

解説

ICRU レポート 90

—電離放射線の線量評価のためのキーデータ
：計測標準および適用—

「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する
個別要求事項」(JIS T 60601-2-64)について

電位計ガイドラインにおける線量計の品質管理

話題

- 放射線治療における地域連携支援事業の実施実現に向けて
- 郵送測定による IMRT / VMAT の第三者評価

「線量校正センターニュース」 vol.7

contents

巻頭言	出力測定事業、10年が経過して…………… 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	ICRU レポート 90 ー電離放射線の線量評価のためのキーデータ：計測標準および適用ー…………… 2 福村明史 (日本医学物理学会 計測委員会)
	「粒子線治療装置の基礎安全および基本性能に関する個別要求事項」 (JIS T 60601-2-64) について…………… 6 福田茂一 (量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所)
	電位計ガイドラインにおける線量計の品質管理…………… 9 清水森人 (産業技術総合研究所 計量標準総合センター)
話題	放射線治療における地域連携支援事業の実施実現に向けて…………… 12 川村慎二 (帝京大学福岡医療技術学部)
	郵送測定による IMRT / VMAT の第三者評価…………… 16 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	J-CROS 医学物理グループの活動…………… 20 水野秀之 (量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所)
	分離校正サービスに関する進捗と留意点その2…………… 23 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28年4月～平成29年3月)…………… 26 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
	出力線量測定の実績について…………… 34 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
	治療用線量計校正および出力線量測定の施設名公表…………… 39 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団
お知らせ	治療用線量計校正担当より…………… 46 出力線量測定担当より…………… 48 財団ホームページの線量校正センター関連の更新…………… 49
編集後記	…………… 50

出力測定事業、10年が経過して

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7号をお届けします。各位には日ごろから当財団の放射線治療線量管理の事業にご賛同・ご協力いただき、ありがとうございます。財団の行っている2つの事業、即ち各施設において、所持している線量計の校正と、発生器そのものの出力の測定検証の各事業は、それぞれ堅実な歩みを進めており、わが国の放射線治療の標準化の一翼として貢献していると自負しています。いずれの事業への応募施設も、今後は施設側からの不掲載の要望がない限り、本ニュースの紙面や財団のwebsiteで公表することとします。

出力測定事業は2007年から財団で開始し、本年で10年が経過しました。2016年からはニーズに応じてFlattening Filter Free (FFF) 機器やTomoTherapy、CyberKnifeの測定にも対応でき、カバーできる範囲は拡大しています。この間、2014年には厚労省がん診療連携拠点病院必須事項の第三者検証手段の例示に引用され、それが契機となって件数の増加がみられました。10年経って一定の蓄積が出来たと考えています。本事業では線量の相違5%を目途としており、幸いなことに応募された大半の施設の装置はこの範囲内に充分収まっております。

ただ、わが国で使用の施設の数、発生器の数からすると応募の数はまだまだ少ないと考えられるので、なお一層のご協力をお願いしたいと思います。この事業に関しては測定器具も整備され、バックアップ体制も整えていますので、どうぞご利用ください。

線量計校正は2004年から財団事業として実施していますが、財団側二次標準器として長年使用してきたもの(A)のjcssの検定保証期間が終了に近くなり、今後は別の標準器(B)を用いることとしますが、校正定数はAとBとの間で約+0.2%~+0.3%の差異があることが判明しています。従って今後の各施設への校正定数の報告にはこの差異が反映されることとなります。詳しくは各施設への報告書に文書を添付いたします。上記の約+0.2%~+0.3%の差異というのは、いわば「座っている椅子の高さが微妙に変わった」程度であり、臨床場面にはまず影響はないものと考えられます。ただ、ユーザーの皆様の中で、この「椅子の高さの違い」に気づかれたとすれば、従来との差異の中に新たに標準器変更による差異が加わっていることをご承知おき頂きたいと思います。

ICRU レポート 90 — 電離放射線の線量評価のためのキーデータ ：計測標準および適用 —

日本医学物理学会計測委員会 福村明史*

ICRUとは、International Commission on Radiation Units and Measurementsの略称で、国際放射線単位・測定委員会を指す。その前身は、1925年にロンドンで開催された第一回国際放射線医学会議（International Congress of Radiology）において創設された、国際X線単位委員会（International X-Ray Unit Committee）に遡ることができる。よってICRUは電離放射線に関する最も歴史と権威のある団体の一つであると言える。現在のICRUにおける活動の主目的は、電離放射線を安全かつ有効に医療および科学技術への応用するため、そして放射線防護のために、放射線関連諸量および単位、専門用語、測定手順、ならびに参照データに対し、国際的に受け入れられる勧告を策定し、また、普及させることにある。^[1]

これまでもICRUは線量評価に必要となる様々な参照データに関し、いくつかの重要なレポートを発刊してきた。例えばレポート31「1つのイオン対を生成するのに要する平均エネルギー」（1979年）、同37「電子と陽電子の阻止能」（1984年）、同49「陽子と α 粒子の阻止能・飛程」（1993年）そして同73「 α 粒子より重い粒子の阻止能」（2005年）等である。これらの参照データの多くは世界中で引用され、線量関連の国家標準あるいは放射線輸送計算コード用の基礎データとして利用されるとともに、放射線治療現場

における線量評価の際にも広く利用されてきた。

しかしながら、これらのレポートには発刊から数十年経過したものが含まれており、この間の科学技術の進歩とともに、新たな研究結果や分析の蓄積がなされてきた。その結果、グラフアイト壁電離箱用いた空気カーマ評価において、ICRUレポート37で与えられる電子の阻止能を使用することについて疑問が呈されるようになった。そこで国際度量衡局（BIPM）の電離放射線に関する諮問委員会（CCRI）は、ICRUに対し、この問題および関連するデータに関する勧告書を策定するよう求めるに至った。こうした経緯により今般とりまとめられたのがICRUレポート90^[2]である。

ICRUレポート90は全7章と付録で構成される。（表1）

第一章のイントロダクションに続き、第二章では本レポートで必要となる諸量の定義が再掲されている。キーデータの多くは国家標準の設定に当たり重要な役割を担うことから、第三章では空気カーマ及び水吸収線量の国家標準についてレビューし、如何にこれらキーデータが線量評価に影響を及ぼすか、式を用いて示している。第四章では、平均励起エネルギーと密度効果が重要となる荷電粒子の阻止能について簡単

にレビューしている。第五章は、本レポートの肝となるキーデータの勧告値と関連する不確かさについて述べている。第六章では光子断面積の計算に用いられる理論、線量計測で重要な役割を果たす減弱および質量エネルギー吸収係数についてレビューされている。第七章は本レポートで勧告された値が線量計測に与える主なインパクトについて取りまとめている。

さて、新しい勧告がなされた場合に注目すべき点は、何であろうか？まずは新旧のデータにどれくらいの差異があるか、次にその差異が実際の現場においてどの程度影響をもたらすかという点を知る必要がある。前述の通りICRU90では、第七章において「勧告のインパクト」としてこれらの点について詳説している。

まず一点目のデータの新旧比較について、そのまとめを表2に示す。空気のW値は、電子線

表1：ICRU90の内容

緒言		4.4.1.2 入射陽電子
抄録		4.4.2 原子の電子場での制動放射
1 イントロダクション		4.4.3 化合物や混合物に対する放射阻止能
1.1 キーデータ勧告の必要性	4.5	4.5 飛程および放射収量
1.2 キーデータ再評価の理由	5	5 キーデータに対する勧告値
1.3 これまでのICRUレポートとの関係	5.1	5.1 乾燥空気の平均励起エネルギー
1.4 本レポートの構成	5.2	5.2 グラファイトの平均励起エネルギー
2 基本的な量と用語の定義	5.3	5.3 水の平均励起エネルギー
2.1 フルエンス	5.4	5.4 乾燥空気中での1イオン対生成に要する平均エネルギー
2.2 質量減弱係数	5.4.1	5.4.1 電子に対するW値
2.3 質量エネルギー転移係数	5.4.2	5.4.2 単色光子ビーム使用時の実効的なW値
2.4 質量エネルギー吸収係数	5.4.3	5.4.3 コバルト60γ線に対するW値とグラファイト/空気阻止能比の積
2.5 質量阻止能	5.4.4	5.4.4 陽子と重イオンのW値
2.6 線エネルギー付与	5.5	5.5 空気充填電離箱に対する初期電離補正
2.7 シーマ	5.6	5.6 空気充填電離箱に対する湿度補正
2.8 放射線化学収量	5.7	5.7 熱欠損
2.9 気体中で一イオン対生成に要する平均エネルギー	5.7.1	5.7.1 グラファイトの熱欠損
2.10 カーマ	5.7.2	5.7.2 水の熱欠損
2.11 照射線量	5.8	5.8 フリッケ線量測定用放射線化学収量
2.12 吸収線量	6	6 光子相互作用係数
3 一次標準研究所による諸量の実現	6.1	6.1 光電吸収
3.1 空気カーマ標準	6.2	6.2 コヒーレント(レイレー)散乱
3.1.1 自由空気電離箱	6.3	6.3 非コヒーレント(コンプトン)散乱
3.1.2 空洞電離箱	6.4	6.4 電子-陽電子対生成
3.2 吸収線量標準	6.5	6.5 質量減弱係数
3.2.1 空洞電離箱	6.6	6.6 質量エネルギー転移・エネルギー吸収係数
3.2.2 フリッケ線量測定	6.7	6.7 光子相互作用係数の不確かさ
3.2.3 カロリメトリ	7	7 勧告のインパクト
3.3 まとめ	7.1	7.1 計測標準に係るインパクト
4 荷電粒子の阻止能と関連する諸量	7.2	7.2 実際の線量測定に係るインパクト
4.1 電子阻止能	付録	付録：荷電粒子に対する阻止能と飛程の表
4.1.1 電子と陽電子	A.1	A.1 電子と陽電子
4.1.2 重荷電粒子	A.2	A.2 陽子とα粒子
4.1.3 炭素イオン	A.3	A.3 炭素イオン
4.2 平均励起エネルギー	参考文献	参考文献
4.3 密度効果補正		
4.4 電子および陽電子の質量放射阻止能		
4.4.1 原子核場での制動放射		
4.4.1.1 入射電子		

表2：ICRU レポート90の主な勧告値とそれまでの値の比較

パラメータ	従来値 (eV)	ICRU90 勧告値 (eV)	相対変化量 (%)
電子線に対する空気のW値	33.97	33.97	0
陽子線に対する空気のW値	34.23	34.44	0.6
炭素線に対する空気のW値	34.50	34.71	0.6
空気の平均励起エネルギー	85.7	85.7	0
グラファイトの平均励起エネルギー	78	81	3.8
水の平均励起エネルギー	75	78	4.0

表3：ICRU90の勧告値を採用した場合のこれまでの水吸収線量に対する変化量
(水吸収線量校正定数に変化がないものと仮定)

線質	水吸収線量に対する相対的な変化 (%)
光子線 (低エネルギー)	-0.2
光子線 (高エネルギー)	-0.5
電子線	-0.4
陽子線/炭素線	-0.5

に対しては不確かさの見直しを除けば値そのものに変化はないが、陽子線および炭素線に対してはいずれも0.6%上方修正がなされた。また平均励起エネルギーについては空気に対する値に変化はないが、グラファイトおよび水に対する値はそれぞれ3.8および4.0%上方修正された。

次に、こうした差異をそのまま取り入れた場合、現場への影響はどうであろうか。現在国内の放射線治療の現場では、国家標準へのトレーサビリティが確保された水吸収線量校正定数を基に、線量評価プロトコルである標準計測法12^[3]に従って水吸収線量の評価がなされている。すなわち表2に示される差異の影響は、水吸収線量校正定数への影響と標準計測法12への影響に分けて考える必要がある。

ICRU90では、国家標準における⁶⁰Coガンマ線の空気カーマ測定に対しては約0.7%の減少をもたらすものの、グラファイトカロリメータ

により⁶⁰Coガンマ線の水吸収線量を評価する場合は影響は無視できると評価している。したがって、これにトレーサブルな水吸収線量校正定数に対する新勧告値の影響も無視できると考えられる。

一方、標準計測法12においては、⁶⁰Coガンマ線以外の線質について水吸収線量を求める際には線質変換係数が必要となる。線質変換係数の算出には、⁶⁰Coガンマ線および測定対象線質の双方に対する阻止能およびW値のデータが必要となる。すなわち、今回の新旧データの差異は線質変換係数に反映され、結果として現場での水吸収線量の評価に影響を及ぼすこととなる。

表3には、ICRU90の勧告値を採用した場合の影響の大きさを示す。新しいデータを採用した場合、低エネルギー光子、高エネルギー光子、電子ならびに陽子線および炭素線に対し、水吸収線量はそれぞれ0.2、0.5、0.4、0.5%減少する

こととなる。さらに陽子線および重粒子線の阻止能の変化は、連続減速近似 (csda) 飛程の評価にも影響をもたらし、その値は200MeV陽子線、300MeV/u炭素線それぞれに対し、1.3mm、0.9mm程度減少すると見積もられている。^[4]

このように、ICRU90の新勧告値を採用した場合、現在の水吸収線量評価時の不確かさの範囲内ではあるものの、放射線治療におけるMU校正等に影響を与えることが予想される。そこで国際原子力機関 (IAEA) では国際的な線量評価プロトコルである TRS398^[5] の改訂作業に着手しつつある。日本医学物理学会計測委員会でもこうした動きについて注視している。今後、我が国においても、国際的な動向を見極めたうえで、IAEA TRS398に準拠している標準計測法12に対し、ICRU90の新勧告値の取り入れについて検討を進めていくことが期待される。

参考文献

- [1]:https://icru.org/images/pdf/icru_poster_2017.pdf
- [2]:Journal of the ICRU Vol.14 No 1 (2014) Report 90
Oxford University Press
(2016年秋に公開)
- [3]:日本医学物理学会編：外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法
(標準計測法12) 通商産業研究社 2012
- [4]:<http://www.cirms.org/pdf/cirms2016/2016-Seltzer%20CIRMS%20Presentation.pdf>
- [5]:An International code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water, TRS-398, IAEA, Vienna

* (所属) 量子科学技術研究開発機構
放射線医学総合研究所
(連絡先) fukumura.akifumi@qst.go.jp

「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項」(JIS T 60601-2-64) について

量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 福田茂一

はじめに

放射線治療は外科手術などと比較して患者さんに負担が少なく、治療部位の機能を温存できるなど生活の質(QOL)を保てる治療法です。使用する放射線も従来のX線だけではなくより線量集中性の良い陽子線や炭素線などの粒子線を用いた粒子線治療が注目され粒子線治療装置、施設が日本だけでなく世界中で増加しています。そのような背景のもと粒子線治療装置の安全性、性能についての規格を制定する機運が

高まり、2014年9月に国際電気標準会議(IEC)が国際電気規格「Particular requirements for the basic safety and essential performance of light ion beam medical electrical equipment」(IEC 60601-2-64)(以下、IEC規格)を制定しました。これを受けて日本では日本工業規格「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項」(JIS T 60601-2-64)(以下、本規格)が2016年5月1日に設定されました。この規格はIEC規格を基に、技術的内容及び構成を変更することなく作成した日本工業規格です。本規格の構成は親規格である「医用電気機器-第1部:基礎安全及び基本性能に関する一般要求事項」(JIS T 60601-1:2014)(以下、通則)に従っています(表1)。内容については粒子線治療装置固有の項目について内容を追加あるいは置換しています。また、JIS規格化する際に国内での実情に合わせてIEC規格と異なる場合はそのことについて注記されています。本解説ではこの規格を理解する一助として、通則に追加、置換された項目を中心に紹介します。

