

蛍光ガラス線量計小型素子システムによる 高エネルギー用素子の 診断領域表面被曝線量測定への応用

医学部保健学科放射線技術科学専攻
8039 森 沙耶香
指導教員 松本光弘准教授

背景

低エネルギー領域では、蛍光ガラス線量計小型素子はエネルギー依存性があるため、Snフィルタ(352素子)を装着した状態で利用されている。

しかし 

このSnフィルタをつけたままだと、CTや撮影などではアーチファクトや障害陰影の原因となり、患者の被曝線量測定に適さない。

背景

平成20年度当研究室の卒業研究により、Snフィルタのない302素子の測定値を補正することで、低エネルギー領域の空気吸収線量の測定が可能であると実証された。



302素子で低エネルギー領域の物質の吸収線量の測定が可能であれば、診断領域の表面被曝線量測定に利用できる。

目的

- 高エネルギー測定用素子として開発された蛍光ガラス線量計素子、GD-302M(以下302素子)の診断領域における吸収線量のエネルギー特性補正式を求めた。
- 撮影用ファントムを用いて、補正式の有用性及び302素子を用いての診断領域被曝線量測定の精度を検証した。

使用器具

- 蛍光ガラス線量計・小型素子システム Dose Ace: 旭テクノ グラス株式会社
 - ・線量計小型素子GD-302M(高エネルギー測定用)
 - ・線量計小型素子GD-352M(低エネルギー測定用)
 - ・線量計リーダFGD-1000
 - ・校正用素子GD-301
- 電位計Radcal2026C型: Radcal
- 指頭形電離箱20×6-6: Radcal
- X線発生装置KXO-50G: TOSHIBA
- アネロイド型気圧計 No.7610-20: SATO-KEIRYOKI
- 標準温度計 JC-1151 1号: nikkei
- アクリルファントム
- 骨盤撮影用ファントム

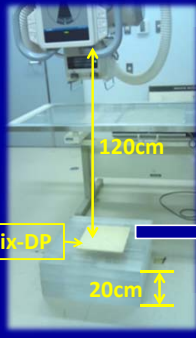
方法

302素子と指頭形電離箱線量計を照射

302素子のエネルギー特性補正式の算出

補正式の有用性と被曝線量測定の精度を検証

方法1. 302素子を照射



撮影条件

- 管電圧: 60 80 100 120 kV
- 焦点検出器間距離: 120cm
- 管電流: 100mA 一定
- 照射時間: 20 40 80 160 320msec

302素子
間隔1cm

- 照射野の一边: 20 30 40 cm
- アクリルファントムの高さ: 20cm
- Mix-DPの厚さ: 1cm

方法2. 電離箱線量計を照射



横から見た電離箱線量計

アクリルファントムに半分埋め込んだ状態で照射した。

方法3. エネルギー特性補正式の算出

$$\frac{\text{吸収線量(電離箱線量計)[mGy]}}{\text{リーダ読取値[mGy]}} = \text{補正值}$$

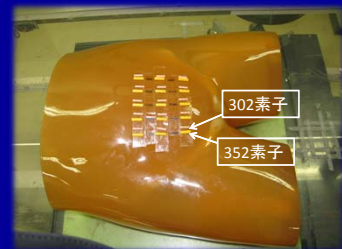
とし、各実効エネルギーに対する補正值データの近似式を照射野ごとに算出し、それをエネルギー特性補正式とした。

方法4. 補正式の有用性を検証

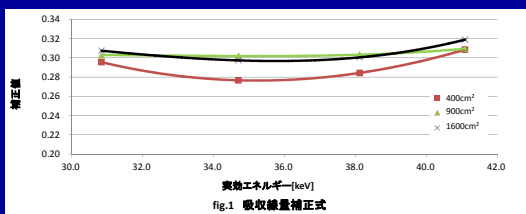
骨盤撮影用ファントムに、302素子と352素子を交互に貼付

フォトタイマで撮影

補正した値と電離箱線量計で測定した値と比較



結果1



400cm² : $y = -5.523 \times 10^{-6} x^3 + 1.553 \times 10^{-3} x^2 - 8.887 \times 10^{-2} x + 1.721$

900cm² : $y = 1.647 \times 10^{-5} x^3 - 1.615 \times 10^{-3} x^2 + 5.244 \times 10^{-2} x - 0.2615$

