

## 増感紙による X 線写真コントラストの変化 — X 線スペクトルを用いた理論的解析 —

川崎医療短期大学 放射線技術科 川崎医科大学附属病院 中央放射線部\*

北山 彰 \*真田 泰三 板谷 道信 荒尾 信一  
天野 貴司 村中 明 西村 明久

(平成 2 年 8 月 27 日受理)

### Effects of Intensifying Screens on Radiographic Contrast

Akira KITAYAMA, Taizo SANADA\*, Michinobu ITAYA  
Shinichi ARAO, Takashi AMANO, Akira MURANAKA  
and Akihisa NISHIMURA

*Department of Radiological Technology, Kawasaki College of Allied Health Professions*

*\*Department of Radiology, Kawasaki Medical School Hospital*

*Kurashiki, Okayama 701-01, Japan*

*(Received on Aug. 27, 1990)*

**Key words** : 増感紙, X 線写真コントラスト, X 線スペクトル, K 吸収端

#### 概 要

増感紙に吸収された X 線スペクトルから X 線画像形成に利用された X 線エネルギーを求めることにより、増感紙が異なるときの X 線写真コントラストの相違について検討した。その結果、増感紙の種類（蛍光体）が異なると、蛍光物質の K 吸収端が異なるため増感紙に吸収される X 線エネルギー分布に差が生じる。つまり増感紙が異なることにより X 線画像形成に利用される X 線エネルギーが異なり被写体コントラストに差が生じ、X 線写真コントラストが変化することが解った。また、この増感紙の種類による X 線写真コントラストの差の程度は、使用する X 線のエネルギー、被写体の状態（原子番号、密度、厚さ）によっても変化すると考えられる。

#### 1. はじめに

X 線写真の重要な物理特性のひとつに X 線写真コントラストがある。この X 線写真コントラストは、被写体コントラスト (X 線コントラスト) とフィルムコントラストによって決まる。被写体コントラストとは被写体を透過した後の X 線のコントラストであり、フィルムコントラストとは受光系つまり増感紙フィルム系における特性曲線の階調度である。

これらコントラストに影響する因子は多数あるが、増感紙については増感紙フィルム系として撮影時に必ずフィルムと組合せて使用される

ため、フィルムコントラストに影響する因子として一般に考えられ、増感紙の被写体コントラストに対する影響に関してはあまり論じられていない。

しかし、増感紙の種類（蛍光体）が異なるとその X 線吸収係数および吸収端が異なるため、同じスペクトルの X 線に対し、増感紙が吸収するエネルギースペクトルが変化する。つまり、撮影に使用する X 線エネルギーおよび被写体が同じであっても、増感紙が異なれば増感紙に吸収される X 線スペクトルが異なるため、X 線画像形成に使用される X 線エネルギーに差が生じ、被写体コントラストが変化すると考えられる。

よって我々は、 $\text{CaWO}_4$ 系と $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Tb}$ 系の増感紙を用い、X線管電圧を変化させたときの増感紙に吸収されるX線スペクトルをそれぞれ測定し、増感紙の違いによる被写体コントラストの差を求め、X線写真コントラストの変化について検討した。

## 2. 使用機器および実験方法

### 2.1 使用機器

X線装置: KXO-15 [単相] (東芝)

X線スペクトルメータ:

検出器 SLP 06165-P [シリコン半導体]  
(EG&G ORTEC)

波高分析器 Model 7800 (SEIKO EG&G)

CPU: PC-9801RX (NEC)

増感紙:  $\text{CaWO}_4$ 系 Hi-SCREEN (富士)

$\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Tb}$ 系 G-4 (富士)

ファントム: アクリル板

Fig. 1 に実験の配置を示す。

### 2.2 実験方法

(1) 被写体および増感紙がないとき、増感紙があるとき、被写体として厚さ10cmのアクリル板があるとき、被写体および増感紙があるときのX線スペクトルをシリコン半導体検出器を用い、それぞれ測定した。[測定条件: 測定時間3分(被写体なし)および9分(被写体あり), Shaping time  $6\mu\text{sec}$ , 出力パルス Unipolar, エネルギー校正 $^{137}\text{Cs}$  (Ba-Xray) 32.2keV]

(2) 被写体および増感紙がないときのX線スペクトル(入射X線スペクトル:  $I_0$ )から増感紙があるときのX線スペクトル(増感紙透過後スペクトル:  $I_s$ )を引算することにより、 $\text{CaWO}_4$ 系増感紙(Hi-SCREEN)および $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Tb}$ 系増感紙(G-4)に吸収された(散乱されたものを含む)X線スペクトル( $E_0$ )を求めた。