表1: JIS T 60601-2-64 の構成

番号	項目
	序文
201.1	適用範囲、目的及び関連規格
201.2	引用規格
201.3	用語及び定義
201.4	一般要求事項
201.5	ME機器の試験に対する一般要求事項
201.6	ME機器及びMEシステムの分類
201.7	ME機器の標識、表示及び文書
201.8	ME機器の電氣的ハザードに関する保護
201.9	ME機器及びMEシステムの機械的ハザードに関する保護
201.10	不要又は過度の放射のハザードに関する保護
201.11	過度の温度及び他のハザードに関する保護
201.12	制御及び計器の精度並びに危険な出力に対する保護
201.13	危険状態及び故障状態
201.14	プログラマブル電気医用システム(PEMS)
201.15	ME機器の構造
201.16	MEシステム
201.17	ME機器及びMEシステムの電磁両立性
201.101	電子イメージング装置
206	ユーザビリティ
	附属書、附属書B(参考)試験の順序、附属書I(参考)MEシステム概要、参考文献

適用範囲

本規格の提供範囲は「正常な使用において、核子あたりのエネルギーが10 MeV/n～500 MeV/nの範囲の軽イオンの放射線ビームを投与する装置」です。国内では重粒子線という言葉が用いられますが、国際的には軽イオン(light ion)が一般的に用いられます。

表2：JIS T 60601-2-64 で追加された定義語

番号	定義語
201.3.201	アプリケータ架台 (APPLICATOR CARRIAGE)
201.3.202	ビームフルエンス分布モニタ (BEAM FLUENCE DISTRIBUTION MONITOR)
201.3.203	ビームフラックスモニタ (BEAM FLUX MONITOR)
201.3.204	ビームゲーティング(BEAM GATING)
201.3.205	ビームゲーティング信号 (BEAM GATING SIGNAL)
201.3.206	制御タイマ (CONTROLLING TIMER)
201.3.207	線量モニタユニット (DOSE MONITOR UNIT)
201.3.208	線量モニタユニット率 (DOSE MONITOR UNIT RATE)
201.3.209	線量モニタユニット率モニタシステム (DOSE MONITOR UNIT RATE MONITORING SYSTEM)
201.3.210	線量モニタシステム (DOSE MONITORING SYSTEM)
201.3.211	核子当たりエネルギー (ENERGY PER NUCLEON)
201.3.212	機器参照点、ERP (EQUIPMENT REFERENCE POINT, ERP)
201.3.213	フルエンス (FLUENCE)
201.3.214	フラックス (FLUX)
201.3.215	ハードワイヤ (実配線) (HARD-WIRED)
201.3.216	照射中断又は照射を中断する (INTERRUPTION OF IRRADIATION/TO INTERRUPT IRRADIATION)
201.3.217	横方向拡散器、LSD (LATERAL SPREADING DEVICE, LSD)
201.3.218	軽イオン (LIGHT ION)
201.3.219	粒子線 (LIGHT ION BEAM)
201.3.220	粒子線アプリケータ (LIGHT ION BEAM APPLICATOR)
201.3.221	粒子線分配システム (LIGHT ION BEAM DISTRIBUTION SYSTEM)

201.3.222	粒子飛程 (LIGHT ION RANGE)
201.3.223	変調スキヤニング (MODULATED SCANNING)
201.3.224	副次的放射線 (NON-PRIMARY RADIATION)
201.3.225	正常な使用 (NORMAL USE)
201.3.226	操作者 (OPERATOR)
201.3.227	患者支持器 (PATIENT SUPPORT)
201.3.228	ポータル (PORTAL)
201.3.229	事前にプログラムされた動き (PRE-PROGRAMMED MOVEMENTS)
201.3.230	主副線量モニタ構成 (PRIMARY/SECONDARY DOSE MONITORING COMBINATION)
201.3.231	プログラマブル飛程変調ポータル、PRMP (PROGRAMMABLE RANGE MODULATED PORTAL)
201.3.232	照射ヘッド (RADIATION HEAD)
201.3.233	飛程変調器、RMD (RANGE MODULATION DEVICE, RMD)
201.3.234	レンジシフタ (RANGE SHIFTER)
201.3.235	冗長線量モニタ構成 (REDUNDANT DOSE MONITORING COMBINATION)
201.3.236	スキヤニングモード (SCANNING MODE)
201.3.237	現地試験 (SITE TEST)
201.3.238	天板 (TABLE TOP)
201.3.239	技術文書 (TECHNICAL DOCUMENTATION)
201.3.240	照射終了又は照射を終了する (TERMINATION OF IRRADIATION/TERMINATE IRRADIATION)
201.3.241	透過形検出器 (TRANSMISSION DETECTOR)
201.3.242	形式試験 (TYPE TEST)
201.3.243	一様スキヤニング (UNIFORM SCANNING)
201.3.244	使用者 (USER)

用語および定義

粒子線装置に対応するために新たに44の定義語が追加されています(表2)。この規格の特徴的な定義語として「機器参照点、ERP」があります。これは寸法の参照及び線量計測の実施のために定めた空間内の参照点として定義されています。多くの場合は、この機器参照点はアイソセンタと同一です。ビーム照射機器がアイソセントリックでない場合を考慮してERPが定義されています。本規格ではERPが随所に使

われています。

粒子線の特徴である「粒子飛程」は吸収線量の相対値が附属文書で指定された値となる、ファントム中の表面から最遠の深さと定義されています。この指定された値は、飛程変調ビームでは公称の変調中心深における線量を基準とした百分率として、また、飛程非変調ビームでは線量最大深における線量を基準とした百分率として与えられます。従って粒子線治療装置のユーザはその装置で使われている粒子飛程の定

義に使われている値を確認する必要があります。

粒子線治療装置特有の3次元照射野形成のための用語も定義されています。「アプリケータ架台 (APPLICATOR CARRIAGE)」は工具を使用せずには分離することが不可能な照射ヘッドの最遠部のことです。アプリケータ架台には患者コリメータ、ボラスなどの粒子線アプリケータを装着することができます。アイソセンタ又は機器参照点に対して繰り出し・引き込みが可能なものが多くの施設で採用されていて通称スノートと呼ばれています。この他に「飛程変調 RMD (RANGE MODULATION DEVICE, RMD)」、「レンジシフタ (RANGE SHIFTER)」等も定義されています。

さらに、最近標準的に導入されるようになったスキヤニング照射法に対応する用語も定義されています。「スキヤニングモード (SCANNING MODE)」は横方向に広い照射野を生成する、走査されたビームの投与方法のことで、スキヤニングモードの形には、「一様スキヤニング (UNIFORM SCANNING)」及び「変調スキヤニング (MODULATED SCANNING)」があります。「一様スキヤニング」は標的を治療するのに十分に大きさの照射野を作り出すために放射線ビームが事前に決められたパターンで横方向に走査されるスキヤニングモードで、この横方向走査の間、照射野内の線量分布が一様となるように、ビームのフラックスは意図的には変更されないと定義されています。「変調スキヤニング」は異なる横方向位置では患者に投与するフルエンスが異なるように、小さな径の粒子線を標的の横方向に走査し、標的をカバーするのに十分な大きさの照射野を作るスキヤニングモードと定義されています。

多くの粒子線治療施設では粒子線加速器一台に対して治療室および照射装置が複数あります。その状況に対応するために「粒子線分配システム (LIGHT ION BEAM DISTRIBUTION

SYSTEM)」が放射線を放射線源から幾つかの治療室、実験室又はビームダンプに輸送するために用いられる、機器及び制御システムから成るシステムのことと定義されています。

粒子線治療装置の安全性

粒子線治療装置の安全性については、電気的安全性、機械的安全性、放射線に関する安全性、その他の安全性についてそれぞれ規定されています。特に機械的安全性については機器の動きの緊急停止については詳細に規定されています。昨今の制御機器の発展により「プログラマブル電子サブシステム」が含まれる場合、リスクマネジメントによる安全性の確認が要求されています。

また、放射線に関する安全性については、粒子線はX線と線質が異なるためより詳細に規定されています。患者への副次的放射線に関する防護として、照射野限定器からの軽イオンの漏れおよび放射線照射野の投影の外側の副次的放射線が規定されています。併せて試験方法についても規定されており、詳細については規格書を参照してください。

終わりに

日本工業規格「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項」(JIS T 60601-2-64)の概要について紹介しました。本規格は製造業者が粒子線治療装置の製造及び設置において満たすべき要求を規定したものです。粒子線治療関係者やこれから粒子線治療装置の導入を検討されている関係者の方にはぜひ本企画書を入手され一度確認していただければと思います。(日本規格協会のサイトから<https://www.jsa.or.jp/> 購入可能です。)

また、この規格と対になる粒子線治療装置の性能開示に関する国際規格が近日発表される予定で対応する日本工業規格も作成されることになっています。

電位計ガイドラインにおける 線量計の品質管理

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 計量標準総合センター 清水森人

1. 放射線治療用線量計に用いられる電位計の ガイドライン

放射線治療において治療装置の品質管理は非常に重要であり、その中でも、治療装置から出る放射線の線量計測は投与線量の基準を決定することを意味するため、特に高い精度が要求される。このような放射線治療における線量計測に用いられる線量計は「放射線治療用線量計」と呼ばれ、その目的に応じた性能要件などが国際電気標準規格 IEC 60731^[1] や各国の標準規格、ガイドラインなどで定められている。TRS-398^[2] や TG-51^[3] などの線量計測プロトコルは、これらの標準規格に沿った線量計を用いることが前提となっており、それは日本医学物理学会の標準計測法^[4] においても同様である。

我が国においては、IEC 60731 に対応する JIS 規格が無いこともあり、線量計の計測回路部分である「電位計」の性能要件はあまり知られていなかったが、2017年4月に日本医学物理学会より「放射線治療用線量計に用いられる電位計のガイドライン」(通称、電位計ガイドライン)^[5] が発行され、施設の線量決定の基準となるリファレンス線量計に用いる電位計の性能要件や品質管理方法などが示された。

2. 放射線治療用線量計に用いられる電位計の性能要件

安全に電位計を使用するために必要な性能の基準、すなわち性能要件は国際電気標準規格

IEC 60731 において定められている。IEC 60731 の性能要件は安全上必要な最低限の性能要件に近く、性能要件の仕様から得られる電荷測定 の指示値の相対標準不確かさは 1.6 % にもなり、Co ガンマ線水吸収線量校正定数の相対標準不確かさ 0.5 % よりも大きい。そのため、リファレンス線量計に用いる電位計を選定する際の基準として IEC 60731 を用いることはできず、ユーザーはそれぞれの判断基準で水吸収線量計測に適した電位計を選定し、使用していた。そこで、モニタ線量計校正などの重要な計測に用いられるべき線量計の性能を明確にするため、電位計ガイドラインは推奨性能要件としてリファレンス線量計に求められる性能要件を定め、この性能要件に適合した電位計を使用することをユーザーに推奨した。

電位計ガイドラインの性能要件は、IEC 60731 や英国の二次標準用電位計のガイドライン IPeM ガイドライン^[6] を参考に定められている。性能要件への適合が求められる範囲は電流が 20 pA から 1 μ A、電荷が 1 nC から 10 μ C までとなっている。この範囲の下限は製造販売事業者が入手可能な電荷発生源の不確かさから決まっている。上限については、放射線治療において実用上必要とされた値とした。この範囲において、電位計ガイドラインの性能要件の仕様に沿った電位計による電荷測定 の指示値の相対標準不確かさは 0.3 - 0.4 % となり、水吸収線量校正定数の相対標準不確かさ 0.5 % よりやや

小さい水準にとどまるようになっている。

電位計ガイドラインで定められている性能要件はあくまで重要な計測に用いられる電位計に求められる性能要件である。電位計ガイドラインに適合するような電位計は一般に高価であり、施設で使用される全ての電位計を電位計ガイドラインに適合している電位計に更新するのは容易ではない。実際の運用としては、リファレンス線量計の電位計だけは電位計ガイドライン適合の電位計を用い、日常の点検業務などに用いるルーチン線量計の電位計などについては、リファレンス線量計の電位計を基準として電位計ガイドラインの点検手順を実施して、異常が無いことを確認したうえで使用するのが望ましい。

3. 電位計の品質管理

全ての電位計は経年劣化や故障などによって、次第に本来の性能が発揮できなくなる。その変化は動作や測定値の明確な異常などとして現れることは少なく、電位計のゼロ点ドリフトの増大や応答のわずかな変化などで現れることが多い。そのため、電位計ガイドラインでは定期的な点検や校正による品質管理をユーザーに勧告している。

電位計の品質管理は次の3つの業務からなる。

- ・ 電位計の点検
- ・ 電位計の校正
- ・ 電位計の更新

電位計の性能要件のうち、指示値に直接的に影響を与える性能要件については、定期的な点検によって性能が維持されていることを確認する必要がある。電位計ガイドラインに示されている電位計の点検項目は「応答変化」、「直線性」、「繰返し性」、「ゼロ点ドリフト」、「ゼロ点シフト」、「電荷漏れ」からなり、電位計ガイドラインは年1回以上の点検実施を勧告している。電位計の点検はユーザーの手で行う方法も示されているが、電位計ガイドラインは製造販売事業

者に点検を依頼することを推奨している。これには次のような理由がある。点検項目のうち応答変化、直線性の点検はユーザーの手によって電位計の有効範囲全体を点検することは難しく、電位計ガイドラインで示されている手法も、ユーザーで実施可能な範囲に限定されている。一方、製造販売事業者は電位計の有効範囲全体に対応した電荷発生源を所有しており、より信頼性の高い手法で点検を実施することが可能である。また、電位計内部は湿度の侵入を防止するためにシール剤で密閉されており、乾燥剤が封入されている。これらは定期的な交換を必要としており、製造販売事業者による部品交換をうけるためにも、製造販売事業者に点検を依頼することが望ましい。逆に「応答変化」、「直線性」以外の点検項目は特別な設備を必要とせず、短時間で終わる簡単な試験である。これらの項目については、電位計の使用前などに実施するとよい。

電位計ガイドラインでは、線量計のJCSS校正を定期的実施することを推奨している。電離箱と電位計を一体で校正する一体校正では年1回以上。電離箱と電位計を別々に校正する分離校正については、電離箱は年1回以上、電位計は3年に1回以上の校正が推奨されている。分離校正の場合、電位計の校正頻度が3年に1回となっているのは、電位計の長期安定性が電離箱に比べて非常に良いためである。ただし、これはあくまで電位計に異常が生じていない場合の話であり、電位計に異常が生じていないことを確認する為の点検が適切に実施されている必要がある。電位計のJCSS校正を依頼する場合は、製造販売事業者による点検や必要な部品交換を受けてから、製造販売事業者を通じてJCSS校正事業者に依頼することが望ましい。ユーザーがJCSS校正事業者に直接依頼する場合は、事前に「繰返し性」、「ゼロ点ドリフト」、「ゼロ点シフト」、「電荷漏れ」の点検を実施し、電位計に異常が生じていないことを確認してから

依頼することが望ましい。

最後に忘れてはならないのは、電位計の更新である。点検や校正で異常が認められた電位計は直ちに使用を中止し、製造販売事業者などによる修理を受けるしかないが、それが不可能な場合は電位計を更新しなくてはならない。電位計が経年劣化するものである以上、電位計の更新は必ず電位計の品質管理の中に含まれる。一般に電位計は高価な計測器であり、臨機応変に更新することは現実的には難しい。治療装置更新などのタイミングにあわせてリファレンス線量計に用いる電位計を更新するよう、あらかじめスケジュールしておくことが現実的な品質管理方法として望ましい。

4. フィールド校正用の電荷発生源

電位計校正定数の運用にあたって、電位計を複数運用しているユーザーは電位計のフィールド校正の可能性について検討するであろう。フィールド校正はリファレンス線量計の校正定数を平行平板形電離箱などのルーチン線量計に移す際に実施されるが、これと同様のことは電位計でも実施することができる。しかし、電位計の校正においては主電源変動など、細かな品質管理が必要となるため、ルーチン線量計については電離箱と電位計を一体としてフィールド校正を行った方が、現時点では実用的である。

