

增感紙-필름系の 相對感도와 絶對感도에 관한 實驗

東亞엑스線機械(株) 放射線技術研究所
許 俊·李寅子

Abstract

The Relative and Absolute Speed of Radiographic Screen-Film Systems

Joon Huh, In Ja Lee

Institute of Radiological Technology, Dong A X-ray Co., Ltd.

Recently, a large number of new screen-film systems have become available for use in diagnostic radiology.

These new screens are made of materials generally known as rare-earth phosphors which have high x-ray absorption and high x-ray to light conversion efficiency compared to calcium tungstate phosphors.

The major advantage of these new systems is reduction of patient exposure due to their high speed or high sensitivity. However, a system with excessively high speed can result in a significant degradation of radiographic image quality. Therefore, the speed is important parameters for users of these system.

Our aim of in this was to determine accurately and precisely the absolute speed and relative speeds of both new and conventional screen-film system.

We determined the absolute speed in condition of BRH phantom beam quality and the relative speed were measured by a split-screen technique in condition of BRH and ANSI phantom beam quality.

The absolute and the relative speed were determined for 8 kinds of screen-4 kinds of film in regular system and 7 kinds of screen-7 kinds of film in ortho system.

In this study we could know the New Rx, T-MAT G has the highest film speed, also know Green system's standard deviation of relative speed larger than blue system.

It was realized that there were no relationship between the absolute speed and the blue system.

It was realized that there were no relationship between the absolute speed and the relative speed in ortho or regular system.

I. 緒 論

증감지는 X선이 발견된 직후인 1897년 W. Arnold¹⁾에 의해서 개발된 이후 텅스텐산 칼슘(CaWO_4)이 형광체로써 X선 검사의 기록계로 이용되어 왔다. 그러던 중 1972년 희토류 형광체 증감지의 응용이 R. A Buchanan²⁾에 의해서 발표된 이후 증감지와 필름을 제작하는 메이카는 앞을 다투어 희토류 형광체로서 고감도, 고화질에 대한 연구개발을 이루어 왔다.

따라서 희토류 형광체 증감지도 현재는 널리 보급되고 있으며, 종전의 CaWO_4 형광체 증감지와 함께 기초적인 실험과 임상면에서 많은 보고가 있다³⁻⁶⁾.

증감지/필름계는 X선 검사에서 진단정보를 향상 시키면서 환자 피폭선량을 감소시키는 결정적인 요소를 가지고 있어 이에 대한 물리적 특성을 측정하는 MTF(Modulation Transfer Function), Wiener Spectrum, 상대감도와 절대감도 등에 대해서 많은 연구 보고가 있다⁷⁻¹⁰⁾. 또 제작회사나 각 병원별로 사용되고 있는 증감지/필름계에 대한 측정 결과도 많은 보고가 있다. 그러나 사용되고 있는 각종 증감지와 필름을 연결시키고 계통적으로 측정한 결과는 아직 우리나라에는 발표된 바가 없는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 이와같은 문제를 해결하기 위해서 국내에서 사용되고 있는 증감지/필름계의 상대감도와 절대감도를 계통적으로 측정하여 검토한 바 있어 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 使用 機器 및 材料

- 1) X선 발생장치 : Philips Super 80 CP
- 2) 자동 현상기 : Konica SRX-501, 45 Sec
- 3) 선량계 : Rad-Check(Victoreen INC. Model 06-525)
- 4) 피사체 : ANSI Chest Phantom
BRH Chest Phantom
- 5) 농도계 : Konica PDA-81

- 6) 증감지 : Fuji-FG 3, FG 4, FG 6, FG 8
Konica-KF, KM, KR
kasei-B-series(BF-Ⅲ, BM-Ⅲ, BH-Ⅲ, BX-Ⅲ),
Fine, Universal, High Speed, High plus
- 7) 필름 : Fuji-New RX, HR-G, HR-L,
HR-C, HR-S
Konica-AX, MG, MGH
Kodak-X-OMAT RP,
T-MAT G
Agfa-Curix RP₁

III. 實驗方法

1. 相對感度の 測定

여러 종류의 증감지/필름의 상대적 감도를 알아 보기 위해 국내에서 사용되고 있는 청색 발광 증감지 8종류와 regular 필름 4종류를 사용하였다. 또, 녹색 발광 증감지 7종류와 ortho 필름 7종류를 각각 연결하여 사용하였다.

등비노광은 80Kv에서 거리변경법으로 하였으며, 특성곡선상의 오차를 줄이기 위해 $\text{Log Ex}=0.1$ 씩 변화 시켰다.

또 산란선에 의한 오차를 줄이기 위해서 split-screen법으로 Screen을 폭 1cm, 길이 30cm, 간격 0.5cm로 오려 한 cassette에 넣었다. 노광폭은 1cm가 되도록 차폐용 납판을 고정시키고, 후면에서 cassette를 이동시키면서 노광하였다. 이와같이 각 필름에서 5회씩 실시하였다.

피사체로는 ANSI(American National Standards Institute)표준 규격용 acryl chest phantom을 cassette와 2.5cm 떨어뜨리고 사용하였다. 또 BRH(Bureau of Radiological Health. 현재 Center for Devices and Radiological Health) aluminium phantom은 collimator 전면에서 부착시키고 노광하였다.

이때 사용된 X선 발생장치는 Philips Super 80 CP이고, Rad-Check(Victoreen INC. Model

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

KV	Phantom	Exposure time (Sec)	HVL (mmAl)	Scatter
80	20mmAl Filter (BRH canonical)	0.2	6.65 ⁺	-
80	ANSI Chest phantom	0.2	4.70	+

Collimation : 8cm × 8cm at Film plane

+ : HVL after filtration

06-525)로 측정된 선질은 80KV시 BRH phantom은 6.65mmAl, ANSI chest phantom은 4.70mmAl 이었다(Table 1 참조).

이렇게 노광된 필름을 자동현상기로 현상 후 특성곡선을 그린 다음 농도(D)=1.0+Fog에서 청색계는 BF-III 증감지, 녹색계는 FG3 증감지를 기준으로 감도를 산출하였으며, 5회 감도의 평균과 $SDm\left(=\frac{S.D}{\sqrt{N}}\right)$, $\%SDm\left(=\frac{SDm}{\bar{X}}\times 100\right)$ 을 구하였다.