(3) 同じX線について、被写体があるときのX線スペクトル(被写体透過後スペクトル:  $I_p$ )から被写体および増感紙があるときのX線スペクトル(被写体増感紙透過後スペクトル:  $I_t$ )を引算することにより、被写体があるときの各増感紙に吸収された(散乱されたものを含む)X線スペクトル( $E_p$ )を求めた。

(4) X線管電圧は、60, 80, 100kVにて実験を行なった。

Fig. 2 に管電圧が80kVのときの測定の様子を示す。

## 3. 結果

Fig. 3 a~f に照射線量をほぼ等しくしたときの増感紙に吸収された(散乱されたものも含む)X線スペクトルを示す。左からX線管電圧が60, 80, 100kVで、上段(Fig. 3 a~c)は被写体がないとき、下段(Fig. 3 d~f)は被写体として厚さ10cmのアクリル板があるときである。

$\text{CaWO}_4$ 系増感紙(Hi-SCREEN: 点線)に比べ $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Tb}$ 系増感紙(G-4: 実線)では

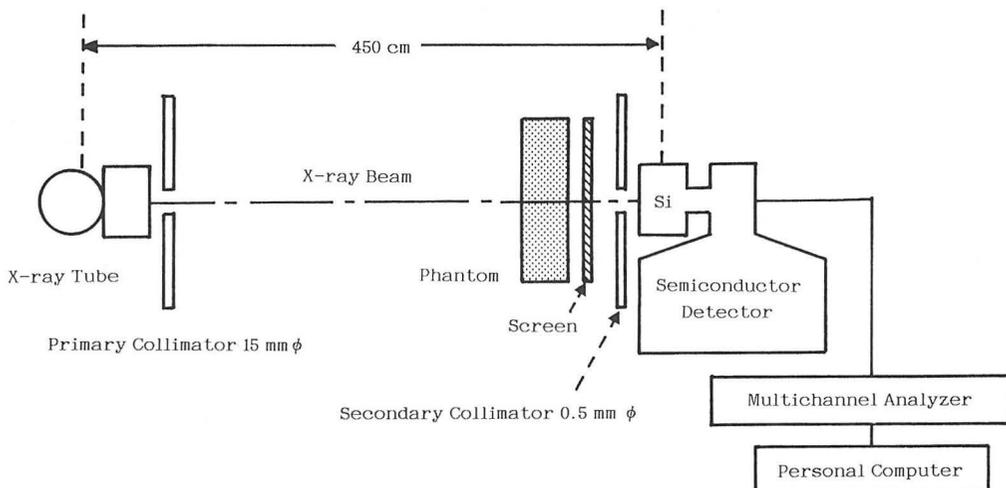


Fig. 1 Arrangement for measurement.

増感紙の蛍光体である Gd の K 吸収端 (50.2 keV) の影響により50から60keV のエネルギー範囲において特異的な X線の吸収がみられる。

また、この Gd の K 吸収端の影響による両増感紙の吸収スペクトルの相違の程度は、被写体がないとき (Fig. 3 上段) に比べ被写体があるとき (Fig. 3 下段) のほうが、被写体による低エネルギー領域の X線吸収のため一層顕著である。

#### 4. 考 察

被写体コントラストとは、X線透過率が異なる隣り合った二つの物質を X線が透過したときの透過 X線の強度の比である。よって増感紙フィルム系を使用し X線画像を撮影する場合において画像形成に使用される X線について考えると、被写体コントラストとは X線透過率が異なる二つの物質を X線が透過したときにそれぞれの部位において増感紙が吸収したエネルギーの比で

あると考えることができる。

今回の実験で求めた Fig. 3 の増感紙に吸収された X線エネルギースペクトルにおける面積は、それぞれの場合において増感紙に吸収されたエネルギーフルエンスである。よって被写体がないとき (Fig. 3 上段) および被写体があるとき (Fig. 3 下段) に増感紙に吸収された X線エネルギースペクトルの面積をそれぞれ  $E_o$ ,  $E_p$  とし、増感紙による散乱が十分に小さいと仮定すると被写体コントラストを表す指標として  $E_o$  と  $E_p$  の比:  $E_p/E_o=C_s$  を考えることができる。

両増感紙について  $C_s$  を計算した結果を Table 1 に示す。 $C_s$  の値が小さいほど X線透過率の異なる部位でのエネルギー吸収の比率が大きく、被写体コントラストが高いこと、つまり X線写真コントラストが高いことを意味する。

