資料

増感紙—フィルム系の感度の測定

1. 絶対感度の測定

東 田 善 治・*勝 田 昇・*洞田貫 誠 志・*肥 合 康 弘
 *平 田 幸 徳・*守 部 伸 幸・**高 橋 睦 正・***小 寺 吉 衛
 熊本大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科
 *熊本大学医学部附属病院中央放射線部
 **熊本大学医学部放射線医学教室
 ***広島大学歯学部歯科放射線学教室

(論文受理 1987年 4 月25日)

(最終論文受理 1987年11月13日)

(Code No. 332, 333)

Key words: Screen-film system, Absolute speed, Beam quality, Split-screen

SPEED OF RADIOGRAPHIC SCREEN-FILM SYSTEMS

1. MEASUREMENTS OF ABSOLUTE SPEEDS

YOSHIHARU HIGASHIDA, *NOBORU KATSUDA, *SEISHI DOUDANUKI, YASUHIRO HIAI,
 *YUKINORI HIRATA, *NOBUYUKI MORIBE, **MUTSUMASA TAKAHASHI and ***YOSHIE KODERA

Department of Radiological Technology College of Medical Science Kumamoto University

*Department of Radiology, Kumamoto University Hospital

**Department of Radiology, Kumamoto University School of Medicine

***Department of Oral Radiology, Hiroshima University School of Dentistry

(Article received; Apr., 25, 1987)

1. はじめに

増感紙の蛍光体は、これまで長期にわたってタングステン酸カルシウム (CaWO_4) が使用され、X線像の記録系として重要な役割をはたしてきた。

1970年代にはいり、これまで使われてきた CaWO_4 蛍光体に加えて、いわゆる希土類蛍光体を用いた増感紙の開発が行われてきた¹⁾。

これらの新しい蛍光体は、従来の CaWO_4 蛍光体にくらべ、X線吸収係数、およびX線変換効率が高いのが特徴であり^{2)~4)}、開発当時の被曝線量低減の問題と相まって、国内ではまず高感度系への導入が行われた^{5)~7)}。

しかし一方、希土類蛍光体を用いた高感度記録系^{4)8)~10)}の導入は、画質の低下という面で問題を残した^{11)~14)}。その後これらの問題点を改善した増感紙が診療に用いられており、従来の CaWO_4 蛍光体増感紙とともに

〔資料〕 増感紙—フィルム系の感度の測定 1. 絶対感度の測定 (東田・他)

に、基礎的臨床的な面から多くの報告がなされている^{15)~28)}。

増感紙—フィルム系の感度、鮮鋭度、粒状性などの物理特性の測定は²⁹⁾³⁰⁾、系の選択や開発ならびに医療における国民の被曝線量減少にとって、大変重要な問題である。このような観点から、米国では、シカゴ大学が、BRH (Bureau of Radiological Health. 現在 Center for Devices and Radiological Health) とのコントラクトのもとに、増感紙—フィルム系の物理特性の測定を行っている。そしてこれらの結果は、1982年と1986年に FDA (Food and Drug Administration) からハンドブック (HHS publication FDA82-8187, FDA86-8257) として出版され¹⁴⁾³¹⁾、一部はわが国にも紹介され³²⁾ 大きなインパクトを与えている。

これには、測定当時、米国で使用されていた増感紙—フィルム系の MTF (Modulation transfer function)、および Wiener spectrum の測定値、精度および BRH との測定値の比較¹⁴⁾ や、系の絶対感度および相対感度³¹⁾ について、系統的な研究報告がなされている。

一方わが国でも、これまで増感紙—フィルム系の物理特性に関する多くの研究結果が発表されており、感度の測定についてもいくつか報告がある^{5)7)15)~17)}。しかしこれらの報告は、各施設で使用されている系や、1企業で発表されている系についての測定結果であり、異なる企業間の多くの増感紙—フィルム系を系統的に測定したものは、まだ発表されていない。このため、同一条件で測定された異なる企業間の増感紙—フィルム系の感度の比較や、系統的な比較が困難であった。