電位計のフィールド校正の手法としては、電位計ガイドラインのユーザーによる点検手順で示されている電離箱を用いた校正手法があるが、それ以外にも電気回路を用いて実施することもできる。例えば、乾電池などの直流電圧源とコンデンサを組み合わせれば、電荷発生源を比較的安価に構築することができる^[7]。入手が容易で簡便に取り扱うことのできる電荷発生源があれば、ユーザーによる電位計の品質管理も容易になり、非常に有用である。

一次標準機関である産業技術総合研究所では、治療線質に応じた水吸収線量標準の開発が

進んでおり、最終的には全ての治療用放射線に対して、相対標準不確かさ0.5%以下の校正定数を供給することが一つの目標となっている。これが実現した時、線量計測の不確かさの大部分はユーザーによる線量計測の不確かさとなる。今後、ユーザーレベルにおける実用的な線量計の品質管理方法が研究され、学会などで提案されていけば、放射線治療における線量計の品質管理が向上していき、ユーザーによる線量計測の不確かさもそれにあわせて改善されていくであろう。

参考文献

- [1] "Medical electrical equipment - Dosimeters with ionization chambers as used in radiotherapy", IEC 60731:2011-02.
- [2] P. Andreo, D. T. Burns, K. Hohlfeld, M. S. Huq, T. Kanai, F. Laitano, V. G. Smythe, S. Vynckier, "Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: an international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water". Technical Report Series No. 398 International Atomic Energy Agency (2000).
- [3] P. R. Almond, P. J. Biggs, B. M. Coursey, W. F. Hanson, M. S. Huq, R. Nath and D. W. O. Rogers, AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high-energy photon and electron beams. Med. Phys. 26, 1847-1870, 1999
- [4] 「外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法(標準計測法12)」、日本医学物理学会編、通商産業研究社、2012.
- [5] 「放射線治療用線量計に用いられる電位計のガイドライン」、日本医学物理学会、2017.
- [6] A. M. Morgan, E. G. A. Aird, R. J. Aukett, S. Duane, et al: IPEM guidelines on dosimeter systems for use as transfer instruments between the UK primary dosimetry standards laboratory (NPL) and radiotherapy centres, Phys. Med. Biol. 45, 2445-2457, 2000.
- [7] B. Downton, S. Walkerm: Humidity effects on calibrations of radiation therapy electrometers, Med. Phys. 39 (2), 984, 2012.

放射線治療における地域連携支援事業の 実施実現に向けて

帝京大学福岡医療技術学部 川村愼二

1 はじめに

放射線治療品質管理機構（以下、JORQM）は、我が国における放射線治療の事故報告に伴い、2004年に日本放射線腫瘍学会（JASTRO）、日本医学放射線学会（JRS）、日本医学物理学会（JSMP）、日本放射線技師会（JART）、日本放射線技術学会（JSRT）の関連5団体の協議によって設立された。治療機器やシステムの品質保証担当者として放射線治療品質管理士（RQM）を認定し、2017年10月2日時点までに、1206名のRQM認定を行ってきた。また、講習会開催や、全国に50余りある研究会等に対する認定を付与するなど、放射線治療品質管理の維持向上のための事業を実施している。これらの活動により、我が国の放射線治療品質管理の整備が進んでいるものとする。しかしその一方で日本医療評価機構による放射線治療の照射部位の間違いに関連した事例⁽¹⁾報告や旧式の標準計測法実施施設の報告⁽²⁾など、未だに問題点も指摘される。

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）では2007年からガラス線量計を用いたりニアックビーム出力測定を実施してきた。しかし、第三者評価機関である線量校正センターの出力測定を受審できている医療機関は374施設にとどまり、全治療施設に満たない状況である⁽³⁾。

このような背景を基に、JORQMでは平成29年度から、RQMの相互協力によって放射線治

療品質向上を図る全国的な地域連携支援事業に取り組むこととなった。この事業実施にあたり、地域連携支援ワーキンググループ（以下、WG）を設置し、準備活動を行っている。この地域連携支援事業のミッション（使命）とビジョン（活動目標）について報告する。

2 地域連携支援事業のミッション

地域連携支援事業の目的は、放射線治療の品質の向上と品質管理の考えを深めて安全文化を醸成することである。WGの初めの検討課題として、最も基本的で重要な品質管理項目の「吸収線量の管理」を取り上げる。国内の出力測定については、前出の線量校正センターによるガラス線量計郵送調査が実施されている。この調査結果において、出力線量の相違が3%を超える施設や線量評価用の標準プロトコルが86法⁽⁴⁾や01法⁽⁵⁾など旧標準計測法を用いた施設などが認められた⁽²⁾。この線量の相違が検出された施設や標準計測法の更新を希望する施設に対して、地域のRQMが連携して調査、アドバイス、および改善を行うための組織を構築する。この事業実現のために、次の3つの連携構築の検討を行う。

2.1 地域RQMの相互連携

これまで、国内で報告された放射線治療に係った事故の多くは、施設単独の品質管理体制によって発生している。WGでは、全国各地の

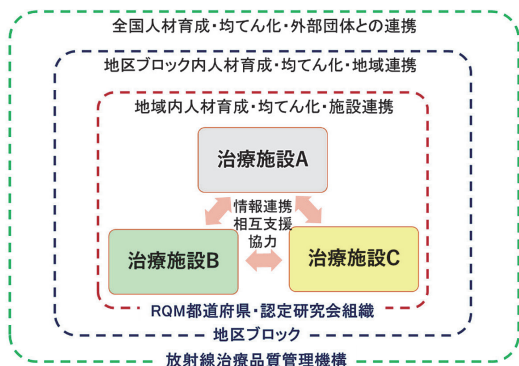


図1：RQMによる施設間連携の概念図

放射線治療の品質管理向上に関わる認定研究会等の団体の活動支援を通じて、地域RQM同士の連携を促進する取り組みを実施する。連携の概念を図1に示す。例えば、図中の医療施設Aで5%を超える出力測定値の相違が認められた場合、近隣の施設B,CのRQMが施設Aに協力して出力値相違の原因究明を行い、改善に導く取り組みを行う。施設B,Cの活動は、都道府県ならびに、地区ブロック単位の活動として品質管理機構の地域連携支援事業として実施する。この相互連携によって、施設や地域が持つ不安や疑問の情報を共有し、それらの解消を目指す。

都道府県や研究会組織における人材育成や放射線治療技術の均てん化を図り、地区ブロック、さらに全国へと活動を広げる予定である。また、財団による出力測定施設の普及・推進など放射線治療における第三者評価導入施設の拡大も推進する。

2.2 JORQM全国9地区ブロックの連携

JORQMは、全国の放射線治療品質管理に関わる認定研究会等の団体や組織の活動支援を行っている。この活動支援を通して、全国を9地区ブロック(図2)に分割し、各地区ブロックにおける地域連携支援活動を実施する。

地区ブロックの代表者はWG委員として、地区ブロック内の研究会への連絡や、JORQMとの連絡等による地域連携支援事業の運営活動を行う。地区ブロック内には都道府県代表者、各都道府県には地域RQMの実務担当者を選任して組織が構成される。この組織により、各地域施設間の情報共有やJORQMからの情報提供、および出力測定結果の相違が発生した施設への支援対応等を地域連携支援事業として行う。

平成29年度には、パイロットスタディとして東北地区、北陸地区において、今回の取り組み

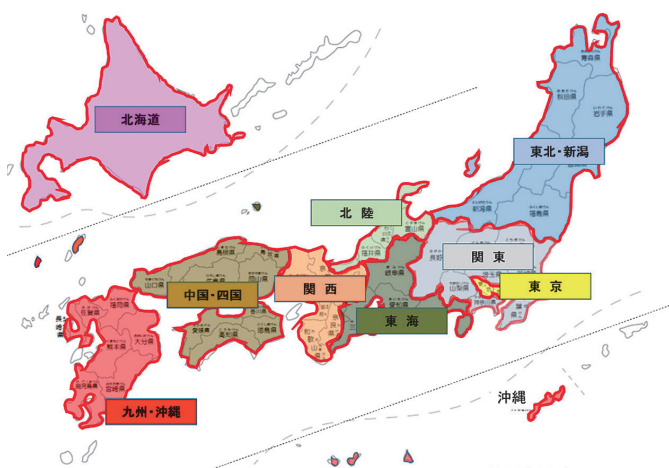


図2：地域連携支援地区ブロック

の現地シミュレーションを実施する予定である。機構WG役員が東北地区の医療施設を訪問して、地区ブロック内の関係者の方々と意見交換を行う。地域連携支援事業実施に向けた課題や問題点などについて議論することで、次回以降の組織運営における改善を図る。

2.3 JORQM、線量校正センター、がん対策情報センターの連携

地域連携支援事業では、放射線治療品質管理士の認定・維持向上を実施するJORQMと放射線治療施設の出力測定第三者評価を担う線量校正センター、および放射線治療の品質管理に関する情報を収集・分析・管理を担うがん対策情報センター放射線治療品質管理推進室（以下、CCCIS）が連携協力する。上記の3機構・団体は、放射線治療の品質保証に関する共通の目的を有している。しかし、任意団体であるJORQMと法人格を有する財団における情報の共有化や組織間連携は難しい状況がある。そこで、今回の地域連携支援事業では、出力線量の相違が3%を超える施設や線量標準プロトコルの改訂支援を希望する施設などに対して、財団校正センターからJORQMの地域連携支援活動を紹介・

斡旋する形式で間接的に連携する。そして、施設からの依頼に基づいて、CCCIS、JORQM、線量校正センターが連携して支援に取り組む。これにより、それぞれの組織の独立性を確保しつつ、放射線治療施設の品質保証に対する連携が図れるものとする。CCCISでは、対象施設の出力測定結果や支援後の報告書や改善結果を施設へ報告し、データを保管管理する。現段階における活動の概要と連携支援の流れを図3に示す。

図中の番号は情報や装置・機器、および書類等の手順を示す。以下に説明を記す。

- ① 出力測定用ガラス線量計（照射済試料）を財団へ返送する。
- ② 線量評価結果を施設へ送付する。3%以上の相違がある場合や線量標準プロトコルの更新希望施設に対して、品質管理機構支援事業の紹介と斡旋を行う。
- ③ 施設からCCCIS経由で支援依頼を行う。
- ④ CCCISからJORQMに支援依頼情報の連絡を行う。
- ⑤ JORQMから地区ブロック代表者へ支援を依頼する。また、JORQMから線量校正センターへ線量計貸出依頼を行い、CCCISから施

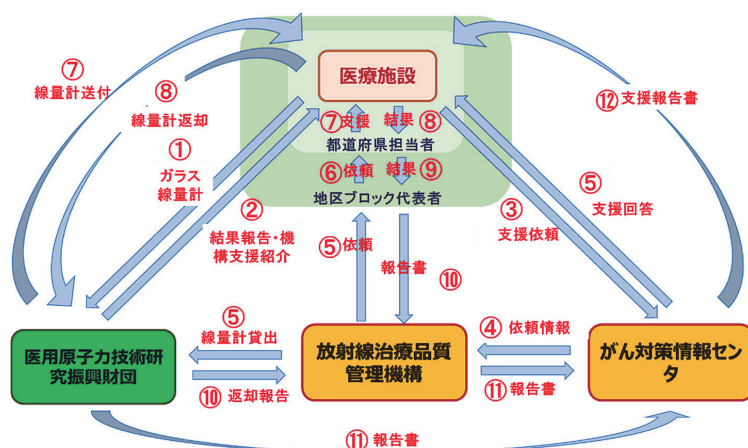


図3：出力測定支援の概念図

設へ支援実施日等の回答を行う。

- ⑥ 地区ブロック代表者から都道府県担当者へ依頼を行う。
- ⑦ 都道府県担当者は、地域RQM 2名に施設訪問支援依頼を行う。
- ⑧ 地域RQM 2名が当該施設を訪問し、財団から送付された線量計（ファーマ形線量計・ガラス線量計）を受け取る。施設にてヒアリング調査や出力測定、ガラス線量計照射を行う。調査後、都道府県担当者へ終了を報告。線量計（ファーマ形線量計・ガラス線量計）を財団へ返送する。
- ⑨ 都道府県担当者から地区ブロック代表者へ終了報告を行う。
- ⑩ 地区ブロック代表者からJORQMへ終了を報告。財団から線量計返却報告を行う。
- ⑪ JORQMからCCCISへ終了報告書を送付。財団からCCCISへガラス線量計測定結果報告書を送付する。
- ⑫ CCCISから施設へ結果報告書を送付する。

上記のような流れで連携支援を行う。実働するRQMの方には、実施に必要な実費の支給や、地域品質管理の推進などの貢献に対する認定ポイント付与を与える予定である。

3 地域連携支援事業のビジョン

この事業の活動目標は、我が国の放射線治療において安全文化を醸成することである。まずは、全国すべての放射線治療施設で出力線量の第三者評価実施を実現し、最も基本的で重要な「吸収線量の管理」が、全国で一定レベル以内の範囲に収まることを目指す。この初期目標の実現を進めることによって、最終的には放射線治療技術の均てん化につなげていく。そのために、現状の問題点である、孤立化した施設をなくし、支援を必要とする施設に対して地域のRQMの相互協力が行える体制を構築する。JORQMや

財団校正センター、CCCISが協力することで、上記の事業を推進していく。

平成29年度から東北・北陸地区におけるパイロットスタディを開始し、平成32年までに全国9地区ブロックに活動を展開する予定である。

4 おわりに

現状では、我が国の放射線治療施設において第三者評価に対する認識が十分浸透していない。そのため、地域のRQMが施設を訪問して測定を行うことに対して抵抗感や「怖い」という印象を持つ施設も少なくないことが予想される。しかし、すべての放射線治療施設が目指していくべきことは「明日からのより良い治療を行う。」ということである。このために、各放射線治療施設が近隣施設のRQMと協力して取り組むという認識を持てる様に地道に啓蒙活動を行う。また、人材育成に関しても、施設単位の取り組みだけでなく地域全体の人材育成を行うことにより、放射線治療技術の均てん化など、さらなる発展につながるものと考えている。国内の放射線治療を安全に実施するために、放射線治療に関わる人材や組織の協力をお願いしたい。

【参考文献】

1. 医療事故防止事業部 医. 医療事故情報収集等平成26年度報告書. 報告書類・年報: <http://www.med-safe.jp/contents/report/index.html>2014. p. 423-41.
2. 医用原子力研究振興財団. 出力線量測定の実績について. 線量校正センターニュース. 2016:29-33.
3. 医用原子力研究振興財団. 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. 線量校正センターニュース. 2016:33-39.
4. 日本医学物理学会. 放射線治療における高エネルギーX線および電子線の吸収線量の標準測定法. 通商産業研究社; 1986.
5. 日本医学物理学会. 外部放射線治療における吸収線量の標準測定法 (標準測定法01). 通商産業研究社; 2002.