両増感紙とも X線管電圧の上昇につれて  $C_s$  の値が大きくなり、X線写真コントラストが低下す

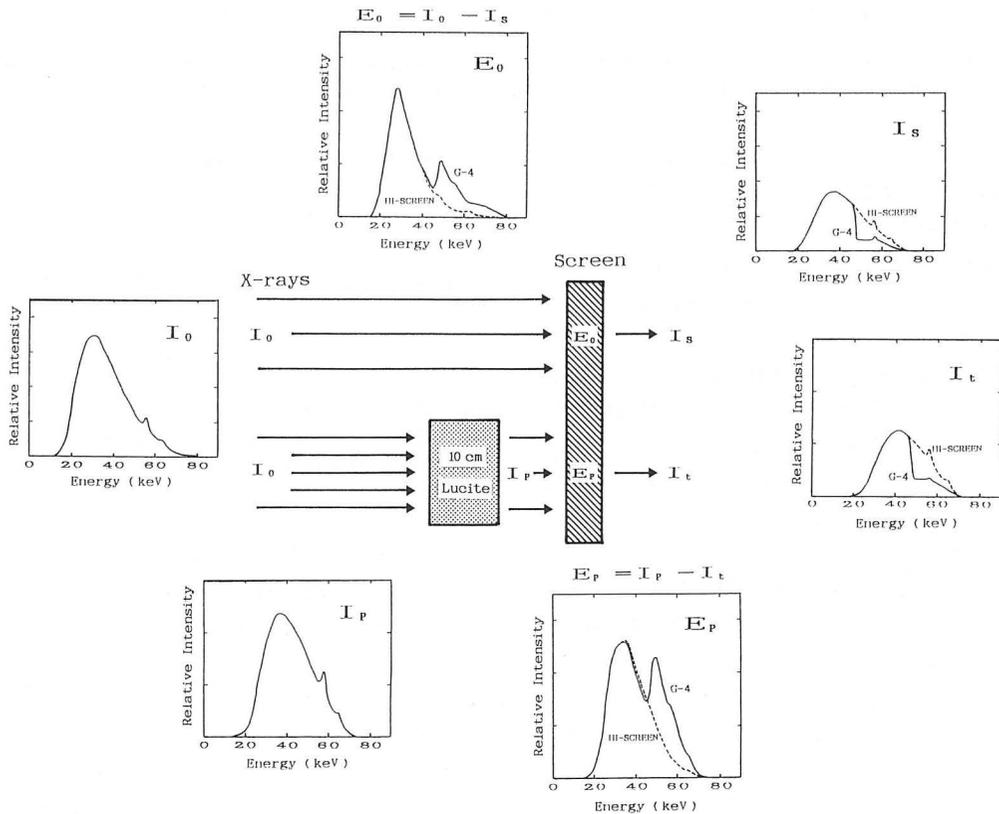


Fig. 2 Schematic representation for the experiment on spectra measurements of X-ray energy absorbed by screens.

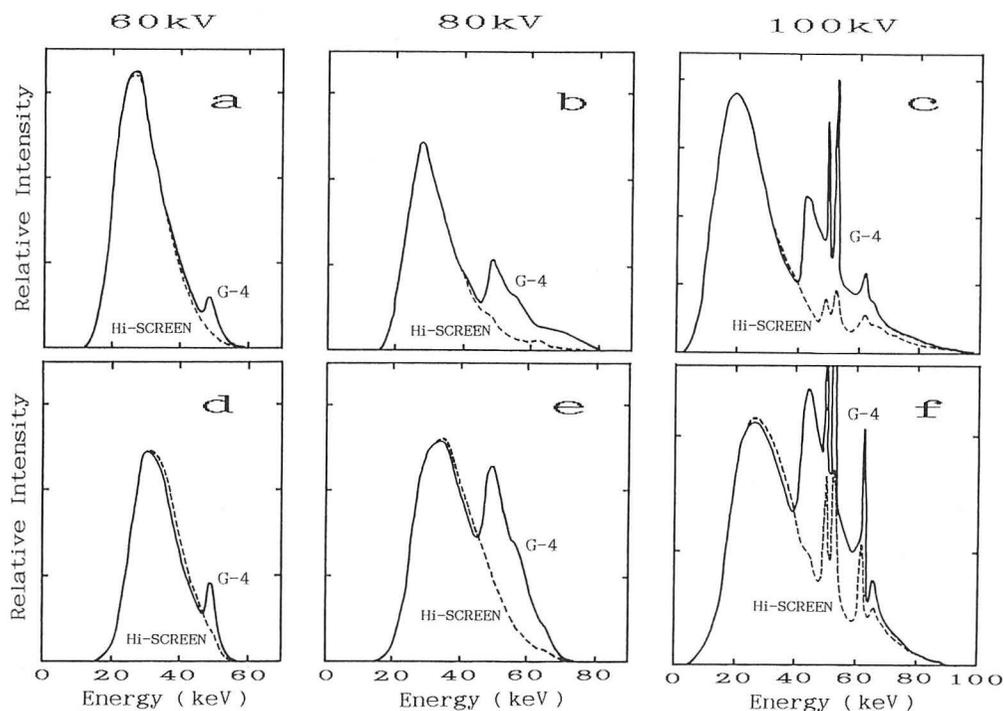


Fig. 3 X-ray spectra absorbed by Hi-SCREEN and G-4 screens, measured for 60, 80 and 100 kV X-rays with and without a phantom : without a phantom (above) and with a 10 cm lucite phantom (below).

