

増感紙の光子吸収率の測定

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/10.15017/187>

出版情報 : 九州大学医療技術短期大学部紀要. 16, pp.13-17, 1989-03-03. 九州大学医療技術短期大学部
バージョン :
権利関係 :

増感紙の光子吸収率の測定

坂本 弘 巳,* 長 哲 二*

Measurement of Fraction of Photon Absorbed in Intensifying Screen

Hiromi Sakamoto and Tetsuji Cho

1. はじめに

在来のX線写真画像、すなわち増感紙-フィルムを組み合わせたシステムでは増感紙が吸収するX線のエネルギーが増感紙の中の蛍光体の発光に関与し画質の良否に重要な役割をもっている。またフロントとバックの増感紙による吸収エネルギーの差を利用した差分法などの検討においても種々の増感紙の吸収エネルギースペクトルを知ることが必要不可欠である。

増感紙の吸収エネルギースペクトルは半導体検出器などを使用して測定することができるが、測定には長時間を要し、測定するX線は細いX線束で行われる。それで一般の撮影時のように散乱線を含んだ広い線束でのX線の吸収スペクトル測定は困難である。しかしこれは増感紙に入射するX線スペクトルが既知で、かつX線エネルギーに対する増感紙の光子吸収率が分かっていたら、計算によって増感紙内での吸収エネルギースペクトルを求めることは可能である。そのためには、診断用X線のエネルギー領域の光子に対して増感紙の光子吸収率がわかっていなければ

ならない。そこで今回管電圧100kVのX線を利用して代表的な増感紙の透過X線のエネルギースペクトルを測定し、このスペクトルから増感紙がX線を吸収(含散乱)する割合(吸収率)を1keVのエネルギー間隔で算出したので報告する。

2. 使用機器および方法

測定配置は図1のごとくで、X線発生装置としては東芝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管電圧計(kV-201D)を使用した。X線エネルギースペクトル測定器は高純度ゲルマニウム(hpGe)半導体検出器で、多重波高分析器はTracor Northern 7200を使用した。さらにX線出力を監視するためX線管の射出口に0.2mmのSn板を貼付しSnからの特性X線を別のhpGe検出器で計測し、その測定値で求めたスペクトルの計測値を規格化した。測定はX線錐中心軸上に厚さ10mmの銅に直径2mmの孔が開いたコリメータを80cmの間隔で2個配置し、X線の細い線束を作った。増感紙は図中の第2と第3のコリメータ間に挿入し、増感紙が有る場合と無い場合のX線エネルギースペクトルを管電圧100kVで測定した。増感紙は表1に示すものを使用した²⁾。

