は評価ビーム数である。

各施設の測定結果で、初回測定結果の標準偏差は0.0110で、2回目、3回目の標準偏差はそれ

ぞれ、0.0107、0.0103となり、減少しているかもしれないが、これ以降は増加している。評価ビーム数が少なく、なぜそうなるのか理解が難しい。蛍光ガラス線量計3本を使用する財団のシステムでは、測定側の標準偏差が0.0075程度であり、この程度のばらつきの原因確認は容易でない。

出力測定実施施設を1回測定のみ、複数回測定実施施設をグループ分けしてみると、1回実施施設の標準偏差は0.0105（682ビーム）に対して、複数回の測定実施施設では、1回目測定の標準偏差0.0119（337ビーム）、2回目の測定では標準偏差0.0107（355ビーム）となっており、1回目に対して2回目の標準偏差がやや小さくなっているが、有意差はない。

測定年度ごとの評価ビーム数に対する1回目測定結果を図5に示す。年度ごとの測定値のばらつきは、おおむね1%程度で、2013年度後半の出力測定実施施設の増大前後で、ばらつきが大きくなったわけではないが、吸収線量評価方法の改定（標準計測法12の発刊及び水吸収線量校正定数の提供）により、プロトコルの変更の実施タイミングのばらつきがあるのか、2012年度に一時的な増大があり、その後の収束過程にあるように見えるが、定かではない。

放射線の治療を行うための品質管理は必要で、また、外部評価を行うことも必要である。この出力測定では、検出した線量と照射予定の線量の一致の程度を確認するため、照射予定の線量は専用の記入用紙に計算過程を記載してもらうことで校正条件での測定状況を把握してお

表1：出力測定を受けた施設の水吸収線量評価プロトコル

財団出力測定プロトコルは平成25年12月より計測法12に変更

年度	標準測定法 86	標準測定法 01	標準計測法 12	不明	合計
平成24年	0	52	2	0	54
平成25年	0	12	61	0	73
平成26年	0	11	132	0	145
平成27年	1	6	154	0	161

平成27年の標準測定法86使用施設は電話での問い合わせを行い、状況を確認した。施設担当者は、「変更したいが間違えると困ることと、人員配置の変更等がありよく理解できていないので、現状を維持している。」としている。この施設の出力測定の結果は3%以内となっている。

り、MUの計算方法、計算に使用する係数(TMR/OPF ウェッジ係数など)および線量評価のプロトコルを確認している。表1に年度ごとの線量評価のプロトコルを記載した。

表1に示した通り、標準計測法12が発刊され、線量計の校正が水吸収線量校正に移行してから、施設でも標準計測法12の採用が増えている。

標準測定法86や、標準測定法01を採用している施設もある。施設にはそれぞれ事情があり、変更したくてもできない理由があるのかもしれない。準備が十分でない状況での線量評価プロトコルの変更は望ましくないが、校正定数が水吸収線量校正定数で与えられている現状では計測法12を採用することが好ましく、施設担当者には、準備と周知を行ってから、計測法12に変更してほしい。

財団で行う出力測定について、初めて実施する際には、手続きやMU算出で通常治療と異なる対応が必要なことから、初回の出力測定実施施設では、MU算出特にTMRやOPFの取り扱いの間違いが発生することが多い。検出線量やMU計算シートへの記入に疑問がある場合には、電話によるヒアリングを行う。施設担当者との電話で明らかになる間違いの理由は、

- ・ビームの設定間違い：10MVで照射するよう

計算したが、実際の照射を6MVで照射した。

- ・校正深と、基準深を間違えた
- ・TPSを使用せず、手計算でMU値を計算した際の違い
- ・ビームデータを取得した人が配置転換でいなくなり、別の数値表を使ってしまった。

等がある。近年は実際の治療でのMU値の算出は治療計画装置が行い、そのデータをそのまま治療制御装置に転送することで、計算・転記の違いを少なくする手法がとられていることもあり、照射野及び深さから、手計算でMU値を算出することが少なくなった。実際の業務を行うために日常的に使用する手順ではないので、間違ふことが多いかもしれないが、大きな間違いが発生することを防止するために、手計算によるMU値の確認は大切で、OPF/TMRの取り扱いには身に着けてほしい。また、これら外部評価を受ける際には、手計算とともに治療計画装置を用いて計算するなど、2つ以上の手法で計算し、確認することも大切と考える。

(平成28年6月17日第13回医療放射線監理委員会資料より) 担当者の印象として、「線量評価の不適切例について、返送される照射データ記入シートを見ると線量評価あるいはシート記入に不適切と思われるものが依然として存在するが、その頻度は平成26年度以降、かなり減少した。ホームページにある記入上の注意などの効果か、施設の理解の程度の向上どちらかはわからない。」という感想がある。

放射線治療の品質管理は施設内での管理を適正に行うとともに、外部評価を適宜実行し、現状を把握することが大切である。各施設では、それぞれの事情がある中、努力しているものと考えている。一方、財団でも近年開発・導入が進んでいる高精度放射線治療装置：FFF/CyberKnife/ Tomotherapy についての出力測定できるようになっているので、導入施設は使用してほしい。(この冊子の後段に説明あり)

光子線の標準線量計測における 電離箱の選択について

片寄哲朗^{1,2)}, 河内 徹¹⁾, 宮阪遼平¹⁾, 兒玉 匠³⁾, 齋藤秀敏²⁾

1) 千葉県がんセンター 放射線治療部 物理室
2) 首都大学東京大学院 人間健康科学研究科
3) 埼玉県立がんセンター 放射線治療科

1. はじめに

標準線量計測における水吸収線量の合成標準不確かさには、計測機器の性能が大きく影響するため、電離箱の選択は重要である¹⁾。従来の標準線量計測にはFarmer形電離箱が使用されてきたが、TomotherapyやCyberKnifeおよびリニアックのFlattening filter free (FFF) ビームのような軸外線量比の平坦な領域の狭いビームの計測では、電離空洞の大きさに起因する部分体積効果により、校正深の線量を過小評価する可能性が生じた^{1,2)}。

このため標準計測法12はTomotherapyやCyberKnifeビームの計測に電離空洞長軸が10 mm以下の電離箱の使用を推奨している²⁾。また、米国医学物理士会 (American Association of Physicists in Medicine; AAPM) のタスクグループ51 (TG-51) は光子線の標準線量計測における補足文書 (TG-51 Addendum) で、FFFビームの計測にFarmer型よりも電離空洞が短い電離箱の使用を推奨している¹⁾。

しかし、micro型電離箱が標準線量計測に有用であるという報告はほとんどない^{3,6)}。そのためTG-51は市販されている様々な大きさの電離箱の性能を調査し、標準線量計測に有用であるリファレンスクラス電離箱を提案した¹⁾。

近年、本邦でもFarmer形より小型の電離箱

の校正依頼が増加しているため⁷⁾、TG-51 Addendumのリファレンスクラス電離箱の仕様について解説する。

2. リファレンスクラス電離箱の仕様

TG-51 Addendumのリファレンスクラス電離箱の仕様を表1に示す。水吸収線量の不確かさの低減のために、計測に要する時間、電離箱感度の補正法の有効性、水吸収線量校正定数 $N_{D,w}$ 校正時との整合性 ($N_{D,w}$ 校正時は⁶⁰Coビームでのイオン再結合および極性効果を補正していない⁸⁾) などを評価している。以下にそれぞれの項目について、表示値に与える影響およびリファレンスクラスの基準を示す。

2.1 電離箱の安定化

電離箱の表示値が平衡に達するためにはプレ照射が必要である⁹⁾。しかし、臨床では測定に費やせる時間が限られるため、micro型電離箱のように平衡に達するまでにかかなりの時間を要する場合は表示値に影響する可能性がある⁴⁾。そのため、安定化の影響を最小にするために、ビームオンから安定するまでのMUあたりの表示値の変化を0.5 %未満、かつ5分以内に平衡状態に達することがリファレンスクラスの基準となる。

表1: 高エネルギー光子線の線量計測のためのリファレンスクラス電離箱の仕様¹⁾。
この仕様は基準深における上限であり、標準不確かさではない。

測定量	仕様
電離箱の安定化	ウォームアップ済みの装置のビームオンから電離箱が安定するまでのモニタ値あたりの電離箱の表示値の変化が $\leq 0.5\%$ 未満
漏洩電流	電離箱の表示値の 0.1% 未満
極性効果 k_{pol}	補正量が $\leq 0.4\%$ 未満 ($0.996 < k_{pol} < 1.004$) エネルギーによる k_{pol} の変化が $\leq 0.5\%$ 未満 ($^{60}\text{Co} \sim 25 \text{ MV}$)
$k_s = 1 + C_{init} + C_{gen}D_{pp}$	
一般再結合 C_{gen}	k_s とdose per pulse D_{pp} の関係が線形
初期再結合 C_{init}	標準条件で初期再結合が $\leq 0.2\%$ 未満
極性依存	両極性の初期再結合補正の相違が $\leq 0.1\%$ 未満
電離箱の長期安定性	通常の校正間隔である2年間での校正定数の変化が $\leq 0.3\%$ 未満

2.2 漏洩電流

漏洩電流は電離体積内で放射線により生じる電離電荷を除くあらゆる表示値への寄与と定義されている。漏洩電流は一般的なFarmer形では無視できるほど小さいが、電離体積の小さい電離箱では電位計、ケーブル、コネクタなどに依存して著しく大きくなる可能性がある。そのため、表示値に対する漏洩電流の寄与が 0.1% を超えないことがリファレンスクラスの基準となる。

2.3 極性効果補正

極性効果は印加電圧の極性の正負によって電離箱線量計の表示値に差が生じる現象である。一般的にFarmer形による光子線計測では極性効果補正係数 k_{pol} は1に近く、光子エネルギーによる変化も無視できる。しかし、一部のscanning型やmicro型では極性効果が大きく、光子エネルギーで顕著に変化する場合があり⁴⁾、 ^{60}Co 校正時とリニアックビーム計測時の整合が問題となる。これは測定電荷が微弱となり、電離箱構造に起因する電離体積の変化^{10, 11)}が表示値に影響する可能性が考えられ、この場合は k_{pol} では補正できない¹⁰⁾。そのため、極性効果は $0.996 < k_{pol} < 1.004$ かつ ^{60}Co から25 MVのエ

ネルギー範囲での k_{pol} の変化が $\leq 0.5\%$ 未満であることがリファレンスクラスの基準となる。

2.4 再結合補正

再結合は電離空洞内で発生した正負のイオンが再結合することによる測定電荷の損失である。TG-51はイオン再結合補正係数 k_s を次式のように2つの成分に分類した。

$$k_s = 1 + C_{init} + C_{gen}D_{pp} \quad (1)$$

ここで C_{init} は初期再結合であり、 C_{gen} はパルス当たりの線量率(dose per pulse D_{pp})で変化する一般再結合である。通常 k_s は2点電圧法により求めるが、2点電圧法を使用するためには条件がある。第一に適切な常用電圧が選択されていること、第二に初期再結合の影響が $\leq 0.2\%$ 未満であること、である。

2点電圧法は電離箱のイオン再結合がBoag理論に従うという仮定に基づいている。そのため、使用する電圧の範囲では印加電圧 V の逆数($1/V$)に対する表示値 M の逆数($1/M$)のプロットが直線である必要がある。図1にmicro型による1例を示す。低い電圧では $1/V$ と $1/M$ に直線関係がみられるが、高い電圧では直線からの

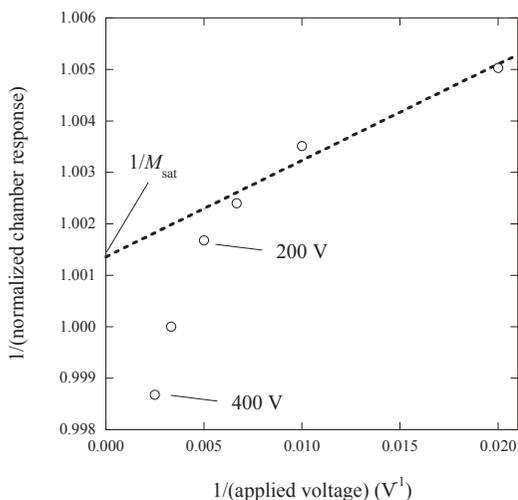


図1：印可電圧 V の逆数 ($1/V$) に対する表示値 M の逆数 ($1/M$) のプロットの一例。micro型である31014で校正条件にて6 MVで測定した。 M_{sat} はイオン再結合による損失が無い場合の表示値である。

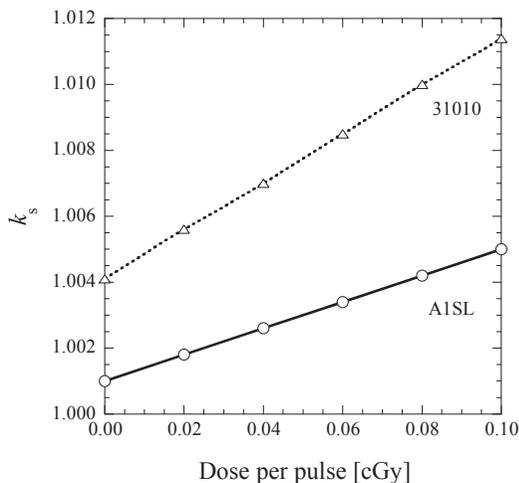


図2：線量率に対するイオン再結合補正係数。McEwen⁴⁾の表5を図示した。A1SLはリファレンスクラス、31010は非リファレンスクラスの一例であり、印加電圧は300 Vである。

乖離がみられる。これは、放射線照射によって生成された電荷が増幅されたためである。直線から乖離するほど増幅効果の影響が大きくなるため、TG-51 Addendumは印加電圧の上限を300 Vにすることを推奨している。

Farmer形による⁶⁰Coガンマ線および光子線計測での初期再結合は小さい(0.1%未満)ことが知られている²⁾。また、⁶⁰Coガンマ線の線量率は低いため一般再結合も小さい(0.01%未満)¹²⁾。そのため、 $N_{D,w}$ 校正時にはイオン再結合補正は行われていない。つまり、実質的に初期再結合を含んだ $N_{D,w}$ が提供されている。一方リニアックビームの計測では、線量率により一般再結合が変化するため、2点電圧法で補正する。2点電圧法は初期および一般再結合の両方を補正するため、初期再結合分を過剰に補正することになるが¹²⁾、通常Farmer形では初期再結合が0.1%未満であるため問題とならない。しかし、一部のscanning型やmicro型では初期再結合が

大きい場合があり、⁶⁰Co校正時とリニアックビーム計測時の整合が問題となる。図2に線量率に対するイオン再結合補正係数を示す。 D_{pp} に対数する k_s をプロットし、 D_{pp} がゼロの時が C_{init} を表す。

2.5 電離箱の安定性

電離箱の長期安定性は校正間隔内での電離箱の感度の不変性である。校正機関による校正間隔(北米では通常は2年間である)を通して校正定数の変化が0.3%未満であることがリファレンスクラスの基準となる。電離体積が小さくなるほど感度変化が増大する傾向があり¹³⁾、小型電離箱では有意に変化する場合がある。