2. 絶對感度の測定

각 증감지/필름의 절대감도 측정을 위해 80 kV에서 cassette는 FFD 200cm, Rad-check는 FDD 70cm에 놓고 선량을 측정하고 실제 거리에 해당하는 선량으로 환산하였다. Phantom은 BRH phantom을 사용하였으며, ANSI chest phantom은 실험 배치상 문제가 많아서 측정하지 못하였다. 이때 사용된 증감지-필름 및 X선 발생장치는 상대감도 측정시와 동일한 것을 사용하였다. 동일한 방법으로 5회 측정하여 특성곡선을 작성하였다. H-D 곡선상에서 농도(D)=1.0+Fog을 내기 위한 선량(mR)을 산출한 다음 그 역(1/mR)으로 절대감도를 산출하였다.

절대감도의 5회 평균감도, SDm, %SDm을 구하였다.

IV. 實驗結果

1. 상대감도 측정

Blue system과 Green system의 각 필름에서 기준 증감지에 대한 각 증감지의 감도의 평균치, 평균치의 표준편차는 Table 2(a, b), Table 3(a, b)에 나타내었다. Table 2(a)는 BRH phantom 사용시 blue system의 각 필름에서의 증감지의 5회 감도의 평균치, 평균치의 표준편차이다. 증감지의 평균감도는 BF-III 증감지를 1.000으로 기준했을 때 high pluse screen의 3.135까지 다양하였다. 평균치의 표준편차는 0~1.7% 정도로 작게 나타났다(Table 2(a) 참조). 증감지의 감도는 필름에 따라 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 1.(a) 참조). Table 2(b)는 BRH phantom 사용시 green system에서의 각 필름에 대한 증감지의 5회 평균감도 및 평균감도의 표준편차를 나타낸 것이다. 증감지의 감도는 FG 3 증감지를 1.000으로 했을 때 FG 8 증감지의 3.373까지 다양하였으며, 평균치의 표준편차도 0~1.9%로 KR/HR-G를 제외하면 1.0% 미만이 된다(Fig. 1.(b) 참조).

Table 2(a, b)에서 보는 바와 같이 평균치에 대한 표준편차가 2.0%를 넘지 않는 것으로 나타났다. Table 3(a, b)는 ANSI chest phantom 사용시 각 필름에서의 증감지의 감도를 나타낸다. Table 3(a)는 blue system에서 BF-III 증

감지의 평균감도를 1.000으로 기준 했을 때 BX-Ⅲ/X-OMAT RP가 3.144까지로 다양하였으며, 평균치의 표준편차는 2.30~13.4%로 나타나 변동이 큰 것으로 나타났다(Table 3(a) 참조). Table 3(b)는 green system에서 FG 3 증감지의 평균감도를 1.000으로 기준했을 때 FG 8/HR-C에서 3.389로 나타났으며, 필름에 따라 약간의 차이가 있음을 알 수 있고, 평균치의 표준편차는 2.60~14.9%까지로 변동이 크게 나타났다(Table 3(b) 참조). Fig. 2(a, b)는 BF-Ⅲ/AX와 FG 3/MG를 1.000으로 기준했을 때의 상대적 감도가 선질에 따라 변화되는 정도를 보여주는 것이다. 이상의 Table 2(a, b), Table 3(a, b)에서 볼 수 있듯이 BRH phantom에서는 blue system이 평균치의 표준편차가 다소 컸으며, ANSI chest phantom에서는 green system에서 변동이 더 컸고, BRH phantom에 비해 ANSI chest phantom에서의 변동이 더 큰 것으로 나타났다. 또 평균감도는 blue system과 green system에서 모두 BRH phantom 사용시가 ANSI chest phantom 사용시보다 약간 크게 나타났음을 알 수 있었다(Fig. 2.(a, b) 참조).

두 선질에 있어서 blue system과 green

system의 기준 증감지에 대한 필름의 감도는 Table 4와 같다.

Table 4(a)에서 보면 blue system의 BRH phantom 사용시 Fuji New Rx 필름의 감도가 Konica AX에 비해 1.191배로 가장 크며, ANSI chest phantom 사용시 역시 Fuji New Rx 필름이 1.191로 가장 크게 나타났다. 또 5회 측정시 평균치의 표준편차도 Fuji New Rx 필름이 1.2%로 가장 작게 나타났다. Table 4(b)에서 보면 green system의 BRH phantom 사용시 MG 필름에 비해 Kodak T-MAT G 필름이 1.676으로 가장 크게 나타났다. 또한 5회 측정시 평균치의 표준편차도 BRH phantom 사용시가 보다 더 작은 것으로 나타났다.

Table 5(a)는 BRH phantom 사용시 BF-Ⅲ/AX를 1.000으로 기준으로 했을 때의 blue system과 green system의 상대적 감도이다. Table 5(b)는 ANSI chest phantom 사용시 BF-Ⅲ/AX를 1.000으로 기준으로 했을 때의 blue system과 green system의 상대적 감도를 나타낸 것이다. Table 5(a, b)에서 보면 선질에 따른 감도변화 비가 ANSI chest phantom시 green system에서 약간 큰 것을 알 수 있다 (Table 5(a, b) 참조).