* 九州大学医療技術短期大学部

診療放射線技術学科

増感紙の光子吸収率の測定

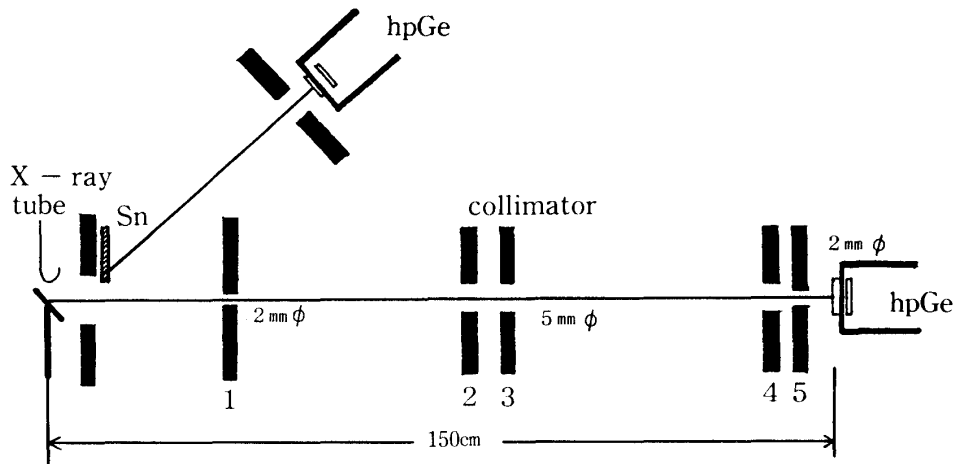


図 1. 測定配置図

表 1. 実験に使用した増感紙

種 類	蛍光体	K吸収端 (keV)	蛍光体層 の厚さ(mm)	比 重 (g/cm ³)	蛍光体の 充填密度(%)
F S (F) (B)	CaWO ₄	69.48	0.090	6.06	44
			0.090		44
L F-II (F) (B)	CaWO ₄	69.48	0.090	6.06	50
			0.090		50
B F-III (F) (B)	CaWO ₄	69.48	0.140	6.06	44
			0.140		44
G-4 (F) (B)	Gd ₂ O ₂ S:Tb	50.22	0.155	7.34	49
			0.155		49
R E- (F) SPECIAL (B)	CaWO ₄ + BaFCI	69.48	0.275	6.06	42
		37.38	0.275	4.70	42

F : FRONT B : BACK

増感紙の各エネルギーでのX線吸収の割合

(吸収率 μ_{ab}) は、次式で計算した。

$$(\mu_{ab})_i = \frac{\varphi_0(E_i) - \varphi_s(E_i)}{\varphi_0(E_i)} \quad (1)$$

$\varphi_0(E_i)$: 増感紙へ入射するエネルギー E_i の
光子フルエンス率

$\varphi_s(E_i)$: 増感紙を透過後のエネルギー E_i の
光子フルエンス率

スペクトルの補正並びに吸収率等の計算はパソコンを使用した。

3. 結果および考察

管電圧100kVで吸収体の無い場合のX線のエネルギースペクトルとCaWO₄系、希土類元素系の増感紙の一例としてF S, G-4のフロント増感紙を透過したスペクトルをそれぞれ図2に示した。このようなスペクトルを照射したX線量から規格化し、1式に従って増感紙の吸収率を求め5keVごとにプロットしたものを図3に示した。増感紙の支持体による吸収は無視した。