郵送測定による IMRT / VMAT の第三者評価

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、腫瘍に対して線量の集中性を高めた強度変調放射線治療 (IMRT) が急速に普及している。このような高度な技術を要する放射線治療を安全に実施するには放射線治療機器の品質保証・品質管理 (QA・QC) が必要不可欠である。欧米では疾患部位に適した IMRT が実施されており、外部の QA センターがこのような高精度放射線治療の安全性を担保している。この外部 QA センターによる第三者評価は、各種放射線治療手法に対する独自の専用測定ツールを用いることによって品質管理を実施している¹⁻⁵⁾。

最近、わが国でも、この QA・QC に対する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や地域による施設間較差を解消することは重要な要素となっている。また、がん医療の均てん化においても放射線治療機器の QA・QC は必要不可欠とされており、更に第三者評価機関による品質管理についても、その重要な役割が担われている。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に第三者評価機関という立場から各種放射線治療に適した QA 支援活動を実施している。IMRT/VMAT に関する品質管理プログラムはその1つであり、2009年以降、「訪問

IMRT 測定プログラム」として実施してきた⁶⁾。しかし、現在、IMRT/VMAT 実施施設の増加、当センターの対応スタッフ数の限界などから測定希望施設に対する訪問による支援活動が困難となっている。この状況に対応するため郵送による IMRT/VMAT 測定プログラムを構築し、施設からの要望に対応したいと考えている。

【郵送 IMRT/VMAT 測定手法】

郵送測定用に作成した郵送 IMRT/VMAT (以下、IMRT) ファントムを図1に示す。郵送 IMRT ファントムには計画用ファントムと照射用ファントムの2種類のタフウォータ (水等価ファントム：WDタイプ) で作成されたファン



図1：郵送 IMRT ファントム。
(左) 計画用ファントム (右) 照射用ファントム。

トムを使用している。内部構造は訪問IMRTファントム⁶⁾を参考に整合性のとれた構造になっている。訪問IMRTファントムと郵送IMRTファントムの大きな違いは、訪問IMRTファントムが電離箱線量計を使用して線量評価を行うのに対し、郵送IMRTファントムではガラス素子を使用して線量評価を行っている。

計画用ファントムの内部構造を図2に示す。円柱状リスク臓器とそれを取り囲む馬蹄形ターゲットには低密度組成物質（TMファントム）を使用することにより、CT撮影後、OARとPTVについて施設間で同じ形状の輪郭での設定を可能にしている。

体輪郭（External, Bodyなど）、PTV、OARの輪郭を抽出後、ファントム内は水として計算し、IMRTの治療計画を立案する。IMRTの治療計画の線量制約を以下のように設定する。

- ・ PTVに対して $D_{95\%}$ 処方で2000 cGy

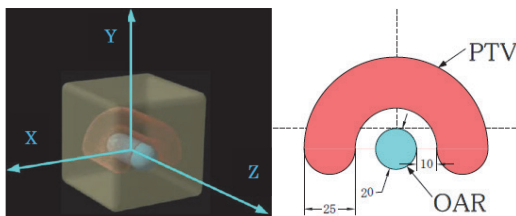


図2：計画用ファントムの内部構造。PTVとOARは輪郭抽出のため、低密度組成物質（TMファントム）で作成。

- ・ PTV最大線量： $D_{\max}(\text{PTV}) < 110\%$ (2200 cGy)
- ・ OAR（リスク臓器）最大線量： $D_{\max}(\text{OAR}) < 60\%$ (1200 cGy)
- ・ 全ての最大線量 ($3D_{\max}$) はPTV内に設定

照射用ファントムの内部構造を図3に示す。線量評価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されている。また、アイソセンタを通るAxial面にはフィルムが挿入され、線量分布の検証が可能である。立案したIMRTの治療計画に対する線量評価は、ガラス素子が挿入されている位置（C1, C2, C3, C4）の点線量の平均値で比較し評価する。尚、線量検証には、以下の検出器を使用する。また、フィルムによる線量分布評価は、Axial面、Coronal面において線量勾配が急峻となる部分（OARとPTVの間）を線形近似し、処方線量（2Gy）に対する60%線量点と80%線量点での距離を求めることにより位置ズレを評価する。

- ・ ガラス線量計：GD-302M
- ・ フィルム：Gafchromic Film (EBT3)

【結果・考察】

現在、がん診療連携拠点病院や多施設共同臨床試験を対象に訪問によるIMRT測定プログ

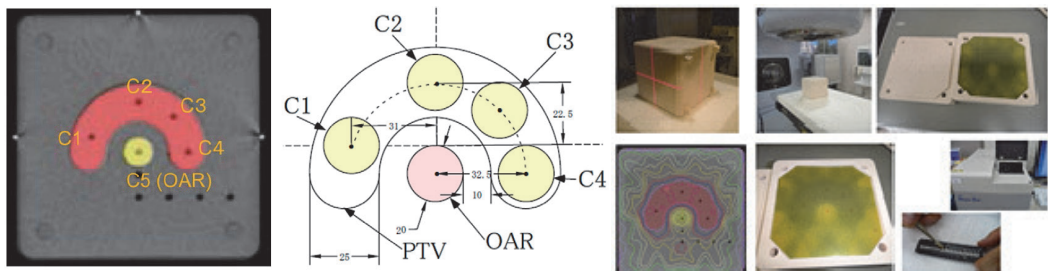


図3：照射用ファントムの内部構造。ガラス線量計による測定位置はPTV内（C1～C4）とOARの5箇所。

ラムを57施設に対して実施した⁶⁾。しかし、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）などを考慮して、郵送によるIMRT測定手法を確立することが不可欠になった。

郵送IMRT測定プログラムの実施に先駆け、10施設に対して訪問用ファントムと郵送用ファントムの両方を使用して評価方法について整合性を考慮した上で比較検討し、「郵送IMRT測定プログラム」を構築した⁷⁾。

郵送IMRT測定プログラムにおける線量評価は、各ガラス素子のバラつきと表1(a)に示した不確かさを考慮し、PTV内の4点(C1, C2, C3, C4)の点線量の平均値に対して許容範囲を±3%以内とした。フィルムによる位置ずれ評価は、表1(b)不確かさを考慮して許容範囲を±3mm以内とした。尚、参考項目としてOAR中心での測定結果も検討したが、ガラス素子のバラつきや線量勾配が急峻な場所での計算グリッドの影響、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。

郵送IMRT測定プログラムでは、1回目の郵送IMRT測定において許容範囲を超えた場合、

2回目の郵送IMRT測定を実施する。更に、2回目の郵送IMRT測定で再度許容範囲を超えた施設には訪問によるIMRT測定の実施を推奨する。上述のシステムにより施設への品質管理支援を行う。

2017年9月現在、郵送、訪問によるIMRT測定プログラムを約70施設に対して実施した。測定実施施設は最終的にすべての施設が許容範囲内にあることを確認しているが、その中には1回目の測定で許容範囲を超えて修正、改善を求められ、2回目の測定を実施した施設も数施設あった。許容範囲を超えた原因の1つは、Multileaf Collimator (MLC) のコミッショニングなどに見受けられ、特にLeaf Transmission Factor (LTF) や Dosimetric Leaf Gap (DLG) などの設定には注意する必要がある。その他の原因としては、寝台の減弱による影響を正しく考慮されていないケースがあった。


【まとめ】

「訪問IMRT測定プログラム」から「郵送IMRT測定プログラム」へ移行することで効率的なIMRTの第三者評価システムを構築した。

今後は、世界的な評価基準となっている線量分布における評価方法の確立など、第三者評価によるIMRT実施施設に対して評価における

表1：ガラス素子による線量の不確かさとフィルムによる位置ずれの不確かさ

(a) 線量の不確かさ		(b) 位置ずれの不確かさ	
項目	不確かさ	項目	不確かさ
読み取り再現性(2素子)	0.15%	工作精度	0.12mm
感度補正係数	0.37%	ケガキ線幅	0.29mm
校正定数	1.51%	中心マーカーの精度	0.29mm
エネルギー補正係数	0.87%	フィルム位置分解能	0.14mm
ファントム補正係数	0.12%	フィルム切断精度	0.14mm
その他の測定不確かさ	1.00%	急峻勾配位置でのフィッティング精度	0.58mm
		フィルムのLot番号別の黒化度精度	0.52mm
合成不確かさ(k = 1)	2.1%	合成不確かさ(k = 1)	0.9mm



精度の向上を検討している。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
- 7) 線量校正センターニュース 第6号「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」14-17 2016

J-CROS 医学物理グループの活動

水野秀之 (量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所)

J-CROSとは国内の炭素線治療施設による多施設共同臨床研究グループであり、Japan Carbon-ion Radiation Oncology Study Groupの略称です。2014年に放医研の研究班として発足しました。既存の炭素線治療施設および建設中・予定の施設の関係者を中心に構成され、炭素イオン線治療の有用性を示す、客観性、再現性のある臨床的エビデンスを取得することを目的としています。その医学物理的な側面からの支援のために、各施設の医学物理士からなる医学物理グループも2015年に組織されました。本報告ではこの医学物理グループのこれまでの活動について紹介させていただきます。

1. 線量相互比較測定

最初の活動は、正式な医学物理グループ発足から1年遡った2014年から始まっていました。J-CROSの開始に当たり、まずは各施設の線量相互比較測定が行われ、各施設の電離箱線量計を集めて同じ照射場で照射して同じ吸収線量を評価できるかの測定が行われました。2014年の6月に群馬大学の炭素線照射場を使用し、放医研・群馬・兵庫県粒子線医療センター・佐賀 HIMATの電離箱線量計を集めて290 MeV/nの入射エネルギーで照射した際のSOBP中心での吸収線量を評価しました。結果としては、すべての施設の評価値が0.5%以内で一致しました。

2. 医学物理要件の規定

2015年の医学物理グループの正式発足とともに本格的に取り組んだのが、各施設が満たすべき医学物理要件の作成です。一般的に多施設共同臨床研究を行う際には、臨床研究の質を担保するために参加施設にいくつかの要件が課されます。本J-CROSの医学物理要件としては、医学物理グループ内での議論の元、下記の通り定められました。

① QAプログラム

「粒子線治療装置の物理・技術的QAシステムガイドライン」を参考として、系統的なQAプログラムが作成されていること。また、それによって行われた定期的試験等の結果が閲覧できる状態にあること。

② 線量校正・線量表記

線量校正が標準計測法12(日本医学物理学会編)に準拠しており、線量表記法が同計測法および「粒子線治療装置の物理・技術的QAシステムガイドライン」に準拠していること。

③ RBE

採用した生物モデルの体系(基準放射線、生物学的エンドポイント、その他の係数)を明確にすること。

④ CT値—相対阻止能変換

治療計画に用いられるCTから得られるCT値の炭素線の相対阻止能比への変換について、QAプログラムに従った試験が実施されており、その結果が閲覧できる状態にあること。

⑤ ターゲット・マージン設定

GTVとCTVは光子線治療と同様に定義される必要があり、ICRU50、62、78に定義されているGTV、CTV、PTV等の標準的命名法を用いることを推奨する。また、各種不確かさ（位置決めや動き、飛程、側方散乱、側方/ディスタルペナンプラ等）に対するマージンが考慮されていること。

⑥ 位置決め・呼吸性等の動き・一連の治療中のターゲット変化等への対応

呼吸性移動対策を伴う放射線治療に関するガイドライン（日本放射線腫瘍学会編）を参考に、inter/intra fractional motionを始めとするターゲットの動きや一連の治療中の患者の解剖学的・生理学的変化について対応がなされていること。

⑦ 上記項目の確認も含め、下記3項目の調査・相互比較等に参加すること

a) 施設アンケート調査

- ・線量校正や照射系、治療計画、位置決め等の治療方法の基本的事項に関するアンケート調査に参加する。（臨床試験を行う上で有意な差異がないかの確認）

b) 訪問調査

- ・治療計画検証のための訪問測定を受ける。（ファントムをCT撮影して治療計画を立て、実際にビーム照射・電離箱線量計による実測を行い、計算値との比較を行う。）
- ・①～⑥の医学物理要件についてJ-CROSの医学物理グループによる確認を受ける。

c) リファレンス線量計の相互比較

- ・リファレンス線量計を同じ炭素線場で他施設のものと同様比較し、校正の不確かさと測定の不確かさの範囲内で出力が一致することを確認する。

3. 施設のアンケート調査

策定された医学物理要件に従い、各施設のア

ンケート調査を実施しました。内容は線量校正・検証、照射系、治療計画、患者固定法、位置決め、QA等の多岐にわたる77項目です。施設間差について多面的に評価することができます。根本的な線量校正法や治療計画に大きな差はありませんでしたが、施設間で差が見られた項目もありました。例えば温度計・気圧計の校正を定期的に行っているか、患者線量校正点における線量モニタカウントの決定時のコリメータ使用の有無、線量モニタカウントの独立検証法、金属アーチファクトの処理、PTVマージンの設定法、治療ビーム中心と位置決め画像系中心の一致の検証等です。結果はすべての施設にフィードバックされ、どこまで標準化すべきかを医学物理グループで議論しました。結果としてそれまで行われていなかったQA試験を検討あるいは実施するようになった施設も出るなど、医学物理的な品質向上に繋がりました。

4. 訪問調査によるヒアリング・線量測定

2015年10月から2016年3月にかけて、国内のすべての炭素線治療施設において訪問調査を行い、医学物理要件が満たされているかの確認を行いました（表1）。施設の医学物理士より各項目についてのプレゼンテーションが行われ、それに続く質疑応答形式でヒアリングは進められました。ヒアリング後は、ファントムを用いた線量計測が行われました。この訪問調査のために製作されたPMMA製のファントムを図1に示します。水平照射のための160 mm角で3 mm厚の入射窓を持ち、この入射面からビーム中心軸に沿って5 mm間隔で電離箱線量計が挿入できるように水槽壁面に溝が切ってあります。電離箱設置ホルダーはこの溝に沿って挿入可能でFarmer、Advanced Markus (PTW社製 TN34045)、PinPoint (PTW社製 TN31014～6) など複数の種類に対応しています。ファントムは訪問調査対象施設に訪問日の2週間以上前に送付され、治療と同様の方法でCT撮影・治療

表 1：訪問調査のスケジュール・実施風景

	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 4 回
訪問日	2015/10/28	2015/11/24	2015/12/11～12	2016/1/15	2016/3/18
施設	群馬大学重粒子線 医学研究センター	兵庫県立粒子線 医療センター	放医研重粒子 医科学センター	九州国際重粒子線 がん治療センター	神奈川県立 がんセンター
医学物理 要件 ヒアリング					
ファントム を用いた 線量測定					

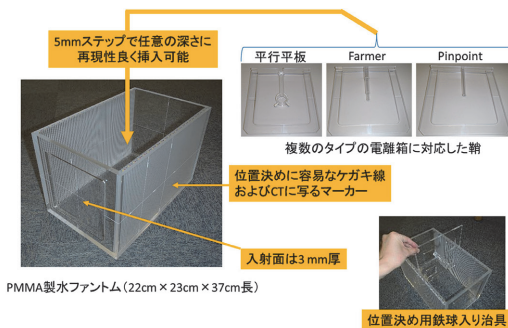


図 1：J-CROS 訪問調査用に製作されたファントム

計画が行われました。治療計画には、16 cm 深 (Plan A) または 7 cm 深 (Plan B) の位置に 3 cm φ × 体軸方向 3 cm 長の GTV を設定してその中心をアイソセンタ (IC) とします。それに付随する 5～10 mm の決められたマージンを持つ CTV、ITV、PTV が設定され、処方線量 4 GyE の 95% で PTV がカバーされるように治療計画されます。この治療計画において、IC の物理線量を治療計画から算出しておき、訪問調査時に Advanced Markus 電離箱で IC での線量を計測し、計算値と実測値を比較します。なお、位置決めに関しても鉄球入り位置決め用ホルダーを使用して治療と同様に行いました。

訪問調査の結果ですが、ヒアリングに関しては全施設について医学物理要件を満たしている

と判断されました。質疑に付随して施設に対する推奨等も挙げられ、有益な助言を与える役目を果たしました。具体例としては、不安定なリファレンス線量計の更新の検討の推奨、置換処理をしない CT 画像を利用した最終臨床評価の推奨、ターゲット作成法について、ICRU レポート等で定義される標準的手法への準拠等です。治療計画計算値と実測値の差は全施設において ± 3% 以内に入ったことが確認されました。

