

診断用X線のスペクトル測定 (II)

坂本, 弘巳
九州大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

長, 哲二
九州大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

<https://doi.org/10.15017/175>

出版情報 : 九州大学医療技術短期大学部紀要. 15, pp.11-16, 1988-03-28. 九州大学医療技術短期大学部
バージョン :
権利関係 :

診断用X線のスペクトル測定 (II)

坂本 弘 巳,* 長 哲 二**

The Measurement of Diagnostic X-Ray Spectrum (II)

Hiromi Sakamoto and Tetsuji Cho

1. まえがき

X線写真の像形成において、被写体透過後フィルム（増感紙）に入射するX線エネルギースペクトルを知ることは増感紙の有効なX線エネルギー利用のうえからも重要なことである。

先に我々は管電圧80kVにてフィルム面に入射するX線エネルギースペクトルを測定した⁴⁾。続いて今回、診断に使用される管電圧60kV, 100kVのものについて測定し、平均エネルギー、散乱線含有率を算出したので報告する。

2. 使用機器および方法

測定配置図および散乱線測定角度 (θ) の設定は図1のごとくで、X線発生装置として東芝KXO-15, X線管はDRX-90, 管電圧を常時測定するためアルコ製波高電圧計 (KV-201) を使用した。X線管電圧は60kV, 80kV, 100kV X線管電流は0.5~2.5mAで行った。被写体としては、30×40×10cmの水ファントムを使用し、照射野を水ファントム面で25×35cmとした。測定器はSi(Li)半導体検出器で、100 μ mBe窓のものを使用し、多重波高分析器はTracor Northern TN-1700を使用した。X線量を規格化するためモニタとしてNaI(Tl)測定器を配置した。

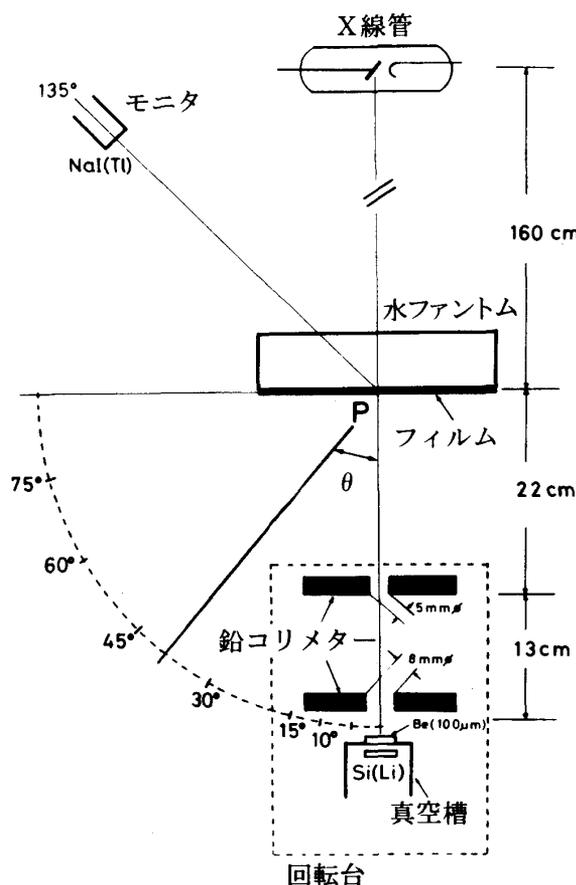


図1 測定配置図

フィルム上のある一点Pに到達するX線エネルギースペクトルを測定するため、検出器をX線のビーム軸に対して0°から75°まで7点の角度を設定して計測した。グリッド（グリッド比6：1，密度40 lines/cm）を使用する場合は

*,** 九州大学医療技術短期大学部
診療放射線技術学科

45°まで6点の散乱角で計測した。

点Pに入射するX線エネルギースペクトルは立体角の補正を行い、0°~90°まで積分することで求めた⁴⁾。

直接線 (0°~2.5°), 散乱線 (2.5°~90°) を求め、それぞれ平均エネルギー、散乱線含有率を算出した。散乱線含有率は全光子数に対する散乱した光子数の割合で、平均エネルギーは次式のように計算した。

$$\bar{E} = \frac{\int_0^\infty \psi(E) \cdot dE}{\int_0^\infty \varphi(E) \cdot dE}$$

$$= \frac{\int_0^\infty \varphi(E) \cdot E \cdot dE}{\int_0^\infty \varphi(E) \cdot dE}$$

