

# X선영상증배관의 상대변환계수 측정에 관한 검토

동아엑스선기계 방사선기술연구소

김성철 · 신성일 · 이선숙 · 허 준

신구전문대학 방사선과

김 성 수

- Abstract -

## The Study on Measurement of Relative Conversion Factor in X-ray Image Intensifier

Sung Chul Kim · Sung Ill Shin · Sun Sook Lee · Joon Huh  
*Institute of Radiological Technology, Dong A X-ray Co., LTD.*

Sung Soo Kim  
*Dept. of Radiologic Technology, Shin Gu College*

For the Evaluation of X-ray image intensifier, we measured radiation dose at input of I. I., brightness and fluorescence at output of I. I. by using X-ray exposure meter, optometer and fluorescence meter for the relative conversion factor.

Especially, by using fluorescence meter, we could easily get relative conversion factor without having regulated machine by JIS.

Since using, the quality of image intensifier is going down.

Consequently, it needs continuous quality maintenance.

### I. 서 론

X선영상증배관(X-ray image intensifier tube : 이하 I. I로 약칭)은 IVR, DSA, 투시촬영검사에 많이 사용되고 있다. I. I의 성능은 입사 X선량을 빛으로 변환시키는 효율 즉 변환계수(이하 Gx로 약칭)로 표시하고 있다.

Gx에 관해서는 JIS(Z472), IEC(International Electrotechnical Commission)에 그 정의와 측정법이 규정되고 있으며 「I. I 입사면에서 입사 X선의 평균선량율에 대한 출력상의 평균휘도의 비」로 나타내고 있다.<sup>1~3)</sup>

임상에서 사용되고 있는 I. I는 사용하는데 따라 경시적으로 변화되어 휘도가 열화되고 성능이 저하된다. 이에 따라 피사체대조도가 저하되어 진단능을 유지하기 위하여는 X선출력을 증가시키게 되며, 피폭선량을 증대시키는 문제가 발생된다.<sup>5,6)</sup>

그러나 I. I의 성능관리를 위해 이를 측정시는 전용의 선량계와 휘도계가 필요하고 또한 I. I의 출력면에 있는 광학계를 제거시키고 렌즈출력면의 휘도를 측정해야 하므로 지금까지 사용자측면에서 실시하기란 매우 어려운 점이 있었다.<sup>7)</sup> 이번에 저자 등은 사용자측면에서 I. I의 휘도를 평가·관리할 방안을 강구하기 위해서 기초적인 실험을 하고 아울러 평상시 사용되고 있던 형광량계로 입사X-선 선량률과 출력형광면의 형광량을 측정하여 상대휘도를 측정할 수 있는 방안을 검토한 바 있어 그 내용을 보고하는 바이다.

### II. 사용장치 및 기자재

· X선장치 : 동아 DXG-550(RF-500-150, 총여과 2.3 mmAl)

- 관전압측정기 : Digital kVp meter(Model 240 A, RMI)
- 관전류측정기 : mA/mAs meter(Model 35035, KET HELY)
- X-ray Image Intensifier Tube : 6 inch(Model BE 5759G-P1, TOSHIBA)
- 전리조식선량(율)계 : Exposure meter(Model 2025 AC, RADCAL. Chamber : 60 cc)
- 휘도계 : Precision optometer(Model 352, RMI)
- 형광량계 : Fluorescence meter(Model F-11, ALCO Eletric Co., Detect screen : LF-II front screen)
- 흡수체 : 20 mmAl
- 뉴트린필터 : 투과율 1% 조정용

### III. 방법 및 결과

#### 1. 상대변환계수의 측정방법

I. I의 상대변환계수를 측정하는데 사용된 휘도계와 형광량계는 그림 1과 같으며 측정방법의 배치도는 그림 2와 같다.

이때 입력 조사선량율의 측정은 I. I의 입사면의 중심

축에 수직이 되게 선량계 및 형광량계의 검출부를 배치하고 실시하였다.