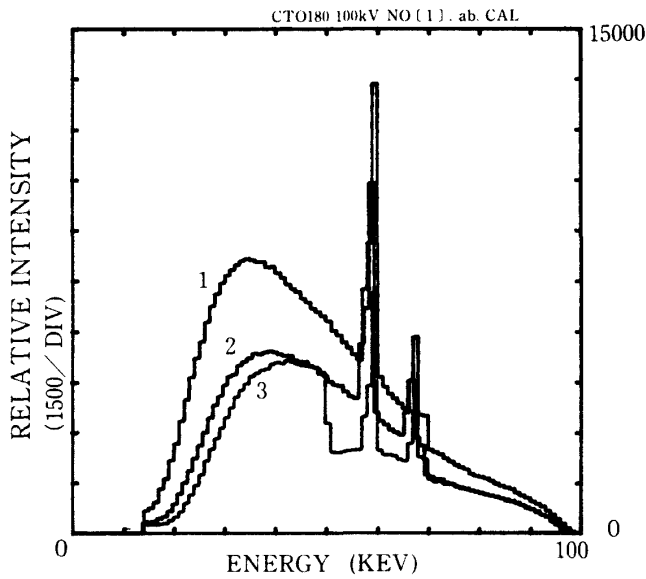


図2. 管電圧100kV X線の増感紙を透過したX線のエネルギースペクトル
 (1) 増感紙なし (2) FSフロント (3) G-4フロント

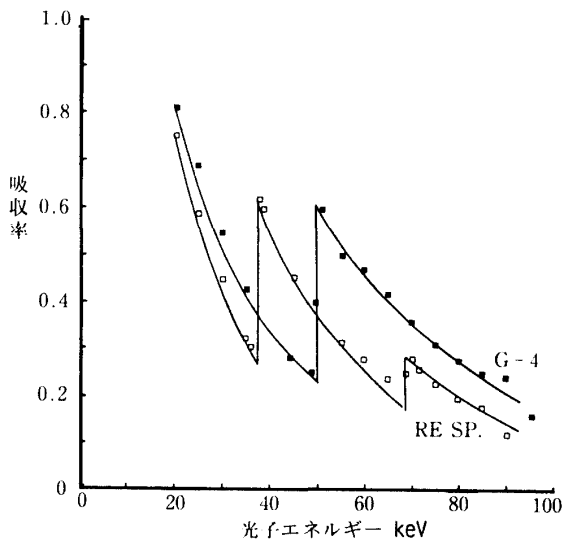
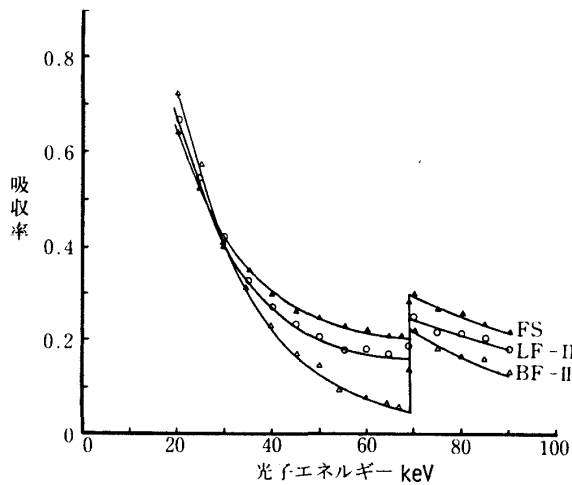


図3. 管電圧100kVのX線で求めた増感紙(フロント)の吸収率

一般に光子エネルギーと吸収物質の構成成分、密度、厚さ等がわかっているならば、減弱率は減弱係数を利用して算出することは可能である。1 mmのAlを吸収体として挿入し、スペクトルを測定して実験的に求めた1 mm Alの光子透過率とAlの減弱係数⁴⁾から計算によって求めた光子透過率を図4に示した。測定値と計算値がよく一致しているのがわかる。80 keV以上で測定値にバラツキがあるのは、光子数が少なくなり統計誤差が大きくなったものと考えられる。