この問題を解決するため、今回国内で使用されている増感紙—フィルム系の絶対感度および相対感度の系統的な測定を行った。

本研究で行った増感紙—フィルム系の感度の測定は、タスク1 (絶対感度の測定) とタスク2 (絶対感度および相対感度の測定) の2つの部分に分けられる。本報告では、絶対感度の測定結果について述べる。

2. 実験方法

2.1 実験方法および使用機器

増感紙—フィルム系の絶対感度の測定法は、基本的には、BRH レポートに述べてある方法に従った³¹⁾。

測定法の詳細は、このレポートに述べてあるので簡単に述べる。絶対感度は、二つの線量計を用いて測定した。一つは、X線出力のモニタ用線量計としてビクトリーン505を用い、プローブを焦点—フィルム間の中間に置き

た。他の一つは、基準増感紙—フィルム系に入射するX線量を測定する目的で、フィルム面に一致する所に Ionex 線量計 (2500/3) を固定した。絶対感度の測定に使用する各線質において、あらかじめ二つの線量計の読み値の比を求め、基準増感紙—フィルム系に入射する線量は、各照射ごとに、この比をもとにモニタ用線量計の読み値から推定した。このとき、線量計に対する大気補正は、実験ごとに行った。測定に用いた二つの線量計の位置および他の幾何学的位置は、一連の実験を通じて同じであるが、実験配置は、測定を行うたびに新たに組みなおした。

X線焦点—フィルム間距離200 cm、フィルム面におけるX線照射野30 cm×30 cmである。X線装置は、東芝 KXO-1000 3相12パルスである。X線管球は、東芝ロータノード (DRX-431 HD)、公称焦点サイズは、1.5 mm/0.1 mm、固有総ろ過はアルミニウム等価で1.1 mm以下である。Table 1 に本実験で使用した2種類のX線線質と照射条件を示す。

Table 1 X-ray beam qualities used for speed measurements.

KV	Phantom of Filter	Exposure Time (sec.)	HVL (mmAl)	Scatter
80	20 mm Al Filter (BRH Canonical)	0.1	7.8 ⁺	—
80	ANSI Chest Phantom	0.1	3.4	++

Collimation: 30 cm×30 cm at film plane

+ HVL after filtration

2.2 X線線質

Table 1 の二つの線質のうち、ANSI chest としたものは、ANSI (American National Standards Institute) 基準³³⁾のもとに、BRH で作られた ANSI 胸部ファントムと同様のファントムを作成し用いた。ANSI 胸部ファントムは、増感紙—フィルム面とファントム底面間の距離が2.5 cm になるように配置し、散乱線を含んだ条件下で感度測定を行った。

他の一つは、20 mm アルミニウムフィルタをX線管の多重絞りの前面にとりつけた (これは、散乱線を全く含まない条件とみなすことができる.)。この条件では、フィルタ透過後のX線線質が、BRH で使用している標準線質に似ていることから、ここでは以後 BRH 標準線質 (BRH canonical beam) と呼ぶ。

いずれの線質でも、本実験で用いた線質の半価層の値

は、BRHの標準線質およびANSIの基準で示されている半価層よりやや高い値を示しているが³³⁾、実験の都合上この線質で絶対感度の測定を行った。

2.3 真空カセットおよび分割版

増感紙—フィルム系の感度を効率よく測定するために、真空カセットと鉛製の分割板を作製した³¹⁾。

真空カセットは、アルミニウム製で、15 cm×31 cmの大きさである。X線入射側の材質は、マンモグラフィ用ビニールを使用し、カセットバックには、後方散乱除去用に、厚さ1 mmの鉛板をしいた。カセットには、1 cm×30 cmの増感紙が最大9組装填可能である。

分割板は、増感紙—フィルム面に入射するX線照射野を規定するもので、厚さ5 mmの鉛板の中央に巾2.5 cmのX線入射窓を設けた³¹⁾。X線は、このX線入射窓を通して増感紙—フィルム面に照射される。照射したフィルムは、別に求めた特性曲線用フィルムと同時現像をした。