1600cm² : $y = 3.345 \times 10^{-5} x^3 - 2.983 \times 10^{-3} x^2 + 8.505 \times 10^{-2} - 0.4592$

x : 実効エネルギー[keV]

結果2

補正值は、

$$\text{補正值} = a x^3 + b x^2 + c x + d$$

x: 実効エネルギー[keV]

$a = -1.645 \times 10^{-11} A^2 + 6.537 \times 10^{-8} A - 2.904 \times 10^{-5}$

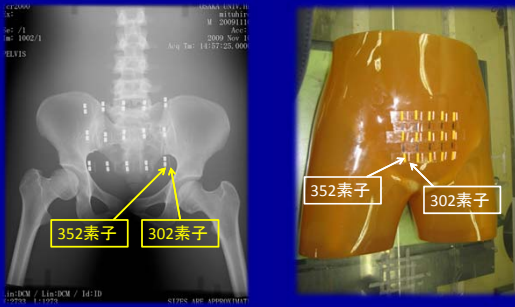
$b = 3.651 \times 10^{-9} A^2 - 1.108 \times 10^{-5} A + 5.402 \times 10^{-3}$

$c = -1.967 \times 10^{-7} A^2 + 5.383 \times 10^{-4} A - 2.727 \times 10^{-1}$

$d = 3.069 \times 10^{-6} A^2 - 7.954 \times 10^{-3} A + 4.412$

A: 照射野の面積[cm²]

結果3(骨盤ファントムで検証)



結果4(骨盤ファントムで検証)

電離箱線量計との誤差は、以下ようになった。
ただし

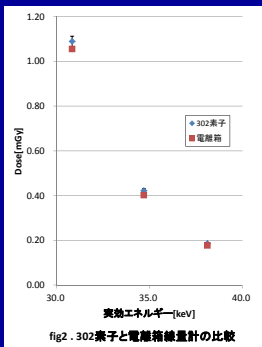
$$\text{誤差} = \left[\frac{\text{リーダ読取値[mGy]}}{\text{吸収線量(電離箱線量計)[mGy]}} - 1 \right] \times 100 [\%]$$

とした。

管電圧 [kV]	実効エネルギー [keV]	リーダ読取値 (誤差)	補正式による補正後 (誤差)
60	30.8	3.23mGy (206%)	1.09mGy (3.2%)
80	34.7	1.24mGy (209%)	0.42mGy (5.1%)
100	38.1	0.55mGy (210%)	0.19mGy (5.5%)

誤差 平均 208% → 4.5%

結果5(骨盤ファントムで検証)



	60kV	80kV	100kV
実効エネルギー[keV]	30.8	34.7	38.1
mAs値 [mAs]	36.7	7.1	1.9
302素子 [mGy]	1.09	0.42	0.19
電離箱 [mGy]	1.06	0.40	0.18
誤差 [%]	3.2	5.1	5.5
標準偏差 [%]	2.19	2.28	2.76

誤差 平均 4.5 %
標準偏差 平均 2.42 %

考察

- 骨盤ファントムを使って、補正式の有用性を検証した結果、302素子の計測誤差は、補正式で補正すると平均4.5%となり、補正式は有用である。
- 補正後の302素子と電離箱線量計との誤差は、0.38%から8.8%に分散しており、素子の数が少なければ、計測精度に大きな誤差が生じる可能性がある。



補正式は有用であるが、被曝線量を測定するには多くの素子を用いる必要がある。

結論

- 今回得られた補正式は以下のとおりである。

$$\text{補正值} = a x^2 + b x + c$$

x: 実効エネルギー[keV]

$$a = -1.645 \times 10^{-11} A^2 + 6.537 \times 10^{-8} A - 2.904 \times 10^{-5}$$

$$b = 3.651 \times 10^{-9} A^2 - 1.108 \times 10^{-5} A + 5.402 \times 10^{-3}$$

$$c = -1.967 \times 10^{-7} A^2 + 5.383 \times 10^{-4} A - 2.727 \times 10^{-1}$$

$$d = 3.069 \times 10^{-6} A^2 - 7.954 \times 10^{-3} A + 4.412$$

A: 照射野の面積[cm²]

結論

- 補正式を用いることにより、高エネルギー線量測定素子を用いて診断領域の被曝線量測定が可能となるが、計測精度を上げるには、多くの素子を表面に貼付する必要がある。