

2023年8月10日

2022年度放射線治療品質管理士新規認定申請者に対する レポート評価のフィードバック

放射線治療品質管理機構
講習会委員会・資格審査委員会

2022年度の放射線治療品質管理士新規認定では、「自施設におけるモニタ線量計の校正（以下、MU校正）」をテーマとし、レポートの提出を求めました。本レポートを評価した結果、電離箱線量計の極性効果の考え方や、極性及び印可電圧の大きさの理解で勘違いが生じやすい箇所が明らかになりましたので、放射線治療品質管理士の皆様にフィードバックさせていただきます。今一度、自施設のMU校正を見直す機会にさせていただきたいと思えます。また、MU校正の際に使用する温度計・気圧計の取り扱いについても説明します。

○電離箱線量計の印加電圧の極性と大きさの取り扱いについて

電離箱線量計の極性効果については、標準計測法12の「2.1 フォーマリズム」に、以下に示す考え方の記載があります。

「印加電圧の正負によって電位計の表示値が変化するかどうかは、線質ごと、電離箱ごとに確認しておく必要がある。光子線の場合は極性効果は無視できるが、荷電粒子の場合、特に電子線では極性効果が有意である。

極性効果が有意である場合は両極性での電離電荷の絶対値をとり、その平均値を真の電離電荷として、極性効果補正係数 k_{pol} を1とする。

どちらか一方の極性で使用する場合は、 k_{pol} を次式で算出しておき、表示値の補正を行う。

$$k_{pol} = \frac{[M_{raw}^+] + [M_{raw}^-]}{2 [M_{raw}]}$$

ここで、 M_{raw}^+ および M_{raw}^- は正および負それぞれの印加電圧での電位計の表示値、 M_{raw} は通常使用する極性での電位計の表示値である。

医療用線量標準センターにおける平行平板形電離箱の校正では正および負の電圧を印加し、その絶対値の平均から水吸収線量校正定数を与えている。(校正証明書で確認すること。)もし、極性効果を示す平行平板形電離箱を使用し、どちらか一方の極性のみで測定する場合は上の式を利用して極性効果に対する補正を行う必要がある。」(標準計測法 12 より)

上記より、ファーマ形電離箱線量計の極性効果については、線量計の校正を依頼する前に、ユーザが施設にて MU 校正に使用するすべての線種・線質において、 k_{pol} の評価を実施します。光子線の場合、極性効果は無視できることがほとんどです。その場合、医療用線量標準センター（以下、線量校正センター（現在の名称））にはどちらか一方の極性で校正を依頼し、ユーザはその校正証明書と同じ条件で使用することで、 k_{pol} を 1 とすることができます。

通常、線量校正センターではファーマ形電離箱線量計の校正は、ユーザが申込書に記載した一方の極性のみで実施していますので、ユーザは校正証明書に記載の極性を使用し、 k_{pol} を 1 とするのが正しい極性効果の取り扱いになります。しかし、実際には、多くの施設で測定により得られた k_{pol} で表示値の補正を行っている現状があることが確認されました。この取扱いは厳密には正しくないため、今一度ご確認ください。(ただし、この影響は非常に小さく問題になるレベルの話ではありません。)

次に k_{pol} の事前評価の結果、極性効果の影響が有意と判断される場合には、線量校正センターに電離箱線量計の校正を依頼する際に、両極性での測定を申し込む必要があります。この場合には、両極性での電離電荷の絶対値をとり、その平均値を真の電離電荷として、 k_{pol} を 1 とします。どちらか一方の極性で使用する場合は、 k_{pol} を算出し、表示値の補正を行うこととなります。なお、極性効果の影響が有意かどうかの判断については、AAPM TG-51 addendum の記載にある「ファーマ形電離箱線量計の k_{pol} は、通常 0.997~1.003 の間に収まり、どのエネルギーにおいても 0.4%未満であるべき」を参考にしてください。

次に、MU 校正時の電離箱線量計の印加電圧の大きさと極性の選択ですが、これは、線量校正センターに校正を申し込んだときの印加電圧の大きさと極性を使用しなければなりません。線量校正センターでの校正時と、ユーザでの MU 校正時の印加電圧の大きさあるいは極性が異なると、収集電荷量が変化し、線量誤差の原因となります。今一度、校正証明書をご確認下さい。もし、校正証明書と異なる印加電圧の大きさや極性での測定に変更したい場合には、次回の線量校正センターでの線量計校正依頼時に、希望する印加電圧の大きさや極性にて申込を実施し、その校正結果をもって変更することをお勧めします。

さらに、自施設が保有する電位計の極性表示についても理解しておく必要があります。

電位計の型式によって、電圧極性表示と実際に収集される電荷の極性が異なり、電圧極性がプラスと表示されていても、負の電荷が収集される場合と正の電荷が収集される場合があります。自施設での MU 校正時と線量校正センターでの線量計校正時の収集電荷の極性が一致しない場合、収集電荷量が変化し、線量誤差の原因となります。別紙（電離箱線量計の電圧極性の留意点）を参考にして、線量校正センターへの線量計校正依頼時には、適切に申告するようにして下さい。

○温度計・気圧計について

温度計や気圧計は計器ごとに器差があり、読み値から補正を行う必要があります。今回のレポート評価では器差補正について、ほとんど記載がなく、認知されていない可能性があると思われたため、今一度、器差補正值についてご確認下さい。また、計器類は経年的に変化していきますので、定期的な点検・校正を実施する必要があります。

以上

資料作成：放射線治療品質管理機構：講習会委員会・資格審査員会
川守田龍、小口宏、奥村雅彦、新保宗史、辰己大作、
中村勝、水野秀之、遠山尚紀、磯辺智範

謝辞

本文章の作成にあたり、ご助言を頂いた千葉県がんセンター 河内徹先生に感謝の意を表します。

別紙) 電離箱線量計の電圧極性の留意点

- 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+10.000nC、-20.00 nC等)。この仕様は、IEC 60731に規定されていませんが、JSMP電位計ガイドライン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。

https://www.antm.or.jp/10_book/kousei-newsvol07.pdf
線量校正センターニュース 第7号 24ページより引用

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
UNIDOSwebline10021 UNIDOS10001	グラウンディッド		壁 (外側電極) (-300V)	負
UNIDOSwebline10022/10023 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

https://www.antm.or.jp/10_book/kousei-newsvol07.pdf
線量校正センターニュース 第7号 24ページより引用

収集電荷の極性 = 財団へ依頼する時の極性