2.6 小括

表2に電離箱種類ごとの性能を示す。Farmer形および一部のscanning型は基準を満たす。小型の電離箱ほど仕様から外れていく傾向がう

かがえ、micro型は全ての項目で基準を超える可能性がある。これは、電離体積が小さくなるほど感度が低下し様々なノイズの影響を受けやすくなるためであると考えられる。上述のようにリファレンスクラス以外の電離箱による計測では不確かさが有意に増加する。このため、TG-51は仕様に適合したFarmer形や一部のscanning型にのみ k_Q を提供し、実質的にリファレンスクラス以外の電離箱の使用を制限している。

3. 国内で使用されている電離箱の性能

表3に国内での校正件数が上位であるFarmer形 (PTW 30013, Exradin A12S)、

scanning型 (PTW 31010, Exradin A1SL)、micro型 (PTW 31014/31016, Exradin A16) 電離箱の部分体積効果とリファレンスクラス電離箱であるかを示す。scanning型はFarmer形に比べて部分体積効果を低減することができるが、31010はリファレンスクラスではないことに注意が必要である。以下に、特定の型式についての使用上の注意点を述べる。

3.1 31010

31010は極性効果 ($0.996 < k_{pol} < 1.004$) および初期再結合 ($C_{init} < 0.2\%$) が仕様から外れる⁴⁾。

McEwen⁴⁾は31010の k_{pol} はおおよそ1.005である

表2：電離箱種類による性能の比較

測定量	リファレンスクラスの基準 (%)	Farmer形 (-0.6 cm ³)	scanning型 (-0.1 cm ³)	micro型 (-0.01 cm ³)
電離箱安定化 ^{a)}	<0.5	0.1	0.2	1.4
漏洩電流 ^{a)}	<0.1	0.01	0.01	0.05-2.0
極性効果 ^{a)}	<0.4	0.1	0.2	0.3-0.5
初期再結合 ^{a)}	<0.2	0.0-0.2	0.1-0.4	-0.4-0.5
長期安定性 ^{b)}	<0.3	0.29	0.35	0.52

^{a)}はMcEwen⁴⁾の報告より。^{b)}はMuirら¹³⁾の報告のサンプル数が10以上の電離箱の平均。

表3：電離箱ごとの校正件数および10 MV FFFビームの部分体積効果

電離箱型式	校正件数 ^{a)} (平成26年度)	電離空洞長軸径 ^{b)} (mm)	部分体積効果 ^{c)} (%)	リファレンスクラス ^{d)}
Farmer形				
PTW 30013	1026	23	0.8	Yes
Exradin A12S	23	10.6	0.3	Yes
scanning型				
PTW 31010	71	6.5	0.1	No
Exradin A1SL	31	6	0.1	Yes
micro型				
PTW 31014/31016	8	5.0/2.9	0.1/0.0	No
Exradin A16	2	2.4	0	No

^{a)}校正件数は校正センターNews第5号⁷⁾より。^{b)}電離箱寸法は標準計測法12²⁾より。^{c)}TrueBeam (Varian Medical Systems) の10 MV FFFビームの標準条件における部分体積効果であり、TG-51 Addendum¹⁾が推奨する方法で計算した。^{d)}リファレンスクラスはTG-51 Addendum¹⁾より。

と報告している。この場合、 ^{60}Co ビームとリニアックビームの両方で k_{poi} を評価して、 $(k_{\text{poi}})_Q / (k_{\text{poi}})_{Q_0}$ で補正する必要がある¹⁴⁾。ただし、電離箱構造に起因する極性効果が加わっている可能性がある^{10, 11)}。

再結合補正では、正の電荷を収集した場合に ^{60}Co ビームでのイオン再結合は0.4 %程度となる⁴⁾。この場合、極性効果と同様に再結合補正についても $(k_s)_Q / (k_s)_{Q_0}$ で補正しなければならない¹⁴⁾。

$(k_{\text{poi}})_Q / (k_{\text{poi}})_{Q_0}$ と $(k_s)_Q / (k_s)_{Q_0}$ は、 ^{60}Co ビームで3条件（例えば、常用電圧が+300 Vであれば±300 V, +150 V）で校正することで評価できる。

3.2 A1SL

Muirら¹³⁾は米国の電離箱校正結果を解析し、A1SLの長期安定性（新旧の $N_{D,w}$ の比、校正間隔は2年）が0.3 %をわずかに超えたと報告した。そのため、定期的な感度の確認が必要であり、毎年校正に出すことも一つの対策である。

Le Royら⁵⁾は4本中1本のA1SLが大きな極性効果や異常なイオン再結合を示したと報告している。このような小型の電離箱では個体差が生じやすいと考えられる。表1に掲げる項目を計測することで、所有の電離箱の性能を確認することができる。

3.3 micro型

31014/31016やA16をはじめとするmicro型電離箱は極性効果や再結合効果の予測が困難であり、漏洩電流や照射履歴などが表示値に強く影響することが報告されている⁴⁾。そのため、micro型はリファレンスクラス電離箱から除外され、相対線量計測での使用も推奨されていない¹⁾。

4. まとめ

本稿はTG-51 Addendumのリファレンスクラス電離箱の仕様について解説した。リファレンスクラス以外の電離箱を使用した場合、水吸収線量の不確かさが有意に増加する可能性がある。そのため、標準線量計測にはリファレンスクラス電離箱の使用が推奨される。特にFFFやTomotherapyおよびCyberKnifeビームなどの計測では、部分体積効果を低減するためにscanning型のリファレンスクラス電離箱が推奨されている。

引用文献

- 1) McEwen et al., Med. Phys. 41 (4), 041501, 2014
- 2) 標準計測法12, 通商産業研究社, 2012
- 3) Agostinelli et al., Med. Phys. 35 (7), 3293-3301, 2008
- 4) McEwen, Med. Phys. 37 (5), 2179-2193, 2010
- 5) Le Roy et al., Phys. Med. Biol. 56, 5637-5650, 2011
- 6) Muir et al., Med. Phys. 38 (2), 1081-1088, 2011
- 7) 線量校正センターNews 第5号, 公益財団法人医用原子力技術研究振興財団, 2015
- 8) TRS-469, IAEA, 2009
- 9) McCaffrey et al., Phys. Med. Biol. 50, N121-N133, 2005
- 10) Abdel-Rahman et al., Med. Phys. 33 (9), 3094-3104, 2006
- 11) Miller et al., Med. Phys. 43 (5), 2141-2152, 2016
- 12) Derikum, Standards and Codes of Practice in Medical Radation Dosimetry Vol.1, IAEA, 353-359, 2003
- 13) Muir et al., Med. Phys. 42 (4), 1546-1554, 2015
- 14) TRS-398, IAEA, 2000 (2006 V.12)

山口県における放射線治療装置出力の 第三者相互評価事業について

山口大学医学部附属病院 放射線部 田辺悦章

山口県には放射線治療施設が14施設あり、サイバーナイフを含む17台のリニアック装置が稼働しております。平成27年4月からがん治療均てん化の一環として施設相互にリニアック装置出力の第三者評価を実施しました。その概要について以下に報告します。

(1) 事業背景

平成18年にがん対策基本法が制定され、わが国のがん治療の均てん化が目標として掲げられました。平成20年にがん診療連携拠点病院が設置され、平成26年1月にその整備に関する指針が出され、放射線治療において第三者機関による出力線量評価を行う等、品質管理体制を整えることが明示されました。専門的がん医療の推進や地域連携体制の構築とともに、第三者評価の導入が必要になると考えられます。

一方、医用原子力研究振興財団では平成19年11月からガラス線量計を用いた治療用照射装置(X線)の出力線量測定業務(郵送測定)を開始しており、平成27年度までに累計で629施設が郵送測定を受審しました。しかし、がん診療連携拠点病院以外の多くの施設では第三者出力測定ができていないのが現状です。山口県においても郵送事業の利用施設は4施設(30%以下)と非常に少ない状況であり、がん診療均てん化への大きな課題の一つです。

(2) 事業目的

上記の背景により、山口県放射線治療研究会が主催して県内放射線治療施設の技術レベル均てん化の第1ステップとして、リニアックビーム出力測定評価を、近隣の施設間で相互に実施する第三者相互評価事業を企画しました。この事業により、県内地域や施設間格差のない安全で安心できる放射線治療技術の提供と地域施設間の連携協力体制の推進、および放射線治療に携わる診療放射線技師など技術者の人材育成を行うことを目的としております。

(3) 事業概要

地域連携による第三者評価の実施については、平成26年に日本放射線技術学会中国・四国支部の放射線治療研究会で提案され、最初に山口県で実施することが検討されました。それから事業実施準備に取り掛かり、事業実施の費用等の後援を山口県放射線技師会に協力していただきました。また、医用原子力技術研究振興財団線量校正センター(以下、線量校正センター)から出力測定評価の技術支援に協力していただきました。さらに、線量計やファントム等の測定機器貸出・搬送は東洋メディック株式会社に協力していただきました。

山口県を4地区(Fig.1)に分けて、測定実施施設の近隣2施設から放射線治療専門放射線技師、放射線治療品質管理士、医学物理士の認定取得者を必ず1名含めるという規定で出力測定

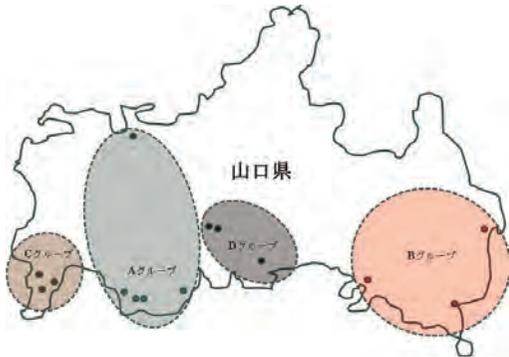


Fig.1：山口県放射線治療施設4グループ



Fig.2：出力線量のチェックシート

評価を実施しました。平成27年7月に研究会を開催し、線量校正センターのサポートの基に第1施設目の測定評価を実施しました。平成28年7月までの約1年間に県内14施設、16装置、23ビームの出力測定第三者相互評価を実施しました。

(4) 測定・評価方法

測定にあたり、Fig.2に示すような測定手順・チェックリストを作成し、手順ごとに実施者・確認者がサインしました。また、測定結果は統一した記録シートに記入しました。

測定器材については、水槽は基本的に実施施設の機器を使用することとし、持込機器は、線量計、電位計、気圧計、水温計、金尺スケールとしました。加速器や関連機器の操作は実施施設の担当者（診療放射線技師）が行い、評価者（第三者）は測定手順の確認と測定データの記録を行うこととしました。

測定は基準照射野の20cm深と10cm深について100MU照射5回測定しました。測定値の変動係数は、連続データで $\pm 0.2\%$ 以下としました。各補正係数については、極性効果補正係数は1とし、イオン再結合補正係数はboagの式を使用、TMRの値は実施施設の治療計画装置の値を採用しました。出力線量の許容値は直線型

加速器で2%、サイバーナイフで3%とし、許容値を超えた場合は、山口県放射線治療研究会内の別の評価グループが再評価を行うこととしました。また、測定前にレーザーやガントリ角度の幾何学的配置を確認し、測定後は評価用統一シートと当該施設個別のシートと比較検証し確認を行っています。

(5) 出力線量の測定結果

山口県内放射線治療装置の出力線量の測定結果をFig.3に示します。14施設28ビームの出力誤差の平均は0.11%、最大で1.29%という結果となりました。出力線量の評価結果はすべて許容範囲内に収まっていることが確認できました。

測定結果とは別に、訪問時に水ファントム中の線量計治具のアライメントにズレを生じている施設が3施設確認されました。現場で施設の担当者とともに調整を実施しました。また、治療計画装置のTMR値において線質が標準的なデータよりも1MV程度の差異がある装置（三菱電機）がありましたが、実測したTPR20/10の値も同様の結果であり、出力線量測定には問題ないことを確認しました。

気圧計、水温計についても持ち込みした校正器と比較しましたが、異常は認められませんでした。

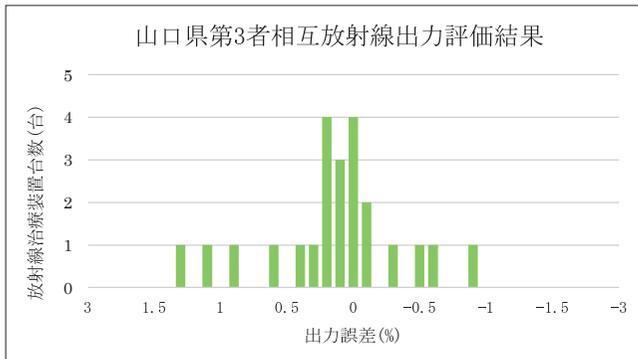


Fig.3：山口県の放射線治療出力に対する第3者相互評価結果

治療技術の質的保証と包括的な人材育成を推進していく予定です。

これらの相互評価項目はすべて人的作業に対する確認、評価が含まれており、施設の系統誤差が発生しないように地域で支援していきます。「出力評価」、「治療計画評価」、「品質管理支援」を通して、地域や施設間格差のない安全で安心できる放射線治療技術の提供と放射線治療に携わる診療放射線技師など技術者の人材育成に取り組んでいきます。

した。

(6) 今後の展望

山口県のがん放射線治療均てん化の取り組みとして、出力線量の第三者相互評価事業について報告しました。今後も施設間の連携を推進していく予定です。第2段階として、放射線治療計画装置の相互評価を行い、出力線量とともに治療計画装置の計算結果を総合的に評価する取り組みを実施する予定です。また、第3段階として、治療装置の品質管理支援を行い、放射線

(7) 謝辞

本事業にあたり、出力線量評価手法について医用原子力技術研究振興財団線量校正センターの佐方周防先生、山下航先生、布袋田真大先生に技術指導や助言をいただきました。また、サイバーナイフ線量評価については、がん・感染症センター都立駒込病院の木藤哲史先生に技術指導していただきました。さらに、事業実施にあたり帝京大学福岡医療技術学部の川村愼二先生と四国がんセンターの宮川敬先生のご協力していただきました。深くお礼申し上げます。



Fig.4：第1回出力線量の第三者評価測定参加者

IMRT 訪問測定の現状と IMRT 郵送測定への移行実施状況について

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 峯村俊行

【はじめに】

近年、がんの放射線治療の高精度化にともない、複雑な治療計画が行われるようになった。現在、腫瘍に対して強度変調放射線治療 (IMRT) のような線量集中性を高めた高精度放射線治療が急速に普及しているため高度な放射線治療技術が求められ、その品質保証・品質管理 (QA・QC) が要求されている。欧米では疾患部位に適した IMRT として治療が行われている^{1),2)}。このような高精度放射線治療を保証するため外部 QA センターによる第三者評価を IMRT 専用の測定ツールを用いて品質管理を行っている³⁻⁵⁾。