Table 2. (a) Screen speed relative of blue system in BF-Ⅲ screens with each film with the BRH canonical beam measured in five independent experiments

(a) Relative speeds for BRH canonical beam

Film	Konica Ax			Agfa Curix RP ₁			Kodak X-OMAT RP			Fuji New Rx		
	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm
BF-Ⅲ	1.000			1.000			1.000			1.000		
BM-Ⅲ	1.526	0.012	0.8%	1.514	0.000	0.0%	1.549	0.010	0.6%	1.549	0.000	0.0%
BH-Ⅲ	2.344	0.015	0.6%	2.323	0.012	0.5%	2.411	0.025	1.0%	2.344	0.000	0.0%
BX-Ⅲ	3.063	0.043	1.4%	2.911	0.015	0.5%	3.020	0.028	0.9%	2.925	0.024	0.8%
Fine	0.951	0.012	1.2%	0.942	0.005	0.5%	0.958	0.007	0.7%	0.951	0.007	0.7%
Universal	1.550	0.027	1.7%	1.528	0.013	0.9%	1.586	0.018	1.1%	1.535	0.013	0.8%
High speed	2.502	0.042	1.7%	2.433	0.020	0.8%	2.583	0.026	1.0%	2.433	0.012	0.5%
High pluse	3.135	0.044	1.4%	3.006	0.023	0.8%	3.163	0.036	1.1%	2.965	0.030	1.0%

Table 2. (b) Screen speed relative of green systems in FG 3 screen with each film with the BRH canonical beam measured in five independent experiments

(b) Relative speed for BRH canonical beam

Film	Konica MG	Konica MGH	Fuji HR-G	Fuji HR-C	Fuji HR-L	Fuji HR-S	Kodak T-MAT G	
Screen	Avg. Speed	SDm % SDm	Avg. Speed	SDm % SDm	Avg. Speed	SDm % SDm	Avg. Speed	
FG 3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
FG 4	1.668	0.013 0.8%	1.667	0.014 0.8%	1.730	0.007 0.4%	1.722	0.009 0.5%
FG 6	2.333	0.009 0.3%	2.344	0.017 0.7%	2.378	0.025 1.1%	2.400	0.016 0.7%
FG 8	3.296	0.025 0.8%	3.221	0.015 0.5%	3.373	0.014 0.4%	3.357	0.017 0.5%
KF	0.734	0.006 0.8%	0.762	0.004 0.5%	0.731	0.004 0.5%	0.745	0.003 0.4%
KM	2.168	0.018 0.8%	2.138	0.016 0.7%	2.178	0.017 0.8%	2.178	0.009 0.4%
KR	3.266	0.027 0.8%	3.207	0.030 0.9%	3.221	0.025 0.8%	3.237	0.036 1.1%
					3.236	0.021 0.6%	3.134	0.033 1.1%

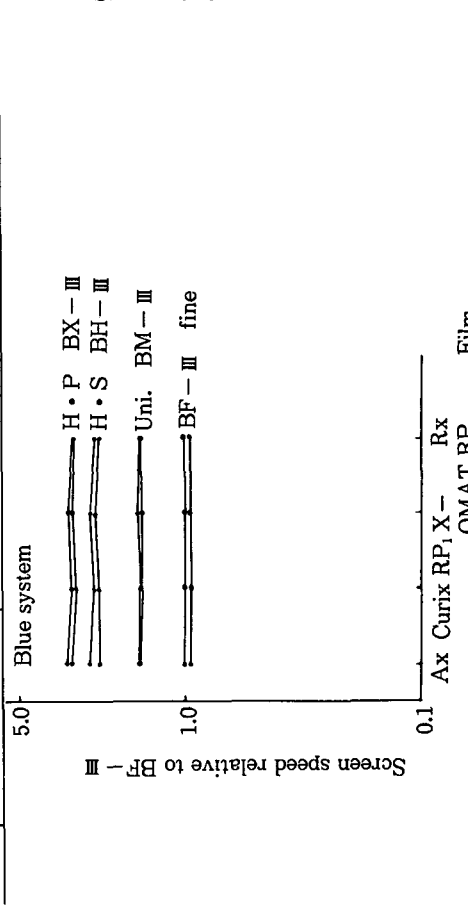
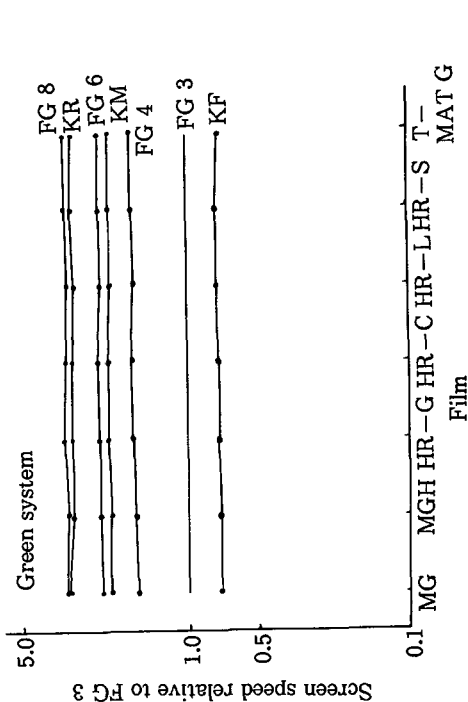


Fig. 1. (a) Screen speed relative to BF-III screens with various films for the BRH canonical beam. Fig. 1. (b) Screen speed relative to FG 3 screens with various films for the BRH canonical beam.

Table 3. (a) Screen speed relative of blue systems in BF-III screen with each film with the ANSI chest phantom measured in five independent experiments

(a) Relative speeds for ANSI chest phantom

Film	Konica Ax			Agfa Curix RP ₁			Kodak X-OMAT RP			Fuji New Rx		
	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm
BF-III	1.000			1.000			1.000			1.000		
BM-III	1.573	0.038	5.3%	1.529	0.411	6.0%	1.559	0.040	5.8%	1.529	0.030	4.4%
BH-III	2.442	0.101	9.2%	2.445	0.115	10.5%	2.526	0.127	11.3%	2.373	0.087	8.2%
BX-III	3.082	0.164	11.9%	2.991	0.146	10.9%	3.144	0.188	13.4%	2.745	0.059	4.8%
Fine	0.840	0.01	4.4%	0.806	0.015	4.1%	0.832	0.013	3.6%	0.848	0.014	3.8%
Universal	1.394	0.022	3.5%	1.368	0.019	3.1%	1.460	0.028	4.3%	1.395	0.029	4.7%
High speed	2.271	0.029	2.8%	2.253	0.059	5.9%	2.411	0.025	2.3%	2.200	0.045	4.6%
High plus	2.724	0.098	8.1%	2.689	0.107	8.9%	2.932	0.103	7.9%	2.625	0.089	7.6%

