

校正等の実施について 高エネルギー光子線水吸収線量

1. 背景

放射線を使ったがん治療において、患者に投与する放射線の量は、十分ながん細胞を制御できる程度の強度、かつ、正常組織への副作用が必要最小限であるという条件を満たすために、正確であることが求められる。例えば、照射量が5%少ないとがんの再発率が約20%増加し、逆に照射量が5%多いと深刻な副作用が現れる。この照射量を表すものとして水吸収線量が国内外で広く使われている。これは単位質量の水が放射線から吸収するエネルギーを示す量であり、細胞の主構成物質が水であることに起因している。

図1に不確かさについてまとめた。2010年度までは、特定標準器はグラフアイトカロリメータであり、Co-60 γ 線を用いて照射線量という単位で、空中において校正を行っていた。ユーザは医療用リニアックを用いて水中で校正をするプロトコルを採用している。したがって、ユーザにおいて、空中から水中へ、またCo-60ガンマ線から医療用リニアック光子線へ校正定数を変換する必要があり、線量評価の不確かさが5%程度となっていた。2010年にグラフアイトカロリメータを用いてCo-60 γ 線の水吸収線量標準の開発に成功し、jcss供給が開始され、校正が水中で行われるようになった。現状では、ユーザにおいて、Co-60ガンマ線から医療用リニアック光子線へ校正定数を変換するのみとなり、不確かさは3%程度となっている。しかし、3%の不確かさは、線量評価の不確かさが放射線治療に対する影響を与えるため、2%程度の小さな不確かさが必要と国際的なニーズがある。現在の不確かさがニーズよりも大きい原因は、標準がCo-60 γ 線を用いているのに対して、医療機関では医療用リニアック光子線を利用するため、放射線の種類が異なることに起因している。諸外国においては、このような状況をふまえて、医療用リニアック光子線水吸収線量を一次標準として整備し供給を行うようになってきた。

今回、産業技術総合研究所では医療用リニアックから放出される高エネルギーの光子線の水吸収線量を既存の特定標準器であるグラフアイトカロリメータを用いて評価することに成功し、標準供給が可能となった。よって、医療機関における水吸収線量評価の不確かさが約2%と向上し、放射線治療へ与える影響を無視できる程度にし、安全性と治療精度の向上を図るため、高エネルギー光子線に関する特定標準器による校正を開始することとしたい。

	2010年まで	現状	今後
特定標準器	グラファイト壁 空洞電離箱	グラファイト カロリメータ	グラファイト カロリメータ
産総研 不確かさ 0.8%	 Co-60 空中校正	 Co-60 水中校正	 リニアック 水中校正
登録事業者 (医用原子力技術 研究振興財団) 不確かさ ~1.2%	 Co-60 空中校正	 Co-60 水中校正	 リニアック 水中校正
ユーザ (治療機関) 	校正定数変換 空中→水中 Co-60 →リニアック 不確かさ ~5%	校正定数変換 Co-60 →リニアック 不確かさ ~3%	校正定数変換なし 不確かさ ~2%

図1 不確かさの現状と今後

2. 特定標準器

グラファイトカロリメータ (既存)

グラファイト壁空洞電離箱式照射線量設定装置 (既存)

3. 特定標準器の概要

(1) 特定標準器の構造 (図2)

図2にグラファイトカロリメータの概略図を示した。PMMA(アクリル樹脂)で出来たファントム上に測定部であるグラファイト製のコア、ジャケット、シールドがそれぞれ設置されている。シールドを 23℃程度に一定になるように制御し、光子線を照射したときのコアの温度上昇からコアに吸収されたエネルギー P_{rad} を測定する。 P_{rad} とコアの質量及び補正係数を使うと水吸収線量が得られる。

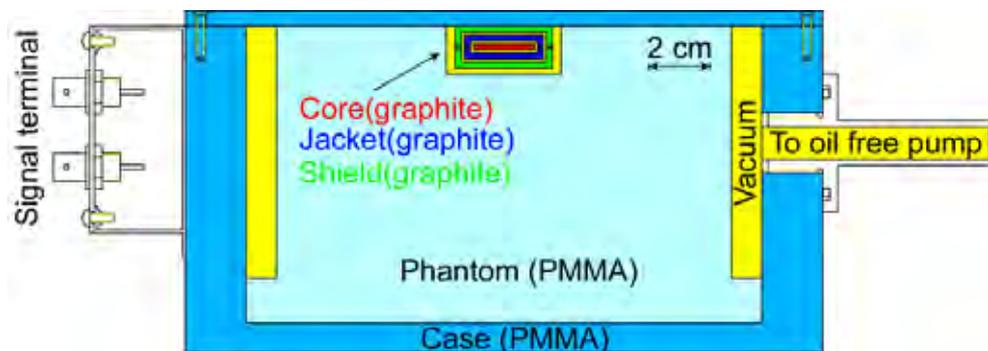


図 2. グラファイトカロリメータの概略図

(2) 特定標準器による特定二次標準器の校正の方法

図 3 はグラファイトカロリメータ（既存特定標準器）を用いて医療用リニアック光子線の水吸収線量を評価している写真である。利用可能な光子線は、公称加速電圧 6 MV、10 MV、15 MV が利用できる。ビームサイズは校正点で 10cm×10cm となっている。グラファイトカロリメータによって水吸収線量を測定し、医療用リニアックに取り付けてある高精度モニター線量計を校正する。そして図 4 のように、校正用水ファントムの中に特定 2 次標準器である水吸収線量用電離箱式線量計を設置し、高精度モニター線量計と水吸収線量用電離箱式線量計の信号を比較することにより行う。