最近、わが国でも、この QA・QC に対しての重要性の認識が高まり、活発な動きを見せている。日本の放射線治療施設や多施設共同臨床研究等においては放射線治療の領域における治療用照射装置の出力線量の整合性を図り、地域による施設間較差を解消することが重要である。また、がん医療の均てん化に向け、放射線治療機器に関する品質管理、品質保証は不可欠である。国立がん研究センターがん対策情報センターでは、がん診療連携拠点病院と多施設共同臨床試験参加施設を対象とした QA 支援活動の 1 つとして、高精度放射線治療に対応した IMRT 訪問測定による支援プログラムを 55 施設に対して実施している⁶⁾。

また、平成 26 年の IMRT 診療報酬施設基準届

出状況によれば、約 200 施設が届出しており、今後も IMRT 実施施設は増加すると思われる。この状況に対応するため郵送による IMRT 測定プログラムについても検討している。

【方法・内容】

1. IMRT 訪問測定手法

訪問測定用に作成した訪問 IMRT ファントムを図 1 に示す。訪問 IMRT ファントムは筐体 (Shell) とモジュール (Module) に分けられ、線量測定用モジュールや CT 撮影用モジュールを筐体と組み合わせることにより検証目的に合わせられるような構造にした。

CT 撮影モジュールの内部を図 2 に示す。円柱状リスク臓器とそれを取り囲む馬蹄形のターゲットは低密度組成物質が組み込まれており、CT 撮影後に OAR や PTV について施設間で同じ輪郭設定を可能とした。IMRT 治療計画は最適化条件を以下のように設定した。

- ・ D95 処方線量 (PTV) : 2 Gy
- ・ PTV 最大線量 : $D_{max} (PTV) < 110\%$ 処方線量

・ リスク臓器 (OAR) : $D_{max} (OAR) < 60\%$
立案した IMRT 治療計画に対する線量検証は、電離箱線量計用モジュールおよびフィルム用モジュールを用いて実施した。吸収線量の評価は図 2 に示すように PTV 内の C1 および C2 に対して実施した。治療計画結果の線量検証に

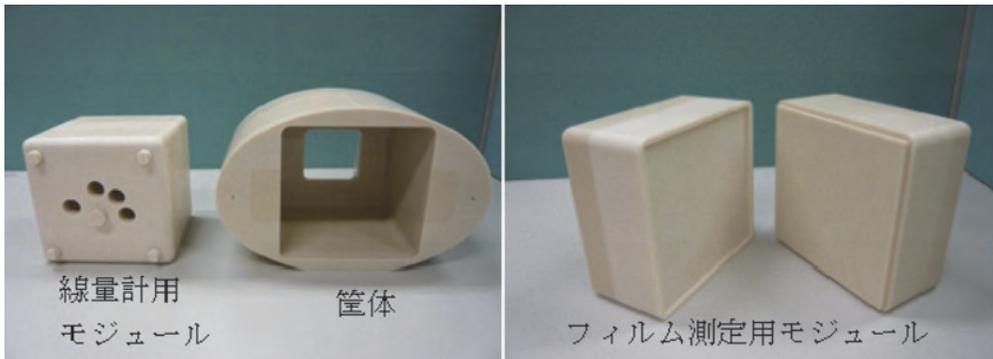


図1：訪問IMRTファントム。線量計用（電離箱線量計挿入用）と線量分布用（フィルム挿入用）モジュールに分けられる

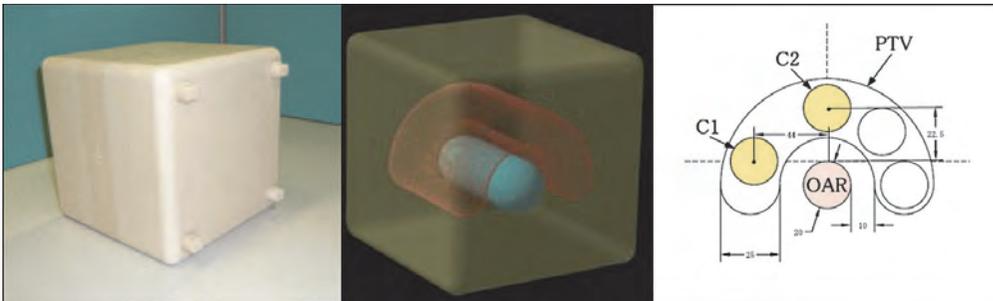


図2：CT撮影用モジュールと内部構造。電離箱による測定位置はC1, C2の2点

は、以下の機器を使用した。

- ・ 電離箱線量計 : PTW 30013
- ・ 電位計 : PC Electrometer (Sun Nuclear)
- ・ フィルム : Gafchromic Film (EBT2またはEBT3)

2. IMRT 郵送測定手法

郵送測定用に作成した郵送IMRTファントムを図3に示す。郵送IMRTファントムは訪問IMRTファントムのモジュールと同様に円柱状リスク臓器 (OAR) とそれを取り囲む馬蹄形のターゲット (PTV) から成り、モジュールが訪問ファントムの筐体に挿入可能な構造とした。線量測定にはガラス線量計が用いられ、PTVに

は4箇所 (C1~C4)、OARに1箇所の測定箇所があり、それぞれの箇所のLong方向に2本ずつのガラス素子が挿入可能な構造とした。また、Axial面には、フィルムが挿入され、線量分布の検証を可能とした。尚、計画立案における線量の最適化条件は、IMRT訪問測定と同一条件とした。

【結果・考察】

1. IMRT 訪問測定の結果

がん診療連携拠点病院や多施設共同臨床試験を対象にしたIMRT訪問測定プログラムを55施設に対して実施した。

線量評価は、放射線治療計画装置 (TPS) の計

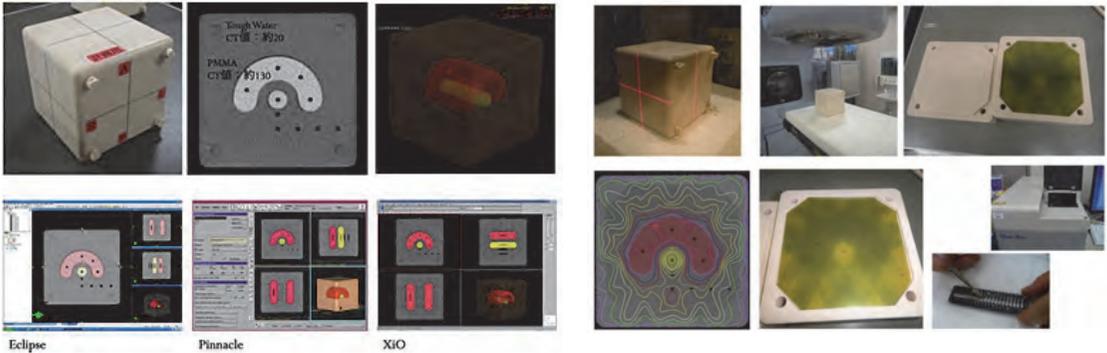


図3：CT撮影用モジュールと内部構造。ガラス線量計による測定位置はPTV内（C1～C4）とOARの5箇所

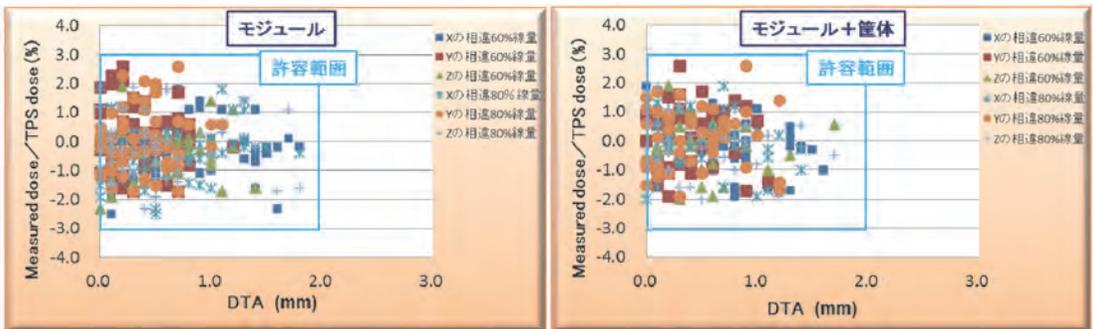


図4：IMRT訪問測定プログラムにおける線量評価（縦軸）と位置ズレ評価（横軸）

算値と電離箱線量計による実測値の相違比較でICRU Report 24によるファントム内の出力線量評価（ $\pm 2.5\%$ ）に測定による不確かさも考慮し、許容範囲を前門合計で $\pm 3\%$ 以内とした。

また、フィルムによる線量分布測定結果は、Axial面、Coronal面、Sagittal面をフィルムで測定した。求めた線量分布を処方線量（2Gy）に対する60%線量と80%線量において、TPSの計算による線量分布を比較し、線量勾配が急峻となっている部分を線形近似し、その直線間の距離を求めることにより位置ズレを評価した。測定した軸における位置ズレの相違を1 mm以内とし、空間的な相違は不確かさも考慮に入れて位置のズレに対する許容範囲（DTA）を ± 2 mm以内とした。尚、参考項目として測定させ

ていただいたOAR中心での測定も実施したが、線量勾配が急峻な場所での計算グリッドの影響や、処方線量の低線量域での比較による線量の僅かな差により3%を超える施設も多く見受けられ評価が難しく、評価対象項目から外した。

評価結果を図4に示す。許容範囲を超えた施設に対しては、原因を追求し、改善に向けた支援を実施した。

全55施設中50施設は許容範囲内であることを確認したが、許容範囲を超えた施設に対しては二回目の訪問測定を実施して、全ての施設が許容範囲内であることを確認した。許容範囲を超えた原因は、Multileaf Collimator (MLC) のコミショニングなどに見受けられ、特にLeaf

表1：IMRT 郵送測定プログラムを実施した10施設

施設	リニアック	照射方法	TPS	アルゴリズム	MV
A	Synergy	回転照射	Monaco 5	Montecarlo	6.10
B	Clinac 21EX	固定多門	Eclipse 13.5	AAA	6.15
C	TrueBeam	回転照射	Eclipse 13.6	AAA	6.10
D	Clinac iX	回転照射	Eclipse 110.0.31	Acuros XB	4.10
E1	Clinac iX	固定多門	Eclipse 8.9	AAA	6.10
E2	Clinac iX	回転照射	Eclipse 8.9	AAA	6
F	Novalis Tx	回転照射	Eclipse 13.6.30	AAA	6.10
G	Clinac iX	固定多門	Eclipse 110.0.31	AAA	4.10
H	Clinac iX	回転照射	Eclipse 11	AAA	6.10
I	TrueBeam	回転照射	Eclipse 13.6	AAA	6
J	Clinac iX	回転照射	Eclipse 10	Acuros XB	6.10

Transmission Factor (LTF) や Dosimetric Leaf Gap (DLG) などの設定には注意する必要があると思われる。

2. IMRT 郵送測定の結果

近年のIMRT実施施設の増加や年間に実施できる訪問測定回数、一回の測定に掛かる費用(旅費、人件費等)などを考慮すると、郵送によるIMRT測定手法を確立することが不可欠である。研究の一環として表1に示す10施設の協力のもと、IMRT 郵送測定プログラムを実施した。

ファントムの構造は訪問用ファントムと同じく、計画立案における線量の最適化条件もIMRT訪問測定と同一条件とした。評価は図3に示したようにPTV内に挿入した4箇所の平均値とTPSの計算値を比較し、位置ズレ評価については挿入されたAxial面のフィルムから求めた。線量と位置ズレの許容範囲については、現在検討中であるが、IMRT訪問測定とは異なったガラス線量計の使用や郵送による内蔵したフィルムの移動などの不確かさを考慮に入れて線量では3%以内、位置ズレでは3mm以内の許容値を検討している。

[まとめ]

今後、線量分布などの評価方法を確立し、IMRT実施施設に対して第三者評価の実施を検討している。また、がん診療連携拠点病院等に

対するQA・QC支援を通して各施設の放射線照射装置や放射線治療計画装置などのQA施策に有益な情報を提供し、がん医療の均てん化の推進を図るための支援活動が出来れば幸いである。

[謝辞]

本活動においてご教授を賜りました国立がん研究センター中央病院の岡本裕之先生と東京ベイ先端医療・幕張クリニックの遠山尚紀先生に感謝申し上げます。

[参考文献]

- 1) Lin A, Kim HM, Terrell JE, et al. Quality of life after parotid-sparing IMRT for head-and-neck cancer: A prospective longitudinal study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 57:61-70.
- 2) Zhou J, Fei D, Wu Q. Potential of intensity-modulated radiotherapy to escalate doses to head-and-neck cancers: What is the maximal dose? *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;57:673-682.
- 3) R. A. Crescenti, S. G. Scheib, U. Schneider, and S. Gianolini, "Introducing gel dosimetry in a clinical environment: customization of polymer gel composition and magnetic resonance imaging parameters used for 3D dose verifications in radiosurgery and intensity modulated radiotherapy," *Med. Phys.* 34, 1286-1297 2007.
- 4) P. Sandilos et al., "Dose verification in clinical IMRT prostate incidents," *Int. J. Radiat. Oncol., Biol., Phys.* 59, 1540-1547 2004.
- 5) F. Gum et al., "Preliminary study on the use of an inhomogeneous anthropomorphic Fricke gel phantom and 3D magnetic resonance dosimetry for verification of IMRT treatment plans," *Phys. Med. Biol.* 47, N67-77 2002.
- 6) M. Nakamura, T. Minemura, T. Nishio, Y. Narita, S. Ishikura, and Y. Nishimura., "An on-site audit system for dosimetry credentialing of intensity-modulated radiotherapy in Japanese Clinical Oncology Group (JCOG) clinical trials", *Physica Medica*, 32, 897-991, 2016

分離校正サービスに関する進捗と留意点

高瀬信宏 (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)

1. はじめに

治療用線量計校正の将来の校正形態として電位計、電離箱それぞれについて、個別に校正を行い、校正定数を供給すること(以下、分離校正)を進めております。

これまでに技術的な準備を、量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所・放射線品質管理室および産業技術総合研究所・放射線標準研究グループよりご助言・ご協力を賜りながら進めてまいりました(これまでの準備についてはVol.5をご参照ください)。

2. 分離校正とは？(参考文献 1)

分離校正の説明は標準計測法12 付録7¹⁾をご参照頂きたいのですが、ここでは簡単な図を用いて説明いたします。(図1)。

まず一体校正の場合は、特定の電離箱と電位計を組み合わせたセットに対してのみ水吸収線量校正定数(N_{D,w,Q_0})が与えられます。その単位は、電位計画面上の読み値の単位をrdgとすればGy rdg⁻¹です。また一体校正では電位計校正定数(k_{elec})を1として扱うか、省略します。

