

蛍光ガラス線量計を用いた 診断X線領域の 後方散乱係数の測定精度について

医学部保健学科放射線技術科学専攻

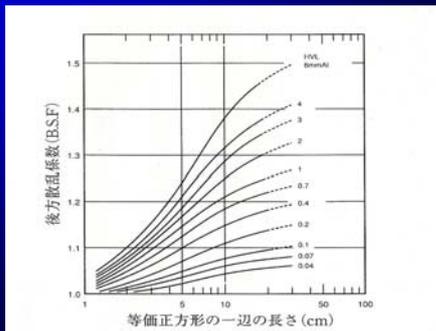
8702 馬場 建一郎

指導教員 松本 光弘 准教授

背景

- 被照射体の有無による後方散乱するX線の強さの比を後方散乱係数 (Backscatter Factor : BSF)という。
- 患者被ばく線量の評価のためにも、後方散乱係数の正確な測定が求められる。

背景



出典：British Journal of Radiology Supplement No.17 (1983)

目的

蛍光ガラス線量計素子 GD-302M (以下302素子) による、診断X線領域の後方散乱係数 (以下BSF) の測定精度の検証

使用器具

- 蛍光ガラス線量計 小型素子システム DoseAce : 旭テクノグラス株式会社
線量計小型素子 GD-302M
線量計リーダ FGD-1000
校正用素子 GD-301-A
- 指頭形電離箱 20×6-6 : Radcal
電位計 Radcal 2026C型 : 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
- アクリル板 (厚さ20cm)
- 空気吸収線量測定用固定具 (自作)

方法

1) 302素子による吸収線量、空気吸収線量の測定



2) エネルギー補正式による線量補正



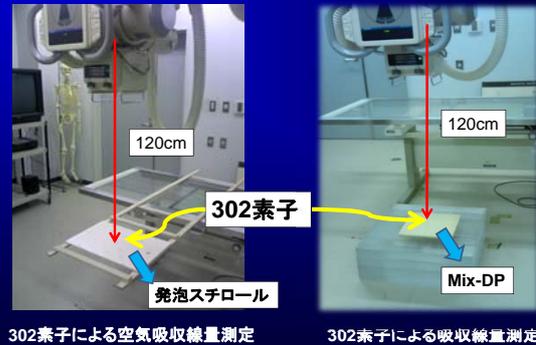
3) 302素子と電離箱線量計のBSFの比較

方法 1) 線量測定

- 撮影条件
 - 管電圧 60、80、100、120kV
(実効エネルギー 30.8、34.7、38.1、41.1keV)
 - 焦点検出器間距離 120cm
 - 管電流 100mA
 - 撮影時間 20、40、80、160、320msec
 - 照射野面積 100、400、900、1600cm²

アクリルファントムを用いた吸収線量と、302素子で
空气中に固定した空気吸収線量について、同条件
下で測定(電離箱線量計も同条件下で測定)

測定の様子



302素子による空気吸収線量測定

302素子による吸収線量測定

方法 2) 302素子の線量補正

- エネルギー補正式 (吸収線量)

補正值 = $a x^3 + b x^2 + c x + d$ (x : 実効エネルギー [keV])

$$a = -1.645 \times 10^{-11} A^2 + 6.537 \times 10^{-9} A - 2.904 \times 10^{-5}$$

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

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

$$d = 3.069 \times 10^{-6} A^2 - 7.954 \times 10^{-3} A + 4.412 \quad (A: \text{照射野の面積 [cm}^2\text{)})$$

- エネルギー補正式 (空気吸収線量)

補正值 = $-0.00005064 x^3 + 0.005977 x^2$
 $-0.2291 x + 3.157$

(x : 実効エネルギー [keV])

「蛍光ガラス線量計小型素子システムにおける高エネルギー用素子
(Snフィルタ未装着)の低エネルギーへの応用について」(平成20年度)