5. 今後の活動について

現在は治療計画のドライランが行われています。これは同じ CT 画像を使用し、各施設で治療計画を作成して施設間差がないことを確認するためのものです。肺と脾臓と前立腺について実施されました。結果については JASTRO 等の学会で報告していきたいと思います。また、金属アーチファクトの処理の仕方や、呼吸同期の運用法についてなど、標準化に向けた取り組みを行う予定です。加えて、新たに炭素線治療を開始する施設 (ブロードビーム法により治療を実施していた施設がスキニング法による治療を開始する際も含めて) があれば、医学物理要件の確認・訪問調査による線量計測を実施していきます。これらの取り組みにより炭素線治療の高品質化を進めていきたいと思っています。

分離校正サービスに関する進捗と留意点その2

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

これまで電位計、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治療用線量計校正の将来の校正形態（以下、分離校正）について、量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 放射線品質管理室との共同研究のもと、技術的な準備を進めてきました（これまでの準備状況については、線量校正センターニュース Vol.5 および Vol.6 を参照ください）。

2. 分離校正を申込のユーザーにおける留意点

分離校正を申し込むユーザーにおいては、電位計、電離箱それぞれの申込で一体校正との違いがあり、これまでと留意点が異なります。以下に電位計、電離箱それぞれに係る留意点を説明します。

2-1-1. 電位計校正の申込（レンジ、印加電圧）

電位計校正の申込に、一体校正のような「レンジ」の指定は必要ありません。これまでに一体校正で実績のある各電位計型式のレンジ（これを放射線治療現場で使われる範囲と想定）に対して校正します。また、「印加電圧」の指定も必要ありません。電位計校正時の印加電圧の設定値は0 Vで行います。当校正手法の原理上、0 Vと高圧電圧をかけた場合で、電位計の校正定数に違いはありませんのでご安心下さい。

チャンネルまたはモードを複数備えた電位計をご依頼の場合、ユーザーよりチャンネル名ま

たはモード名を指定いただく必要があります。校正申込の1口（校正測定1件）につき、1チャンネルまたは1モードです。仮に2チャンネルを備えた電位計について両チャンネルでそれぞれ校正をご依頼いただくと、校正申込は2口での受け付けとなります。

2-1-2. 電位計校正の申込（校正の範囲）

校正では、大きさの異なる電荷を複数点で入力し、電位計のレンジに備わる目盛りを校正します。電荷の大きさは、各電位計型式の性能をIEC 60731¹⁾に鑑みると、電位計型式ごとに適切な範囲が考えられます。例えば、比較的狭い範囲で使用することを想定して設計・製造された電位計と、広い範囲で使用することを想定した電位計があるならば、それぞれに対応する適切な範囲は異なります。

一方、放射線治療現場で電位計を使用する際の電荷の大きさの範囲も重要です。例えば、リニアックを用いた外照射治療現場の多くは、モニタ線量計の校正における1回の照射あたりの電荷指示値はおおむね1 nCから30 nCの範囲に当てはまるのではないのでしょうか。また、モニタ線量計の直線性の点検時では、1000 MU以上の照射を行うことから最大で200 nCの電荷指示値を観測することもあると予想されます。

電位計校正では、上記2つの範囲を満たす電荷の大きさの範囲を、電位計型式ごとに当財団で調査し、その範囲にて校正を行います。

2-2-1. 電位計の使用（電位計の校正定数 k_{elec} の算出）

電位計の単体校正が完了した電位計には、校正証明書と参考資料が添付されます。校正証明書には入力された電荷の大きさと、その時の電位計の表示値が校正点ごとに記されます。これらを用いてユーザー自身で k_{elec} を算出できます²⁾。一方、参考資料には当財団で校正結果に基づいて算出した k_{elec} の値が記されますので、参考資料に記載された値を使用しても構いません。

2-2-2. 電位計の使用（電離箱への高圧印加）

電離箱には極性効果という現象があるため、通常使用する際、今測定している電荷の極性が正か負かを確認していると思います。または、その線量計がJCSS校正されているならば、電位計の印加電圧の設定値を校正証明書に記載された値と同じに設定していると思います。

ここで各電位計の型式によって印加の仕組みは異なります（図1）。例えば型式RAMTEC Smartは画面上の設定値が-300 Vの時は負の電荷の収集ですが、型式RAMTEC Duoは画面上の設定値が-300 Vの時は正の電荷を収集し

ます。つまり画面上の電圧設定値の極性は、必ずしも収集する電荷の極性と一致しないこと、に注意が必要です。

他方で、図1に記載された印加方式を理解することは容易ではありません。それではどうしたら良いのか。幸いにも、ほとんどの電位計型式の画面上の電荷指示値には、収集電荷の極性の情報も含むよう設計されています（例+10.000 nC、-20.00 nC等）。この仕様は、IEC 60731¹⁾に規定されていませんが、JSMP電位計ガイドライン²⁾には性能要件として記されています。よってこの性能要件を満たす電位計を使用する場合は、画面上の電荷指示値の極性を信用して、今測定している電荷の極性を確認することができます。

2-3-1. 電離箱校正の申込（電離箱への高圧印加）

電離箱単体の校正の申込では、普段の電位計の設定値の情報は必要ありません。円筒形では「高電圧の大きさ」および「収集電荷の極性」を、平行平板形では「高電圧の大きさ」のみ、指定してください。ここで円筒形の校正における「収集電荷の極性」は、普段の使用時と同じ極性を指定するよう、ご留意願います。

図1：電位計画面上の電圧値を「-300V」にした時の収集電荷の極性

タイプ	印加方式	画面上の電圧値 (例)	HVがかかる部位 (例：ファーマ形)	収集電荷の極性 (例)
RAMTEC Smart	フローティング	-300V (例)	中心電極 (+300V) ガード電極 (+300V)	負
RAMTEC Duo/Solo	フローティング		中心電極 (-300V) ガード電極 (-300V)	正
Keithley 6517	フローティング		中心電極 (-300V) ガード電極 (-300V)	正
UNIDOSweblin10021 UNIDOS10001	グランディッド		壁(外側電極) (-300V)	負
UNIDOSweblin10022/10023 UNIDOS10002/10005	フローティング		中心電極 (+300V) ガード電極 (+300V)	負
FLUKE35040	フローティング		中心電極 (-300V) ガード電極 (-300V)	正
PC Electrometer	フローティング		中心電極 (-300V) ガード電極 (-300V)	正

電離箱単体の校正では、全型式において、次のとおりフローテッド方式による印加を採用します。

外側電極を0 Vとし、中心電極及びガード電極にご指定された高電圧を印加する。このときの高電圧の極性は収集電荷の極性と反対とする。

他方で、一部の電離箱（PTW-M type コネクタを有するもの）は、中心電極およびガード電極を0 Vとし、外側電極（壁）に高電圧を掛ける印加方式（グランディッド方式）の電位計にも対応した設計となっています。当財団では、こうしたグランディッド方式にも対応した電離箱も、校正時はフローテッド方式で高圧を印加します。

ここで、グランディッド方式にも対応した電離箱の校正作業において、フローテッド方式の印加を採用することで、グランディッド方式の場合に比べて極性効果の度合いが変化することが想定されます。平行平板形では両極性の測定結果から校正定数が算出されるため影響はありませんが、円筒形ではこの変化が与える校正定数の変化を当然考慮しなければなりません。しかしながら検証実験により、校正定数の変化は0.1%未満と見積もれます。すなわち円筒形電離箱の校正時の印加方式の違いから生じる不確かさは、全体の値からみれば無視できるほど小さい要因の一つでしかありませんので、ご安心ください。

2-3-2. 電離箱の使用（電離箱への高圧印加）

分離校正にて出された電離箱に係る校正定数を用いるときは、必ず電位計単体で校正され k_{elec} が与えられている電位計に接続して使用してください。

電位計の印加電圧の設定値は、円筒形電離箱ならば、電離箱の校正証明書に記載された「高電圧の大きさ」および「収集電荷の極性」が同じになるよう設定してください。

平行平板形ならば、電離箱校正証明書に記載された「高電圧の大きさ」と同じになるように設定してください。極性については任意ですが、校正対象ビームにおける極性効果の補正係数を評価したうえで使用してください（このあたりは一体校正と変わりません）。

3. 進捗状況

現在、分離校正のJCSS登録のための申請を行っている段階です。今後、審査を経て、電位計校正における電荷範囲（本2-1-2項）などが最終的に確定します。サービス提供開始が遅れまして、ご迷惑をお掛けしております。進捗がありましたら当財団のホームページなどでお知らせいたします。

参考文献

- 1) IEC 60731 Ed. 3.0: 2011 (b): Medical electrical equipment - Dosimeters with ionization chambers as used in radiotherapy.
- 2) 放射線治療用線量計に用いられる電位計のガイドライン
http://www.jsmp.org/wpcontent/uploads/guideline_electrometer.pdf

治療用線量計校正の実績（平成28年4月～平成29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28年度は、医用原子力技術研究振興財団による治療用線量計の校正事業開始から数えて、13年目となります。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4年半が経ち、平成27年1月の校正用コバルト線源更新からも2年が経過しました。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。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。

28年度の水中および空中を合わせた校正数合計は、27年を僅かに下回りました。27年度は、上記の線源交換のための作業休止の反動もあってこれまでの最多となりましたが、28年度も校正依頼は引き続き堅調であるといえます。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、昨年newsにて報告したように、これまで校正標準場出力の測定に使用してきた標準線量計（特定2次標準器）に不具合が生じたので、同型器およびKeithley社の電位計とPTW社の電離箱（30013）を組み合わせたものの2組を新たな標準線量計として新規に追加購入しました。これらの線量計も産総研においてjcss校正済です。また、水ファントムの温

度測定用温度計および気圧計も校正の年に当たるので、同時期にJCSS登録事業者に依頼しました。

なお、これまで標準線量計により決定される校正時の γ 線標準場の値（標準値）について観察を続けてきましたが、多少の修正が必要との結論となり、標準線量計の交換に合わせ、29年度中に変更処理を行う予定です。

2. 月別校正数

平成28年度（平成28年4月～平成29年3月）の月別の校正日数および校正した線量計、電離箱数ならびに校正件数等を表1に示します。空中校正の依頼は少数であったので、年間の総数をまとめて1行としてあります。表1の最終行にある水中および空中を合わせた線量計および校正件数の月平均は、それぞれ約87.0台および280.3件と、27年度（それぞれ89.4台および282.3件）に比べ、わずかな減少ですが、ここ3年間の傾向はほぼ同等であり、本年度も引き続き高水準を保っていることが判ります。

3. 平成27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25年度より28年度までの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。

表1：平成28年度月別校正数（水中は月別、空中は年間合計で示す）

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
28/4	7	64	97	45	142	187	16	48
28/5	8	64	102	53	155	208	14	50
28/6	10	82	134	66	200	266	17	65
28/7	10	91	148	70	218	288	15	76
28/8	4	31	40	30	70	100	10	21
28/9	9	81	126	70	196	266	11	70
28/10	12	115	177	99	276	375	24	91
28/11	11	104	167	88	255	343	17	87
28/12	10	101	166	79	245	324	15	86
29/1	9	83	138	73	211	284	10	73
29/2	12	111	181	89	270	359	24	87
29/3	12	109	167	91	258	349	30	79
水中計	114	1,036	1,643	853	2,496	3,349	203	833
空中計		8	14		14	14	1	7
合計	114	1,044	1,657 (66.0%)	853 (34.0%)	2,510 (100%)	3,363	204 (19.5%)	840 (80.5%)
月平均	9.5	87.0	138.1	71.1	209.2	280.3		
同、平27	9.6	89.4	137.3	72.3	209.7	282.0		

証明書作成（JCSS）：1,050通（6通は再・別測定等により、線量計1台につき複数枚作成）

校正依頼形態 直接：ユーザーから直接依頼（線量計業者所有分を含む）、

仲介：線量計製造・販売業者、その他による仲介（料金支払い代行のみを含む）

月により多少校正数の変動があるのは、連休、学会出席、夏季休暇、および産総研における標準線量計の校正依頼等による業務休止の影響であり、これも例年同じパターンであることが判ります。平成27年1月および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、この実績は、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年度より28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。

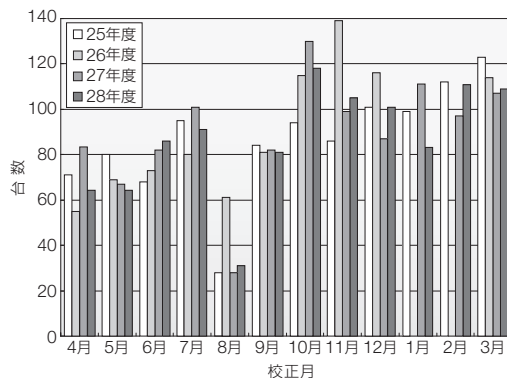


図1：線量計月別校正数（平成25～28年度）

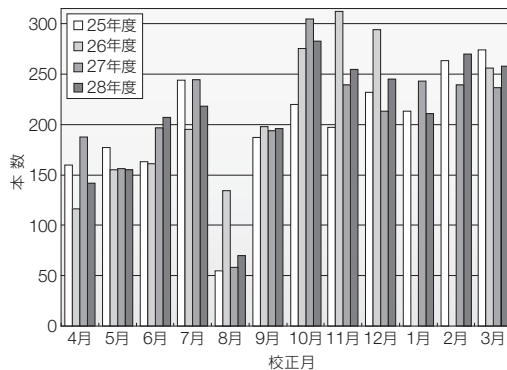


図2：電離箱月別校正数（平成25～28年度）

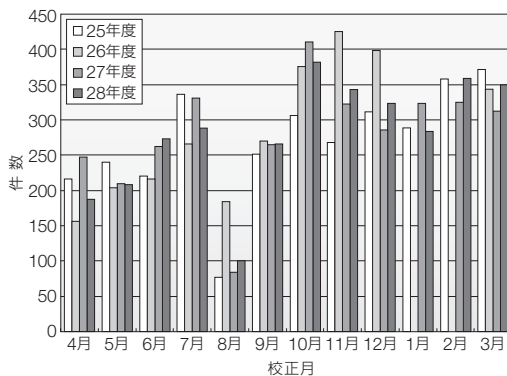


図3：月別校正件数（平成25～28年度）

表2：年間校正数（カッコ内の数値は対前年比）

年度	線量計	電離箱				校正 件数
		① 円筒	②平行 平板	合計	①/②	
平28	1,044 (0.972)	1,657	853	2,510 (0.998)	1.943	3,363 (0.994)
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28	114	9.15	14.5	7.5	22.0	29.5
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

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ることが見て取れます。平成26年度の10%強の減少は、線源交換による休止の影響もですが、27年度はこれを大きく回復し、これまでの最多の校正数となりました。本年度は、これには及ばないもののほぼ同数の水準となっています。

表2の右より2列目は、電離箱形状の年度別変化です。平成28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、スキャン・小照射野測定用のサイズの小さい円筒形電離箱を新規に購入していることが原因です。円筒対平行平板形の比は、現在約2：1ですが、どのあたりに落ち着くかは、こしばらく経過を追わないと判らないのではないかと考えられます。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。

表3は、校正作業日数および1日当たりの校正数です。28年度の結果はこれまでの最高水準であった前年度とほぼ同じレベルであり、作業の高能率化の定着が見て取れます。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考えられます。

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

表4：校正依頼形態

年度	① 直接	② 仲介	①/②
平28	204	840	0.2429
平27	228	846	0.2695
平26	157	745	0.2107
平25	197	844	0.2334
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）