本邦で市販されている医療用電位計であれば

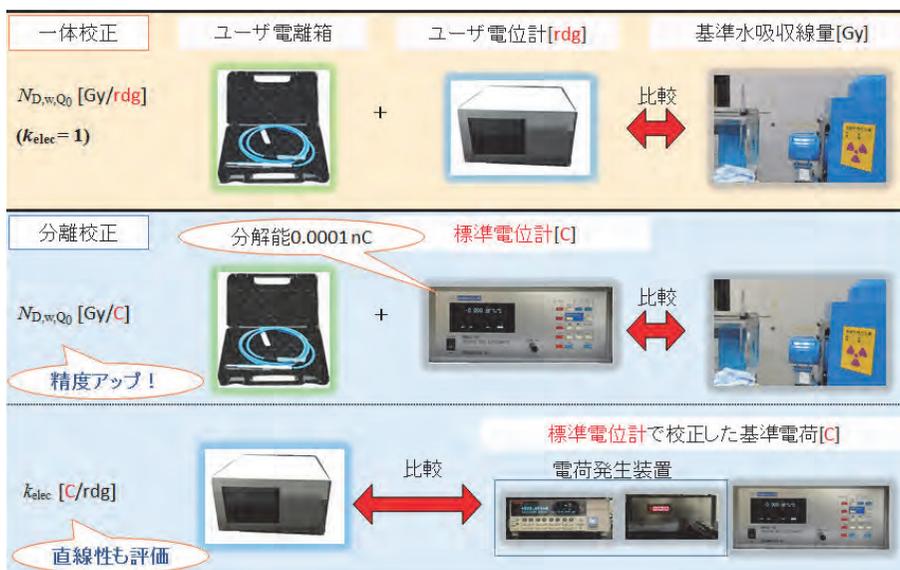


図1：一体校正と分離校正の校正形態の違い

rdgは“nC”もしくは“pC”であることが多いですが、rdgは必ずしも国家計量標準へのトレーサビリティが確保された真の電荷量（単位：C）ではありません。

次に分離校正の場合、電位計と電離箱それぞれ単体で校正を受けることになり、まず電位計校正では電位計校正定数が得られます。一体校正と異なり、分離校正における電位計校正定数は電位計の読み値を真の電荷量に換算するもので、校正を受けたレンジにおいてのみ有効です。その単位はC rdg⁻¹です。他方で電離箱は単体で校正を受けられるようになります。電離箱は校正機関の標準電位計に接続され校正作業が行われます。ここで標準電位計とは真の電荷量を指し示すことができる非常に高精度な電位計です。

分離校正での N_{D,w,Q_0} の単位はGy C⁻¹であり、分離校正を受けた電離箱は、同じく分離校正を

受けた電位計およびレンジであればどれに接続しても、電位計の読み値から真の水吸収線量を求めることができます。

3. 分離校正の申込時の留意点

分離校正と一体校正では表1に示すとおり、電離箱校正申込時の留意点が異なりますので注意が必要です。

一般的に電離箱線量計による計測の際、収集する電荷の極性によって計測結果に差が生じることはよく知られています。いわゆる極性効果です。当財団による校正では円筒形電離箱は片極性、平行平板形は両極性の測定結果から校正定数を導いていますので、特に円筒形電離箱のお申込みで以下の注意が必要です。

現行の一体校正では、申込み時に指定する測定条件は組み合わせる電位計の設定値と同義です。極性効果の観点からみれば、ユーザは校正

表1：円筒形電離箱の校正申込時の留意点における、分離校正と一体校正の違い

一体校正時の申込（現行）	一体校正の留意点
<p>申込時の指定条件＝「組み合わせ電位計の設定」</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 電位計画面上の印加電圧の極性および大きさ（例：+ 300 V） ➤ レンジ 	<p><u>電位計画面</u>上の印加電圧の極性および大きさを、通常使用時と同じ条件にして申込み必要がある。</p> <p>収集電荷の極性を把握しないで申込んでも問題なく済んでしまう。</p>
分離校正（電離箱単体校正）時の申込	分離校正の留意点
<p>申込時の指定条件・・・電位計の情報は不要</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 印加電圧の大きさ（例：300 V） ➤ 収集電荷の極性（例：負） 	<p>収集電荷の極性を、通常使用時と同じ条件にして申込み必要がある。</p> <p>通常使用の日頃より、収集電荷の極性を意識しておく必要がある。</p>

時の電位計画面上の印加電圧の極性を、臨床で通常使用している時と同じ条件にして申込みれば良いこととなります(表1上段)。

一方で分離校正では、臨床で通常組み合わせて使用している電位計の情報は必要ありません。そのため、ユーザは校正時の収集電荷の極性を、臨床で通常使用している時と同じ条件にして申込む必要があります(表1下段)。またお手元に届いた校正定数を使用するにあたって、校正証明書には収集電荷の極性が記載されているため、お使いの電位計画面上の印加電圧の極性と収集電荷の極性の関係を把握する必要があります(例えば画面上+300 Vに設定した場合、正負どちらの電荷を収集するかは電位計の機種によって異なります)。

以上のことから、分離校正へお申込みの際は、臨床で通常使用している時の収集電荷の極性を特に意識する必要がありますので、ご注意くださいようお願いいたします。

4. これからの準備について

現在の治療用線量計校正はJCSS登録事業者として行っておりますが、将来の分離校正におきましても電離箱、電位計ともにJCSS登録事業者としてのサービス提供を目指しております。今後も引き続き関連学協会および標準機関の先生方、医療機関の皆様、線量計取扱業者の皆様のご指導、ご見解およびご要望を頂戴しながら準備に努めてまいります²⁾。

つきましては分離校正サービスをご理解いただくために、今後、当財団のホームページ等でお知らせすることがあります。何卒、よろしくご願ひ申し上げます。

参考文献

- 1) 日本医学物理学会編：外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法. 2012, 通商産業研究社
- 2) 清水森人 他：医療用電位計のガイドラインに関する調査報告. 医学物理 36 (Suppl. 3): 81, 2016
- 3) 医学物理士認定機構発行 医学物理士のための放射線治療品質管理講習会資料2016：福村明史, 最近の放射線治療における吸収線量計測の動向. 1-10, 2016.

(線量校正センター 高瀬信宏)

治療用線量計校正の実績（平成27年4月～平成28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が治療用線量計の校正事業を開始して以来、平成27年度で12年が経過しました。また、平成24年10月より、校正体制を水吸収線量単位の校正定数の直接供給（水中校正）に変換してから3年半となります。同校正も作業の習熟が進み、作業員の増加もあって、年間を通じ大きなトラブルもなく安定した校正を実施することができました。これについては、平成27年1月の校正用コバルト線源更新¹⁾による出力アップも大きく寄与しています。

なお、従来の空中での照射線量単位による校正（空中校正）の依頼も僅かながらあり、双方の校正を平行して実施しました。平成27年度の水中および空中を合わせた校正数合計は、上記の線源交換のための作業休止のあった26年度を大きく上回り、これまでの最多となりました。校正は全てJCSS登録事業者として行い、JCSS標章付校正証明書を発行しています。

校正に使用する測定器等は、例年のスケジュールに従って、担当機関において校正を行いました。ただし、標準器として使用する線量計（特定2次標準器）については、産総研でのjcss校正後に電離箱に不具合が発生したので、新規購入の同型器に変更しています。また、同時に水温測定用温度計の校正を、JCSS登録業者に依頼しています。

2. 月別校正数

平成27年度（平成27年4月～平成28年3月）

の月別の校正日数および校正した線量計、電離箱数ならびに校正件数等を表1に示します。空中校正の依頼は少数であったので、年間の総数をまとめて1行としてあります。表1の最終行にある水中および空中を合わせた線量計および校正件数の月平均は、それぞれ約89.5台および282.0件と、26年度（それぞれ90.2台および283.8件）とほぼ同等でした。26年度は、線源交換による休止のため年間校正数こそ少なかった一方、月当たりの校正数は結構多かったのですが、本年度も引き続き高水準を保っていることが判ります。

3. 平成26年度までとの比較

3-1. 月別校正数の年度別比較

図1、2および3は、線量計、電離箱および校正件数の月別実績の、平成24年より27年までの4年間の年度毎の比較です。図より判るように、大部分の月において、ここ4年間はほぼ同じペースで校正が行われています。やはり年度末に校正依頼の多いことが見て取れます。月により多少校正数の変動があるのは、連休、学会出席および産総研における標準線量計の校正依頼等による業務休止の影響であり、これも例年同じパターンであることが判ります。平成27年1および2月の実績は0となっていますが、これは線源交換のための業務休止によるものです。なお、平成24年以降の実績は、全て空中および水中校正の合計です。

3-2. 線量計、電離箱および校正件数

平成16年より27年度までの、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に示します。

年間校正数は、年度毎に多少の増減を繰り返していますが長期的には増加傾向にあります。平成21年度にピークがあり、22および23年はこれに及びませんでした。23年度より再び増勢に転じ、続けて24および25年度はそれまでの最多数を更新しました。ただし、26年度は線源交換による休止の影響もあって、電位計および電離箱とも総体的に10%強の減少となりましたが、本年度はこれを大きく回復し更に25年度をも上回り、これまでの最多の校正数となりました。

表2の右より2列目は、電離箱形状の年度別変化です。平成27年度は、円筒形の比率が前年

度よりやや増加しました。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ましたが、20年度はこの傾向が逆転し、23年度を除くと、これまで円筒形の割合が徐々に増え、本年度は財団が校正を開始して以来最も大きくなったことが判ります。これは、多くの施設が、小照射野測定用のサイズの小さい円筒形電離箱を新規に購入していることを示しています。電離箱種類の比率が、どのあたりに落ち着くかは、ここしばらく経過を追わないと判らないのではと思われます。また、この比率の変化の傾向は、校正が空中から水中に変わっても同様でした。

一方、27年度の校正作業日数は校正数が増加に伴いやや多くなりましたが、1日当りの校正数は、これまでの最高水準であった前年度から更に上昇し、作業の高効率化が見て取れます。

表1：平成27年度月別校正数（水中は月別、空中は年間の合計で示す）

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
27/4	9	83	128	60	188	248	20	63
27/5	8	67	102	54	156	210	16	51
27/6	9	82	131	66	197	263	25	57
27/7	11	101	159	86	245	331	15	86
27/8	3	28	32	26	58	84	8	20
27/9	9	82	123	71	194	265	19	63
27/10	13	127	193	106	299	405	20	107
27/11	10	99	156	84	240	324	18	81
27/12	9	87	140	73	213	286	12	75
28/1	11	111	164	80	244	324	27	84
28/2	11	95	149	85	234	319	19	76
28/3	12	107	161	76	237	313	27	80
水中計	115	1,069	1,638	867	2,505	3,372	225	843
空中計		5	10	1	11	12	2	3
合計	115	1,074	1,648 (65.5%)	868 (34.5%)	2,516 (100%)	3,384	228 (21.2%)	846 (78.8%)
月平均	9.6	89.5	137.3	72.3	209.7	282.0		
同、平26	10.1	90.2	135.4	74.2	209.6	283.8		

証明書作成（JCSS）：1,079通（5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）

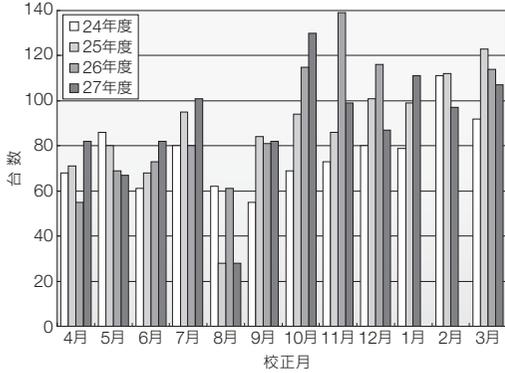


図1：線量計月別校正数（平成24～27年度）

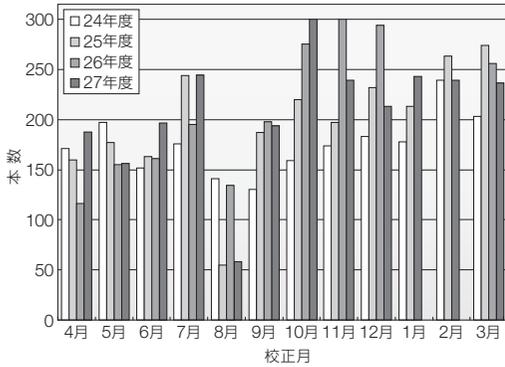


図2：電離箱月別校正数（平成24～27年度）

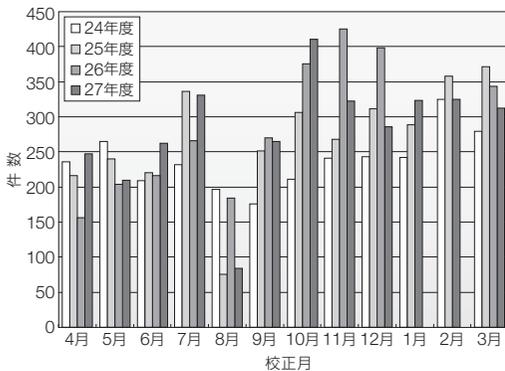


図3：月別校正件数（平成24～27年度）

表2：年間校正数（カッコ内の数値は対前年比）

年度	線量計	電離箱			校正件数
		①円筒	②平行平板	合計	
平27	1,074 (1.191)	1,648	868	2,516 (1.200)	1,940 (3,348 (1.192))
平26	902 (0.866)	1,354	742	2,096 (0.889)	1,825 (2,838 (0.875))
平25	1,041 (1.136)	1,528	857	2,385 (1.134)	1,782 (3,242 (1.135))
平24	916 (1.082)	1,350	753	2,103 (1.054)	1,783 (2,856 (1.046))
平23	846 (1.054)	1,253	735	1,988 (1.065)	1,705 (2,723 (1.069))
平22	803 (0.907)	1,187	680	1,867 (0.901)	1,746 (2,547 (0.901))
平21	885 (1.140)	1,315	756	2,071 (1.125)	1,739 (2,827 (1.121))
平20	776 (1.064)	1,159	682	1,841 (1.107)	1,699 (2,523 (1.103))
平19	729 (0.981)	1,039	624	1,663 (0.967)	1,665 (2,287 (0.972))
平18	743 (1.249)	1,085	634	1,719 (1.289)	1,711 (2,353 (1.290))
平17	595 (1.055)	844	490	1,334 (1.123)	1,722 (1,824 (1.137))
平16	564 (-)	772	416	1,188 (-)	1,856 (1,604 (-))

平24年以降は空中および水中校正の合計

表3：1日当たりの校正数

年度	校正日数	線量計	電離箱			校正件数
			円筒	平行平板	合計	
平27	115	9.34	14.3	7.5	21.9	29.4
平26	102	8.84	13.3	7.3	20.5	27.8
平25	120	8.67	12.7	7.1	19.9	27.0
平24	110	8.33	12.3	6.8	19.1	26.0
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

平成24年以降は、水中および空中校正の合計から算定

平成20年代前半は、いくつかの理由により1日当たりの校正数が低下し、また水中校正の開始当初は、作業に慎重を期すため1日当たりの校正数をやや抑え気味にしたが、作業の習熟および線源交換によるS/N向上もあって作業効率の改善が進んだものと思われます。