の様子がわかる。カッコ内の数値は、G-4 に対する Hi-SCREEN の被写体コントラスト比：Hi-SCREEN/G-4 である。

X線管電圧が60kVでは、Gd系増感紙(G-4)の方がCaWO<sub>4</sub>系増感紙(Hi-SCREEN)よりも被写体コントラストが高くなっている。これはCaWO<sub>4</sub>系増感紙の方がGd系増感紙よりも被写体からの散乱線の影響を受けやすく被写体透過後、増感紙に吸収されたX線エネルギーの量がわずかに多かったこと、およびX線管電圧が低くGd系増感紙のK吸収端の影響が小さかったことが理由と考えられる。

しかし、X線管電圧が80, 100kVになるとGd系増感紙のK吸収端の影響により50~60keV付近でのGd系増感紙のX線エネルギー吸収の割合が著しく増加し、その結果、被写体コントラストに逆転が生じ、CaWO<sub>4</sub>系増感紙の方がGd系増感紙よりもX線写真コントラストが高くなる。そしてX線管電圧が80kVと100kVでは、100kVの方が増感紙の違いによるX線写真コントラストの差が大きい。

Table 1 Comparison of Subject Contrasts :  $C_s$

Screen	Tube Voltage (kV)		
	60	80	100
Hi-SCREEN	0.0381 (1.06)	0.0630 (0.95)	0.0680 (0.92)
G-4	0.0360 (1.00)	0.0666 (1.00)	0.0743 (1.00)

$$C_s = E_p/E_o = (I_p - I_s) / (I_o - I_s)$$

$E_p$ : Absorbed Energy with a 10cm Lucite Phantom

$E_o$ : Absorbed Energy without a Phantom

Numbers in parentheses show subject contrasts relative to G-4

今回のように、増感紙の種類によるX線写真コントラストの差の程度をX線エネルギースペクトルを用い増感紙に吸収されたX線エネルギーから被写体コントラストの差として検討する場合、使用するX線のエネルギーが異なれば増感紙蛍光体のK吸収端におけるエネルギー吸収の量が変化するため、X線写真コントラストも変化すると考えられる。また被写体の状態(原子番号、密度、厚さなど)が異なった場合にも増感紙に入射するX線スペクトルの低エネルギー

領域の形状が変化するため、X線写真コントラストは変化すると考えられる。

## 5. 結 論

(1) 増感紙の種類が異なると増感紙の蛍光体のK吸収端の違いにより増感紙に吸収されるX線エネルギーが異なり、被写体コントラストに差が生じ、その結果、X線写真コントラストが変化する。

(2)  $\text{CaWO}_4$ 系増感紙とGd系増感紙について10cmの被写体に対するX線写真コントラストを比較すると、GdのK吸収端の影響が小さいX線管電圧(60kV)では、Gd系増感紙の方がコントラストは高く、GdのK吸収端の影響が大きい管電圧(80, 100kV)では、 $\text{CaWO}_4$ 系増感紙の方が高くなる。

(3) 増感紙の種類によるX線写真コントラストの差の程度は、X線エネルギー、被写体の状態(原子番号、密度、厚さ)によって変化する。

## 6. 謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に御協力いた

いた放射線技術科第11期生、大下 眞、竹本弘一、坂東誠二、管波直広の各君に深く感謝いたします。

## 7. 文 献

- 1) 大塚昭義, 上田克彦, 砂屋敷忠, 東田善治, 他: 増感紙とX線エネルギーによる写真コントラストの変化, 日放技学誌, **43**(7), 760-766, (1987)
- 2) 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**(9), 1435-1450, (1987)
- 3) Castle JW: Sensitivity of Radiographic Screens to Scattered Radiation and Its Relationship to Image Contrast, Radiology, **122**, 805-809, (1977)
- 4) 宮越敬三, 宇佐美公男, 佐藤孝司: 増感紙のX線スペクトル依存性, 日放技学誌, **46**(1), 7-13, (1990)
- 5) 委員会報告: エックス線エネルギースペクトル測定指針, 日放技学誌, **44**(9), 1452-1462, (1988)
- 6) 三浦典夫: 放射線画像情報工学, pp. 265-298, 通商産業研究社, 東京, (1980)
- 7) 増感紙・蛍光板, 化成オプトニクスKK, 東京, (1988)

