

# プラスチックシンチレーション検出器の基礎的物理特性の検討

福島県立医科大学附属病院 放射線部 ○星 佑樹(Hoshi Yuki)  
岡 善隆

## 【目的】

当院では、直径10 mm以下の転移性脳腫瘍に対する定位放射線治療では、極小照射野の計画が容易に可能な円形コリメータを用いている。極小照射野の線量測定は、検出器サイズによる体積平均効果により、正確な測定が難しい。TRS-483 (IAEA) ではプラスチックシンチレーション検出器 (Exradin W1、Standard Imaging) は、体積平均効果に関する出力補正係数 (照射野サイズ $0.4 \times 0.4 \text{ cm}^2$ ) が1.0であると明記されている<sup>1)</sup>。今回、W1の後継機であるExradin W2 (以下、W2) を導入したので基礎的物理特性の検討を行った。

## 【使用機器】

- 放射線治療装置  
: True Beam STx (Varian Medical Systems)
- プラスチックシンチレーション検出器  
: Exradin W2 (Standard Imaging)
- 電位計  
: MAX SD (Standard Imaging)
- 水等価板ファントム  
: Solid Water HE (Sun Nuclear)  
: キャリブレーションスラブ (Standard Imaging)
- 球形ファントム  
: 頭部用球形ファントム (タイセイメディカル)

## 【方法】

はじめに、チェレンコフ光による影響を補正するCLR (Cerenkov light ratio) キャリブレーションを行った。寝台に9 cm厚の水等価板ファントムを設置し、その上にW2を装填したキャリブレーションスラブを載せた。更にその上に9 cm厚の水等価板ファントムを載せ、SCDが100 cmになるように設置した (以下、基準設置条件)。W2とMAX SDを接続し、各エネルギー (6 MV、10 MV、6 MV FFF、10 MV FFF) でCLRキャリブレーションを行った。

次に、基礎的物理特性として、再現性、線量直線性、線量率依存性、エネルギー依存性、ガントリおよび寝台角度依存性を評価した。なお、測定ではエネルギーごとに対応するキャリブレーション値を使用した。

再現性は、基準設置条件でセットアップし、測定条件はガントリ角度 $0^\circ$ 、照射野サイズ $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 、

100 MU、エネルギーは6 MV、10 MV、6 MV FFF、10 MV FFF (以下、基準測定条件) で10回測定した。エネルギーごとに変動係数を算出し、評価した。

線量直線性は、基準設置条件でセットアップし、基準測定条件で測定した。MU値は1、2、3、4、5、8、10、20、50、100、200、400、800とし、各エネルギー2回ずつ測定した。100 MUの測定値を基準として、近似曲線の決定係数 ( $R^2$ ) を用いて評価した。

線量率依存性は、基準設置条件でセットアップし、基準測定条件で測定した。線量率は、6 MVおよび10 MVでは60、100、200、300、400、500、600 MU/min、6 MV FFFでは400、600、800、1000、1200、1400 MU/min、10 MV FFFでは400、800、1200、1600、2000、2400 MU/minとし、各エネルギー2回ずつ測定した。線量率400 MU/minの測定値を基準とした相違を算出し評価した。

エネルギー依存性は、基準設置条件でセットアップし、基準測定条件で測定した。6 MVのキャリブレーション値を用いて各エネルギー2回ずつ測定をした。キャリブレーション時に登録した各エネルギーの線量を基準とし、測定値との相違を算出し評価した。

ガントリおよび寝台角度依存性は、頭部用球形ファントムにW2を装填し、SCDが100 cmになるようにセットアップした。測定条件は、照射野サイズ $2 \times 2 \text{ cm}^2$ 、100 MU、エネルギー6 MV FFF、ガントリ角度 $0^\circ \sim 90^\circ$  ( $15^\circ$ ごと)、寝台角度 $0^\circ \sim 90^\circ$  ( $30^\circ$ ごと) の計28通りで2回ずつ測定した。ガントリおよび寝台角度 $0^\circ$  の組合せの測定値を基準とし、相違を算出し、評価した。

## 【結果】

再現性の変動係数は、6 MV/10 MV/6 MV FFF/10 MV FFFにおいて、0.111%/0.047%/0.056%/0.050%であった。

線量直線性は、すべてのエネルギーで $R^2$ は1.0となり、高い直線性であった (Fig.1)。

線量率依存性は、10 MV、6 MV FFF、10 MV FFFでは、すべての線量率において、相違が $\pm 0.2\%$ 程度であった。しかし、6 MVでは線量率が100 MU/min以下になると相違が $-0.5\%$ を超え、最

大で-0.66%であった (Fig.2)。

エネルギー依存性では、キャリブレーション時に登録した線量と測定値の相違は6 MV/10 MV/6 MV FFF/10 MV FFFにおいて、-0.069%/0.861%/-1.140%/-0.197%であった。

ガントリおよび寝台角度依存性では、ガントリ角度依存性は相違が±0.2%以内であった。しかし、ガントリ角度と寝台角度の組合せによっては相違が大きくなり、最大で-8.7%であった (Fig.3)。