3-3. 校正依頼形態

表4は校正依頼形態の年度別変化です。ユーザーからの直接校正依頼の比率の減少は、一部の年を除き同じ傾向にあり、業者等による仲介に対する割合が、平成16年度の校正事業発足当時は40%に近かったものが26年度は約20%に近づきました。ただし、これは、これまでの校正数増加の大部分が線量計販売業者等の仲介によるものであり、直接依頼の絶対数が必ずしも減少しているのではなく、各年度共ほぼ一定数以上の依頼があることが判ります。ただ、線量計製造販売業者の自社所有分（デモ機あるいは代替機）の校正がユーザー直接依頼の相当部分を占めるため、業者の動向が影響します。27年度は、直接依頼数がこれまでの最多となりましたが、26年度の線源交換による校正休止のため、

表4：校正依頼形態

年度	① 直接	② 仲介	①/②
平 27	228	846	0.2695
平 26	157	745	0.2107
平 25	197	843	0.2337
平 24	191	725	0.2634
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）

直接依頼分のユーザー（業者および治療施設の双方、あるいはそのいずれか）が校正を手控えたことの反動が少しあるとも考えられます。

4. 校正データの解析

4-1. 電位計および電離箱の型式の年次変化

表5および6に、校正を行った電位計および電離箱形式の年次変化を示します。電位計の上位機種には、ここ数年あまり大きな順位の変動は見られません。RAMTEC系の優勢は例年と同じで、UNIDOS系がこれに継ぐ状態です。その他の機種も例年ある程度の校正依頼がありますが、以前から用いられていたDose Masterなどの古い型式のものはほとんど姿を消しつつあります。

電離箱では引き続き防水タイプの増加が著しく、特に、円筒形では防水のFarmer形(30013)、平行平板形ではRoos形(PPC40、34001)およびNACP-02が主流です。これに対し、非防水で旧形タイプのFarmer形(30001、30010)およびClassic Markus形(23343)は減少傾向が継続しています。一方、電離容積の小さいスキャン・小照射野用電離箱の校正依頼も目立つようになってきました。これまで僅かながら依頼のあった少数型式の電離箱の校正は、特殊用途のものを除き消滅状態であり、電離箱も旧形式のものは計測法が水中に移行したため、ユーザー側での使用も終了したと考えられます。

4-2. 電離箱の校正履歴と校正定数の変動

表7は、電離箱の校正履歴分類の年次変化です。財団による校正も12年が経過し、電離箱については、新規購入分を除くとほぼ全てがデータベースに登録されており、校正履歴が把握できるようになりました。平成27年度の空中校正の実績は、電離箱数にして全体の約0.3%であり、個々の電離箱の校正定数についても特段の変化は見られなかったため検討は省略しました。

表5：線量計の機種別集計（水中および空中の合計）

機種名	平16	平17	平18	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27
RAMTEC Smart	0	0	16	81	105	183	205	258	301	423	388	477
RAMTEC1000plus	151	196	254	229	275	274	256	259	235	247	185	181
UNIDOSweblin10021/22/23	**	**	**	**	20	27	32	45	74	99	107	122
UNIDOS10001/10002/10005	59	85	93	105	82	90	79	75	89	72	64	59
RAMTEC Mono/Duo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53
KEITHLEY35040 (同等品)	12	16	24	28	26	48	41	39	41	44	40	40
RAMTEC1000D/H	115	104	158	128	131	121	98	80	69	59	35	32
AE130/131/132/132a*/132a改	43	35	37	28	26	31	24	18	24	15	16	19
KEITHLEY6517A/617/6514	<4	4	11	7	8	14	10	15	14	12	14	17
MAX4000	9	13	14	11	13	14	3	9	13	12	6	15
Super MAX	0	0	0	0	5	6	6	4	8	11	8	14
UNIDOS E10008/10009/10010	**	**	**	**	5	2	7	9	12	6	10	9
Tomo Electrometer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
PC Electrometer	-	-	-	-	-	2	4	2	4	8	5	7
DOSE1	<4	5	5	5	8	7	4	4	6	4	3	6
AE1110a/S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	4	5
IONEX DOSEMASTER2590A/B	75	72	79	62	44	38	17	16	14	10	6	4
DOSE-DOSE RATE METER 2620/A	11	8	13	8	6	8	5	3	4	2	2	1
CAPINTEC192/A/292*	6	8	3	6	4	2	2	2	1	1	2	1
VICTOREEN500/-1/-SI/530SI	27	35	25	20	15	10	4	4	1	1	0	0
DOSE METER 2570/A/1B/2670A*	4	4	4	9	2	5	3	1	2	2	0	0
Others	19	10	7	2	3	3	3	3	4	5	1	3
合計	535	595	743	729	776	885	803	846	916	1,041	902	1,074

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

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

新旧校正定数の比の平均は、体制が空中校正の間ほぼ $\pm 0.1\%$ 前後でしたが、平成24年10月

以降の水中校正を行った電離箱ではほぼ 0.1% 以下とやや改善しています。また、この比の標準偏差は、財団が校正を開始した直後の数年の 0.6% 台前半から徐々に減少し、20年以降は 0.4% 台あるいはそれ以下となりましたが、これも水中校正の電離箱では 0.3% 前後と更に縮小しました。財団の校正作業および施設サイドの線量計保守のレベルは良好な水準にあることが窺えます。

平成26年度の差がややマイナス目になったのは、この年度当初から校正作業場の除湿を強化し、夏場の標準値の上昇が押えられた影響と考えられます。

平成27年度に水中校正を行ったユーザー電離箱の校正履歴の分類を表8に示します。対象は、コバルト線源交換による γ 線標準場の強度上昇の影響を考慮して、NEWS5号では解析を見送った26年3月分を含めた13ヵ月分としました。平成26年までの集計に比べ、前回校正履

歴が空中のものは約1.4%とほとんどなくなり、一方、新規購入および比較不可群が大幅に増加しています。比較不可群は電位計の更新が多く、電離箱を含めて新製品へのreplaceが進んでいると考えられます。

前回は水中校正で校正定数が比較可能な電離

表6：電離箱の型式別集計（水中および空中の合計）

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

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

箱について、型式別の新旧校正定数の差を表9に示します。平行平板形の1部を除き校正定数の差およびばらつきは共に小さく、システムが水中校正に切り替わったことにより、安定で再現性の良い校正が行われていることが窺えます。平成26年と比べ、表7でも示したように、全体的な合計で見ると27年度の方が校正定数の差が縮小し、一方、標準偏差はほぼ同等でした。ただ、型式別に傾向が異なり、校正標準場のコントロールおよび同出力の決定法も影響す

るので、しばらくは観察を続ける予定です。

6. その他

6-1. 標準線量計等の校正と変更

標準として用いる財団所有の線量計（特定2次標準器、AE132R#3603447+C110#1011）および新規に購入したバックアップ用線量計（AE132R#4603117+C110#1182）について、平成27年8-9月に産総研にjcss校正を依頼しました。特定2次標準器の校正定数（空中校正およ

表7：電離箱の校正履歴の分類と新旧校正定数の比

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

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

表8：水中校正を行ったユーザー電離箱の分類（平成27年3月～平成28年3月）

対象	内容	電離箱数
比較可能	前回は空中校正 ($N_c \times k_{D,x}$ 有り)	39
	前回は水中校正 ($N_{D,w}$ 有り)	2,125
比較不可	電位計修理・交換、電離箱修理、その他	185
	新規購入	405
合計		2,754

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

び水中校正の双方)は僅かに上昇気味でしたが、特に変更を必要とするものではありませんでした。ただし、前者の線量計には校正後不具合が発生したので、特定2次標準器を後者に変更しました。水温測定用温度計は2年に一度のJCSS校正の年に当たるので、線量計校正に合わせてJCSS登録事業者に校正を依頼しましたが、これにも特段の変化はありません。

6-2. 標準場出力の評価について

校正のための⁶⁰Co標準場出力に湿度に関係した季節変動が見られることから、平成27年3月から校正作業場の湿度コントロールを開始しています。また上記の標準線量計の変更に伴い、標準場出力の決定法を、これまでの毎校正日の測定値を用いる方法(置換法)から、これまでの測定値の平均より求めた基準値を基に、⁶⁰Coの

表9：ユーザー電離箱校正定数の比較(2回の $N_{D,w}$ の差)。型式・形状別(平27年/3月-28年/3月校正分)

電離箱型式	形状	電離箱数	平均(%)	S.D.(%)
NACP-02	平行平板	234	0.15	0.27
PPC40		234	-0.14	0.28
34045		141	0.07	0.58
23343		48	-0.13	0.27
34001		109	0.04	0.21
その他		7		
計		773	0.02	0.39
30013	円筒	1,102	0.05	0.26
30001		46	-0.06	0.26
31010		50	-0.00	0.25
30010		31	0.06	0.19
30006		12	-0.10	0.30
C110(0.6ml)		18	-0.08	0.35
A12		15	0.00	0.20
A12S		20	0.14	0.46
A1SL		23	-0.08	0.27
その他		35		
計		1,352	0.04	0.27
合計		2,125	0.03	0.32

半減期による減衰計算によって評価する方法(減衰法)に変更しました。これらの影響については、実施から日も浅いので成果についての結論がまだ出せませんが、上述のようにユーザー校正定数の再現性は改善傾向にある感触を得ています。

6-3. 分離校正システム開発の進捗状況

分離校正については、これまで実施に向けての検討を進めてきましたが、校正に必要な機器の整備、性能の評価および校正のための実用システムの構成がほぼ終了しました²⁾。続いて、分離校正においてもJCSS登録事業者としての校正を実施すべく、製品評価技術基盤機構(NITE)と何度か打ち合わせを行い、また、NITEのJCSS等技術委員会電気(直流・低周波)分科会での電位計校正に関する説明および産総研の応用電気標準グループと使用機器の性能に関する会合等を持ち、指摘された問題点が解決された段階でNITEへ登録事業者申請を行う予定です(平成28年末)。

なお、分離校正のうち電位計校正では、校正結果として k_{elec} を供給しますが、その方法および範囲についてはまだ検討中です。今のところ1レンジ当たり正負3点の計6点を校正点とし、正負毎に3点の平均値をその極性の k_{elec} とする予定です。校正する電荷の受入れ範囲としては $\pm 2\sim 200\text{nC}$ 当たりとしますが、これ以外の範囲についてもユーザー側の希望に対応できるような機器を考慮中です。

参考文献

- 1) 水野秀之：放医研コバルト照射装置の線源更新。線量校正センターニュース, Vol. 5, 16-19, 2015, 医用原子力技術研究振興財団
- 2) 高瀬信宏：分離校正実現に向けての進捗状況。ibid, 20-22

(線量校正センター 佐方周防)

出力線量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. 出力測定数の集計

平成27年度までに出力測定を行った施設および治療装置数の集計を表1に、ビーム数およびその内訳を表2に示します。事業開始より28年3月までの施設、装置およびビーム数の累計はそれぞれ631、815および3,349(内、校正条件ビーム：1,656)でした。エネルギー別では10MVが最も多く、次いで6MVおよび4MVの順です。ただし、4および6MVの依頼は年度によって増減があり、特に最近の数年は6MVの

方が4MVの約2倍と優勢で、10MVに迫る勢いです。校正条件ビームのみのエネルギー別集計でも10MVが最も多く、次いで6MVでした(後出の表5参照)。

平成27年の単年度の依頼数は、施設、装置およびビーム数にして、それぞれ161、217および964であり、前年度に比べ、施設数が11%、ビーム数が15%の増加であり、大幅な増加であった26年度を更に上回り、これまでの実績の中ではいずれの項目においても最多となりました。24年度あたりから増勢傾向が引き続いていましたが、特に26年度からは、治療装置出力の第三者評価が、がん診療連携拠点病院の指定条件になったことが大きく影響し大幅な増加につながったといえます。

平成22年度より始まった条件付測定も同様に申込が増えていますが、年毎に傾向が異なり、27年度は校正および照射野条件は前年に比べ約20%増となりましたが、ウエッジ条件はほぼ横ばいと他の2条件とは異なる結果となっています。また、26年からFFFお

表1：出力測定の集計1、施設および装置

項目	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27	累計	
施設	拠点	16	32	29	38	35	47	56	111	127	491
	その他	2	13	10	12	11	7	17	34	34	140
	合計	18	45	39	50	46	54	73	145	161	631
装置	22	51	44	60	55	77	103	186	217	815	

実施日の区分は測定セットの発送日

表2：出力測定の集計2、エネルギーおよび条件別

項目	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27	累計	
エネルギー別ビーム数	4 MV	12	22	24	79	64	55	87	183	212	738
	6 MV	10	29	23	95	84	130	180	320	346	1,217
	10 MV	17	37	34	110	88	135	208	318	384	1,331
	15 MV	0	3	0	5	1	7	4	12	17	49
	その他	-	-	-	-	-	-	3	6	5	14
	合計	39	91	81	289	237	327	482	839	964	3,349
条件別ビーム数	校正	39	91	81	109	104	146	217	396	473	1,656
	ウエッジ	-	-	-	56	58	71	117	145	140	587
	照射野	-	-	-	124	75	110	148	298	351	1,106

実施日の区分は測定セットの発送日。エネルギー別ビーム数のその他には、8、18、20MVを含む

よびTomotherapyビームの測定依頼も受けていますが、ガラス線量計のレスポンスの検証が終わっていないので結果は参考値として報告しています。

2. 財団評価線量と施設申告線量の相違 1、校正条件ビーム

表3および4に、校正条件ビームについて、財団でガラス線量計から評価した線量（評価線量）と、各施設よりデータ記入シートにて申告された線量（申告線量）との差を示します。

平成24年半ばより、わが国の治療用線量の評価法（計測プロトコル）が、標準測定法01から標準計測法12に変更になりました。これに伴い、財団でも線量の評価を、平成25年12月より標準計測法12に移行しています。よって、ある期間は、財団と各施設で使用する評価法が異

なる場合があります、これによる変動を防ぐため、双方の評価法が同じビームを解析対象としました。すなわち、表3は施設および財団とも標準測定法01で線量評価を行った場合の線量の差、表4は標準計測法12の場合です。双方で評価法が異なるものは線量差の解析に用いていません。

（平成26年以降も標準測定法01を線量評価に用いるユーザーがありますが、線量差の解析には用いていません。なお、ユーザーに対しては、財団の評価値をそのまま報告しています。）

表3の合計欄では、線量の差が-0.25より0.25%のものが最も多く、次いで0.25より0.75%台でした。従って、財団とユーザーの差は多少プラス目ということになります。表4の合計欄でも、線量差のピークは-0.25より0.25%にあります。全体的に評価線量が申告線量を上

表3：施設側の申告した線量と財団で評価した線量の差 (%) の分布

範囲 (%)	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	合計
~-2.75						2		2
-2.75~-2.25		1	1	1	1	2		6
-2.25~-1.75				2	2	2		6
-1.75~-1.25	2	1	4	6	2	11	1	27
-1.25~-0.75	3	5	3	10	7	24	1	53
-0.75~-0.25	2	11	11	13	21	23	4	85
-0.25~0.25	4	15	14	19	22	28	6	107
0.25~0.75	8	11	19	22	19	24	1	104
0.75~1.25	11	22	14	17	15	9	3	91
1.25~1.75	6	15	8	7	8	5	3	52
1.75~2.25	1	4	3	7	4	6	1	26
2.25~2.75	1	3	1	3	2	3		13
2.75~3.25		3		2	2		1	8
3.25~			1					1
ビーム数	38	91	79	109	104	139	21	581
平均	0.550	0.669	0.397	0.296	0.268	-0.171	0.339	0.269
標準偏差	0.930	1.033	0.981	1.116	1.013	1.159	1.007	1.099