時は40%に近かったものが28年度は約20%以下となりました。ただし、これは、これまでの校正数増加の大部分が線量計販売業者等の仲介によるものであり、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の依頼があることが判ります。ただ、線量計製造販売業者の自社所有分（デモ機あるいは代替機）の校正がユーザー直接依頼の相当部分を占めるため、業者の動向が影響します。27年度は、直接依頼数がこれまでの最多となりましたが、27年初めの線源交換の影響と考えられます。28年は再び仲介分が増勢傾向にあります。

4. 校正データの解析

4-1. 電位計および電離箱の型式の年次変化

表5および6に、校正を行った電位計および電離箱形式の年次変化を示します。電位計の上位機種には、ここ数年あまり大きな変化は見られません。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横ばい状

態ですが、古くからの機種であるDose Master、RAMTEC1000DおよびVICTOREEN系などは姿を消しつつあります。

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

4-2. 電離箱の校正履歴と校正定数の変動

表7は、電離箱の校正履歴分類の年次変化です。財団による校正も13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28年度の空中校正の実績は、電離箱数にして全体の約0.8%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7の右の2欄は、校正定数が比較可能な電離箱について新旧の校正定数の比の平均と標準偏差を求めた結果です。表中、平成24年までのデータは空中校正を行った電離箱についての集計であり、従って、解析の対象は照射線量単位のコバルト校正定数 N_c です。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ました。

新旧校正定数の比の平均の変化は、体制が空中校正の間ほぼ±0.1%前後でしたが、平成24年10月以降の水中校正を行った電離箱では

表5：線量計の機種別集計（水中および空中の合計）

機種名	平16	平17	平18	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27	平28
RAMTEC Smart	0	0	16	81	105	183	205	258	301	423	388	477	441
RAMTEC1000plus	151	196	254	229	275	274	256	259	235	247	185	181	167
UNIDOSwebline10021/22/23	**	**	**	**	20	27	32	45	74	99	107	122	130
RAMTEC Solo/Duo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	87
UNIDOS10001/10002/10005	59	85	93	105	82	90	79	75	89	72	64	59	58
KEITHLEY35040（同等品）	12	16	24	28	26	48	41	39	41	44	40	40	38
RAMTEC1000D/H	115	104	158	128	131	121	98	80	69	59	35	32	20
Tomo Electrometer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	9	18
AE130/131/132/132a*/132a改	43	35	37	28	26	31	24	18	24	15	16	19	14
Super MAX	0	0	0	0	5	6	6	4	8	11	8	14	14
KEITHLEY6517A/617/6514	<4	4	11	7	8	14	10	15	14	12	14	17	13
MAX4000	9	13	14	11	13	14	3	9	13	12	6	15	12
UNIDOS E10008/10009/10010	**	**	**	**	5	2	7	9	12	6	10	9	10
PC Electrometer	-	-	-	-	-	2	4	2	4	8	5	7	5
DOSE1	<4	5	5	5	8	7	4	4	6	4	3	6	4
AE1110a/S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	4	5	4
IONEX DOSEMASTER2590A/B	75	72	79	62	44	38	17	16	14	10	6	4	2
CAPINTEC192/A/292*	6	8	3	6	4	2	2	2	1	1	2	1	1
DOSE-DOSERATEMETER2620/A	11	8	13	8	6	8	5	3	4	2	2	1	0
VICTOREEN500/-1/-SI/530SI	27	35	25	20	15	10	4	4	1	1	0	0	0
DOSEMETER2570/A/1B/2670A*	4	4	4	9	2	5	3	1	2	2	0	0	0
Others	19	10	7	2	3	3	3	3	4	5	1	3	6
Total	535	595	743	729	776	885	803	846	916	1,041	902	1,074	1,044

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。

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%から0.2%台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28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。平成27年までの集計に比べ、前回校正履歴が空中のものはほとんどなくなり、また、新規購入および比較不可群も大幅に減少しています。ユー

ザー側での設備更新も安定期にあるものと考えられます。

前回が水中校正で校正定数が比較可能な電離箱について、型式別の新旧校正定数の差を表9に示します。平行平板形の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。また、校正に使用するγ線標準場の値の決定を校正当日の測定値（置換法）から減衰法に変更したことも影響したと思われます。

表10は、この新旧校正定数の差および標準偏差について、平成28年度とそれ以前（平成24

表6：電離箱の型式別集計（水中および空中の合計）

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

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

年10月～同26年12月および平成27年度)を比較したものです。年度を追って差および標準偏差が縮小しているように見えます。ただ、形状別に多少傾向が異なるし、線源交換によるS/N

の向上および標準場環境のコントロールならびに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（標準線量計、特定二次標準器、AE132R#4603117 + C110#1182）および新規に購入したバックアップ用線量計（Keithley6517B#4093695 + TN30013#8980）を、平成28年8-9月に産総研にjcass校正を依頼しました。ただし、前者については校正時に防浸鞘の不具合が見つかり、また産総研のCo-60装置の故障もあって、実際の

校正は29年2月の実施となりました。特定2次標準器の校正定数（空中校正および水中校正の双方）は僅かに上昇気味でしたが、特に標準場の測定に変更を必要とするものではありませんでした。

また、気温測定用温度計および気圧計は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。

表7：電離箱の校正履歴の分類

年度	比較可能	新規購入	比較不可	合計	新旧校正定数の比	
					平均	標準偏差
平16	815	264	109	1,188	1.00000	0.00614
平17	978	269	85	1,334	0.99846	0.00625
平18	1,275	258	186	1,719	0.99895	0.00611
平19	1,307	285	71	1,663	1.00078	0.00563
平20	1,418	287	136	1,841	1.00097	0.00443
平21	1,616	292	161	2,071	1.00086	0.00479
平22	1,469	323	75	1,867	1.00027	0.00404
平23	1,632	279	72	1,988	1.00141	0.00380
平24	917	112	68	1,097	1.00132	0.00380
平25	648	609	324	3,364	0.99939	0.00243
平26	1,375	246	107	1,829	0.99873	0.00296
平27	2,125	405	185	2,754	1.00029	0.00316
平28	1,999	355	133	2,496	1.00021	0.00255

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

表8：水中校正を行ったユーザー電離箱の分類（平成28年4月～平成29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)	9
	前回は水中校正 ($N_{D,w}$ 有り)	1,999
比較不可	電位計修理・交換、電離箱修理、その他	133
	新規購入	355
合計		2,496

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

表9：ユーザー電離箱校正定数の比較（2回の $N_{D,w}$ の差）。型式・形状別（平28年4月－29年3月校正分）

電離箱型式	種別	電離箱数	平均 (%)	S.D. (%)	
NACP02	平行平板形	222	0.04	0.31	
PPC40		238	-0.11	0.29	
34045		123	0.04	0.21	
23343		24	0.07	0.23	
34001		107	0.11	0.21	
その他		11			
計		725	0.002	0.285	
30013		円筒形	1,020	0.03	0.22
30001			17	0.13	0.26
31010			67	-0.01	0.30
30010	24		-0.01	0.12	
C110 (0.6ml)	13		-0.07	0.23	
A12	14		0.10	0.16	
A12S	25		0.05	0.30	
A1SL	30		0.06	0.27	
CC13	16		-0.08	0.23	
その他	48				
計	1,274		0.032	0.236	
合計	1,999		0.021	0.255	

6-2. 標準場出力の評価について

前号のnewsでも報告しましたが、校正のための ^{60}Co 標準場出力に湿度に関係した季節変動を防ぐため、平成26年4月から校正作業場の湿度コントロールを開始し、更に、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、 ^{60}Co の半減期による減衰計算によって評価する方法（減衰法）に変更しました。上述のようにユーザー校正定数の再現性は改善傾向にあり、標準場出力の変更も影響していると思われます。

また、上記の標準場出力の季節変動に起因すると思われるが、財団と国家標準機関の間にユーザー線量計の校正定数評価について多少の乖離が見られることが判明し、対策として、同

表10：ユーザー電離箱の校正定数の年度別変動（2回の $N_{D,w}$ の差）

年度	形状	電離箱数	平均 (%)	S.D. (%)
平成28/4 －平成29/3	円筒	1,274	0.032	0.236
	平行平板	725	0.002	0.285
	計	1,999	0.021	0.255
平成27/3 －平成28/3	円筒	1,352	0.037	0.269
	平行平板	773	0.017	0.386
	計	2,125	0.029	0.317
平成24/10 －平成26/12	円筒	1,279	-0.102	0.259
	平行平板	744	-0.114	0.317
	計	2,023	-0.106	0.281

平成27/3以降は標準場の環境コントロール強化。Co⁶⁰照射装置の線源交換

平成27/9以降は標準場の値を減衰法に変更

標準場のコントロール、同標準場の値の評価法および標準線量計の運用方法の見直し等を進めています。

6-3. 分離校正システム開発の進捗状況

分離校正実施のための準備はほぼ完了し、製品評価技術基盤機構（NITE）と分離校正の登録事業者認定に向けて何度か打ち合わせを行いました。検討事項であった標準コンデンサーと標準電位計の性能評価についても、産総研の応用電気標準グループおよび放射線標準グループとのコンサル契約によって目途がつき、これを基に、電荷量測定（電位計校正）および電離箱単体での校正について、NITEの技能試験を受けました。その結果、予定の校正システムに多少の修正が必要となり、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¹⁾。

参考文献

- 1) 高瀬信宏：分離校正サービスに関する進捗と留意点。線量校正センター News, Vol.6, 18-20, 2016

（線量校正センター 佐方周防）

資料 2

出力線量測定の実績について (平成28年4月～平成29年3月)

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

1. 出力測定数の集計

平成28年度は、医用原子力技術研究振興財団(以下、財団)が治療用加速装置の出力線量測定(線量の第三者評価)を開始して以来、ちょうど10年目の節目の年となります。これまでに出力線量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29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756、977および4,168(内、校正条件ビーム:2,121)でした。エネルギー別では10MVが最も多く、次いで6MVおよび4MVの順です。ただし、エネルギーの依頼は年度によって増減があり、特に最近の数年は6MVの増勢が顕著で10MVを超える勢いです。校正条件ビームのみのエネルギー別集計でも10MVが最も多く、次いで6MVでした

が、ほぼ同数といった状態です。(後出の表4参照)。

平成28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137、180および827であり、前年度に比べ、施設数が13%、ビーム数が14%の減少であり、大幅な増加であった26年度とほぼ同等の水準です。24年度あたりから増勢傾向が引き続いており、特に26年からは、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り、続いて日本放射線腫瘍学会の専門医修練機関の条件にもなったことが大きく影響し大幅な増加

表1：出力測定の集計1、施設および装置

項目	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27	平28	累計	
施設	拠点	16	32	29	38	35	47	56	111	127	104	595
	その他	2	13	10	12	11	7	17	34	34	36	176
	合計	18	45	39	50	46	54	73	145	162	140	771
装置	22	51	44	60	53	75	100	183	213	183	984	

実施日の区分は測定セットの発送日

表2：出力測定の集計2、エネルギーおよび条件別ビーム数

項目	平19	平20	平21	平22	平23	平24	平25	平26	平27	平28	累計	
エネルギー別	4 MV	12	22	24	79	64	55	88	179	212	142	877
	6 MV	10	29	23	95	84	130	180	320	346	335	1,552
	10 MV	17	37	34	110	88	135	208	314	384	330	1,657
	15 MV	0	3	0	5	1	7	4	12	17	5	54
	その他	-	-	-	-	-	-	2	6	5	15	28
	合計*	39	91	81	289	237	327	482	831	964	827	4,168
条件別	校正	39	91	81	109	104	146	217	394	473	467	2,121
	ウエッジ	-	-	-	56	58	71	117	143	140	113	698
	照射野	-	-	-	124	75	110	148	294	351	236	1,338
	その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11

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Othersには、8、18、20MVを含む。また、*合計にはSRS、FFF、EDWを含む。条件別のその他はCyberKnife、Tomotherapyである

となったようですが、測定頻度を3年に1回としているので、主要施設は一巡したとも考えられます。

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、28年度は、校正条件は前年に比べほぼ同様の水準でしたが、照射野条件とウエッジ条件は大幅に減少し、校正条件とは異なる傾向となっています。また、これまで、結果を参考値として提供していたFFF、CyberknifeおよびTomotherapyビームについても、ガラス線量計のレスポンスの検証が終了し、28年7月からは正式に出力測定の対象となりました。

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

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、これによる変動を防ぐため、双方が同じ線量評価法を用いた場合を解析対象としました。表3は25年12月以降のデータで、施設および財団とも標準計測法12を用いています。（双方が線量測定法01を用いていた、これまでの結果については、線量校正センターニュースの前号を参照下さい¹⁾。平成26年以降も標準測定法01を線量評価に用いるユーザーがありますが、線量差の解析には用いていません。なお、ユーザーに対しては、財団の評価値をそのまま報告しています。）

表3の合計欄では、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

表3：施設申告線量と財団評価線量の差（%）の分布

範囲 (%)	平25	平26	平27	平28	合計
~-2.75			1		1
-2.75 ~ -2.25			3	3	6
-2.25 ~ -1.75	1	5	6	12	24
-1.75 ~ -1.25	1	11	12	12	36
-1.25 ~ -0.75	2	20	34	36	92
-0.75 ~ -0.25	9	35	71	67	182
-0.25 ~ 0.25	21	72	82	86	261
0.25 ~ 0.75	21	64	81	80	246
0.75 ~ 1.25	26	50	59	59	194
1.25 ~ 1.75	8	46	35	24	113
1.75 ~ 2.25	7	31	31	10	79
2.25 ~ 2.75	2	14	6	11	33
2.75 ~ 3.25	2	2	5	2	11
3.25 ~ 3.75	2	3	3	2	10
3.75 ~		3	1		4
ビーム数	102	356	430	404	1,292
平均	0.675	0.596	0.344	0.200	
標準偏差	0.910	1.080	1.076	1.003	

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、財団・施設とも計測法12。FFFビームは含まない。線量評価が線量測定法01であった、平成25年以前のデータについては線量校正センターニュースVol.6号を参照¹⁾

告線量を僅かながら上回っています。標準計測法12を用いた群の校正条件ビームの差の分布を図1および2に示します。図1はこの4年間の合計、図2は平成28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、年度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の下欄には、各年度の線量差の平均および標準偏差も示してあります。この差は、財団が出力測定事業を開始した平成19年および20年には0.6%前後ありましたが、21年より縮小に転じて改善方向に向かい、24年当たりではほぼ差が見られなくなっていました。ただ、表3の25、26年の群には、20、21年当りの水準と同様の差が見られ、財団と施設の差の傾向が変化したことが判ります。ただし、26年以降は、再びこの差は縮小方向にあり、財団が24年10

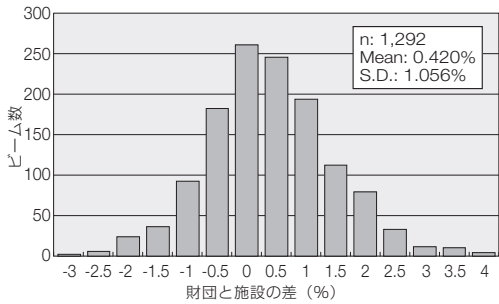


図1：財団の評価線量と施設の申告線量の差。平成25-28年の校正条件ビーム合計。線量の評価プロトコルは、財団・施設とも標準計測法12。FFFビームは含まない

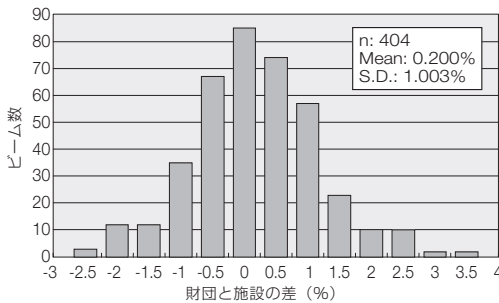


図2：財団の評価線量と施設の申告線量の差。平成28年の校正条件ビーム。線量の評価プロトコルは、財団・施設とも標準計測法12。FFFビームは含まない

月から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25年度以前の結果とも一致しており、財団の評価手順や施設の照射法については安定していると思われます。