\bar{E} : 平均エネルギー

$\psi(E)$: エネルギーEのエネルギーフルエンス率

$\varphi(E)$: エネルギーEの粒子フルエンス率

3. 結果

3.1 X線エネルギースペクトル

水ファントムに入射するX線と透過したX線のエネルギースペクトルを各管電圧で測定したものを図2に示した。照射したX線量はモニタを使用して規格化したため、同一管電圧での計数値の比較は可能である。

X線管電圧100kVで検出器を0°, 5°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°に設置したものと、グリッドを使用した場合は、0°, 5°, 10°, 15°, 30°, 45°と設置して測定したエネルギースペクトルを図3に示す。これら各角度で測定したX線スペクトルを検出効率の補正をして積分し、フィルム面に入射するX線エネルギースペクトルとして求めたものが図4および図5である。

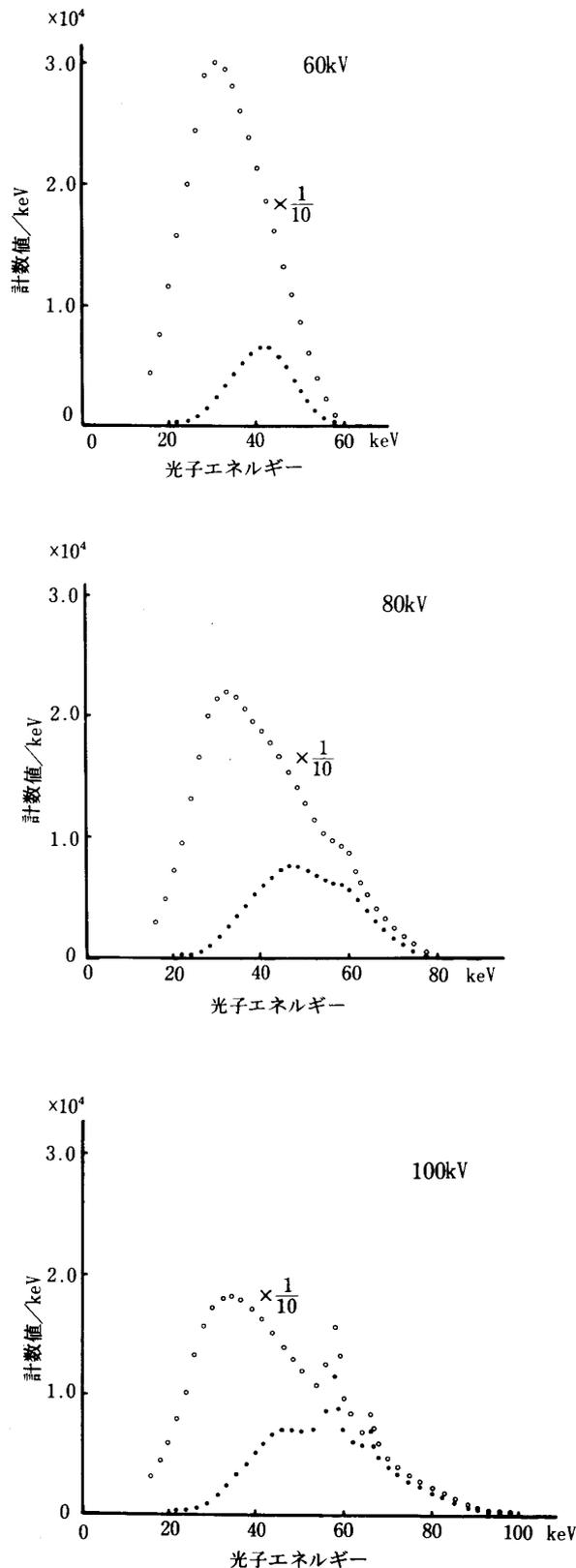


図2 水ファントムに入射するX線スペクトルと透過したX線スペクトル

- : 水ファントムに入射するX線スペクトル
- : 水ファントムを透過したX線スペクトル

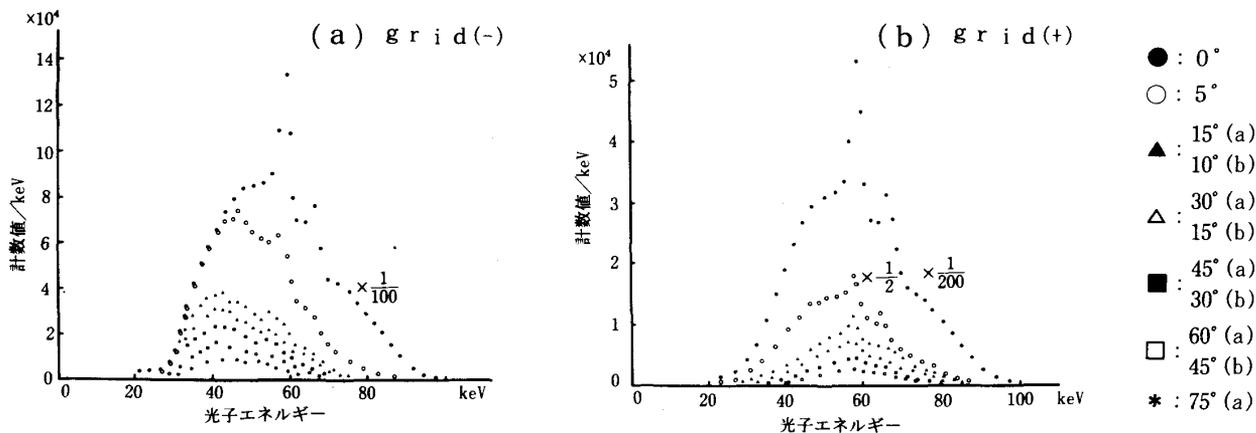


図3 管電圧100kVでP点に入射するX線スペクトルの入射角による変化

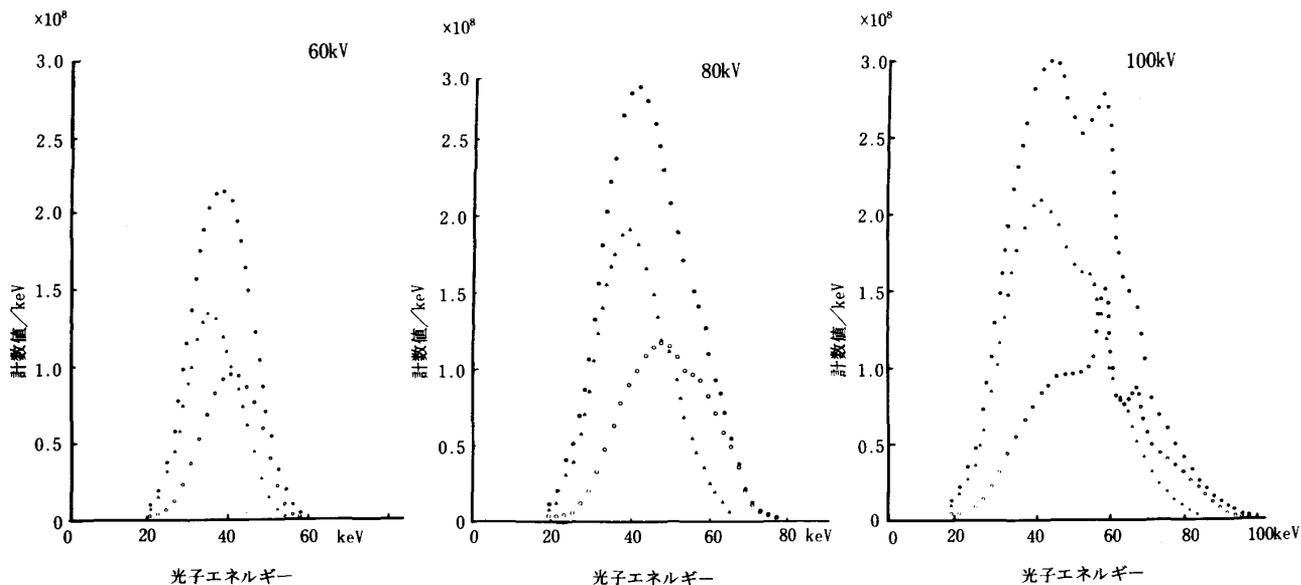


図4 フィルムに入射するX線スペクトル grid(-)