校正条件の4、6、10、15MVのビームのみ。平成19～25年。線量評価は標準測定法01。FFFビームは含まない

表4：施設側の申告した線量と財団で評価した線量の差 (%) の分布、2

範囲 (%)	平25	平26	平27	合計
~-2.75			1	1
-2.75~-2.25			3	3
-2.25~-1.75	1	5	6	12
-1.75~-1.25	1	11	12	24
-1.25~-0.75	2	20	34	56
-0.75~-0.25	9	35	71	115
-0.25~0.25	21	72	82	175
0.25~0.75	21	64	81	166
0.75~1.25	26	50	59	135
1.25~1.75	8	46	35	89
1.75~2.25	7	31	31	69
2.25~2.75	2	14	6	22
2.75~3.25	2	2	5	9
3.25~3.75	2	3	3	8
3.75~		3	1	4
ビーム数	102	356	430	888
平均	0.675	0.596	0.344	0.484
標準偏差	0.910	1.080	1.076	1.076

校正条件の4、6、10、15MVのビームのみ。平成25～27年。線量評価は標準計測法12。FFFビームは含まない

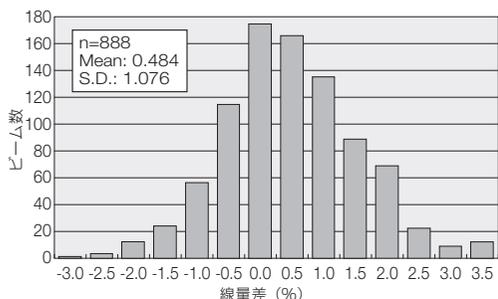


図1：財団で評価した線量と施設から申告された線量との差。平成25～27年の校正条件ビーム合計。線量の評価プロトコルは、財団・施設とも標準計測法12

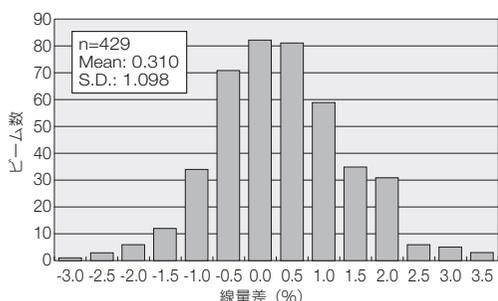


図2：財団で評価した線量と施設から申告された線量との差。平成27年度の校正条件ビームのみ。線量の評価プロトコルは、財団・施設とも標準計測法12

回っています。標準計測法12を用いた群の校正条件ビームの差の分布を図1および2に示します。図1はこの3年間の合計、図2は平成27年単年度の集計です。いずれも財団側の評価がやや大きいのですが、年を経るにつれ差が減少する傾向にあることが判ります。

また、表3および4の下欄には、各年度の線量差の平均値および標準偏差も示してあります。この差は、平成19年および20年には0.6%前後ありましたが、21年より縮小に転じて改善方向に向かい、24年あたりではほぼ差が見られなくなっていました。ただ、25年度は傾向が逆転し、20、21年当りの水準に戻りました。25年

表5：平成27年度の校正条件ビームのエネルギー別線量の差(%)

エネルギー	ビーム数	平均	標準偏差
4 MV	96	0.025	0.978
6 MV	151	-0.044	1.030
10 MV	171	0.747	1.040
15 MV	11	0.866	1.260
合計	429	0.310	1.098

他のエネルギーおよびFFFビームは含まない。線量評価は標準計測法12

の標準計測法12の群にも同様の差があり、財団と施設の差の傾向に変化のあることが判ります。ただし、26年以降は、この差は徐々に縮小方向にあり、24年10月より開始した線量計の水中校正の影響および線量評価法の切り替え時に、ユーザー側に多少の混乱があったことが窺えます。ただし、標準偏差は1%前後でほとんど変動が無く、これはこれまでの結果とも一致しており、財団の評価手順や施設の照射法については安定していると思われる。

表5は、平成27年度の校正条件ビームのエネルギー別線量の差です。エネルギーの高いビームに差が大きいことが見てとれますが、26年度も同様の状態であり、全体的には改善の方向にあるといえます。

現在、ユーザー側でも計測プロトコルの移行はほぼ終わったようですが、依頼が急増しており比較が難しい時期でもあります。長期的には水中校正済の線量計が多数となれば変化が落ち着き、差の解析も進むと思われます。

3. 財団評価線量と施設申告線量の相違 2、校正条件以外のビーム

平成22年度より校正条件以外の出力測定も開始しました。この5年間の条件付測定の内容を表6～9に示します。27年の照射野およびウエッジ条件の申し込みはそれぞれ351および

表6：ウェッジ条件のビーム数と線量の差(%)、1

年度	ウェッジ角				合計	線量の差	
	15度	30度	45度	60度		平均	標準偏差
平22	26	18	8	4	56	0.048	1.029
平23	20	22	7	9	58	0.059	1.208
平24	32	22	11	6	71	-0.013	1.234
平25	2	6	4	4	16	0.194	1.181
累計	80	68	30	23	201		
平均	0.028	-0.007	0.075	0.183	0.041		
標準偏差	1.010	1.231	1.125	1.519	1.173		

線量評価は標準測定法01

表7：ウェッジ条件のビーム数と線量の差(%)、2

年度	ウェッジ角				合計	線量の差	
	15度	30度	45度	60度		平均	標準偏差
平25	18	13	6	13	50	0.525	1.029
平26	52	51	13	15	131	0.166	1.208
平27	45	52	17	19	133	0.222	1.097
累計	115	116	36	47	314		
平均	0.248	0.279	0.048	0.316	0.247		
標準偏差	1.009	1.085	0.918	1.408	1.099		

線量評価は標準計測法12

表8：照射野条件のビーム数と線量の差(%)、1

年度	照射野 (cm ²)				合計	線量の差	
	5×5	15×15	20×20	25×25		平均	標準偏差
平22	56	16	48	4	124	0.124	1.106
平23	33	4	34	4	75	-0.158	1.071
平24	39	15	47	8	109	-0.196	1.132
平25	7	4	6	1	18	0.043	0.890
累計	135	39	135	17	326		
平均	-0.364	0.181	0.229	-0.351	-0.052		
標準偏差	0.943	1.023	1.104	1.643	1.106		

線量評価は標準測定法01。FFFビームは含まない

表9：照射野条件のビーム数と線量の差(%)、2

年度	照射野 (cm ²)				合計	線量の差	
	5×5	15×15	20×20	25×25		平均	標準偏差
平25	31	7	13	11	62	0.245	1.045
平26	104	31	116	9	260	0.425	1.159
平27	133	46	128	25	332	0.311	1.226
累計	268	84	257	45	654		
平均	0.152	0.777	0.395	0.022	0.314		
標準偏差	1.236	1.108	1.258	1.786	1.293		

線量評価は標準計測法12。FFFビームは含まない

表 10：1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
平24	2.70	1.30	2.02	6.01
平25	3.04	1.63	2.03	6.69
平26	2.79	1.01	2.04	5.84
平27	2.94	0.87	2.18	5.98

140ビームであり、照射野条件の依頼は26年を大幅に上回っていますが、ウエッジ条件はほぼ横ばいです。また、いずれも校正条件ほどは伸びていません。ここ5年とも照射野条件の方がウエッジ条件より多いのですが、26年度は特に前者の伸び率が大きい。

条件付測定での財団の評価線量とユーザーの申告線量の差も同表に示します。いずれも財団とユーザーが同じ評価法を用いた群ごとに分けてあります。ウエッジおよび照射野条件とも、校正条件に比べ差が小さく、また年度による傾向も見受けられません。ただし、標準偏差は約1%と、これは校正条件とほぼ同様です。

4. その他

1) 1施設当たりの条件数

表10は1施設当りの申込条件数（ビーム数）です。平成22年からは、それ以前と同料金で2倍のビーム数が測定可能となったが、21年までに比べると条件付測定の導入等もあって3倍近いあるいはそれ以上のビーム数の測定が申し込まれていることとなります。ただし、26年度以降はその傾向が反転しています。多くの施設が申し込みを開始し、最初は基本的条件のみから始めることが多いとも考えられます。また、ウエッジ条件の1施設当りの申し込みは、条件付測定開始直後は少なく、年度を追って増える

表 11：施設の使用する線量評価用標準プロトコール

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

傾向にありましたが、26年度以降は大幅に減少しました。照射野条件は、当初は年度による増減が見られましたが、最近では1施設当たり2ビーム前後で安定していることが判ります。校正条件も年度毎に増える方向にあり、特に24年度以降が目立ちますが、原因として1施設より依頼される装置の数の増加が考えられます。

2) 線量評価用標準プロトコール

表11に、ユーザー施設で用いられている評価法の種類を示します。現状は、ほぼ新しい標準計測法12への切り替わりが進んでいるものと思われます。標準測定法86の使用は、表11以外に平成19年および平成21年に各1施設がありました。

3) 線量評価の不適切例

測定セットと共に返送いただく照射データ記入シートを見ると、線量評価あるいはシート記入に不適切と思われるものが時々見受けられます。ただし、その頻度は減少しており、HP上にある記入上の注意などの効果もあったと思われます。（照射データ記入シートに疑問があるときは、財団担当者より連絡を差し上げる場合があります。その節は宜しくお願い致します。）

（線量校正センター 佐方周防）

治療用線量計校正および出力線量測定における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、校正を実施した施設の施設名公表を行っております。施設名公表は同学会が行ってきた公表事業を継続するもので、日本国内の放射線治療施設の治療線量が国家標準と繋がっていることを広く示すねらいがあります。

当財団による施設名公表は、関連学協会および有識者によって構成された「医療放射線監理委員会」の管理・監督のもと、過去2年間に校正を実施した施設（医療機関、研究・教育機関およびメーカー）を対象とし、毎年実施しております。事前に公表のご案内を行い、公表の同意が得られた施設のみを当財団ホームページ (http://www.antm.or.jp/03_activities/025.html) にてPDFファイル形式で掲載しております。本年度（平成28年度）は、平成26年度及び27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。

施設名公表へのご理解とご協力について

平成28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頂いておりますが、いずれも高い公表率を維持することができました。この場を借りまして、皆様のご理解とご協

力に深く感謝申し上げます。

2. 出力線量測定における施設名公表について

近年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おります。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。

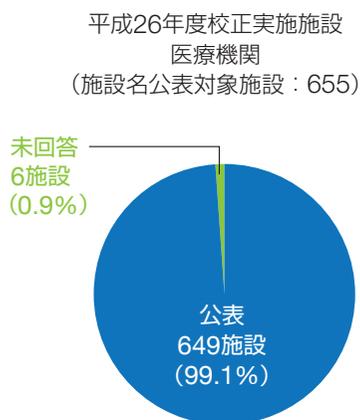
2012年より、出力線量測定を実施した施設の中で公表の承諾が得られた施設の名称についてセンターニュース及び当財団ホームページ (http://www.antm.or.jp/03_activities/038.html) にて公表しております。本年は2007年度から2015年度に出力線量測定を実施した施設を対象に公表いたします。実施施設名を公表することで今まで以上に出力線量測定事業を周知する狙いがあります。また、出力線量測定は医療事故防止に有効な手段であり、より多くの施設に実施して頂きたいと考えております。

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

線量計校正実施施設の公表状況

平成26年度 校正実施施設

平成26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26年度校正実施施設名の公表状況は図1.1の通りとなりました。医療機関においては99.1%、研究・教育機関やメーカーについては、94.7%に相当する施設から公表の同意が得られました。



平成27年度 校正実施施設

平成27年度に校正を実施した施設の公表状況を図1.2に示します。平成26年度と同様に、医療機関においては98.8%、研究・教育機関やメーカーにおいては86.4%の施設から公表の同意が得られました。

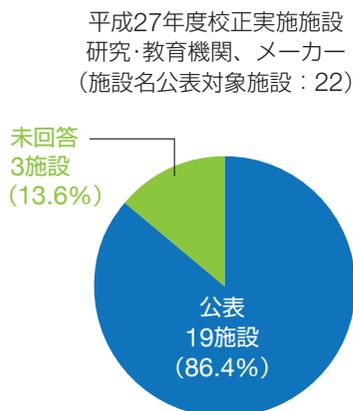
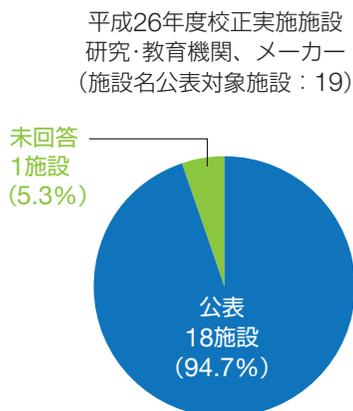
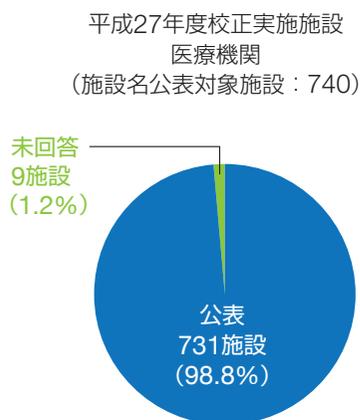


図 1.1：平成26年度校正実施施設の公表状況

図 1.2：平成27年度校正実施施設の公表状況

2007年～2015年度治療用照射装置(X線)の出力線量測定実施施設一覧(対象374施設中346施設)

医療施設では無い研究機関等 全1施設

茨城県 (1施設)

特定国立研究開発法人産業技術総合研究所
(一次標準機関)

医療施設 全345施設

北海道 (21施設)

JA北海道厚生連旭川厚生病院
JA北海道厚生連札幌厚生病院
JA北海道厚生連帯広厚生病院
KKR札幌医療センター
旭川医科大学病院
医療法人王子総合病院
医療法人溪仁会手稲溪仁会病院
医療法人徳洲会札幌東徳洲会病院
岩見沢市立総合病院
砂川市立病院
札幌医科大学附属病院
市立旭川病院
市立釧路総合病院
市立札幌病院
市立函館病院
社会医療法人母恋日鋼記念病院
社会福祉法人函館厚生院函館五稜郭病院
独立行政法人国立病院機構函館病院
独立行政法人国立病院機構北海道がんセンター
北海道大学病院
北見赤十字病院

青森県 (4施設)

弘前大学医学部附属病院
三沢市立三沢病院
青森県立中央病院
独立行政法人国立病院機構弘前病院

岩手県 (3施設)

岩手医科大学附属
PET・リニアック先端医療センター
岩手医科大学附属病院
岩手県立磐井病院

宮城県 (5施設)

一般財団法人厚生会仙台厚生病院
石巻赤十字病院
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

東北厚生年金病院
独立行政法人労働者健康安全機構東北労災病院

秋田県 (6施設)

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

山形県 (6施設)