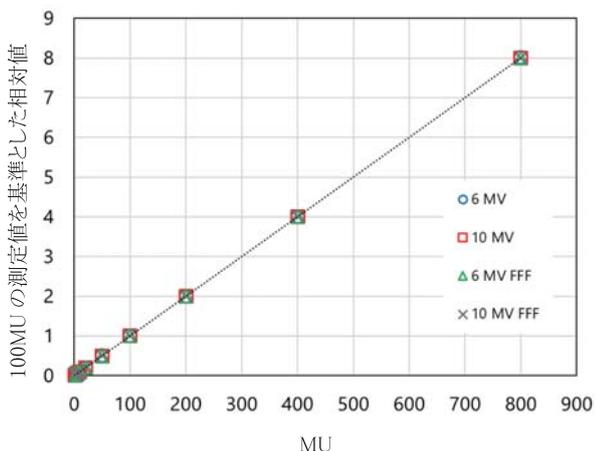


Fig.1 線量直線性

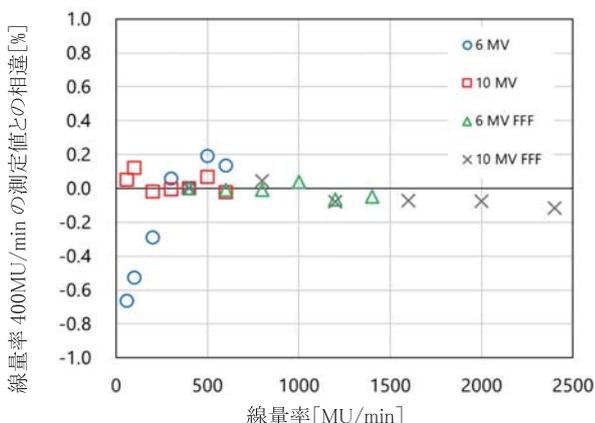


Fig.2 線量率依存性

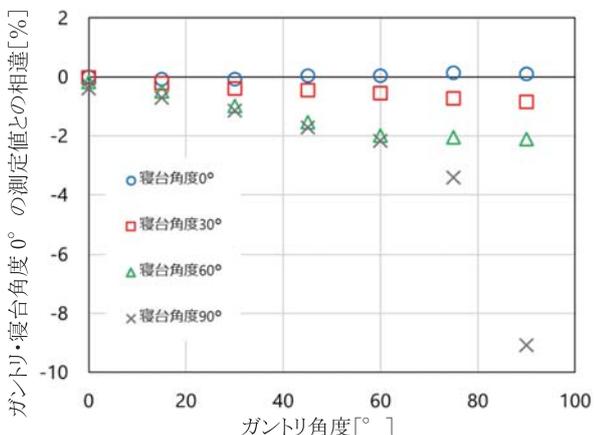


Fig.3 ガントリおよび寝台角度依存性

### 【考察】

本検討では、線量率依存性、エネルギー依存性およびガントリ・寝台角度依存性は、測定条件によって依存性があることが示唆された。Jacqminらの報告<sup>2)</sup>においても、本検討と同様な傾向となった。再現性は、6 MVのみ他のエネルギーより、変動係数が約2倍大きかった。この要因として、ウォームアップをせずに6 MVから測定を開始したことやMAX SDを照射範囲から十分に離れた位置に設置しなかったことの影響によるものであると考えられる。線量率依存性では線量率が100 MU/min以下になると相違が-0.5%を超えた。IMRTで低線量率になる照射では考慮すべきと考えられる。エネルギー依存性は、±1.0%程度の相違であった。精度よく測定を行う際には、使用するエネルギーごとにCLRキャリブレーションを行う必要がある。ガントリおよび寝台角度依存性は、相違が最大で-8.7%となった。Galavisらはシンチレーション検出器をビーム軸に対して平行に設置した場合と垂直に設置した場合で相違が24%であったと報告しており<sup>3)</sup>、本検討でも同様の傾向であった。ガントリおよび寝台角度を変化させると、CLRキャリブレーション時と光ファイバーに照射される割合が変化し、チェレンコフ光の発光量も変化する。そのため、CLRキャリブレーションによる補正が正確に行われずに相違が大きくなったと考えられる。

### 【まとめ】

W2の基礎的物性特性の検討を行い、ガントリ角度と寝台角度が測定値に対し影響が大きいことを確認した。

### 【参考文献】

- 1) Palmans H, Andreo P, et al. Dosimetry of small static fields used in external beam radiotherapy: Summary of TRS-483, the IAEA-AAPM international Code of Practice for reference and relative dose determination. Med phys 2018; 45(11):e1123-1145
- 2) Jacqmin DJ, Miller JR, et al. Commissioning an Exradin W2 plastic scintillation detector for clinical use in small radiation fields. Med phys 2022; 23(8): e13728
- 3) Galavis PE, Hu L, et al. Characterization of the plastic scintillation detector Exradin W2 for small field dosimetry. Med phys 2019; 48(5): 2468-2476