I. I출력면의 휘도측정시는 광학계(카메라부)를 분리후 휘도계의 검출부를 활상관(I. I 출력면)면에 부착 고정시켰고, 형광량계를 사용하여 상대휘도를 측정할 경우는 형광량계의 detector앞에 있는 알루미늄커버와 형광검출용 증감지를 제거시키고 뉴트린필터(자가제작-빛 투과율1%)를 부가하여 측정하였다. 선량과 휘도 및 상대휘도는 각기 5회 측정하여 평균치로 하였으며 변환계수  $G_x$ 는 다음식에 따라 산출하였다.

$$G_x = \frac{L}{\dot{X}}$$

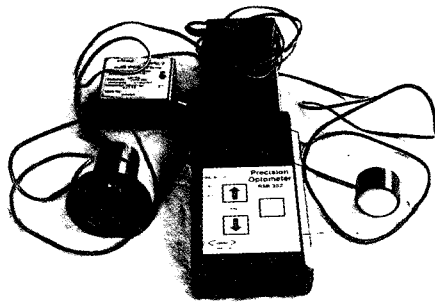
$G_x$  : 변환계수( $cd \cdot m^{-2} / \mu C \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$ )

$L$  : 출력상의 평균휘도( $cd/m^2$ )

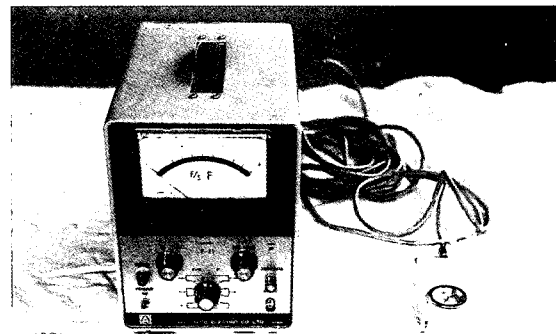
$\dot{X}$  : 입력X선의 평균조사선량율( $\mu C \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$ )

#### 2. I. I입사 X선속의 선질

I. I 변환계수의 측정시 I. I 입사X선의 선질은 제1반가



Optometer



Fluorescence meter

Fig. 1. Appearance of the measurement meter

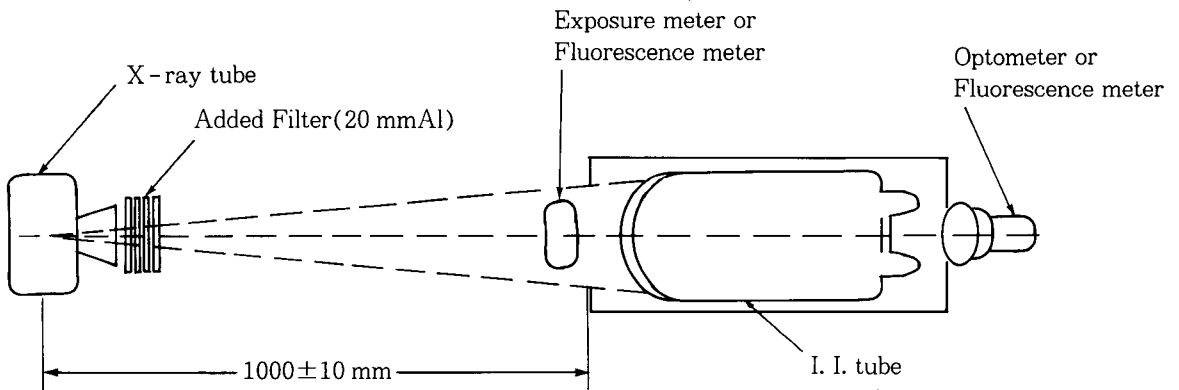


Fig. 2. The schematic illustration of experimental method

층이  $7 \pm 0.2$  mmAl당량으로 규정되어 있으며, 이는 관전압 75 kV에서 총여과  $22 \pm 0.5$  mmAl 시의 선질에 해당한다.<sup>1~2)</sup> 이에 제1반가층 7 mmAl당량을 구하기 위해서 총여과가 22 mmAl당량이 되게 콜리메타앞에 20 mmAl을 붙이고 관전류 1 mA에서 관전압을 65 kV부터 5 kV 간격으로 변화시키며 각 관전압에서의 반가층을 측정하였다. 그 결과 그림 3과 같이 제1반가층이 7 mmAl에 해당 되는 선질은 관전압 73 kV로 나타나 IEC, JIS의 규정과 비슷한 결과치가 나와서 전체 실험에서 총여과를 22 mmAl로 실시하였다. 이를 실효에너지로 환산하면  $50 \pm 1$  keV가 되었다.