公立置賜総合病院
山形県立新庄病院
山形県立中央病院
山形市立病院済生館
山形大学医学部附属病院
地方独立行政法人山形県・酒田市病院機構
日本海総合病院

福島県 (4施設)

一般財団法人太田総合病院附属太田西ノ内病院
一般財団法人竹田健康財団竹田総合病院
公立大学法人福島県立医科大学附属病院
独立行政法人労働者健康安全機構福島労災病院

東京都 (32施設)

NTT東日本関東病院
がん・感染症センター都立駒込病院
がん研有明病院
杏林大学医学部付属病院
医療法人徳洲会東京西徳洲会病院
苑田会放射線クリニック
慶應義塾大学病院
虎の門病院
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
公立阿伎留医療センター
公立昭和病院
公立福生病院
順天堂大学医学部附属練馬病院
昭和大学病院
帝京大学医学部附属病院
東京医科歯科大学医学部附属病院
東京医科大学病院

東京警察病院
東京厚生年金病院
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
東京女子医科大学病院
東京都立多摩総合医療センター
東邦大学医療センター大森病院
同愛記念病院
独立行政法人国立がん研究センター中央病院
独立行政法人国立国際医療研究センター病院
独立行政法人国立病院機構東京医療センター
日本医科大学多摩永山病院
日本医科大学付属病院
日本赤十字社医療センター
日本大学医学部附属板橋病院

神奈川県 (12施設)

一般財団法人神奈川県警友会けいゆう病院
横浜市立みなと赤十字病院
横浜市立市民病院
恩賜財団済生会横浜市東部病院
学校法人北里研究所北里大学病院
公立大学法人横浜市立大学附属病院
昭和大学横浜市北部病院
川崎市立井田病院
大和市立病院
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
東海大学医学部付属病院
独立行政法人労働者健康安全機構関東労災病院

埼玉県 (12施設)

さいたま市立病院
さいたま赤十字病院
越谷市立病院
学校法人獨協学園獨協医科大学越谷病院
埼玉医科大学国際医療センター
埼玉医科大学総合医療センター
埼玉県立がんセンター
自治医科大学附属さいたま医療センター
深谷赤十字病院
川口市立医療センター
独立行政法人国立病院機構埼玉病院
防衛医科大学校病院

千葉県 (14施設)

医療法人沖繩徳洲会千葉徳洲会病院
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
社会福祉法人恩賜財団済生会
千葉県済生会習志野病院
聖隷佐倉市民病院
千葉県がんセンター
千葉市立海浜病院
千葉大学医学部附属病院
船橋市立医療センター
東京ベイ先端医療・幕張クリニック
東京歯科大学市川総合病院
東京慈恵会医科大学附属柏病院
東邦大学医療センター佐倉病院
日本医科大学千葉北総病院

茨城県 (6施設)

茨城県厚生農業協同組合連合会
茨城西南医療センター病院
茨城県立中央病院
筑波大学附属病院
東京医科大学茨城医療センター
独立行政法人国立病院機構茨城東病院
友愛記念病院

栃木県 (6施設)

社会福祉法人恩賜財団済生会支部
栃木県済生会宇都宮病院
独立行政法人国立病院機構栃木病院
栃木県立がんセンター
那須赤十字病院
日本赤十字社足利赤十字病院
獨協医科大学病院

群馬県 (4施設)

伊勢崎市民病院
桐生厚生総合病院
群馬大学医学部附属病院
前橋赤十字病院

山梨県 (1施設)

地方独立行政法人山梨県立病院機構
山梨県立中央病院

新潟県 (9施設)

JA新潟厚生連上越総合病院
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
新潟県済生会済生会新潟第二病院
新潟県厚生農業協同組合連合会長岡中央総合病院
新潟県立がんセンター新潟病院

新潟県立中央病院
新潟市民病院
新潟大学医歯学総合病院
新潟労災病院
長岡赤十字病院

長野県 (5施設)

JA 長野厚生連佐久総合病院佐久医療センター
信州大学医学部附属病院
長野赤十字病院
独立行政法人国立病院機構信州上田医療センター
飯田市立病院

富山県 (6施設)

高岡市民病院
国立大学法人富山大学附属病院
黒部市民病院
市立砺波総合病院
富山県厚生農業協同組合連合会高岡病院
富山県立中央病院

石川県 (5施設)

金沢大学附属病院
公立松任石川中央病院
国民健康保険小松市民病院
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

福井県 (2施設)

福井赤十字病院
福井大学医学部附属病院

愛知県 (22施設)

愛知医科大学病院
愛知県がんセンター愛知病院
愛知県がんセンター中央病院
愛知県厚生農業協同組合連合会安城更生病院
愛知県厚生農業協同組合連合会豊田厚生病院
医療法人豊田会刈谷豊田総合病院
一宮市立市民病院
岡崎市民病院
公立陶生病院
社会医療法人大雄会総合大雄会病院
社会医療法人名古屋記念財団名古屋記念病院
社会保険中京病院
小牧市民病院
藤田保健衛生大学病院
独立行政法人国立病院機構豊橋医療センター

半田市立半田病院
豊橋市民病院
名古屋市立西部医療センター
名古屋市立大学病院
名古屋市立東部医療センター
名古屋第一赤十字病院
名古屋第二赤十字病院

岐阜県 (9施設)

医療法人徳洲会大垣徳洲会病院
岐阜県立多治見病院
岐阜市民病院
岐阜大学医学部附属病院
高山赤十字病院
社会医療法人厚生会木沢記念病院
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
朝日大学歯学部附属村上記念病院

静岡県 (11施設)

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

三重県 (3施設)

伊勢赤十字病院
三重県厚生農業協同組合連合会松阪中央総合病院
地域医療支援病院市立四日市病院

大阪府 (24施設)

地方独立行政法人堺市立病院機構
堺市立総合医療センター
ベルランド総合病院
医療法人新明会都島放射線科クリニック
医療法人藤井会石切生喜病院
関西医科大学附属病院
近畿大学医学部附属病院
市立岸和田市民病院
市立豊中病院
社会医療法人愛仁会高槻病院

社会医療法人生長会府中病院
社会福祉法人恩賜財団済生会
大阪府済生会野江病院
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
多根総合病院
大阪医科大学附属病院
大阪警察病院
大阪赤十字病院
大阪大学医学部附属病院
大阪鉄道病院
地方独立行政法人大阪府立病院機構
大阪府立成人病センター
東大阪市立総合病院
独立行政法人国立病院機構大阪医療センター
独立行政法人国立病院機構大阪南医療センター
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
八尾市立病院

兵庫県 (16施設)

芦屋放射線治療クリニックのぞみ
医療法人明和病院明和がんセンター
公立学校共済組合近畿中央病院
公立豊岡病院組合立豊岡病院
社会医療法人製鉄記念広畑病院
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
神鋼病院
西神戸医療センター
先端医療センター病院
独立行政法人国立病院機構神戸医療センター
独立行政法人国立病院機構姫路医療センター
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
兵庫県立がんセンター
兵庫県立淡路医療センター

京都府 (8施設)

京都市立病院
京都大学医学部附属病院
京都第一赤十字病院
京都第二赤十字病院
市立福知山市民病院
社会福祉法人京都社会事業財団京都桂病院
独立行政法人国立病院機構京都医療センター
独立行政法人国立病院機構舞鶴医療センター

滋賀県 (4施設)

市立長浜病院
滋賀県立成人病センター
独立行政法人国立病院機構
東近江総合医療センター
彦根市立病院

奈良県 (3施設)

財団法人天理よろづ相談所病院
市立奈良病院
奈良県総合医療センター

和歌山県 (6施設)

橋本市民病院
公立那賀病院
社会保険紀南病院
独立行政法人国立病院機構南和歌山医療センター
日本赤十字社和歌山医療センター
和歌山県立医科大学附属病院

鳥取県 (4施設)

鳥取県立厚生病院
鳥取県立中央病院
鳥取市立病院
鳥取大学医学部附属病院

島根県 (3施設)

松江市立病院
島根県立中央病院
島根大学医学部附属病院

岡山県 (6施設)

岡山済生会総合病院
岡山大学病院
公益財団法人大原記念倉敷中央医療機構
倉敷中央病院
総合病院岡山赤十字病院
地域医療支援病院社会医療法人「鴻仁会」
岡山中央病院
独立行政法人国立病院機構岡山医療センター

広島県 (6施設)

県立広島病院
広島赤十字・原爆病院
広島大学病院
地方独立行政法人広島市立病院機構
広島市立安佐市民病院

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
独立行政法人国立病院機構福山医療センター

山口県 (4施設)

医療法人聖比留会セントヒル病院
山口県立総合医療センター
山口大学医学部附属病院
独立行政法人地域医療機能推進機構徳山中央病院

徳島県 (3施設)

徳島県立三好病院
徳島赤十字病院
徳島大学病院

香川県 (3施設)

香川県立中央病院
高松赤十字病院
独立行政法人労働者健康安全機構香川労災病院

愛媛県 (3施設)

愛媛大学医学部附属病院
社会福祉法人恩賜財団済生会今治病院
独立行政法人国立病院機構四国がんセンター

高知県 (4施設)

高知県・高知市病院企業団立高知医療センター
高知県立幡多けんみん病院
高知赤十字病院
高知大学医学部附属病院

福岡県 (15施設)

医療法人徳洲会福岡徳洲会病院
久留米大学病院
九州大学病院
戸畑共立病院
公立八女総合病院
産業医科大学病院
社会医療法人製鉄記念八幡病院
社会医療法人雪の聖母会聖マリア病院
社会保険田川病院
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
独立行政法人地域医療機能推進機構九州病院
福岡県済生会福岡総合病院
福岡大学病院
北九州市立医療センター

佐賀県 (1施設)

地方独立行政法人佐賀県医療センター好生館

長崎県 (8施設)

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

熊本県 (8施設)

医療法人社団人優会熊本放射線外科
熊本市立熊本市民病院
熊本大学医学部附属病院
荒尾市民病院
国家公務員共済組合連合会熊本中央病院
独立行政法人国立病院機構熊本医療センター
独立行政法人国立病院機構熊本再春荘病院
独立行政法人労働者健康安全機構熊本労災病院

大分県 (2施設)

九州大学病院別府病院
大分赤十字病院

宮崎県 (2施設)

宮崎大学医学部附属病院
社団法人八日会藤元早鈴病院

鹿児島県 (3施設)

社会医療法人聖医会サザン・リージョン病院
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

沖縄県 (1施設)

KIN放射線治療・健診クリニック

※2016年9月末までに承諾を得られた施設を掲載。

(線量校正センター 奥山浩明)

治療用線量計校正担当より

●JCSS 校正につきまして

放射線治療に用いる線量については、がん細胞に効きかつ正常細胞に支障の出ないことが望まれるため、許容範囲が狭くなっています。そのため、必要な精度を満たし、その測定機器の校正手段が、国家標準などに対する連続した比較校正の流れの中に位置づけられていることが求められます。

当財団は、このような要求を満たす校正供給者として、NITE(独立行政法人製品評価技術基盤機構)により、試験所及び校正機関の能力に関する要求規格(ISO/IEC 17025:2005)に適合しているかどうか審査を受け、計量器の校正を適正かつ円滑に行うのに必要な技術能力を持ち、それを維持管理できる体制が整っていることとして、日本における計量法に基づくトレーサビリティ制度のJCSS登録事業者として登録されています。

JCSS登録事業者は、校正システム維持確認のため4年に一回の更新監査が求められており、当財団では2008年11月26日の初回登録から、2回目の更新監査を受けている最中です(2016年10月時点)。

今後も、安心・安全・確実な放射線治療を実現のため、このような治療用線量計校正事業のシステム維持管理を継続・改善していきますのでよろしくお願いたします。

●線量計校正の申込書変更について

2016年7月4日より、HP掲載の申込書を変更しております。これまでの依頼者様からの要望等を踏まえ、よりわかりやすく、部分的に簡素化し、記載ししやすい方向に見直しています(変更点等は以下をご参照ください)。今後の依頼の際には、新しいお申込書でご依頼いただけますようお願いいたします。

【申込書の主な変更点】(以下の図参照)

●変更①

電離箱ごとの測定に単位を記載いただきましたが、基本的には、装置の表示値が校正結果になるため指定不要といたしました。

●変更②

附属品は財団受入時に、梱包確認の記録シートでチェックしており、紛失した等の事例はないため、申込時点での申告は不要といたしました。

●変更③

施設名公表のお願いについては、当初は申込み記載のお願いとしていましたが、公表時期に全ての施設に確認の案内を送る方向に変更させていただきました。申込み時点での確認は2重になるので不要といたしました。

●変更④

財団から校正後の線量計の返却輸送について

【旧書式】

旧書式の申込書には、以下の変更点があります:

- 変更①:** 電離箱ごとの測定単位に関する記載が削除された。
- 変更②:** 附属品に関する申告欄が削除された。
- 変更③:** 施設名公表のお願いに関する記載が変更された。

【新書式】

新書式の申込書には、以下の変更点があります:

- 変更④:** 施設名公表のお願いに関する記載が変更された。
- 変更⑤:** 施設名公表のお願いに関する記載が変更された。

て、高額機器の輸送のため、お取扱いをお受けしていただける輸送業者が限られ、現在は福山通運と佐川急便しかお取扱いできません。そのことから、依頼者様には選択が限られますが、説明の加筆を行い、今までよりわかりやすく明確にしました。

● 変更⑤

「連絡欄」を設けて、記載事項以外で連絡したい事柄など記載できる欄を追加いたしました。

● 校正証明書のお取扱いについて

当財団線量校正センターは、「計量法校正事業者登録制度（JCSS）」の認定を受け、線量校正業務を行っています。そのため、JCSS認定に関わる校正結果（校正証明書）につきましては、複製等の発行や代用となる書類は原則発行できません。

新たに校正を行って得た校正定数は、校正証明書がお手元に届くまで使用できませんので、校正実施後、校正証明書が届くまでの間は、前回校正結果の校正定数をご使用いただきますようお願い致します。

● 校正機器の送付先変更について

平成25年5月13日より線量計をお送り頂く際の送付先が下記のように変更となっております。現在でもお間違えになってお送りになるケースも多少ございますため、お控えの送付先を訂正下さいますようお願い申し上げます。

【新 線量計送付先】

〒263-8555 千葉市稲毛区穴川4-9-1
放射線医学総合研究所内 第3研究棟B1F
コバルト室
(公財) 医用原子力技術研究振興財団 宛
電話番号：090-1438-0887

● 受託要綱と校正料金の請求につきまして

当財団のHPに記載されていますが、本校正のご依頼前に、必ず受託要綱^{*1}をご確認ください。

受託要綱にも記載されていますが、申込書を受け取ったことで受託したこととなり、受託要綱に同意いただいたこととして、お取扱いをさせていただきます。

また、請求手続きでお見かけする事例で、振込手数料をお忘れになるケースがございます。校正前にご確認いただく受託要綱にも「校正料金表に基づく料金を請求する」と明記されており、HP記載の校正料金表^{*2}は「校正料金の振込手数料は校正料金とは別にご負担下さい」と明記しています。