Table 3. (b) Screen speed relative of green systems in FG 3 screens with each film with the ANSI chest phantom measured in five independent experiments

(b) Relative speeds for ANSI chest phantom

Film	Konica MG			Konica MGH			Fuji HR-G			Fuji HR-C			Fuji HR-L			Fuji HR-S			Kodak T-MAT G		
	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm	Avg. Speed	SDm	% SDm
FG 3	1.000			1.000			1.000			1.000			1.000			1.000			1.000		
FG 4	1.691	0.021	2.7%	1.676	0.024	3.2%	1.700	0.028	3.6%	1.707	0.026	3.5%	1.668	0.020	2.7%	1.690	0.007	0.9%	1.646	0.023	3.2%
FG 6	2.283	0.052	5.1%	2.336	0.047	4.5%	2.277	0.082	8.0%	2.379	0.037	3.5%	2.314	0.044	4.3%	2.357	0.048	4.6%	2.263	0.056	5.6%
FG 8	3.168	0.086	6.1%	3.301	0.078	5.3%	3.202	0.120	8.4%	3.389	0.039	2.6%	3.270	0.076	5.2%	3.273	0.101	6.9%	3.170	0.104	7.3%
KF	0.706	0.037	11.8%	0.724	0.029	8.8%	0.686	0.043	14.0%	0.697	0.097	6.3%	0.742	0.042	12.7%	0.667	0.030	9.9%	0.701	0.030	9.4%
KM	1.981	0.107	12.1%	2.076	0.073	7.9%	1.969	0.096	10.9%	2.105	0.689	7.4%	2.096	0.073	7.8%	1.967	0.085	9.7%	1.955	0.112	12.8%
KR	2.981	0.147	11.0%	3.250	0.144	9.9%	2.914	0.194	14.9%	3.248	0.127	8.7%	3.268	0.153	10.5%	3.028	0.173	12.8%	3.015	0.177	13.1%

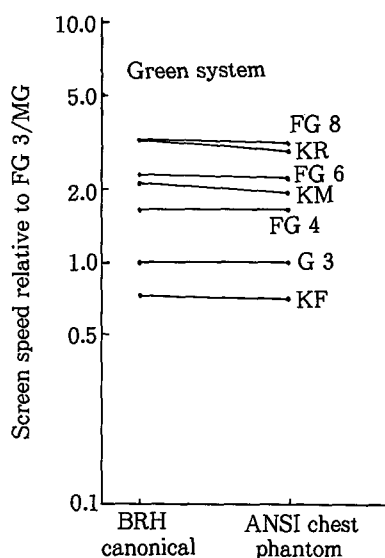
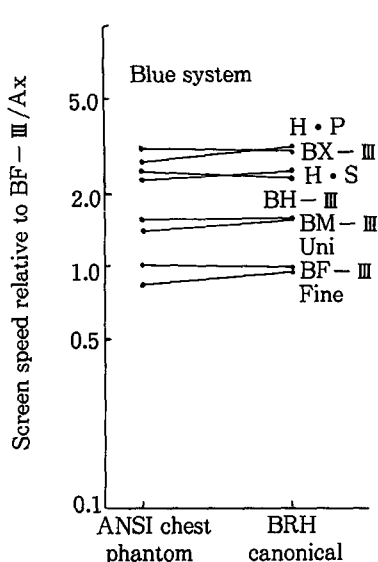


Fig. 2. (a) Relative speed of blue screen-film system obtained at two beam qualities

Fig. 2. (b) Relative speed of green screen-film system obtained at two beam qualities

Table 4. Speed of blue-sensitive films relative to Ax-film with BM-III screen and speed of green-sensitive films relative to MG-film with FG 4 screens at two beam qualities measured in five independent measurements

(a) Blue system

Beam Quality	BRH Canonical			ANSI chest			
	Film	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm
Konica Ax		1.000			1.000		
Agfa Curix RP ₁		0.880	0.018	7.1%	0.917	0.018	4.5%
Kodak X-OMAT RP		0.844	0.013	3.5%	0.984	0.035	8.0%
Fuji New Rx		1.191	0.007	1.2%	1.191	0.007	1.2%

(b) Green system

Beam Quality	BRH Canonical			ANSI chest			
	Film	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm
Konica MG		1.000			1.000		
Konica MGH		1.043	0.019	4.1%	0.916	0.101	2.6%
Fuji HR-G		1.102	0.015	3.0%	1.088	0.027	5.6%
Fuji HR-C		1.102	0.019	3.8%	0.997	0.025	5.5%
Fuji HR-L		1.072	0.016	3.3%	0.863	0.015	3.9%
Fuji HR-S		1.052	0.009	2.0%	0.972	0.008	1.9%
Kodak T-MAT G		1.676	0.031	4.2%	1.586	0.029	4.1%

Table 5. (a) Relative speed of screen - film systems investigated in this study compared with BF - III / Ax with the BRH canonical beam
(a) Relative speed was calculated by using the average screen and film speed

Screen	Konica Ax		Agfa Curix RP ₁		Kodak X-OMAT RP		Fuji New Rx		Film Screen		Konica MG		Konica MGH		Fuji HR - G		Fuji HR - C		Fuji HR - L		Fuji HR - S		Kodak T - MAT G	
	BF - III	1.000	0.903	0.828	1.170	FG 3	1.607	1.668	1.707	1.716	1.691	1.630	2.607	2.781	2.955	2.871	2.820	4.489	4.889	4.889	4.889	4.889	4.889	4.889
BM - III	1.526	1.367	1.283	1.812	FG 4	2.680	2.781	2.955	2.871	2.820	2.820	4.489	3.910	4.118	3.945	3.892	6.254	6.254	6.254	6.254	6.254	6.254	6.254	6.254
BH - III	2.344	2.098	1.996	2.742	FG 6	3.749	3.910	4.059	4.118	3.945	3.892	6.254	5.373	5.761	5.497	5.498	8.793	8.793	8.793	8.793	8.793	8.793	8.793	8.793
BX - III	3.063	2.629	2.501	3.422	FG 8	5.297	5.373	5.758	5.761	5.497	5.498	8.793	1.271	1.278	1.265	1.219	1.906	1.906	1.906	1.906	1.906	1.906	1.906	1.906
Fine	0.951	0.851	0.793	1.113	KF	1.180	1.271	1.248	1.278	1.265	1.219	1.906	3.566	3.737	3.615	3.501	5.626	5.626	5.626	5.626	5.626	5.626	5.626	5.626
Universal	1.550	1.380	1.313	1.796	KM	3.484	3.566	3.718	3.737	3.615	3.501	5.626	5.349	5.555	5.300	5.275	8.322	8.322	8.322	8.322	8.322	8.322	8.322	8.322
High speed	2.502	2.197	2.139	2.847	KR	5.248	5.349	5.498	5.555	5.300	5.275	8.322												
High pluse	3.135	2.714	2.619	3.469																				