自動現像機は、Fuji RU-IIである。

2.4 絶対感度の測定

増感紙—フィルム系の絶対感度は、ANSI基準をもとに“濃度1.0+ベース濃度+カブリ濃度”を生ずるに必要な照射線量(mR)の逆数として定義した³³⁾。本研究では、絶対感度を測定するために青色発光増感紙—ブルーフィルム、および緑色発光増感紙—グリーンフィルムをそれぞれブルー系、グリーン系とし、各々一つの系を基準系として選んだ。

基準系に入射する推定線量は、前述のようにモニタ線量計から求めた。基準系を含む9種類の増感紙を並べた真空カセットを動かしながら管電流を変化させて、最低10回のX線照射を行い、それぞれのX線照射に対応する基準系への推定入射線量を求めた。

次に、照射した試料を現像し写真濃度—照射線量曲線を作成し、Netの濃度1.0を得るに必要な照射線量を曲

Table 2 (a, b) Screen-film combinations investigated in Task 1 for absolute and relative speed measurements at two beam qualities. (a) Blue system (b) Green system

a) Blue System

Screens	Phosphor	Manufacturer	Film	Manufacturer
LT-II	CaWO ₄	Kasei Optonix	A	Sakura
LF-II	CaWO ₄	〃	A	〃
X-Omatic Regular	BaSrSO ₄ : Eu	Kodak	A	〃
X-Omatic Rapid	LaOBr: Tm	〃	A	〃
NS	CaWO ₄	Sakura	A	〃
NH	CaWO ₄	〃	A	〃
Hi-screen STD	CaWO ₄	Fuji	A	〃
E-44	CaWO ₄	Toshiba	A	〃
Cronex Quanta III	LaOBr: Tb	DuPont	A	〃

b) Green System

Screens	Phosphor	Manufacturer	Film	Manufacturer
Lanex-Fine	Gd ₂ O ₂ S: Tb	Kodak	RXO-G	Fuji
Lanex-Medium	Gd ₂ O ₂ S: Tb	〃	RXO-G	〃
Lanex-Regular	Gd ₂ O ₂ S: Tb	〃	RXO-G	〃
KG	(Gd, Y) ₂ O ₂ S: Tb	Sakura	RXO-G	〃
KS	Gd ₂ O ₂ S: Tb	〃	RXO-G	〃
G-4	Gd ₂ O ₂ S: Tb	Fuji	RXO-G	〃
G-8	Gd ₂ O ₂ S: Tb	〃	RXO-G	〃
L-440	(Gd, Y) ₂ O ₂ S: Tb	Toshiba	RXO-G	〃
Quanta V*	LaOBr: Tm, Gd ₂ O ₂ S: Tb	DuPont	RXO-G	〃

*: Blue-green emitting screen

〔資料〕 増感紙—フィルム系の感度の測定 1. 絶対感度の測定 (東田・他)

線上から求めた^{31)~34)}。このとき、強度目盛法で求めた特性曲線³⁵⁾³⁶⁾を写真濃度—照射線量曲線の上に重ねて内挿し絶対感度を求めた。フィルムの特性曲線が増感紙に依存しないことを利用して他の8種類の増感紙については、まず基準系に対する相対感度をスプリットスクリーン法³¹⁾で求めた。次に基準系の絶対感度を掛け、すべての増感紙—フィルム系の絶対感度を計算した。

2.5 増感紙—フィルム系の組み合わせ

測定した増感紙—フィルム系の組み合わせを Table 2 (a, b) に示す。ブルー系およびグリーン系の基準増感紙として、それぞれ LT-II, および G-4 を選んだ。

すべての増感紙は巾 1 cm, 長さ 30 cm に切りそれぞれの基準系を中心にして 0.5 cm の間隔をおいて真空カセットの中に並べた。

絶対感度の測定はブルー系およびグリーン系とも 8 回の独立した測定から求めたので、タスク 1 で測定した感度は 80 回の照射による値である (照射回数 10 回 / 1 回の測定)。

3. 結 果

本研究で用いたブルー系 (A) およびグリーン系 (RXO-G) のフィルムの特性曲線を Fig. 1 に示す。Fig. 1 に示す特性曲線は、単にフィルムの特性のみを示しており、横軸は相対値であり、フィルムの感度を示しているものではない。特性曲線の傾きから求めたグラディエントを Fig. 2 に示す。Table 3 に二つの線質による基準系の絶対感度の平均値と標準偏差および測定値の最大値と最小値を示す。基準系の絶対感度の標準偏差は、3.7% から 6 % である。また、各測定値中で平均値からの絶対感度の標準偏差は最大で 7.4% であるが、全体的には約 7 % 以内におさまっている。