まれな事例ですが、振込手数料のお支払を忘れ、校正料金のご入金額が不足した施設様に対し、当財団よりお問い合わせをした際に、忘れたので割り引いて欲しいなど、交渉を持ちかける施設様がいらっしゃいますが、そのようなご対応は一切できませんので、校正料金のご入金額に不足が生じな

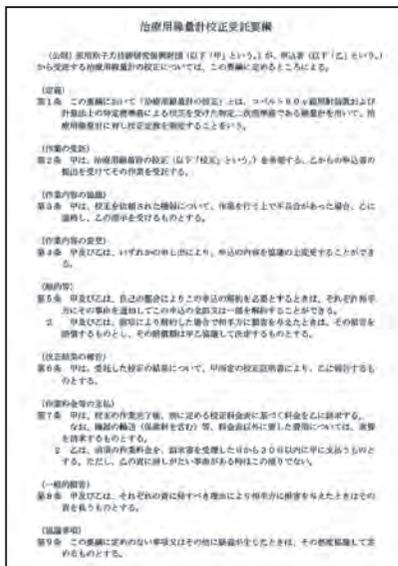
いようご注意ください。

※1) 受託要綱：

http://www.antm.or.jp/03_activities/data/youkou_kousei120401.pdf

※2) 校正料金表：

http://www.antm.or.jp/03_activities/data/suityryoukin201404.pdf



公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団	
本校正線量計の校正（水中校正）料金表	
平成 26年4月1日より適用	
下記にしたがって計算された金額を「校正料金」として振込させていただきます。	
(基本料金)	
a) 標準計器計（標準計1台につき）	43,000 円
b) 校正材料費（校正材料1計につき）	17,300 円
(校正計器)	
a) 同種計器計1台につき、一つの調整条件（調整レンジ、調整チャンネル、放射線種等）の組み合わせに対して、校正料金を1件とします。	
b) 同種計器計1台につき、調整条件が異なる場合は、調整条件ごとに校正料金を1件とします。	
(校正料金計算式)	校正料金 = (調整計器計) × (基本技術料) + (合計校正件数) × (校正材料費)
(校正料金計算例)	
a) 電位計1台 + 同種調整条件1本	60,400 円
b) 電位計1台 + 同種調整条件1本 + 平行平板型線量計1本	98,900 円
c) 電位計1台 + 同種調整条件1レンジ + 平行平板型線量計1本	112,200 円
d) 電位計1台 + 同種調整条件2本 + 平行平板型線量計1本	111,200 円
(その他)	
a) 校正料金は消費税（8%）が加算されています。	
b) 標準計器計の校正料金は、標準計器計の校正料金を別に請求いたします。	
c) 校正料金の振込手数料は校正料金とは別にご負担下さい。	

(線量校正センター 佐々木陽祐)

出力線量測定担当より

●出力線量測定について

当財団では、ガラス線量計素子 (PLD) を使用した校正条件での「治療用照射装置 (X線) の出力線量測定事業」を平成19年11月に開始いたしました。以来、多くの医療施設からご理解とご信頼を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管理・監督のもとで行われており、日本全国の放射線治療施設における品質管理状況を第三者評価機関として評価するためのシステムとなっております。

●第三者評価とは

平成26年1月10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0110第7号)では、地域がん診療連携拠点病院の指定要件の一つとして「第三者機関による出力線量測定を行う等、放射線治療の品質管理を行うこと。」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な独立した系(当財団ではPLD郵送測定)によって測定した吸収線量と比較(当財団の基準では±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。

●申込者増加に伴う受け入れ態勢の整備状況

がん診療連携拠点病院の施設(全国で399施設：平成28年4月)および一般病院の施設(年間約30施設)に対して3年に一度の更新時期に合わせて、

1年間で160施設程度(平成27年度実績)を行うよう想定しております。

●測定条件の拡大

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

●出力線量測定費用について

1セット(86,400円+送料5,900円)のお申込みで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。また、小照射野ビームで1条件のみの申込の場合の料金は、77,760円+送料5,900円となります。

●申込方法

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」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：

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：03-3542-2511(内線：1700)
FAX：03-3547-5013
E-mail：qcsupport@ml.res.ncc.go.jp

●未取得条件での申し込みについて

ソフトウェアビームなど、当財団で未取得の条件での出力線量測定が申し込まれた場合、出力線量測定後に確認測定（施設に訪問して測定を行う）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。

●照射時の照射画面写真の添付のお願いについて

出力線量測定事業は今年で9年目を迎え、昨年に出力線量測定を実施した施設は156施設にも上ります。本測定におきましては、施設側での申告線量と当財団の評価線量に5%以上のかい離があった場合、原因究明のためのヒアリング調査を実施し、原因が特定できない場合には再測定を実施しております。再測定においても線量の異常値が解消されない場合は、訪問確認測定なども検討しております。

昨年度の出力線量測定では、許容範囲（線量差が±5%）を超える事例は数件あり、ヒアリング後、

再評価の結果では正常範囲でした。以前より、照射装置の設定状況（設定MU、エネルギー、照射野、ウエッジ角度等）がわかる照射画面をデジカメなどで撮影していただきご返送をお願いしておりました。そのため、ヒアリングにて原因究明ができ、再計算にて正常範囲となるケースが増えてまいりました。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、本業務は施設からの測定依頼により行う業務であり、あくまでも第三者機関として施設の測定・出力管理に対して助言を行うものであること、測定項目の性質上、個々の患者治療ビームの出力を保障するものではないことを申し添えます。

（線量校正センター 布袋田真大）

財団ホームページの線量校正センター関連の更新



●トップページから

放射線治療品質管理に関する情報は、ホームページ画面上部「放射線治療品質管理」のタブからご確認ください。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ください。ご不明な点がございましたら、お問い合わせください。

<ページトップ「NEWS」の更新>

平成28年7月14日

- 「治療用出力線量測定の申込（申込方法）」を更新いたしました。

平成28年10月5日

- 「放射線治療品質管理、よくある質問」を更新いたしました。
- 「出力線量測定、データ記入シートの記入方法、よくある質問」を更新いたしました。

- 平成27年度「線量系校正実施施設の公表」および「治療用照射装置（X線）の出力測定実施施設の公表」を掲載いたしました。

治療用線量計校正事業

「線量計校正の申込（申込方法）」より、最新版の申込書がダウンロード可能となっております。申込書作成の際は、添付の記入要領、ホームページ内の記入例をご確認の上ご記入いただきますようお願いいたします。

「よくある質問」では、振込手数料に関する項目を追加いたしました。恐れ入りますが線量計校正料金の振込手数料は、測定料金とは別にご負担ください。

「線量計校正実施施設の公表」では、平成27年度、平成26年度の2年間で当センターにて線量計校正を行い、施設名公表に承諾いただいた施設について平成27年度実績として追加いたしました。

その他各ページでの変更はございません。

治療用出力線量測定事業

＜KACR＞放射線品質管理＞治療用出力線量測定事業

リニアック測定項目

項目	校正条件	照射野条件	ウェッジ条件
線量		10 Gy	
SAD		800 mm	
照射野 (Field)	10 × 10	5 × 5, 15 × 15	10 × 10
ウェッジ (Physicalまたは Coll.)	なし		15°, 30°, 45°, 60°
ソフトコピー (Lb)	※ または 99+		99+

TomoTherapyおよびCyberKnifeの測定項目

項目	TomoTherapy	CyberKnife
線量	10 Gy	10 Gy
照射野条件	10 Gy	10 Gy
SSD / SAD	SSD = 80 cm	SAD = 80 cm
照射野	10 × 5 cm ²	直径80 mm
その他	形、寸法 (任意)	—

※ソフトウェアから中心位置は取得できません。

治療用出力線量測定事業では、本年度よりFlattening Filter Free、TomoTherapy、CyberKnifeにおける出力線量測定についても取り扱いを開始いたしました。これに伴い、「治療用出力線量測定

の申込 (申込方法)」内の「測定項目」を更新いたしました。

「よくある質問」では、治療用線量計校正事業と同様に振込手数料に関する項目を追加いたしました。

その他各ページでの変更はございません。

光子線治療品質管理支援業務

＜KACR＞放射線品質管理＞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」の各ページに変更はございません。

線量校正センターからのお知らせ

＜KACR＞放射線品質管理＞線量校正センターからのお知らせ

これまでにご案内した線量校正センターからのお知らせを掲載しております。

今後、最新の情報があるものについては、古い情報を削除いたします。

線量校正センターへのお問い合わせ

＜KACR＞放射線品質管理

線量校正センターへWebからお問合せいただく際、代表のメールアドレスをご利用になる場合は、必ずお問合せいただいた方の所属のご記入をお願いいたします。

編集後記

当財団は平成8年3月26日の設立から20周年を迎えました。これまで関係学会、研究機関および病院施設等、多くの関係者のご支援、ご協力を賜り、事業推進を継続してきた結果であると言えます。放射線治療を推進する現場では照射精度の向上が求められており、品質管理において、治療用線量計校正および出力線量測定による治療装置の出力確認は、第三者評価として重要な役割を担っています。今後も更なる精度の向上、多岐にわたる治療装置への対応が求められています。

線量校正センターニュース Vol.6では、巻頭にて平成16年より当財団が行っている治療用線量計校正および出力線量測定の対応状況、今後の展開を掲載しております。

解説では、第三者評価の必要性および実施に向けた検討事項等について、また、近年増加傾向にあるFarmer型電離箱よりも小型の電離箱におけるTG-51Addendumのリファレンスクラス電離箱の仕様について掲載しました。

話題では、山口県内の放射線治療施設にて、がん治療均てん化の一環として、リニアック装置出力の第三者評価の実施について掲載しました。また、強度変調放射線治療 (IMRT) の品質保証・品質

管理について、施設へのQA支援活動の1つとして行われているIMRT訪問測定の状況と、今後のIMRT実施施設の増加への対応に向けたIMRT郵送測定への移行状況を掲載しました。当財団でのIMRT郵送測定への対応も検討されており、第三者評価としての役割の増加が予想されます。

報告では、治療用線量計校正システムを一体校正 (電位計および電離箱を一对として校正する) から、それぞれ単体で校正する分離校正の提供を平成29年度に開始するべく、準備を進めています。その進捗状況と分離校正を実施する場合の留意点を掲載しました。

お知らせでは、治療用線量校正および出力線量測定のお申し込み時の注意点について、説明と確認事項を掲載しております。お申し込みの際は、本誌 Vol.6の「お知らせ」をご確認いただくと幸いです。

当財団では、さらに充実した供給を行えるよう精度向上、実施体制および測定環境等の整備、また、新たな計測校正事業へも対応ができるよう努めてまいります。

今後ともご理解とご協力を賜りますようお願い申し上げます。(K.N)

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

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

線量率計 AE-132a



特長

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

小型・計量・高性能

構成内容

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

目の線量H'(3)の評価に!



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

オプション
H'(3)用ビルドアップキャップ

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



H'(3)用ビルドアップキャップ
を装着した様子



オプション品
H'(3)用ビルドアップキャップ

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

〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 2-589 TEL042-492-2734(代) FAX042-492-7006

放射線測定器 校正サービス



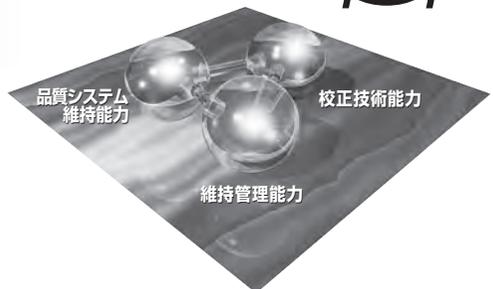
放射線測定器の校正はお済ですか？

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。

千代田テクノル大洗研究所は、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

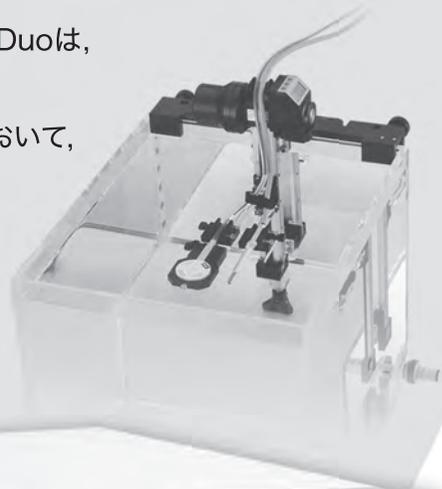
URL: <http://www.c-technol.co.jp>
e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp

線量計の理想へ。 「RAMTEC Duo」誕生。

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

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

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



東洋メディック株式会社

本 社：〒162-0813 東京都新宿区東五軒町2-13
TEL. (03) 3268-0021 (代表) FAX (03) 3268-0264

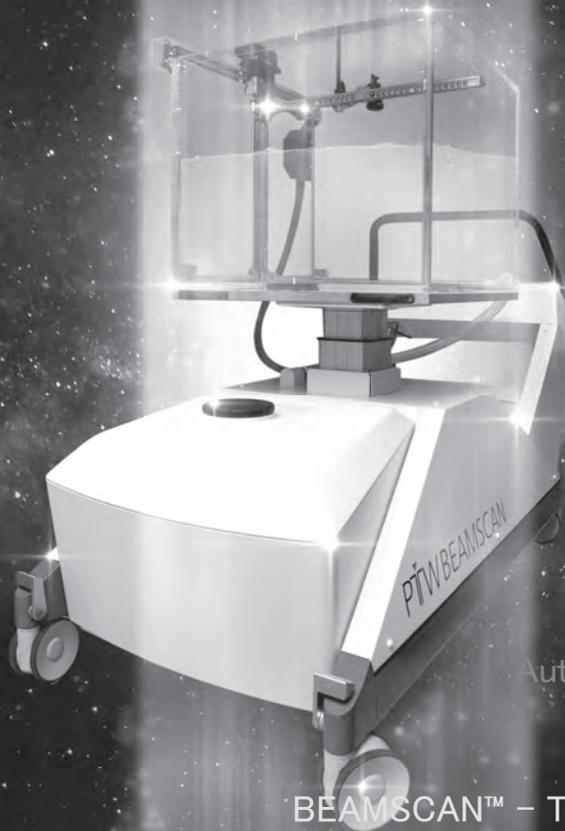
<http://www.toyo-medico.co.jp/> E-mail info@toyo-medico.co.jp

大 阪 支 店：〒550-0002 大阪府大阪市西区江戸堀1-25-7
TEL. (06) 6441-5741 (代表) FAX (06) 6441-5745

福 岡 支 店：〒812-0007 福岡県福岡市博多区東比恵2-2-40
TEL. (092) 482-2022 (代表) FAX (092) 482-2027

支店・営業所：名古屋・札幌・新潟・仙台・岡山

Beams You Up to a New Era in 3D Water Scanning.



Automated · Wireless · Fast
Explorers wanted....

BEAMSCAN™ – The New Water Phantom.
The future in 3D water scanning starts now.

PTW BEAMSCAN™

総輸入販売元

Euro Meditech

ユーロメディテック株式会社

〒141-0022

東京都品川区東五反田2-20-4 NMF高輪ビル8F

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

ウェブサイト <http://www.euro-meditec.co.jp>

線量校正センターニュース 第6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