Table 5. (b) Relative speed of screen - film systems investigated in this study compared with BF - III / Ax with the ANSI chest phantom
(b) Relative speed was calculated by using the average screen and film speed

Screen	Konica Ax		Agfa Curix RP ₁		Kodak X-OMAT RP		Fuji New Rx		Film Screen		Konica MG		Konica MGH		Fuji HR - G		Fuji HR - C		Fuji HR - L		Fuji HR - S		Kodak T - MAT G	
	BF - III	1.000	0.933	0.983	1.214	FG 3	1.933	1.788	2.211	2.008	1.994	1.884	3.154	2.997	3.428	3.326	3.184	5.188	5.188	5.188	5.188	5.188	5.188	5.188
BM - III	1.573	1.427	1.532	1.856	FG 4	3.269	2.997	3.759	3.428	3.326	3.184	5.188	4.177	4.777	4.614	4.441	7.138	7.138	7.138	7.138	7.138	7.138	7.138	7.138
BH - III	2.442	2.281	2.483	2.881	FG 6	4.413	4.177	5.034	4.777	4.614	4.441	7.138	5.902	6.805	6.520	6.166	9.998	9.998	9.998	9.998	9.998	9.998	9.998	9.998
BX - III	3.082	2.791	3.091	3.332	FG 8	6.124	5.902	7.070	6.805	6.520	6.166	9.998	1.365	1.400	1.480	1.257	2.211	2.211	2.211	2.211	2.211	2.211	2.211	2.211
Fine	0.840	0.752	0.818	1.029	KF	1.365	1.295	1.517	1.400	1.480	1.257	2.211	3.829	4.227	4.179	3.706	6.166	6.166	6.166	6.166	6.166	6.166	6.166	6.166
Universal	1.394	1.276	1.435	1.694	KM	3.829	3.712	4.353	4.227	4.179	3.706	6.166	5.811	6.522	6.516	5.705	9.509	9.509	9.509	9.509	9.509	9.509	9.509	9.509
High speed	2.271	2.102	2.370	2.671	KR	5.762	5.811	6.443	6.522	6.516	5.705	9.509												
High pluse	2.724	2.509	2.882	3.187																				

2. 절대감도의 측정

BRH phantom을 사용하고 blue system과 green system에서의 평균 절대감도, 표준편차 및 평균치의 표준편차를 산출한 결과는 Table 6(a, b)와 같다. 증감지의 평균 절대감도는 blue system에서 필름에 따라 0.216-1.791까지로 차이가 크게 나타났으며, 그 평균치의 표준편차는 10% 미만으로(high pluse screen에 Ax, X-OMAT RP 필름 제외) 나타났다(Table 6(a) 참조). Green system에서의 증감지 절대감도는 필름에 따라 0.292-7.341까지 차이가 크게 나타났으며, 평균치의 표준편차는 5% 미만으로 나타났다(Table 6(b) 참조).

이상의 결과에서 알 수 있듯이 증감지의 평균 절대감도는 필름에 따라 차이가 있고, Blue system에 비해 green system에서 평균치의 표준편차가 크다는 것을 알 수 있다(Fig. 3(a, b) 참조).

Table 7은 BRH phantom 사용시 blue system과 green system의 평균절대감도를 필름에 따라 산출한 결과로 필름에 따라 차이가 크게 나타났다(Table 7 참조).

3. 상대감도와 절대감도의 비교

Table 8(a)는 BRH phantom 사용시 blue system의 상대감도 및 절대감도를 BM-III/AX를 기준으로 했을 때의 결과이다. 또 Table 8(b)는 BRH phantom 사용시 green system의 상대감도 및 절대감도를 FG 4/MG를 기준했을 때의 결과이다. Blue system에서의 상대감도와 절대감도의 관계는 Fig. 4(a)와 같다.

Green system의 상대감도와 절대감도의 관계는 Fig. 4(b)와 같다.

Fig. 4(a, b)에서와 같이 blue system은 필름의 종류에 따라 절대감도와 상대감도의 관계가 명확히 달라지며, green system은 필름의 종류에 따라 절대감도와 상대감도의 관계가 명확치 않다.

V. 考 察

증감지/필름계의 관계는 형광체의 재질, 형광체 층의 두께, 필름의 감도, cross over, X선의 선질, 산란선, 현상조건 등 많은 인자에 따라 영향을 받고 있으며, 그 표시로써는 일반적으로 상대감도와 함께 절대감도가 이용되고 있으나 상대감도가 보편화 되고 있다¹¹⁾. 그 이유로써 상대감도는 절대감도에 비해서 산출이 간단하며 임상응용에서는 상대감도의 표시가 현실적이라는 것 등을 생각할 수 있다¹²⁾. 이에 따라 각 제도 메이카에서는 감도가 중간정도의 증감지와 필름을 기준으로 하고 있으나 실제 각 증감지의 감도를 표시하는데 연결된 필름을 표시하는 경우는 극히 드물다.

본 연구에서는 새로운 증감지-필름의 연결로써 blue system 32종, green system 49종으로 총 81종류를 연결하여 상대감도와 절대감도를 효율있게 측정하였다.