2 種類の基準系の絶対感度の平均値、および平均値の標準偏差 (S.D.m)^{*31)}を Table 4 に示す。基準系の絶対感度の平均値の標準偏差は 1.3% から 2.1% であった。

ブルー系およびグリーン系、それぞれ 9 種類の増感紙の基準系に対する相対感度の平均値、および平均値の標準偏差を Table 5 (a, b) に示す。ブルー系では基準系に対する相対感度の平均値の標準偏差は最大 1.7%, グリーン系では 1.3% 以内であった。

Table 4 および Table 5 (a, b) の結果を用いて、使用したすべての増感紙—フィルム系の 2 種類の線質におけ

Fig. 1 H & D curves of A film with LT-II screens and RXO-G film with G-4 screens.

Fig. 2 Gradient curves of A and RXO-G films.

* S.D.m = $\frac{S.D.}{\sqrt{n}}$ ここで、S.D. は測定値の標準偏差、n は測定回数

る絶対感度を計算した結果を Table 6, Fig. 3 (a, b) に示す。これらの結果から明らかなように、増感紙—フィルム系の絶対感度は、線質に大きく依存しており、線質が硬くなると絶対感度も高くなる。また系の絶対感度は、増感紙の蛍光体の種類に依存しており、一般にグリーン系では線質依存性が大きい。

Table 7 に測定したすべての増感紙—フィルム系の相対感度を示す。

相対感度はそれぞれ二つの線質におけるブルー系の基

準系 (LT-II/A) の感度を1.0として表わしている。

Fig. 4 にはこれらの系のうちブルー系 9 種類とグリーン系 4 種類の相対感度を示す。

ブルー系の中では、基準系と同一蛍光体から成る増感紙の相対感度は、線質がかわっても変化が少ない。しかし、基準系を含む他のブルー系とは蛍光体が異なる X-Omatic Regular, X-Omatic Rapid および Quanta III の 3 種類は、線質が硬くなると相対感度が大きくなっている。

Table 3 Average, maximum, and minimum absolute speed (mR^{-1}) of two standard screen-film systems at two beam qualities, measured in eight independent experiments.

(a) LT-II/A

Beam Quality	Avg. Speed	S.D.	(%S.D.)	Max. Speed	% deviation	Min. Speed	% deviation
BRH Canonical	1.616	0.067	(4.1%)	1.689	(+4.5%)	1.534	(-5.1%)
ANSI Chest	1.050	0.063	(6.0%)	1.127	(+7.3%)	0.973	(-7.3%)

(b) G-4/RXO-G

Beam Quality	Avg. Speed	S.D.	(%S.D.)	Max. Speed	% deviation	Min. Speed	% deviation
BRH Canonical	1.878	0.076	(4.0%)	1.957	(+4.2%)	1.739	(-7.4%)
ANSI Chest	0.939	0.035	(3.7%)	0.984	(+4.8%)	0.881	(-6.2%)

Table 4 Average absolute speed of two standard screen-film systems, and standard deviations of the means at two beam qualities, measured in eight independent experiments.

Beam Quality Screens/Film	BRH Canonical			ANSI Chest		
	Avg. Speed	S.D.m	(%S.D.m)	Avg. Speed	S.D.m	(%S.D.m)
LT-II/A	1.616	0.024	(1.5%)	1.050	0.022	(2.1%)
G-4/RXO-G	1.878	0.027	(1.4%)	0.939	0.012	(1.3%)

Table 5(a) Average relative speed of blue systems in comparison with LT-II/A, and standard deviations of the means at two beam qualities, measured in eight experiments.