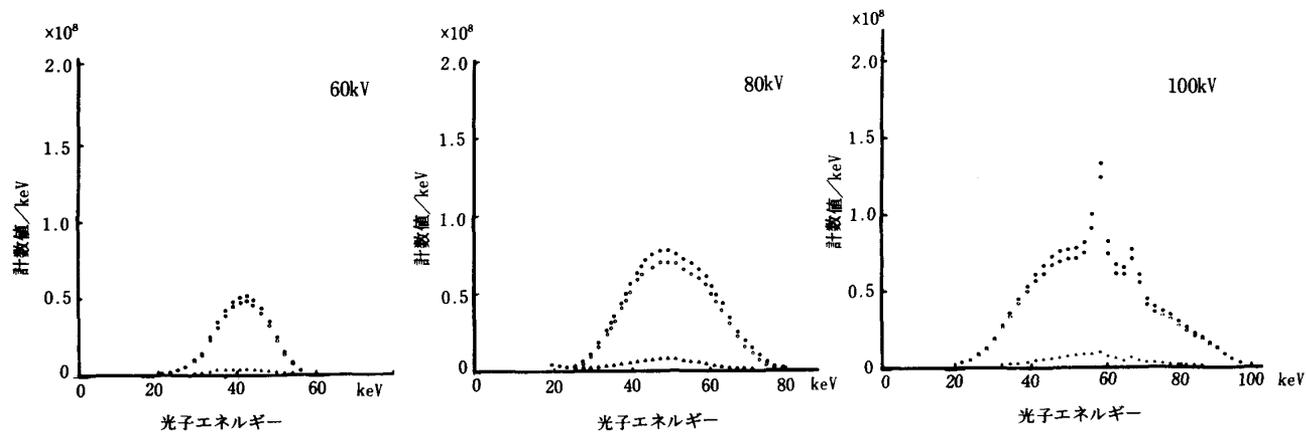


図5 フィルムに入射するX線スペクトル grid(+)

診断用X線のスペクトル測定 (II)

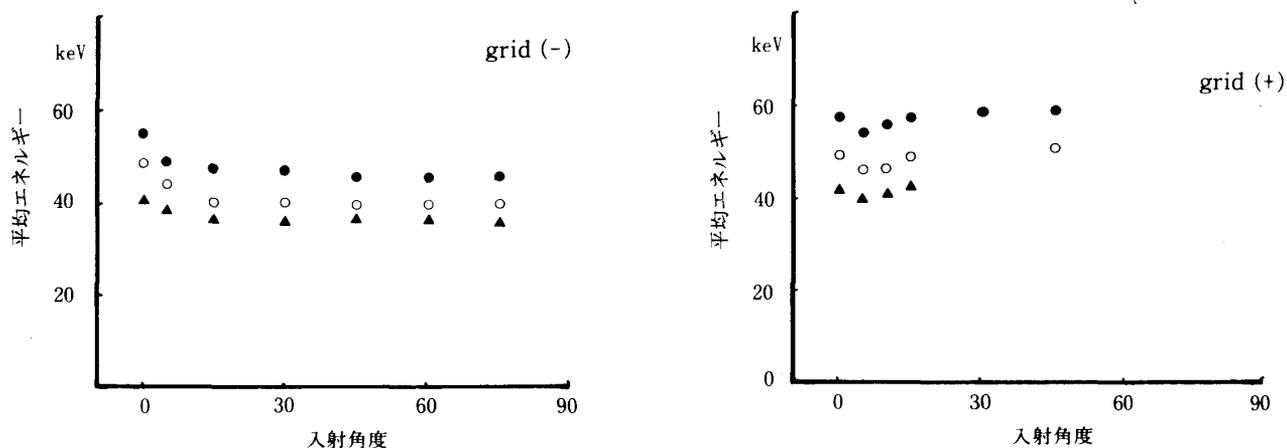


図6 入射角度による平均エネルギーの変化
● : 100kV ○ : 80kV ▲ : 60kV

3.2 平均エネルギー、散乱線含有率

それぞれの散乱角度で測定したX線エネルギースペクトルの平均エネルギーを求め図に示したものが図6で散乱角度が15°程度までは散乱線のエネルギーが大きく下がり、15°以上ではそれ程エネルギーが低くなっていかないのがわかる。グリッド使用のものでは、10°から角度が大きくなると逆に平均エネルギーも高くなっ

ている。これは検出器の設置がグリッドの鉛はく方向に対して垂直な平面内で角度を設定したためグリッド比が6 : 1では9.5°より大きくなると鉛はくがフィルタの効果と及ぼしたと考える。

図4, 図5のエネルギースペクトルからそれぞれの平均エネルギー, 散乱線含有率を計算した。結果を表1, 表2に示す。

表1 平均エネルギー

管電圧 入射X線	60 kV		80 kV		100 kV	
	グリッド(-)	グリッド(+)	グリッド(-)	グリッド(+)	グリッド(-)	グリッド(+)
直接線	40.5keV	41.0keV	48.3keV	49.0keV	54.7keV	56.6keV
散乱線	37.0	40.7	39.9	48.8	46.9	55.7
直接線+散乱線	38.5	40.9	43.8	48.9	50.1	56.3

表2 散乱線含有率

管電圧 グリッド	60 kV	80 kV	100 kV
グリッド (-)	0.567	0.570	0.601
グリッド (+)	0.064	0.070	0.145