그 결과 상대감도의 평균치의 표준편차는 BRH phantom 사용시에 1.9%미만 이었으나, blue system에서 1.7%로 green system보다 작아서 BRH report의 精度와 거의 동등하다¹¹⁾. 그러나 선질이 틀리는 ANSI phantom을 쓸 경우 blue system의 평균치에 대한 표준편차가 대체적으로 1.0% 이하였으나 13.4%도 있었다. 이에 대해서 green system의 평균치에 대한 표준편차는 1.0% 이상이 상당수로 14.9%도 있었으며, 감도가 올라감에 따라 BRH phantom에 비해서 ANSI phantom 사용시에는 약간의 감도 저하가 있었다.

이는 小寺⁹⁾의 3~6.2%에 비하면 큰 차이를 나타내고 있다. 특히 감도가 높은 것은 11.8~14.9%로 현저하다.

이것은 증감지의 발광 스펙트럼과 필름의 분광감도의 연결에서 차이가 있어 일어나는 것이다. 똑같은 Blue 증감지에서 짧은 파장의 빛을 내는 것으로부터 가장 긴 파장의 빛을 내는 것이 있어 대부분 필름의 상대적 감도의 표준편차는 4% 이하이다¹¹⁾.

Table 6. (a) Absolute speed (mR^{-1}) of screen - film system investigated in this study with the BRH canonical beam
 (a) Absolute speed (mR^{-1}) of blue systems

Film	Konica Ax			Agfa Curix RP ₁			Kodak X-OMAT RP			Fuji New Rx		
	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm
Screen												
BF-III	0.397	0.008	4.3%	0.245	0.002	1.9%	0.415	0.005	2.7%	0.413	0.004	0.3%
BM-III	0.680	0.015	4.9%	0.486	0.002	0.8%	0.687	0.008	2.8%	0.702	0.004	1.3%
BH-III	1.149	0.029	5.6%	0.840	0.006	1.6%	1.272	0.026	4.6%	1.238	0.008	1.4%
BX-III	1.656	0.068	9.0%	1.144	0.005	0.9%	1.670	0.074	9.9%	1.573	0.011	1.6%
Fine	0.367	0.009	5.6%	0.216	0.004	4.8%	0.390	0.005	3.0%	0.379	0.003	2.0%
Universal	0.721	0.013	3.9%	0.502	0.002	0.9%	0.741	0.012	3.6%	0.707	0.006	1.9%
High speed	1.292	0.039	6.7%	0.916	0.005	1.4%	1.426	0.042	6.7%	1.292	0.006	1.1%
High plus	1.770	0.093	11.8%	1.251	0.011	2.0%	1.791	0.086	10.7%	1.629	0.012	1.7%

Table 6. (b) Absolute speed (mR^{-1}) of screen - film system investigated in this study with the BRH canonical beam
 (b) Absolute speed (mR^{-1}) of green systems

Film	Konica MG			Konica MGH			Fuji HR-G			Fuji HR-C			Fuji HR-L			Fuji HR-S			Kodak T-MAT G					
	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm	Avg. speed	SDm	% SDm			
Screen																								
FG 3	0.914	0.009	2.2%	1.198	0.012	2.2%	1.159	0.008	1.5%	1.183	0.018	3.4%	1.107	0.013	2.6%	1.107	0.013	2.6%	0.966	0.010	2.3%	1.868	0.032	3.8%
FG 4	1.699	0.037	4.8%	2.666	0.044	3.7%	2.184	0.017	1.7%	2.255	0.030	3.0%	2.071	0.042	4.5%	2.071	0.042	4.5%	1.849	0.034	4.0%	4.590	0.078	3.8%
FG 6	2.287	0.018	1.8%	5.217	0.061	2.6%	3.408	0.041	2.7%	4.039	0.022	1.2%	3.403	0.053	3.5%	3.403	0.053	3.5%	2.739	0.020	1.6%	6.573	0.061	2.1%
FG 8	3.341	0.032	2.1%	6.794	0.020	0.7%	3.984	0.004	0.3%	6.029	0.080	2.9%	5.740	0.124	4.8%	5.740	0.124	4.8%	3.442	0.020	1.3%	7.341	0.036	1.1%
KF	0.623	0.008	2.7%	0.820	0.013	3.7%	0.738	0.005	1.6%	0.765	0.005	1.5%	0.688	0.009	3.1%	0.688	0.009	3.1%	0.593	0.006	2.4%	1.263	0.036	6.4%
KM	2.155	0.012	1.2%	4.529	0.023	1.1%	2.895	0.024	1.9%	3.381	0.040	2.6%	2.879	0.048	3.7%	2.879	0.048	3.7%	2.377	0.031	2.9%	6.206	0.057	2.1%
KR	3.325	0.041	2.7%	6.649	0.024	0.8%	3.906	0.006	0.4%	5.638	0.030	1.2%	5.430	0.085	3.5%	5.430	0.085	3.5%	3.329	0.021	1.4%	7.238	0.052	1.6%

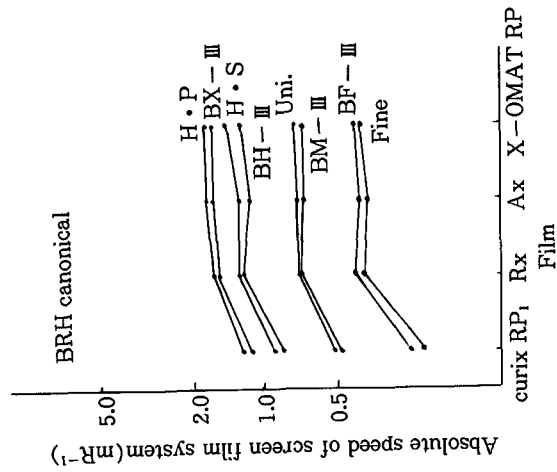


Fig. 3. (a) Absolute speed of blue screen-film systems with various films for the BRH canonical beam