方法 3) BSFの算出

エネルギー補正式より、線量補正された
302素子の吸収線量、空気吸収線量を

$$\frac{\text{吸収線量[mGy]}}{\text{空気吸収線量[mGy]}} = \text{BSF}$$

とし、電離箱線量計との比較検討を行った。

結果 1) 302素子のばらつき

| 管電圧[kV] | 実効エネルギー [keV] | 変動係数[%] | |
|---------|---------------|---------|----------|
| | | 吸収線量測定 | 空気吸収線量測定 |
| 60 | 30.8 | 2.98 | 2.59 |
| 80 | 34.7 | 3.68 | 3.27 |
| 100 | 38.1 | 3.76 | 5.92 |
| 120 | 41.1 | 5.24 | 3.83 |

電離箱線量計の変動係数
平均0.075%



X線出力変動
に問題はない

結果 1) 302素子のばらつき

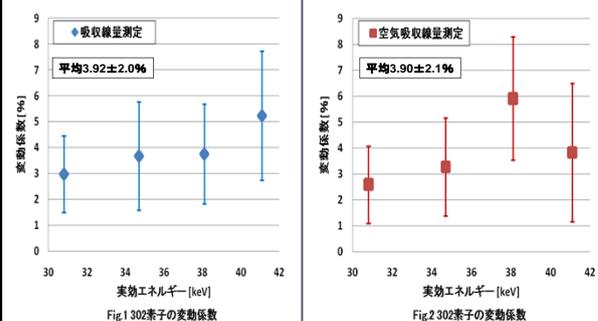


Fig.1 302素子の変動係数

Fig.2 302素子の変動係数

結果 1) 電離箱線量計に対する割合

| 管電圧[kV] | 実効エネルギー [keV] | 電離箱線量計に対する割合[%] | |
|---------|---------------|-----------------|------------|
| | | 吸収線量測定 | 空気吸収線量測定 |
| 60 | 30.8 | 233.9±22.7 | 247.9±51.4 |
| 80 | 34.7 | 255.4±38.8 | 249.3±25.2 |
| 100 | 38.1 | 241.6±35.7 | 238.6±42.2 |
| 120 | 41.1 | 225.1±47.7 | 227.3±36.0 |

平均して...

吸収線量測定 239±36.2%
空気吸収線量測定 241±38.7%

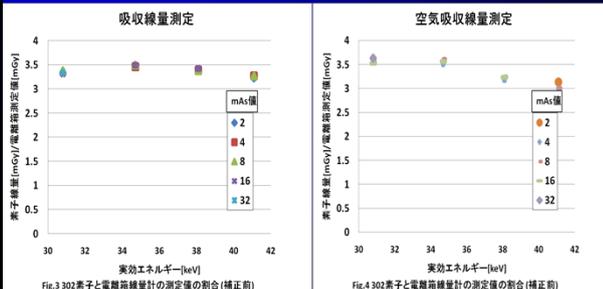
結果 2) 電離箱線量計に対する割合 (線量補正後)

| 管電圧[kV] | 実効エネルギー [keV] | 電離箱線量計に対する割合[%] | |
|---------|---------------|-----------------|------------|
| | | 吸収線量測定 | 空気吸収線量測定 |
| 60 | 30.8 | 0.26±4.35 | 2.62±5.01 |
| 80 | 34.7 | -0.16±4.97 | 2.38±4.12 |
| 100 | 38.1 | -0.30±4.98 | -2.90±6.15 |
| 120 | 41.1 | 0.41±5.57 | -2.33±5.36 |

平均して...

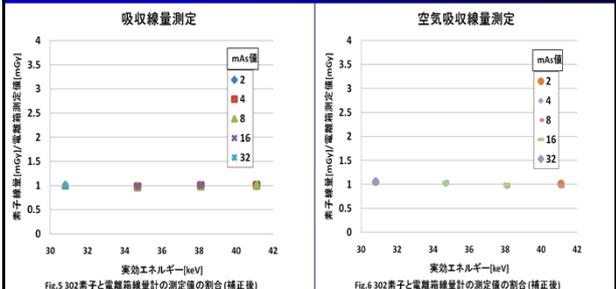
吸収線量測定 0.052±4.97%
空気吸収線量測定 -0.063±5.16%

結果 1)



302素子線量は、電離箱線量計測定値のおよそ3~3.5倍の値を示した。

結果 2) 補正式による線量補正



エネルギー補正式の適用により、302素子線量は電離箱線量計測定値とほぼ等しくなった。

結果 2) エネルギー補正式の有用性

302素子は電離箱線量計に対して、
吸収線量測定 239±36.2%
空気吸収線量測定 241±38.7%

エネルギー補正式の適用により...