4. 考 察

X線エネルギースペクトルを測定する場合管電流の大, 小により高電圧ケーブル (長さ4.5m) 等の浮遊容量が影響して管電圧波形が平滑化される。2.5mA以下ではほぼ直流に近く実際の撮影条件の波形とは異なっており当然エネルギースペクトルも異なる。管電流をパラメータとして管電圧波形と光子を Si (Li) 検出器で検出した出力波形を図7に示した。管電流を増してい

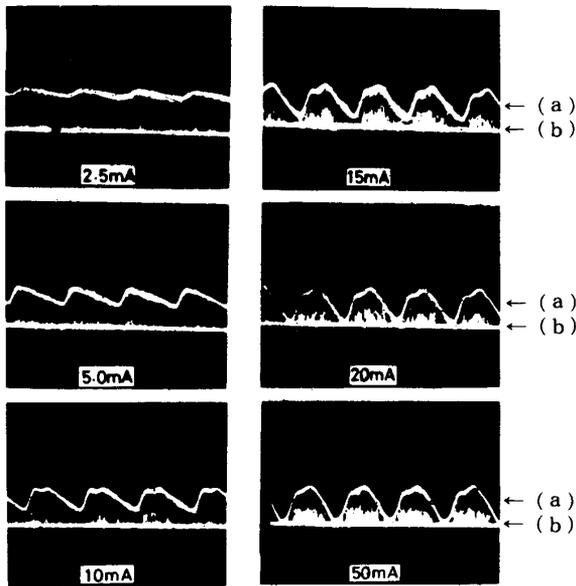


図7 管電圧波形と検出器の出力波形

- (a) 管電圧波形 (60kV)
- (b) 検出器の出力波形

くと単位時間当りの入射光子数が多くなりパイルアップ⁵⁾を生じ正しいエネルギースペクトルを測定することができない。定電圧波形に比べ管電流の大きい脈動波形の場合は相対的に低エネルギー部分が多くなると考えられるが、水ファントム10cmを透過すると30keV以下の光子はほとんどファントムで吸収され像形成にはほとんど役だっていない¹⁾。フィルム面に入射する低エネルギーの光子は散乱線が主であることが図4からよくわかる。

グリッドを使用した場合、X線写真の像形成には情報をもたない散乱線が除去され、そのフィルムに入射するX線エネルギースペクトルは直接線で代表しても差し支えないことが図5か

らわかる。またこれらのことは表1の平均エネルギーからも明らかである。

散乱線含有率を Dick²⁾, 大塚³⁾らの報告と比較すると若干少ない結果となった。これは検出器からコリメータを通してのぞむ立体角が半陰影まで含めて2.5°としたため直接線の立体角の範囲を少し大きくとりすぎたのが一つの原因ではないかと考えられる。その場合は散乱角度が小さい部分での光子が散乱線に加えられないため散乱線の平均エネルギーは若干低く算出されると考える。

図4からわかるようにグリッドが無い場合で30keV近傍のエネルギーをもった光子は画像情報をもたない散乱線である。それで10cm程度の厚さの被写体になればIのK吸収端(33.16keV)を利用したエネルギー差分法を利用することは、一般の診断に用いられている連続X線発生装置では意味がないと云える。もしこのエネルギー領域でIの吸収端を利用するには、SOR (Synchrotron Orbital Radiation) のような強度の大きな単色の光子ビームが必要である。

5. 結 論

診断に使用される主な管電圧で、実際のフィルムに入射すると考えられるX線エネルギースペクトルをファントム厚10cmで測定できた。

グリッドを使用した場合は直接線とほぼ同じエネルギースペクトルを示すが、グリッドを使用していない場合は散乱線の影響が大きく、直接線との平均エネルギーの差が10~15%生じている。

フィルム(増感紙)に入射するX線エネルギースペクトルは増感紙が吸収するエネルギースペクトルと深く関連し最適のX線写真像との関係はさらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) 長 哲二, 坂本弘巳: 診断用X線付加フィルタの被曝線量への影響. 九大短大部紀要, 8, 51 - 55, 1981.
- 2) Dick, C.E., Soares, C.G. and Motz, J.W.: Xry Scatter Data for Diagnostic Radiology. Phys. Med. Biol., 23, 1076 - 1085, 1978.
- 3) 大塚昭義, 宇津見博基, 東田善治 他: 散乱線含有率と画質について. 日放技学誌, 33, 564 - 569, 1978.
- 4) 坂本弘巳, 長 哲二, 小山田 即: 診断用X線スペクトルの測定. 九大短大部紀要, 6, 43 - 47, 1979.
- 5) 上原周三, 長 哲二, 吉村 厚, 吉永春馬: 歯科用X線スペクトル測定におけるSi (Li) 検出器の利用. 九大短大部紀要, 3, 69 - 73, 1976.