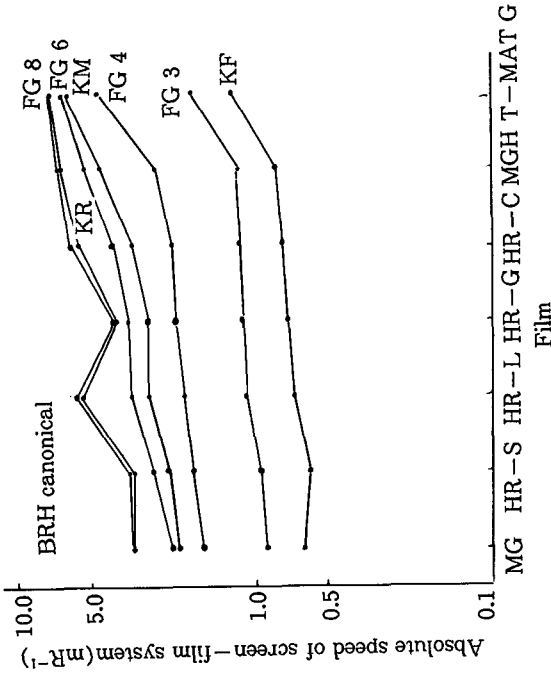


Fig. 3. (b) Absolute speed of green screen-film systems with various films for the BRH canonical beam

Table 7. Absolute speed (mR^{-1}) of screen-film system investigated in this study with the BRH canonical beam

Screen	Konica		Agfa		Kodak		Fuji		Film					
	Ax	Curix RP ₁	Curix RP ₁	X-OMAT RP	X-OMAT RP	New Rx	Screen	MG	MGH	Fuji HR-G	Fuji HR-C	Fuji HR-L	Fuji HR-S	Kodak T-MAT G
BF-III	0.397	0.245	0.415	0.415	0.413	0.413	FG 3	0.914	1.198	1.159	1.183	1.107	0.966	1.868
BM-III	0.680	0.486	0.687	0.687	0.702	0.702	FG 4	1.699	2.666	2.184	2.255	2.071	1.849	4.590
BH-III	1.149	0.840	1.272	1.272	1.238	1.238	FG 6	2.287	5.217	3.408	4.039	3.403	2.739	6.573
BX-III	1.656	1.144	1.670	1.670	1.573	1.573	FG 8	3.341	6.794	3.984	6.029	5.740	3.442	7.341
Fine	0.367	0.216	0.390	0.390	0.379	0.379	KF	0.623	0.820	0.738	0.765	0.688	0.593	1.263
Universal	0.721	0.502	0.741	0.741	0.707	0.707	KM	2.155	4.529	2.895	3.381	2.879	2.377	6.206
High speed	1.292	0.916	1.426	1.426	1.292	1.292	KR	3.325	6.649	3.906	5.638	5.430	3.329	7.238
High plus	1.770	1.251	1.791	1.791	1.629	1.629								

Table 8. (a) Absolute speed of blue screen - film system Vs relative screen speed compared with BM - III / Ax, measured for the BRH canonical beam

Speed	Relative speed					Absolute speed				
	Film	Konica Ax	Agfa Curix RP1	Kodak X-OMAT RP	Fuji New Rx	Film	Konica Ax	Agfa Curix RP1	Kodak X-OMAT RP	Fuji New Rx
Screen						Screen				
BF - III		0.655	0.530	0.456	0.910	BF - III	0.584	0.360	0.610	0.607
BM - III		1.000	0.803	0.707	1.410	BM - III	1.000	0.715	1.010	1.032
BH - III		1.536	1.232	1.100	2.133	BH - III	1.690	1.235	1.871	1.821
BX - III		2.007	1.544	1.378	2.662	BX - III	2.435	1.682	2.456	2.313
Fine		0.623	0.499	0.437	0.866	Fine	0.540	0.318	0.574	0.557
Universal		1.016	0.810	0.723	1.397	Universal	1.060	0.738	1.090	1.040
High speed		1.640	1.290	1.179	2.214	High speed	1.900	1.347	2.097	1.900
High pluse		2.054	1.594	1.444	2.699	High pluse	2.603	1.840	2.634	2.396

Table 8. (b) Absolute speed of green screen - film system Vs Relative Screen speeds compared with FG 4/MG, measured for the canonical beam.

Speed	Relative speed					Absolute speed								
	Film	Konica MGH	Fuji HR - G	Fuji HR - C	Fuji HR - L	Kodak T- MAT G	Screen	Konica MG	Konica MGH	Fuji HR - G	Fuji HR - C	Fuji HR - L	Fuji HR - S	Kodak T- MAT G
Screen							Screen							
FG 3	0.599	0.625	0.660	0.660	0.642	1.004	FG 3	0.538	0.705	0.682	0.696	0.651	0.569	1.099
FG 4	1.000	1.041	1.137	1.137	1.090	1.729	FG 4	1.000	1.569	1.285	1.327	1.219	1.088	2.701
FG 6	1.399	1.465	1.569	1.584	1.498	2.409	FG 6	1.346	3.070	2.006	2.377	2.002	1.612	3.868
FG 8	1.976	2.013	2.226	2.216	2.087	3.386	FG 8	1.966	3.998	2.345	3.548	3.378	2.026	4.320
KF	0.440	0.476	0.482	0.492	0.480	0.734	KF	0.367	0.483	0.434	0.450	0.405	0.349	0.743
KM	1.300	1.336	1.437	1.437	1.373	2.167	KM	1.268	2.665	1.703	1.990	1.694	1.399	3.652
KR	1.958	2.004	2.126	2.136	2.012	3.205	KR	1.957	3.913	2.299	3.318	3.195	1.959	4.259

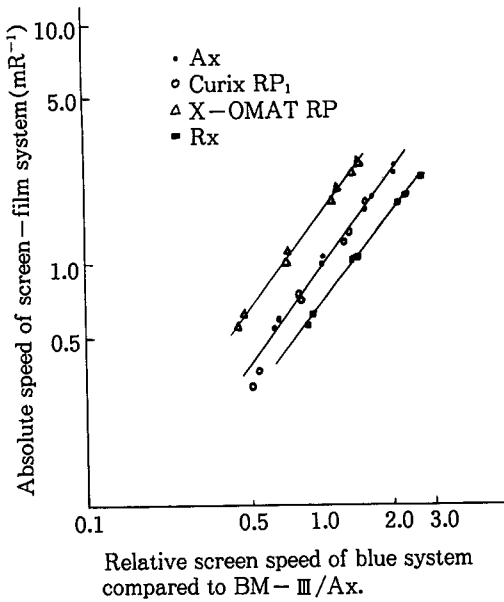


Fig. 4. (a) Absolute speed of blue screen-film system VS relative screen speed compared with BM-III screen, measured for the BRH canonical beam.