表4は、平成28年度の校正条件ビームのエネルギー別線量の差です。エネルギーの高いビームに差が大きいことが見てとれますが、27年度以前の状態から縮小しており、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

表4：平成28年度の施設申告線量と財団評価線量の差(%)

エネルギー(MV)	4	6	10	15	合計
ビーム数	84	172	179	5	440
平均(%)	-0.147	-0.029	0.557	0.272	0.344
S.D.(%)	0.934	0.950	0.936	1.064	1.060

校正条件ビームのエネルギー別集計。他のエネルギーおよび参考資料として提供したFFFビームは含まない。線量評価は、施設・財団とも標準計測法12

行がほぼ終わり、線量計も水中校正済みとなったようですが、ここ数年、出力測定への依頼が急増しており比較が難しい時期でもあります。もう少し時間が経過すれば変化が落ち着き、差の解析も進むと思われます。

3. 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。標準計測法12に移行した25年以降の条件付測定の内容を表5および6に示します。28年の照射野およびウエッジ条件の申し込みは、線量評価法の異なるものや参考測定などを全て含めるとそれぞれ236および113ビームであり、いずれも27年の実績から減少し、特に照射野条件への依頼は大幅に前年を下回りました。ここ数年、どの条件もほぼ順調に依頼数が増えていたのですが、ここにきてユーザーの希望が校正条件中心に変化したのかもしれません。

条件付測定における財団の評価線量とユーザーの申告線量との差も同表に示します。いずれも、財団とユーザーが標準計測法12を用いた群が対象です。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。(平成25年以前の解析は、線量校正センターニュースの前号¹⁾を参照ください。)

表5：ウエッジ条件の角度別ビーム数および施設申告線量と財団評価線量の差 (%)

年度	ウエッジ角				合計	線量の差	
	15度	30度	45度	60度		平均	標準偏差
平25	17	11	6	13	47	0.497	1.036
平26	52	51	13	15	131	0.166	1.112
平27	45	52	17	19	133	0.222	1.097
平28	36	32	16	20	104	-0.174	1.176
累計	150	146	52	67	415		
平均	0.121	0.131	-0.066	0.339	0.136		
標準偏差	1.026	1.092	1.031	1.444	1.132		

線量評価は標準計測法12

表6：照射野条件のビーム数および施設申告線量と財団評価線量の差 (%)

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	30	7	13	11	61	0.280	1.016
平26	102	31	115	9	257	0.431	1.160
平27	131	46	127	25	329	0.317	1.229
平28	100	17	88	16	221	0.039	1.061
累計	363	101	343	61	867		
平均	0.025	0.465	-0.342	0.185	0.283		
標準偏差	1.126	1.137	1.006	1.231	1.150		

線量評価は標準計測法12。FFFビームは含まない

4. その他

1) 1施設当たりの条件数

表7は1施設当たりの申込条件数(ビーム数)です。平成22年からは、それ以前と同料金で2倍のビーム数が測定可能となりましたが、21年までに比べると条件付測定の導入等もあって3倍近いか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、26年度以降はその傾向が落ち着いています。多くの施設が申し込みを開始し、最初は基本的条件に絞って始めるところが多いとも考えられます。

ウエッジ条件の1施設当たりの申し込みは、条件付測定開始直後は少なく、年度を追って増える傾向にありましたが、26年度以降は減少傾向が続いています。照射野条件は、当初は年度による増減が見られましたが、最近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およびFFFなどの条件の異なるビームの依頼が増えていることが挙げられます。

2) 線量評価用標準プロトコール

表8は、ユーザー施設で用いられている計測プロトコールの種類です。平成25年には新しい標準計測法12が優勢になり、現状は、ほぼそちらへ切り替わっているようです。

3) 線量評価の不適切例

財団評価線量と施設申告線量の差が、許容判定基準の5%を超える場合がある程度発生して

表7：1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
平28	3.29	0.82	1.92	6.04

表8：施設の使用する線量評価用標準プロトコール

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

います。このような場合は、財団から施設へ測定についての問い合わせを差し上げていますが、ほとんどが線量評価あるいは返送いただく照射データ記入シートに誤りがある、あるいは不適切と思われるものです。これまでの3年間の5%超の原因を表9に示します。これらのケースは問い合わせにより原因を特定でき、治療現場での線量投与に問題のないことが確認できていますが、差が5%未満で3%以上の施設もあ

表9：財団評価線量と施設申告線量の差の原因
(平成26年～同28年)

線量差の原因	施設数
照射野条件でTMR・OPFの取り違い	6
手計算方法の理解不足	4
ウエッジ係数の取り違い	1
照射時のエネルギー選択のミス	1
照射時のMU設定ミス	1
基本数値テーブルの値の間違い	1

り、財団から差し上げる測定結果報告書を参考に、自施設の状態をご確認願えればと思っています。

また、あまり大きくは線量評価に影響しませんが、表9の原因以外にTPR_{20,10}およびk_Qの算出が標準計測法と異なるケースも散見します。ただ、最近ではデータシート誤記入の頻度は減少しており、財団の線量校正センターのHP上にある記入上の注意などの効果もあったと思われるます。

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

参考文献

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

治療用線量校正および出力線量測定施設の施設名公表について

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

1. 治療用線量計校正

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

当財団による施設名公表は、関連学協会および有識者によって構成された「医療放射線監理委員会」の管理・監督のもと、過去2年間に校正を実施した施設（医療機関、研究・教育機関およびメーカー）を対象とし、毎年実施しております。まず事前に公表のご案内をし、そのうち、公表の同意が得られた施設のみを当財団ホームページ（http://www.antm.or.jp/03_activities/025.html）にてPDFファイル形式で掲載しております。本年度（平成29年度）は、平成27年度及び28年度に校正を実施した施設の施設名を公表しました。掲載内容につきましては当財団ホームページをご確認頂き、お気づきの点がございましたら、当センター（info-kosei@antm.or.jp）までご連絡下さい。

2. 出力線量測定

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

2012年より、出力線量測定を実施した施設の中で公表の承諾が得られた施設の名称について当財団ホームページ（http://www.antm.or.jp/03_activities/038.html）にて公表致します。本年から過去3年間に測定を実施した施設を対象とし、2014年度から2016年度に出力線量測定を実施した施設をPDFファイル形式で掲載しております。実施施設名を公表することで今まで以上に出力線量測定事業を周知する狙いがあります。また、出力線量測定は医療事故防止に有効な手段であり、より多くの施設に実施して頂きたいと考えております。

3. 施設名公表へのご理解とご協力について

平成29年9月現在、当財団のホームページにて施設名を公表させて頂いております。治療用線量計校正、出力線量測定のいずれも高い公表率を維持することができました。この場を借りまして、皆様のご理解とご協力に深く感謝申し上げます。

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。

治療用線量計校正施設名の公表状況

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、図1.1の通りとなりました。平成27年度校正実施施設名の公表状況は医療機関において740施設中739施設、研究・教育機関やメーカーについては、23施設中23施設から公表の同意が得られました。

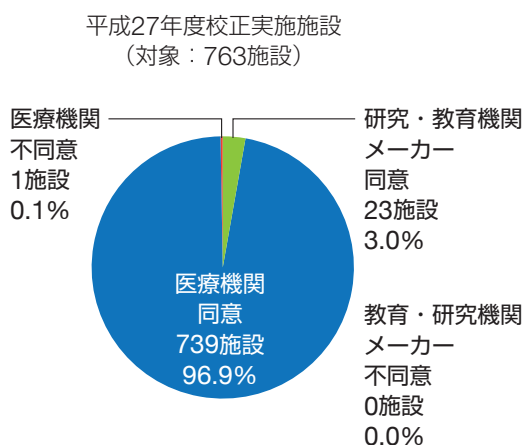


図 1.1：平成27年度校正実施施設の公表状況

平成28年度 校正実施施設

平成28年度に校正を実施した施設の公表状況は図1.2に示す通り、医療機関においては724施設中723施設、研究・教育機関やメーカーにおいては23施設中23施設から公表の同意が得られました。また、平成28年度に初めて校正を実施した施設は医療機関においては10施設、研究・教育機関やメーカーにおいては4施設でした。

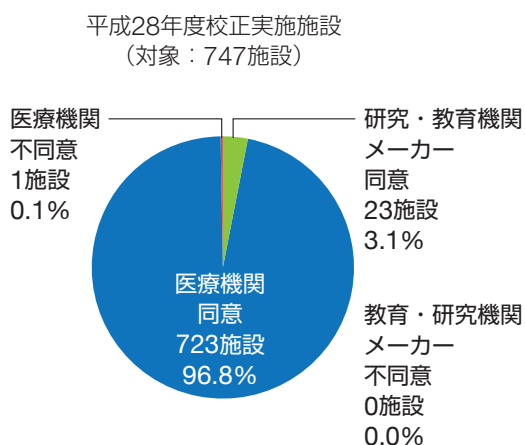


図 1.2：平成28年度校正実施施設の公表状況

2014年～2016年度治療用照射装置(X線)の出力線量測定実施施設一覧(346施設)

北海道 (20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
 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
 社会医療法人恵佑会札幌病院
 社会医療法人製鉄記念室蘭病院
 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北海道がんセンター
 独立行政法人労働者健康安全機構釧路労災病院
 北見赤十字病院

青森県 (3施設)

弘前大学医学部附属病院
 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 (1施設)

岩手医科大学附属
 PET・リニアック先端医療センター

宮城県 (4施設)

一般財団法人厚生会仙台厚生病院
 石巻赤十字病院
 大崎市民病院
 独立行政法人労働者健康安全機構東北労災病院

秋田県 (5施設)

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

山形県 (4施設)

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
 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 (6施設)

一般財団法人慈山会医学研究所付属坪井病院
 一般財団法人太田総合病院附属太田西ノ内病院
 一般財団法人竹田健康財団竹田総合病院
 一般財団法人脳神経疾患研究所附属
 総合南東北病院
 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 (30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
 杏林大学医学部付属病院
 医療法人社団明芳会板橋中央総合病院
 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
 公益財団法人がん研究会有明病院
 公益財団法人結核予防会複十字病院
 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
 公立昭和病院
 公立福生病院
 昭和大学病院
 青梅市立総合病院
 帝京大学医学部附属病院
 東京医科大学八王子医療センター
 東京医科大学病院
 東京警察病院
 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
 東京都立多摩総合医療センター
 独立行政法人国立病院機構東京医療センター
 独立行政法人国立病院機構東京病院
 独立行政法人地域医療機能推進機構
 東京新宿メディカルセンター
 日本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
日本赤十字社東京都支部武蔵野赤十字病院
日本大学医学部附属板橋病院

神奈川県 (18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
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
市民総合医療センター
公立大学法人横浜市立大学附属病院
国家公務員共済組合連合会横浜南共済病院
昭和大学横浜市北部病院
昭和大学藤が丘病院
聖マリアンナ医科大学病院
川崎市立井田病院
相模原協同病院
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
独立行政法人国立病院機構横浜医療センター
独立行政法人労働者健康安全機構関東労災病院
平塚市民病院

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
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
埼玉県済生会川口総合病院
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 (16施設)

医療法人沖縄徳洲会千葉徳洲会病院
医療法人鉄蕉会亀田総合病院
国保松戸市立病院
国保直営総合病院君津中央病院
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
放射線医学総合研究所

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
独立行政法人国立病院機構千葉医療センター
独立行政法人労働者健康安全機構千葉労災病院
日本医科大学千葉北総病院

茨城県 (7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
茨城県立中央病院茨城県地域がんセンター
株式会社日立製作所ひたちなか総合病院
筑波大学附属病院
東京医科大学茨城医療センター
独立行政法人労働者健康安全機構鹿島労災病院
友愛記念病院

栃木県 (4施設)

自治医科大学附属病院
社会福祉法人恩賜財団済生会支部
栃木県済生会宇都宮病院
地方独立行政法人栃木県立がんセンター
獨協医科大学病院

群馬県 (5施設)

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

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 (5施設)

社会福祉法人恩賜財団済生会支部
新潟県済生会済生会新潟第二病院
新潟県地域医療推進機構魚沼基幹病院
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

長野県 (6施設)

信州大学医学部附属病院
地方独立行政法人長野市民病院
長野県厚生農業協同組合連合会
佐久総合病院佐久医療センター
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 (8施設)

医療法人社団藤聖会五福脳神経外科
富山サイバーナイフセンター
高岡市民病院
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
富山市立富山市民病院
富山大学附属病院

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 (23施設)

トヨタ記念病院
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
社会医療法人宏潤会大同病院
社会医療法人大雄会総合大雄会病院
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名古屋医療センター
独立行政法人地域医療機能推進機構中京病院

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
名古屋大学医学部附属病院
名古屋第一赤十字病院
名古屋第二赤十字病院

岐阜県 (8施設)

医療法人徳洲会大垣徳洲会病院
岐阜県総合医療センター
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
大垣市民病院
朝日大学歯学部附属村上記念病院

静岡県 (12施設)

市立島田市民病院
静岡県立静岡がんセンター
総合病院聖隷三方原病院
総合病院聖隷浜松病院
地方独立行政法人静岡県立病院機構
静岡県立総合病院
地方独立行政法人静岡市立静岡病院
中東遠総合医療センター
藤枝市立総合病院
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
市立四日市病院

大阪府 (25施設)

NTT西日本大阪病院
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
関西医科大学附属枚方病院
近畿大学医学部附属病院
公立大学法人大阪市立大学医学部附属病院
彩都友誼会病院
市立豊中病院

社会医療法人愛仁会高槻病院
社会医療法人美杉会佐藤病院
社会福祉法人恩賜財団済生会
大阪府済生会野江病院
社会福祉法人恩賜財団大阪府済生会吹田病院
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
地方独立行政法人堺市立病院機構
堺市立総合医療センター
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
独立行政法人国立病院機構
近畿中央胸部疾患センター
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
八尾市立病院

兵庫県 (16施設)

医療法人社団順心会順心病院
医療法人社団神戸低侵襲がん医療センター
医療法人社団神鋼会神鋼病院
一般財団法人神戸市地域医療振興財団
西神戸医療センター
公立学校共済組合近畿中央病院
市立伊丹病院
社会医療法人製鉄記念広畑病院
神戸大学医学部附属病院
西脇市立西脇病院
地方独立行政法人加古川市民病院機構
加古川中央市民病院
地方独立行政法人神戸市民病院機構
神戸市立医療センター中央市民病院
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
兵庫県立淡路医療センター
兵庫県立尼崎総合医療センター

京都府 (8施設)

医療法人社団洛和会洛和会音羽病院
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

京都府立医科大学附属病院
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舞鶴医療センター

滋賀県 (6施設)

市立長浜病院
滋賀医科大学医学部附属病院
滋賀県立成人病センター
大津赤十字病院
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 (4施設)

公益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
奈良県立医科大学附属病院

和歌山県 (6施設)

紀南病院
橋本市市民病院
公立那賀病院
独立行政法人国立病院機構南和歌山医療センター
和歌山県立医科大学附属病院

鳥取県 (2施設)

鳥取県立厚生病院
鳥取県立中央病院

岡山県 (5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
川崎医科大学附属病院
総合病院岡山赤十字病院

広島県 (8施設)

県立広島病院
広島がん高精度放射線治療センター
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
福山市民病院

山口県 (3施設)

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 (4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
住友別子病院
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 (14施設)

医療法人社団高邦会高木病院
医療法人徳洲会福岡徳洲会病院
九州大学病院
戸畑共立病院
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
地方独立行政法人大牟田市立病院
独立行政法人国立病院機構九州がんセンター
飯塚病院
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 (3施設)

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

長崎県 (7施設)