Beam Quality Screens/Film	BRH Canonical			ANSI Chest		
	Avg. Speed	S.D.m	(%S.D.m)	Avg. Speed	S.D.m	(%S.D.m)
LT-II/A	1.00	—	—	1.00	—	—
LF-II/A	0.606	0.007	(1.2%)	0.632	0.007	(1.1%)
X-Omatic Regular/A	1.620	0.017	(1.0%)	1.333	0.008	(0.6%)
X-Omatic Rapid/A	2.853	0.044	(1.5%)	2.315	0.025	(1.1%)
NS/A	1.046	0.014	(1.3%)	1.030	0.01	(1.0%)
NH/A	1.634	0.016	(0.1%)	1.486	0.008	(0.5%)
Hi-screen STD/A	1.116	0.002	(0.2%)	1.130	0.004	(0.3%)
E-44/A	2.368	0.033	(1.4%)	2.110	0.026	(1.2%)
Quanta III/A	5.527	0.086	(1.6%)	4.444	0.074	(1.7%)

〔資料〕 増感紙—フィルム系の感度の測定 1. 絶対感度の測定 (東田・他)

Table 5(b) Average relative speed of green systems in comparison with G-4/RXO-G, and standard deviations of the means at two beam qualities, measured in eight experiments.

Beam Quality Screens/Film	BRH Canonical			ANSI Chest		
	Avg. Speed	S.D.m	(%S.D.m)	Avg. Speed	S.D.m	(%S.D.m)
G-4/RXO-G	1.00	—	—	1.00	—	—
G-8/RXO-G	1.896	0.012	(0.6%)	1.894	0.018	(0.9%)
Lanex-Fine/RXO-G	0.547	0.004	(0.8%)	0.565	0.005	(0.9%)
Lanex-Medium/RXO-G	1.230	0.006	(0.5%)	1.246	0.004	(0.3%)
Lanex-Regular/RXO-G	2.000	0.018	(0.9%)	1.964	0.025	(1.3%)
KG/RXO-G	0.556	0.006	(1.1%)	0.602	0.006	(1.0%)
KS/RXO-G	1.159	0.005	(0.4%)	1.194	0.005	(0.4%)
L-440/RXO-G	2.205	0.016	(0.7%)	2.261	0.025	(1.1%)
Quanta V/RXO-G	1.728	0.013	(0.8%)	1.773	0.015	(0.8%)

Table 6 Absolute speed (mR^{-1}) of screen-film systems at two beam qualities investigated in Task 1.

Beam Quality Screens/Film	BRH Canonical			ANSI Chest		
	Avg. Speed	S.D.m	(%S.D.m)	Avg. Speed	S.D.m	(%S.D.m)
LT-II/A	1.616	0.024	(1.5%)	1.050	0.022	(2.1%)
LF-II/A	0.980	0.009	(0.9%)	0.664	0.012	(1.8%)
X-Omatic Regular/A	2.618	0.060	(2.3%)	1.400	0.031	(2.2%)
X-Omatic Rapid/A	4.611	0.130	(2.8%)	2.431	0.052	(2.1%)
NS/A	1.690	0.033	(1.9%)	1.081	0.026	(2.4%)
NH/A	2.640	0.063	(2.4%)	1.560	0.035	(2.2%)
Hi-screen STD/A	1.804	0.028	(1.5%)	1.187	0.037	(3.1%)
E-44/A	3.826	0.104	(2.7%)	2.216	0.065	(3.0%)
Quanta III/A	8.932	0.252	(2.8%)	4.666	0.199	(2.5%)
G-4/RXO-G	1.878	0.027	(1.4%)	0.939	0.012	(1.3%)
G-8/RXO-G	3.561	0.053	(1.5%)	1.778	0.034	(1.9%)
Lanex Fine/RXO-G	1.027	0.018	(1.7%)	0.531	0.006	(1.2%)
Lanex Medium/RXO-G	2.311	0.038	(1.6%)	1.170	0.018	(1.5%)
Lanex Regular/RXO-G	3.756	0.066	(1.8%)	1.844	0.035	(1.9%)
KG/RXO-G	1.045	0.015	(1.4%)	0.565	0.007	(1.2%)
KS/RXO-G	2.177	0.031	(1.4%)	1.121	0.018	(1.6%)
L-440/RXO-G	4.141	0.063	(1.5%)	2.123	0.037	(1.7%)
Quanta V/RXO-G	3.246	0.055	(1.7%)	1.665	0.029	(1.7%)