吸収線量測定 0.052±4.97%
空気吸収線量測定 -0.063±5.16%

結果 3) 302素子のBSF

| 管電圧[kV] | 実効エネルギー [keV] | 照射野面積[cm ²] | | | |
|---------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | | 100 | 400 | 900 | 1600 |
| 60 | 30.8 | 1.300 | 1.360 | 1.430 | 1.387 |
| 80 | 34.7 | 1.276 | 1.377 | 1.505 | 1.502 |
| 100 | 38.1 | 1.386 | 1.573 | 1.585 | 1.623 |
| 120 | 41.1 | 1.383 | 1.541 | 1.644 | 1.711 |

照射野面積が大きくなるにつれ、実効エネルギーが高くなるにつれ、BSFは増大する。

結果 3) 実効エネルギーごとのBSF

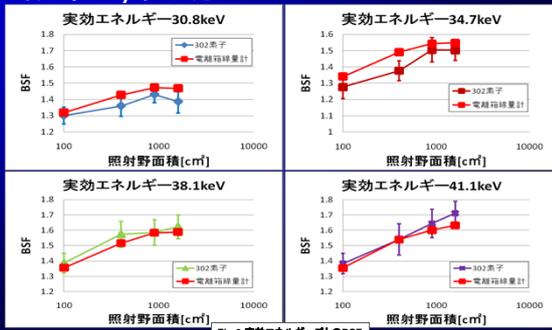


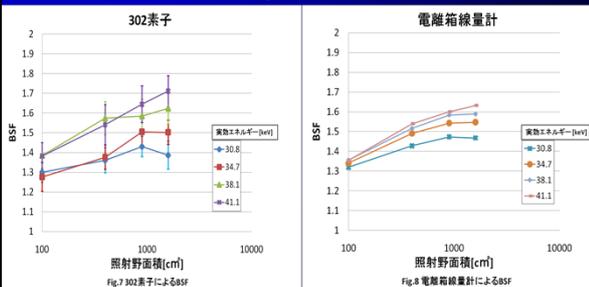
Fig.9 実効エネルギーごとのBSF

結果 3) 電離箱線量計に対する誤差

| 管電圧[kV] | 実効エネルギー [keV] | 照射野面積[cm ²] | | | |
|---------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | | 100 | 400 | 900 | 1600 |
| 60 | 30.8 | -1.40 | -4.75 | -2.91 | -5.51 |
| 80 | 34.7 | -4.74 | -7.61 | -2.44 | -2.90 |
| 100 | 38.1 | 2.25 | 3.79 | 0.11 | 2.19 |
| 120 | 41.1 | 2.10 | 0.06 | 2.76 | 4.83 |

[%]

結果 3) BSFの算出



電離箱線量計に対するBSFの誤差は平均 $-0.89 \pm 3.70\%$ となった。

考察

BSF測定において、302素子は電離箱線量計の値と比較して、一定性がなく、精度のばらつきも大きい。



素子自体が持つばらつきが要因

考察

エネルギー補正式によって、診断X線領域における有用性が検証された302素子であるが、素子自体がばらつきを持つため、結果的にBSFのような繊細な測定に対しては適切でないと考えられる。

対策として...

各撮影条件における測定回数の加算

結論

302素子によって、 $-0.89 \pm 3.70\%$ の精度でBSFが測定可能である。しかし、素子自体が持つばらつきにより、BSFのような繊細な測定を要するものには適切ではないといえる。