図 3. グラファイトカロリメータによる線量評価

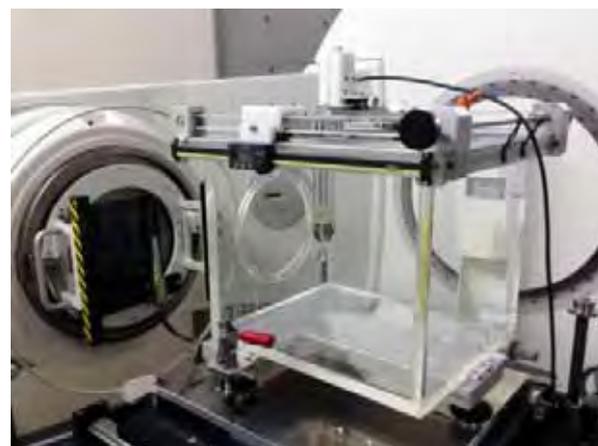


図 4 校正用水ファントムを用いた水吸収線量計の校正

4. 計量法第 135 条第 1 項に基づく校正実施機関

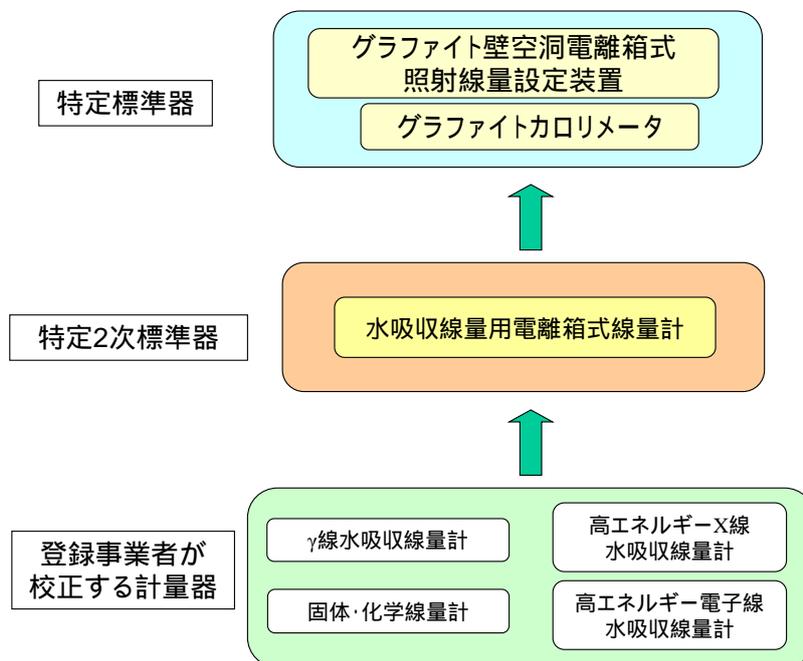
国立研究開発法人産業技術総合研究所

5. 定二次標準器

- (1) 水吸収線量用電離箱式線量計 (1 Gy~200 Gy)
- (2) 特定二次標準器の具備条件
 - (a) 校正基準面の表示があること
 - (b) 線量計の指示部が 3.5 桁以上のデジタル表示であること
 - (c) 線量計のアンプ出力を直接読み出せること
 - (d) 電離箱自体が防水である、もしくは防水靴を備えること
 - (e) 線量計のレスポンスの再現性が 1.0 %以内であること
 - (f) 電離箱のチルト特性が $\pm 5^\circ$ に対して 0.5 %以内であること
 - (g) 電離箱の線量率特性が 0.5 %以内であること
 - (h) 電離箱のステム効果が 0.5 %以内であること
 - (i) 線量計の目盛り直線性が 0.5 %以内であること
- (3) 特定標準器による校正等の期間(校正等の周期)
2年

6. レーサビリティの体系図及び測定の不確かさ

(1) トレーサビリティの体系図



(2) 測定の不確かさ

- ①特定標準器による校正等における測定の相対拡張不確かさ($k=2$)は、0.8%を予定している。
 - ②登録事業者が行なう校正における測定の拡張不確かさ($k=2$)は、1.1%程度を想定している。
- ※ユーザの水吸収線量評価の拡張不確かさ($k=2$)は、2%程度と予想している。