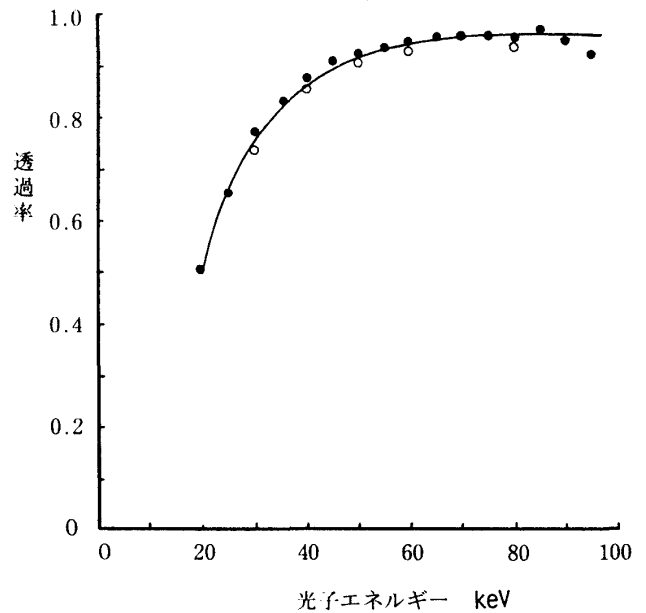


図4. アルミニウム1 mmによるX線透過率
 ●: 測定値 ○: 計算値

普通 X線写真はフロントとバックの増感紙でX線のエネルギーを吸収し光のエネルギーに変換して、フィルム乳剤を感光させ写真濃度につながる。フロントとバックのエネルギー吸収率はフロント増感紙の吸収率が測定されていればフロント+バック二枚の増感紙の光子吸収率も算出することができる。図5にBF-IIIフロントの光子吸収率からフロント+バックの光子吸収率を計算したものと、二枚の増感紙を透過したX線のスペクトルから実験的に求めた光子吸収率を示したが比較的よく一致していることがわかる。これは Motz 等³⁾の報告ともほぼ一致しており今回測定した光子吸収率が正確であることがわかった。

増感紙の光子吸収率の測定

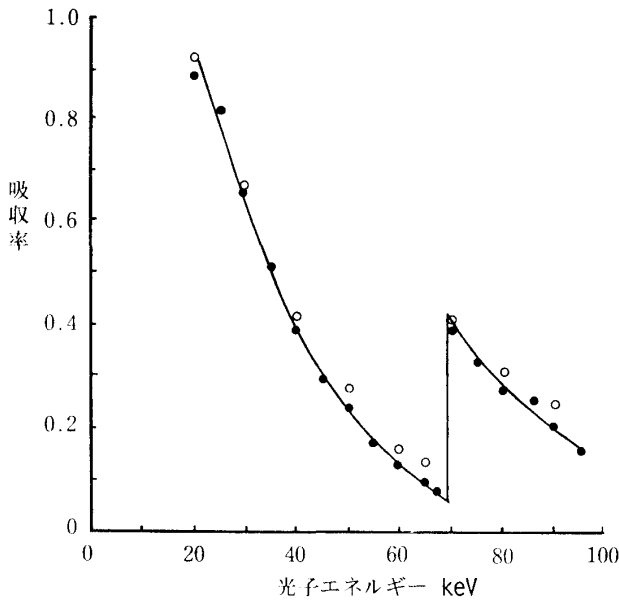


図5. 管電圧100kVのX線で求めた増感紙 (BF-III) の吸収率

●: フロント+バックの測定値 ○: 計算値

BF-IIIの蛍光体の厚さはフロント+バック合計で74mg/cm²である。この増感紙の吸収率を20keV~100keVの全光子数合計して計算すると38.8%であった。これを100mg/cm²の蛍光体厚に換算すると、47.9%の吸収となる。四宮⁶⁾の報告は約40%と図から読み取れるがこの差は四宮はファントムに水10cmを使用し、我々はファントム無しで測定したので低エネルギーの光子が多く、その光子の吸収が多いと考える。

X線撮影では増感紙に入射するX線は被写体を透過した後であるため、直接線に散乱線が付加されている⁵⁾。この場合直接線はほぼ増感紙に垂直に入射し、厚さtを透過するが、散乱線は増感紙に対して入射角度(θ)をもって入射するので蛍光体を透過する厚さが $t \times \cos^{-1} \theta$ と厚くなる。このことは散乱線が増感紙で吸収される割合が大きくなると考えられる。このような散乱線を含んだ場合の増感紙の吸収X線のエネルギースペクトルは測定が困難で、まだ報告された例はない。

それで上記で求めた増感紙の光子吸収率と、我々が先に報告した散乱線を含んだX線のスペクトルから⁵⁾、10cmの水ファントムで照射野が30cm×40cmの場合、増感紙に入射するX線に対

する増感紙の吸収スペクトルの例を、G-4フロント増感紙について計算した結果を図6に示す。G-4が吸収した全光子数の内、直接線が32%、散乱線が68%を占める結果となった。増感紙に入射する光子数の割合は散乱線が約60%であったためさらに診断情報をもった直接線の割合は減少している。蛍光体構成元素の関係からG-4増感紙は散乱角の小さな散乱線を多く吸収していることがわかる。他方図3の吸収率曲線から、増感紙としてRE-SPECIALを使用すると散乱角の大きい散乱線(低エネルギーX線)を多く吸収することが考えられる。