同様に、LT-IIに対するグリーン系の相対感度も蛍光体が異なるため、線質が変わると大きく変化する。

Fig. 5 にグリーン系の基準増感紙—フィルム系 (G-4/RXO-G) に対する相対感度を示す。グリーン系では蛍光体の種類は基本的には、すべて Gd 系であり、他の蛍光体が混入されている系についても線質による相対感度の依存性は、少ない傾向にある。

4. 考 察

増感紙—フィルム系の絶対感度の測定方法および結果については、これまでいくつか報告されている¹²⁾¹³⁾³⁷⁾³⁸⁾。

本研究で用いた方法の特徴は、フィルムの特性曲線を広い範囲にわたって利用することにある。この方法は、ANSI³³⁾ または DIN³⁴⁾ (Deutsches Institut für Normung) の方法に比べて、多くの種類の増感紙—フィルム

Fig. 3(a) Absolute speed of blue screen-film systems, obtained at two beam qualities.

Fig. 3(b) Absolute speed of green screen-film systems, obtained at two beam qualities.

Table 7 Relative speed of screen-film systems in comparison with LT-II/A at two beam qualities investigated in Task 1.

Beam Quality Screens/Film	80 kV BRH Canonical	80 kV Chest
LT-II/A	1.000	1.000
LF-II/A	0.606	0.632
X-Omatic Regular/A	1.620	1.333
X-Omatic Rapid/A	2.853	2.315
NS/A	1.046	1.030
NH/A	1.634	1.486
Hi-screen STD/A	1.116	1.130
E-44/A	2.368	2.110
Quanta III/A	5.527	4.444
G-4/RXO-G	1.162	0.894
G-8/RXO-G	2.204	1.693
Lanex Fine/RXO-G	0.636	0.506
Lanex Medium/RXO-G	1.430	1.114
Lanex Regular/RXO-G	2.324	1.756
KG/RXO-G	0.647	0.538
KS/RXO-G	1.347	1.068
L-440/RXO-G	2.563	2.022
Quanta V/RXO-G	2.009	1.586

系の絶対感度,あるいは相対感度を非常に効率よく同時に測定することが可能である。

本研究で測定した増感紙-フィルム系の絶対感度の平均値の標準偏差は,約2%以内におさまっており,この値は,BRH レポート³¹⁾の精度とほぼ同等である。

Fig. 4 Relative speed of blue (solid lines) and green (dotted lines) systems compared with LT-II/A.

今回測定に用いた線質は80 kV BRH 標準線質と80 kV ANSI 胸部ファントムの2種類であるが, BRH レポートでは,この他に122 kV ANSI 胸部ファントム(空気エアギャップあり)と64 kV ANSI 四肢ファントムの計4種類の線質を用いて絶対感度を測定している³¹⁾. 122 kV ANSI 胸部ファントムと64 kV ANSI 四肢ファントムによる線質における増感紙-フィルム系の絶対感度の値は,それぞれ80 kV BRH 標準線質および80 kV 胸部ファントムの線質における値に似ていることから,本研

〔資料〕 増感紙—フィルム系の感度の測定 1. 絶対感度の測定 (東田・他)

Fig. 5 Relative speed of green systems compared with G-4/RXO-G.

究では使用しなかった。

増感紙—フィルム系の絶対感度の測定では、いくつかの誤差要因が考えられる。

自動現像機の現像条件の変化は、絶対感度に直接関係している³⁹⁾。本研究では、測定を行う2ヶ月前から測定期間を通じて光センシトメトリーで作成したフィルムストリップを1日二回現像して感度の変化を調べた。測定期間中の自動現像機の感度変化は、平均値の感度の標準偏差 (S.D.m) で約1.8%であった。この値には、光センシトメトリーの再現性の誤差も含まれているが、自動現像機の感度変化と絶対感度の測定結果の間には、相関が認められなかったため、補正はしなかった。

モニタ線量計と増感紙—フィルム面に固定した線量計の関係は、各測定に先立って求めたが、実験の幾何学的配置は測定ごとに組み直した。このため基準増感紙への入射線量を測定する線量計の位置は厳密には同一でない。またこの線量計には、後方散乱線⁴⁰⁾⁴¹⁾が付加されているが、今回の測定ではこの補正は行わなかった。