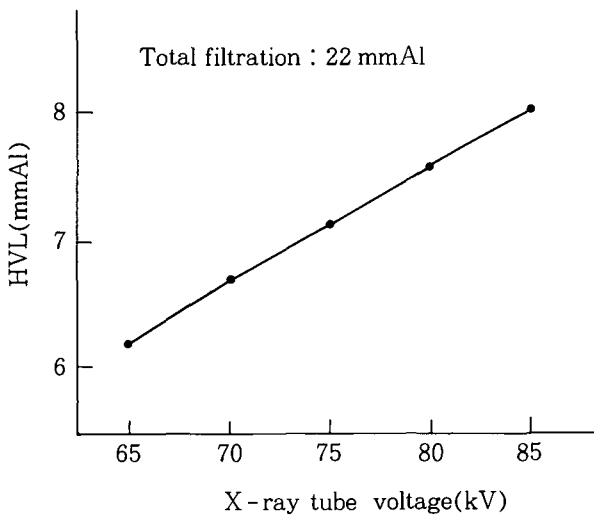


Fig. 3. Half value layer at input of I. I. when changed X-ray tube voltage

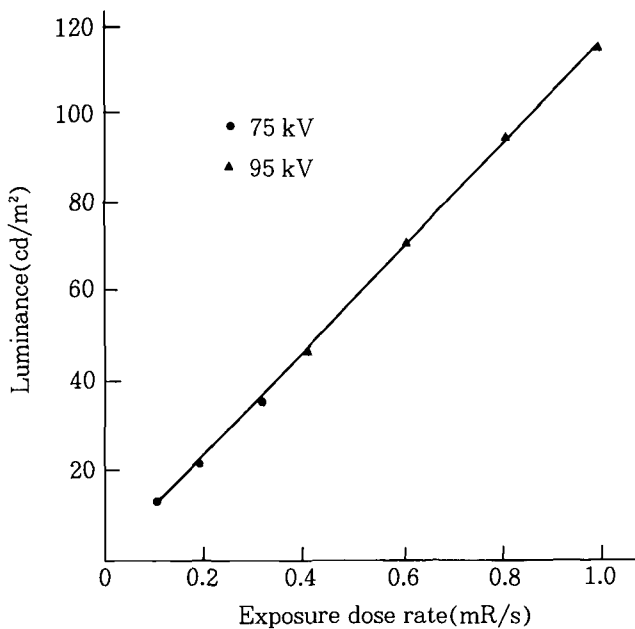


Fig. 4. Relationship exposure dose at input of I. I. and brightness at output of I. I.

### 3. 1.1 입사 X선 선량변동에 따른 I. I 출력휘도

I. I 입사면의 X선 선량율변동에 따른 출력휘도의 관계를 보기 위해 선량율을 0.1~1.0 mR/sec로 변화시키며 측정한 결과 그림 4와 같이 입력 X선 선량율변화에 따른 출력휘도는 비례적으로 증가하였다. 선량이 비교적 작은 관전압 75 kV와 선량이 많은 관전압 95 kV에서 다 같이 일치하고 있어 일반적으로 많이 사용되는 관전압 범위에서 상대변환계수를 측정하는데 별문제가 없다는 것을 알 수 있다.

### 4. 1.1 입사 X선 선량과 입사 형광량 비교

입사면의 선량율을 대신하여 측정할 형광량계의 형광체 특성을 알기 위해 일반적으로 많이 사용되며, 선질의 존성이 작은 청색발광의  $\text{CaWO}_4$ 계 저감도 전면증감지를 사용하여 선량율을 0.1~1.0 mR/sec로 변화 시키며 형광량과의 관계를 검토하였다. 그 결과 선량율 변화에 따른 형광량변화는 그림 5와 같이 비례적으로 증가하여 직선 관계를 보이고 있으며, 관전압 75 kV와 95 kV 사이에서도 전리조식 선량계와 형광량계의 선질에 따른 응답 특성은 거의 같다는 것을 알 수 있다.