佐世保市総合医療センター
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)

熊本市立熊本市市民病院
熊本赤十字病院
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 (3施設)

大分県立病院
大分赤十字病院
大分大学医学部附属病院

宮崎県 (1施設)

宮崎大学医学部附属病院

鹿児島県 (3施設)

鹿児島大学病院
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 (3施設)

KIN放射線治療・健診クリニック
沖縄県立中部病院
那覇市立病院

※2017年8月末までに承諾を得られた施設を掲載。

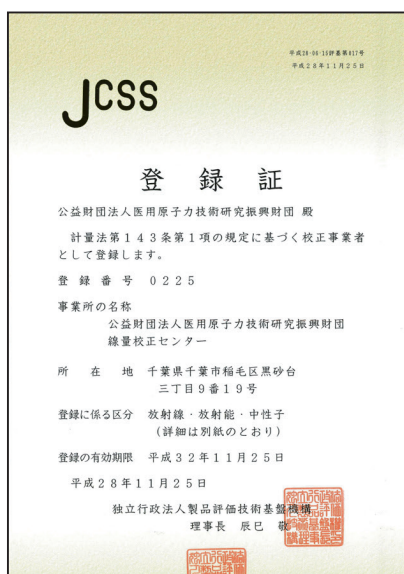
(線量校正センター 奥山浩明)

線量計校正担当者より

・JCSS 校正につきまして

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、ようやく昨年の2016年11月25日に2回目の更新監査を受け登録の更新が完了いたしました。

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いたします。



・校正可能な電離箱について

2017年10月現在、表に示す電離箱を対応可能な校正機器として扱っています。

また、表の項目の一番右にチェックが入っている電離箱の受感部の容量が小さい一部の機種については、電位計の設定を「Lレンジ」等の低いレンジでお受けすることをお願いをしております。

これは、当財団が校正で使用している放射線源であるコバルト60が半減期で放射線の量が減っていくことにより、電離箱の出力も低下してしまうため、校正の不確かさを担保できる信号として、低いレンジでないと対応が難しいところによります。

対応できる電離箱や表の記載内容は、組み合わせる電位計等によって多少変わってくることもあ

平行平板形

製造業者	型式	容量 [cm ³]	Lレンジ等の低いレンジでしか対応が難しい機種
PTW FREIBURG	34001	0.39	
	34045	0.02	●
	23343	0.057	●
IBA Dosimetry	PPC40	0.4	
	NACP-02	0.16	
Standard Imaging	P11	0.62	
	A10	0.05	●

円筒形

製造業者	型式	容量 [cm ³]	Lレンジ等の低いレンジでしか対応が難しい機種
PTW FREIBURG	30001	0.6	
	30006	0.6	
	30010	0.6	
	30011	0.6	
	30013	0.6	
	23323	0.1	●
	23332	0.3	
	23333	0.6	
	31002	0.125	●
	31003	0.3	
	31010	0.125	●
	31013	0.3	
	31006	0.015	●
	31014	0.015	●
	31015	0.03	●
	31016	0.016	●
IBA Dosimetry	CC01	0.01	●
	CC04	0.04	●
	CC08	0.08	●
	CC13	0.13	●
	CC25	0.25	
	FC65-P	0.65	
Standard Imaging	A12	0.65	
	A19	0.62	
	A1SL	0.057	●
	A12S	0.25	
	A14	0.016	●
	A14SL	0.016	●
応用技研	A16	0.007	●
	C-110 (0.2ml)	0.2	
	C-110 (0.6ml)	0.6	
	C-111F	-	
CAPINTEC	C-111F (短縮型)	-	
	PR-05	0.14	●
	PR-05P	0.07	●
	PR-06C	0.65	
PR-06G	-		

お知らせ

りますので、ご不明な点についてはお問い合わせ
いただきたく、よろしくお願いたします。

・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）」の登録を受け、線量校正業務を行っています。そのため、JCSS登録に関わる校正結果（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いただく際の送付先が下記のように変更となっております。現在も間違えて線量校正センター事務所宛に届くケースもございますため、お間違えの無いよう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、振込手数料分を不足してお振込をいただいた施設様に対して、不足分の問合せをした際に、忘れたので割り引いて欲しいなどの交渉を持ちかける施設様がいらっしゃいますが、そのような対応は一切できませんので、お振込の際はお忘れの無いよう十分にご注意いただくようお願いいたします。

※1) 受託要綱：

http://www.antm.or.jp/03_activities/data/youkou_kouseil20401.pdf

※2) 校正料金表：

http://www.antm.or.jp/03_activities/data/suityuryoukin201404.pdf

治療用線量計校正受託要綱	
<small>(公財)医用原子力技術研究振興財団(以下「甲」という。))が、申込者(以下「乙」という。))から受託する治療用線量計の校正については、この要綱に定めるところによる。</small>	
<small>(定義)</small> 第1条 この要綱において「治療用線量計の校正」とは、コバルト60γ線照射装置および計量法上の特定標準器による校正を受けた二次標準器である線量計を用いて、治療用線量計に対し校正定数を測定することをいう。	
<small>(作業の受託)</small> 第2条 甲は、治療用線量計の校正(以下「校正」という。))を希望する、乙からの申込書の提出を受けてその作業を受託する。	
<small>(作業内容の協議)</small> 第3条 甲は、校正を依頼された機器について、作業を行う上で不具合があった場合、乙に連絡し、乙の指示を受けるものとする。	
<small>(作業内容の変更)</small> 第4条 甲及び乙は、いずれかの申し出により、申込の内容を協議の上変更することができる。	
<small>(解約等)</small> 第5条 甲及び乙は、自己の都合によりこの申込の解約を必要とするときは、それぞれ相手方への事前通知としてこの申込の全部又は一部を解除することができる。 2 甲及び乙は、前項により解約した場合に相手方に損害を与えたときは、その損害を賠償するものとし、その賠償額は甲乙協議して決定するものとする。	
<small>(校正結果の報告)</small> 第6条 甲は、受託した校正の結果について、甲所定の校正証明書により、乙に報告するものとする。	
<small>(作業料金等の支払)</small> 第7条 甲は、校正の作業完了後、別に定める校正料金表に基づく料金を乙に請求する。 なお、機器の輸送(保険料を含む)等、料金表以外に要した費用については、実費を請求するものとする。 2 乙は、前項の作業料金を、請求書を受領した日から30日以内に甲に支払うものとする。ただし、乙の責に帰しがない事由がある時はこの限りでない。	
<small>(一般的損害)</small> 第8条 甲及び乙は、それぞれの責に帰すべき理由により相手方に損害を与えたときはその責を負うものとする。	
<small>(協議事項)</small> 第9条 この要綱に定めのない事項又はその他に疑義が生じたときは、その都度協議して定めるものとする。	

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団	
本費収線量単位位の校正(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」として請求させていただきます。	
(基本料金)	
a) 基本技術料(電位計1台につき)	43,200円
b) 校正技術料(校正件数1件につき)	17,280円
(校正件数)	
a) 円筒形電線量計1本につき、一つの測定条件(測定レンジ、測定チャンネル、印加電圧等の組み合わせ)に対して、校正件数を1件とします。	
b) 平行平板形電線量計については、両極性の印加電圧で測定を行うので、校正件数は2件とします。	
(校正料金計算式)	校正料金 = (電位計台数) × (基本技術料) + (合計校正件数) × (校正技術料)
(校正料金計算例)	
a) 電位計1台 + 円筒形電線量計1本	60,480円
b) 電位計1台 + 円筒形電線量計1本 + 平行平板形電線量計1本	95,040円
c) 電位計1台 + 円筒形電線量計(レンジ)4 + 平行平板形電線量計1本	112,320円
d) 電位計1台 + 円筒形電線量計2本 + 平行平板形電線量計1本	112,320円
(その他)	
a) 校正料金には消費税(8%)が加算されています。	
b) 機器の輸送料(保険料を含む)等には実費を別に請求致します。	
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監理・監督のもとで行われており、日本国内の放射線治療施設における品質管理状況を第三者評価機関として評価するためのシステムとなっております。

●第三者評価とは

平成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等の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に独立した系(当財団ではPLD郵送測定)によって測定した吸収線量と比較(当財団の基準では±5%以内)することで、医療事故に繋がる基礎的なエラーを検出し減らすことが可能であり、これら実際の患者治療時に起こる様々な要因を包括して出力線量を評価するシステムの一つが第三者機関による出力線量測定です。

●測定条件の拡大

平成28年7月14日以降、対応できるビームでの

測定が拡大されました。FFFビームは、校正条件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。(平成29年11月現在)

●申込方法

当財団のホームページより申込書を入手して頂き、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いただきます。

●照射時の照射画面写真の添付のお願いについて

出力線量測定事業は今年で10年目を迎え、昨年に出力線量測定を実施した施設は137施設となりました。本測定におきましては、施設側での申告線量と当財団の評価線量に5%以上のかい離があった場合、原因究明のためのヒアリング調査を実施し、原因が特定できない場合には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。

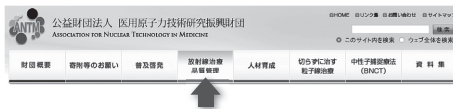
昨年度の出力線量測定では、許容範囲（線量差が±5%）を超える事例は2件ありましたが、ヒア

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）が分かる照射画面を、デジカメなどで撮影して返送いただくよう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、よろしくお願いたします。

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

（線量校正センター 布袋田真大）

財団ホームページの線量校正センター関連の更新



●トップページから

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

<ページトップ「NEWS」の更新>

平成28年12月22日

- ・JCSS登録証を更新いたしました。

平成29年9月11日

- ・平成28年度「線量計校正実施施設の公表」および「治療用照射装置（X線）の出力測定実施施設の公表」を更新いたしました。

平成29年10月16日

- ・（出力線量測定）照射手順、照射手順書を更新いたしました。
- ・「出力線量測定の品質管理に関する情報公開文（平成29年9月25日）」を掲載いたしました。

治療用線量計校正事業

HOME > 放射線治療品質管理 > 治療用線量計校正事業

「線量計校正実施施設の公表」では、平成27年度、平成28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28年度実績として更新いたしました。

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

HOME > 放射線治療品質管理 > 治療用出力線量測定事業

「照射手順」では、「照射手順書.pdf」を更新いた

しました。

上記、＜ページトップ「NEWS」の更新＞の「出力線量測定の高品質管理に関する情報公開文（平成29年9月25日）」の掲載にて、出力線量測定の実施施設における放射線治療品質の向上および出力線量測定の実施を勧めるため、施設名が特定できない形での実施状況の情報公開をいたしました。この掲載に関して、特に配慮を希望する施設より申し出をいただきたい旨の文面を照射手順書の末尾に追記しました。

「治療用照射装置（X線）の出力測定実施施設の公表」では、平成26年度から28年度までの3年間で当センターにて出力線量測定を行い、施設名公表に承諾いただいた施設について平成28年度実績として更新いたしました。

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

HOME > 放射線治療品質管理 > 光子線治療品質管理支援業務

「光子線治療品質管理支援業務」の各ページでの変更はございません。

線量校正センターからのお知らせ

HOME > 放射線治療品質管理 > 線量校正センターからのお知らせ

これまでにご案内した線量校正センターからのお知らせを掲載しております。

最新版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合わせ

HOME > 放射線治療品質管理

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

近頃は、太陽がまぶしい日には汗ばむときもありますが、道端に枯葉が積り、冷たい風が吹くと秋から冬への移り変わりを、夜には温度差を感じることが多くなりました。何かと多忙になる季節でもありますので体調には十分注意しましょう。

さて、当財団が第三者評価として提供する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、放射線治療施設の品質管理の手段として重要な役割を担っておりますが、あくまで治療装置の現状を把握するためのサポートを行うもので、その結果に対する品質管理は、放射線治療施設にて対処いただくことが必要です。

Vol.7号では国内での地域連携支援による品質管理体制の構築について報告があります。身近な環境に品質管理を支援する体制があれば、品質管理に関わるうえで安心感も増すのではないかと

います。

巻頭では出力測定事業の10年経過の歩みと線量計校正における二次標準器の切り替えについてご案内しております。また、治療現場で使用する放射線治療装置および計測機器の取り扱いに関する規定や調査などの解説、第三者評価の調査方法の向上に係わる研究活動などの報告を、また、Vol.6号に引き続き分離校正の準備状況およびご利用時の留意点も掲載しました。

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を行うとともに、新たな計測校正事業への対応に努めてまいります。

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 μ C/kg \sim 516mC/kg(標準仕様)

(10mR \sim 2000R)

2.58 μ C/kg \cdot m \sim 516mC/kg \cdot m(標準仕様)

(10mR/m \sim 2000R/m)

デジタル表示 1000f.s./1999

(100%オーバースケール時)

小型・計量・高性能

構成内容

線量計 AE-132a 1台

電離箱 C-110(0.6ml) 1台

その他付属品 1式

目の線量H'(3)の評価に!



1 μ Sv/h \sim 100mSv/h

電離箱式サーベイメータ

AE-133B/Λ2+

標準 H*(10)及び H'(0.07)

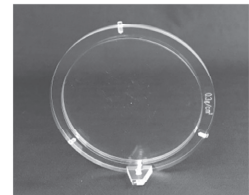
with

オプション

H'(3)用ビルドアップキャップ



H'(3)用ビルドアップキャップ
を装着した様子



オプション品
H'(3)用ビルドアップキャップ

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

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

放射線測定器 校正サービス

TECHNOL

放射線測定器の校正はお済みですか?

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

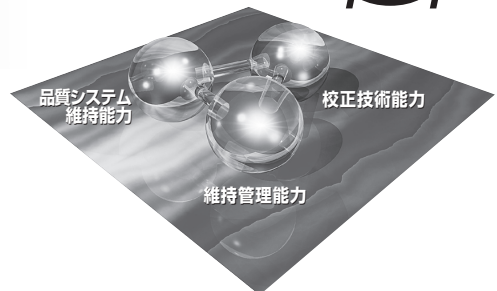
校正には、国家標準とのトレーサビリティが明確になっていることが必要です。放射線測定器は、トレーサビリティが明確な基準に基づく校正を行ってはじめて精度の高い測定が実現します。

国家標準につながる校正サービス。

お客様に「安心と精度」を提供します。

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

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



TECHNOL

CHIYODA TECHNOL CORPORATION

株式会社 千代田テクノ

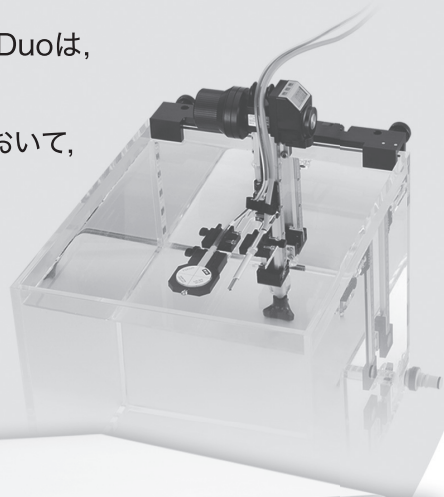
URL: <http://www.c-technol.co.jp>
e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp

線量計の理想へ。 「RAMTEC Duo」誕生。

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

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

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



東洋メディック株式会社

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

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

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

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

支店・営業所：名古屋・札幌・新潟・仙台・岡山

線量校正センターニュース 第7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

線量校正センターニュース Vol.7
訂正のご案内

(訂正箇所) 巻頭言 右列中段落の9行目

「詳しくは各施設への報告書に文書を添付いたします。」
の記載について。

当財団の医療放射線監理委員会において、二次標準器(B)を用いた場合の校正定数の差異は、影響がでない程度であるとされたため、報告書への文書添付はしないことにいたしました。

線量校正センターニュース Vol.7 配布にあたり、ご案内にて訂正させていただきます。