さらにこの他、測定に使用した増感紙およびフィルムのサンプル自身の変動も考えられるが、今回使用した増感紙、フィルムは、その種類を代表するサンプルとして各メーカーが厳選したものを使用した。

5. 結 論

- 1 ブルー系およびグリーン系、それぞれ1種類の基準系の絶対感度を二つの線質を用いて測定した。基準系に対する他の系の相対感度をスプリットスクリーン法

で測定し合計18種類の増感紙—フィルム系の絶対感度を測定した。

- 2 二つの線質で測定した絶対感度の平均値の標準偏差は、約2%以内の精度で測定することができた。
- 3 増感紙—フィルム系の絶対感度は、線質に大きく依存し、とくに増感紙に使用されている蛍光体の種類に影響を受ける。ブルー系で多く使用されているタングステン酸カルシウム (CaWO_4) は、グリーン系に比べて絶対感度の線質依存性が小さい。

文 献

- 1) Buchanan RA, Finkelstein SI, Wickersheim KA : X-ray exposure reduction using rare-earth oxysulfide intensifying screens. *Radiology*, **105**, 185-190, (1972).
- 2) Castle JW : Absorption measurements of radiographic intensifying screens. *Proc. SPIE, Application of Optical Instrumentation in Medicine IV*, **70**, 212-216, (1975).
- 3) Moores BM, Walker A : Light output and X-ray attenuation measurements for some commercial intensifying screens. *Radiology*, **128**, 767-774, (1978).
- 4) Venema HW : X-ray absorption, speed, and luminescent efficiency of rare earth and other intensifying screens. *Radiology*, **130**, 765-771, (1979).
- 5) 東田善治, 大塚昭義, 吉本政弘, 他 : 希土類蛍光体増感紙の試用経験. *日放技学誌*, **32**, 211-216, (1973).
- 6) 山下一也, 若松孝司, 長畑 弘, 他 : ROC 曲線による増感紙—フィルム系の評価 : *日放技学誌*, **33**, 156-160, (1974).
- 7) 中前晴雄, 松浦博文, 有村貞実, 他 : 高感度システムにおける画質評価. *日放技学誌*, **34**, 34-39, (1975).
- 8) Reynolds J, Skucas J, Gorski J : An evaluation of screen-film speed characteristics. *Radiology*, **118**, 711-713, (1976).
- 9) Rossi RP, Hendee WR, Ahrens CR : An evaluation of rare earth screen/film combinations. *Radiology*, **121**, 465-471, (1976).
- 10) Vyborny CJ, Metz CE, Doi K, et al : Screen/film system speed : Its dependence on X-ray energy.