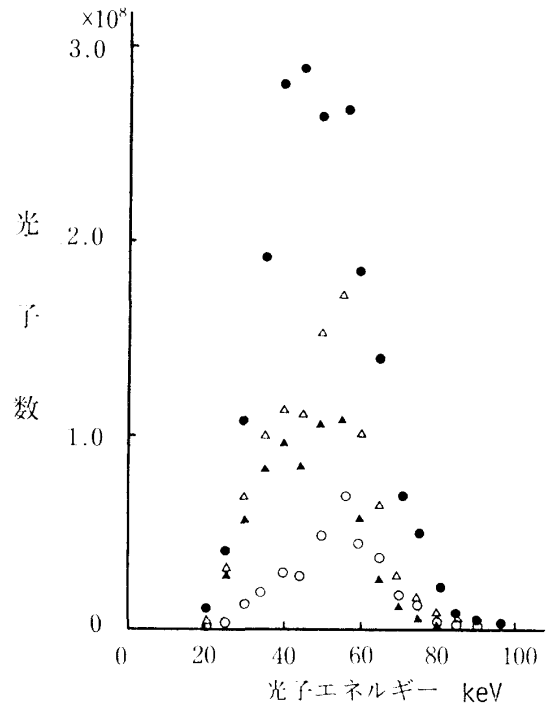


図6. 管電圧100kVのX線が水ファントム10cm透過後増感紙に入射するX線のスペクトルと吸収されたスペクトル

●: 増感紙に入射するX線スペクトル (含散乱線)
 Δ: G-4フロントで吸収されたX線スペクトル (直接線+散乱線)
 ○: " " (直接線のみ)
 ▲: " " (散乱線のみ)

エネルギー差分法のうち、異種増感紙を用いてその吸収エネルギーの差から差分法を試みようとする場合も¹⁾、増感紙に入射するエネルギースペクトルがわかっているならばフロントとバックに蛍光体物質の異なる増感紙を使用してもそれぞれの吸収エネルギーを算出することが可能と考える。

吸収率の演算は1keV間隔で積算された光子

数で行うため、誤差を小さくするためには極力計数值（測定時間）を上げる必要がある。

また管電圧100kVで発生した連続X線は30~70keV程度の範囲は十分な計数值を得られるが、70keV以上は光子数が少なくなる。したがって吸収率の算出にバラツキを生じる。実際に100keV程度までの吸収率を得るには管電圧が140kV程度のX線を利用したい。

4. 結 論

増感紙の吸収率をX線エネルギースペクトルの測定から1keV間隔で算出した。

増感紙に入射するX線のエネルギースペクトルが既知であれば、増感紙が吸収するエネルギースペクトルを算出できる。またフロントとバックに異なった種類の増感紙を組み合わせて使用してもそれぞれに吸収されるエネルギースペクトルや平均エネルギー等を算出できる。

謝 辞

本実験に使用した増感紙の資料を提供していただいた三浦典夫、化成オプトニクスK.K.技術本部長に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 長哲二, 坂本弘巳, 丸石博文: 異種増感紙の組合せによるエネルギー差分法の可能性について, 九大医短部紀要, 14, 7-13, 1986.
- 2) 三浦典夫, 鈴木優二郎: 私信 化成オプトニクスK. K. 資料
- 3) Motz, J. W. and Danos, M.: image information content and patient exposure. Med. Phys. 5: 8-22, 1978.
- 4) Radiological Health Handbook, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, 1970.
- 5) 坂本弘巳, 長哲二: 診断用X線のスペクトル測定 (II), 九大医短部紀要, 15, 11-16, 1987.
- 6) 四宮恵次: 増感紙のX線エネルギー有効利用に関する研究, 日放技学誌, 43, 1435-1450, 1987.