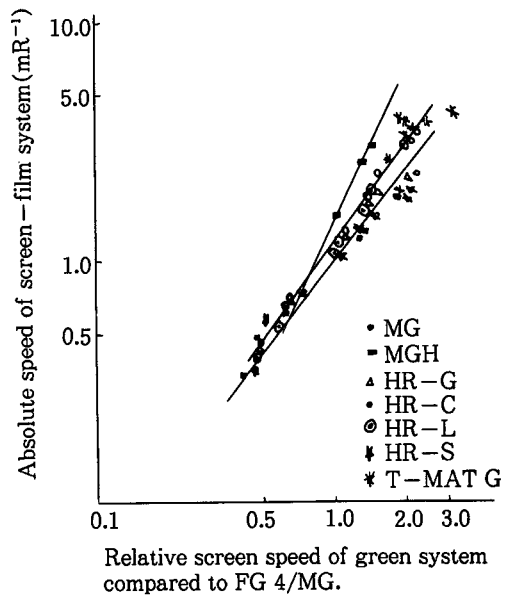


Fig. 4. (b) Absolute speed of green screen-film systems VS relative screen speeds compared with FG 4 screen, measured for the BRH canonical beam.

절대감도의 측정방법은 ANSI phantom을 기준으로 쓰여지는 방법과는 약간 다르며, 본 실험에서는 BRH 기준 선질로 하였다. 절대감도와 상대감도와의 관계는 blue system에서는 명확하나 green system은 그렇지 않다는 것도 특이한 현상이다.

이상과 같이 증감지/필름계의 상대감도는 절대감도보다 精度 있게 측정할 수 있었다. 그 이유는 상대감도의 측정에서는 선량계를 사용하지 않아서 그 오차를 무시할 수 있기 때문이라 사료된다.

증감지와 필름을 조합시킬 경우에 전체적인 감도는 사용하고 있는 전면 및 후면 증감지의 감도 및 필름의 감도에 관계되고 있다. 그러나 그 밖의 증감지의 발광 스펙트럼과 필름의 분광감도 특성, 필름의 유제번호, Cross over효과, 직접 X선의 기여율과 자동현상기의 현상조건의 변화 등 복잡한 인자가 관계된다. 본 연구의 결과에서도 증감지/필름 조합의 감도에 따라 크게 의존하고 있었다.

VI. 結 論

Blue system 및 green system에서 각 한 종류의 기준 증감지의 상대감도를 2개의 선질에서 spilt-screen법으로 하여 blue계의 32종류와 green계의 49종류에 대하여 5회 측정하였다. 또 절대감도는 한개의 선질에서 측정, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 상대감도의 평균치의 표준편차는 두 선질에서 모두 blue계가 green계보다 더 작으며, BRH phantom시가 ANSI chest phantom시보다 감도의 평균치의 표준편차가 더 작게 나타났다.
- 2) 필름의 감도는 두 선질에서 모두 blue계에서는 Fuji New Rx가 가장 크며, green계에서는 Kodak T-MAT G가 가장 크게 나타났다.
- 3) BF-III/AX를 기준으로 했을 때의 감도는 ANSI chest phantom을 사용했을 때 green계가 약간 크게 나타났다.

- 4) BRH phantom사용시 절대감도의 평균치의 표준편차는 green계가 blue계보다 작게 나타났다.
- 5) 상대감도와 절대감도의 관계에서 보면 blue계보다 green계에서의 필름에 대한 차이가 많음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 瀧澤達兒・加地昭夫：増感紙，極光 X-ray, No.19 1~33, 1962.
2. R.A.Buchanan, S.I.Frenkelstein, and K.A. Wickersheim, X-ray exposure reduction Using rare earth oxysulfide intensifying screen, Radiology, 105 : 185~190, 1972.
3. 許俊・金昌均・稀土類系 増感紙에 관한 研究, 韓放技研誌 1(1) : 15~24, 1978
4. 許俊：稀土類 増感紙와 필름에 對한 評價, 韓放技研誌 4(1) : 3~7, 1981
5. 許俊・金昌均・姜弘錫・李善淑・李寅子：Fuji 稀土類 増感紙와 整色필름에 관한 檢討, 韓放技學誌, 7(1) : 71~77, 1984.
6. 강홍석・박준철・신화수・이인자・허준・안봉선：편면증감지-필름계의 성능실험, 韓放技學誌, 10(1) : 55~59, 1987.
7. Gunnila HOLJE・Kunio Doi：新しいスクリーン-フィルム系の感度，セントメリー，解像・おすひ雜音特性．日本放射線技術學會雜誌, 39(4) : 426~447, 1983.
8. 小寺吉衛・土井邦雄・陳 衡萍：シカゴ大學における醫用畫像研究につて-増感紙 フィルム系の感度とX線吸收特性-日本放射線技術學會雜誌, 41(3) : 516~531, 1985.
9. 小寺吉衛・土井邦雄：放射線畫像用増感紙フィルム系の感度，日本放射線技術學會, 1~44, 1988.
10. 姜弘錫・許俊・増感紙-Film系の 感度測定에 關한 實驗, 韓放技學誌, 11(1) : 3~15, 1988.
11. 東田善治・勝田昇・洞田寬 誠志・肥合康弘・平田幸徳・守部伸幸・高橋睦正・小寺吉衛：増感紙 フィルム感度の測定, 2.相對感度および絶對感度の測定, 日本放射線技術學會雜誌, 44(4) : 435~448, 1988.
12. 東田善治・勝田 昇・洞田寬 誠志・肥合康弘・平田幸徳・守部伸幸・高橋睦正・小寺吉衛：増感紙-フィルム感度の測定, 1.絶對感度の測定, 日本放射線技術學會雜誌, 44(4) : 425~434, 1988.