- Radiology, **125**, 811-816, (1977).
- 11) Wagner RF, Weaver KE: Prospects for X-ray exposure reduction using rare earth intensifying screens. *Radiology*, **118**, 183-188, (1976).
 - 12) Rao GUV, Fatouros P: The relationship between resolution and speed of X-ray intensifying screens. *Med. Phys.*, **5**, 205-208, (1978).
 - 13) Rao GUV, Fatouros P: Quantum fluctuations in radiographic screen-film systems. *Med. Phys.*, **6**, 118-122, (1979).
 - 14) Doi K, Holje G, Loo LN, et al: MTF's and Wiener spectra of radiographic screen-film systems. HHS Publication FDA 82-8187, (1982).
 - 15) 四宮恵次: 高感度増感紙システムの基本特性. 日放技学誌, **36**, 355-367, (1977).
 - 16) 柴田清秀: 高感度増感紙システムの特性 (一般増感紙との比較). 日放技学誌, **36**: 368-377, (1977).
 - 17) 蒔 利彦, 木田勝美, 横田和人, 他: 希土類増感紙の線写真システムについて. 日放技学誌, **36**, 378-381, (1977).
 - 18) Wagner RF: Fast Fourier digital quantum mottle analysis with application to rare earth intensifying screen systems. *Med. Phys.*, **4**, 157-162, (1977).
 - 19) Vyborny CJ, Metz CE, Doi K: Relative efficiencies of energy to photographic density conversion in typical screen-film systems. *Radiology*, **136**, 465-471, (1980).
 - 20) Nettle RJ, Ritching RT: An evaluation of four rare-earth film-screen combinations. *BJR*, **53**, 965-968, (1980).
 - 21) Vyborny CJ, Metz CE, Doi K: Large area contrast prediction in screen-film systems. *SPIE*, **233**, 30-36, (1980).
 - 22) Brodeur AE, Silberstein MJ, Graviss ER, et al: Three-tier rare-earth imaging system. *AJR*, **136**, 755-758, (1981).
 - 23) DeSmet AA, Ritler EM, Fritz SL, et al: Evaluation of new rare-earth screen for skeletal radiography. *Radiology*, **141**, 542-543, (1981).
 - 24) Burgess AE, Hicken P: Comparative performance of X-ray-intensifying screens. *Radiology*, **143**, 551-556, (1982).
 - 25) DeSmet AA, Ritler EM, Fritz SL, et al: An evaluation of screen-film combinations for detail skeletal radiography. *Radiology*, **143**, 259-260, (1982).
 - 26) Metz JM, Danos M: Quantum noise-limited images in screen film systems. *SPIE*, **347**, 62-66, (1982).
 - 27) LaPage JR, Treffer M: The use of high-speed film/screen combinations to improve diagnostic image quality. *Radiology*, **147**, 265-267, (1983).
 - 28) Chan H-P, Doi K: Studies of X-ray energy absorption and quantum noise properties of X-ray screens by use of Monte Carlo simulation. *Med. Phys.*, **11**, 37-46, (1984).
 - 29) Cleare HM: General physics of X-ray film-screen-processing speed and contrast characteristics. *Proc SPIE, Medical X-ray Photo-Optical Systems Evaluation.*, **56**, 4-7, (1975).
 - 30) Zweig G: Screen speed designations: A need for standardization and some suggestions. *SPIE*, **273**, 67-72, (1981).
 - 31) Doi K, Kodera Y, Loo LN, et al: MTF's and Wiener spectra of radiographic screen-film systems, volume II. HHS Publication. FDA, 86-8257, (1986).
 - 32) 小寺吉衛, 土井邦雄, 陳 衡萍: シカゴ大学における医用画像研究について—増感紙フィルム系の感度とX線吸収特性—. 日放技学誌, **41**, 516-531, (1985).
 - 33) ANSI PH 2.43-1982, Method for the sensitometry of medical X-ray screen-film-processing systems. American National Standards Institute, Inc., New York, (1982).
 - 34) DIN 6867, part 1: Image recording system consisting of a radiographic film intensifying screens and a film cassette for use in medical diagnostics: Evaluation of speed. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, West Germany, (1981).
 - 35) Haus AG, Rossman K: X-ray sensitometer for screen-film combinations used in medical radiology. *Radiology*, **94**, 673-678, (1970).
 - 36) 守部伸幸, 洞田貫誠志, 勝田 昇, 他: 増感紙—フィルム系の Sensitometry における 2, 3 の改良と測定精度について. サクラ X-レイ写真研究, **177**, 8-11, (1987).

〔資料〕 増感紙—フィルム系の感度の測定 1. 絶対感度の測定 (東田・他)

- 37) Holje G, Svahn G, Hardstedt C: Intensifying screens for X-ray cassettes, Spri Report, Project 6030, (1977).
- 38) DuPont Imaging Products Product Information. E.I. duPont de Nemours & Co., Wilmington.
- 39) Sanderson GK, Johnston GJ: Effect of development temperature changes in an automatic processor. Proc SPIE, Application of Optical Instrumentation in Medicine IV, **70**, 26-32, (1975).
- 40) Kodera Y, Schmidt RA, Chan H-P, et al: Backscatter from metal surfaces in diagnostic radiology. Radiology, **150**, 231-234, (1984).
- 41) Stanton L, Brattelli SD, Day JL, et al: Measurements of diagnostic X-ray backscatter by a novel ion chamber method. Med. Phys., **9**, 121-130, (1982).