### 5. 1.1 입사 X선 선량변동에 따른 I. I 출력면의 형광휘도

I. I 출력면에서 발광되는 형광휘도를 측정하기 위하여 형광량계의 검출부앞에 있는 알루미늄커버와 증감지를

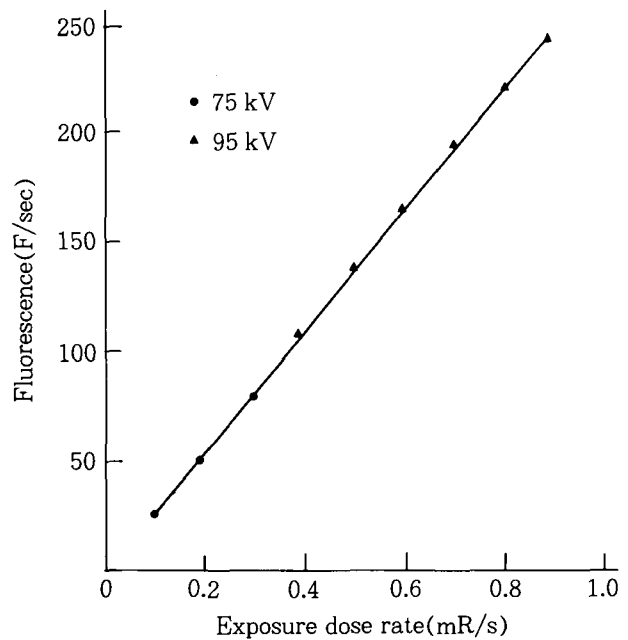


Fig. 5. Relationship X-ray exposure dose at input of I. I. and fluorescence at output of I. I.

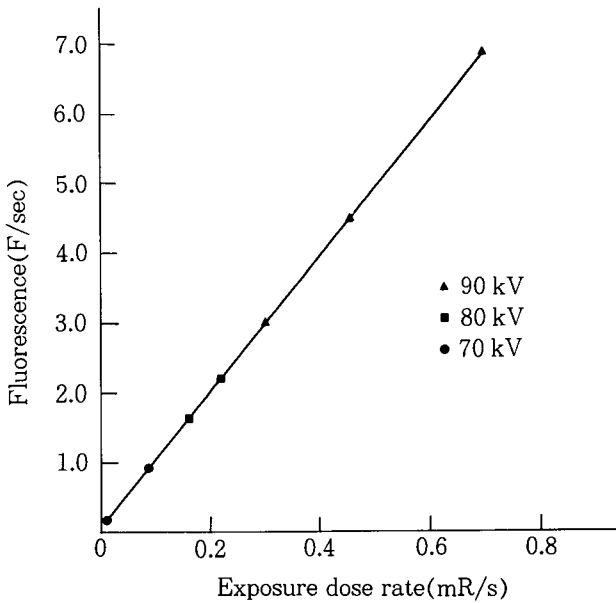


Fig. 6. Relationship between X-ray exposure dose rate at the entrance plans of the x-ray image intensifier and output fluorescence rate value

제거시킨 다음 휘도를 조정하기 위해서 투과도 1%의 뉴트린필터를 삽입하여 고정시키고 I.I입사 선량률에 따르는 출력면의 형광휘도를 측정하였다. 그 결과는 그림 6과 같이 직선 관계를 나타내고 있었으며 관전압 70 kV, 80 kV, 90 kV에서 거의 일치하고 있었다.

### 6. 경시변화에 따른 I.I의 상대변환계수

I.I의 경시적인 변화에 따른 성능을 평가하기 위해 동일 I.I모델중 사용년한이 5년인 I.I와 몇 개월 미만의 I.I에 대해 각각 전리조식 선량(율)계와 휘도계를 이용한 변환계수 측정법과 형광량계만을 이용한 상대변환계수 측정법 두 가지 방법으로 측정 비교하였다. 이때 사용되는 X선격자가 각기 다르므로 제거시키고 격자가 없는 상태에서 측정하였다.

표 1, 그림 7은 I.I 입사면의 선량율을 전리조식 선량(율)계로, I.I출력면의 상대휘도를 휘도계로 측정한 결과이고 표 2, 그림 8은 입사면의 선량율과 출력면의 상대휘도를 형광량계로 측정한 결과이다.

상대변환계수는 두 가지 방법 모두에서 비슷한 경향을 보이고 있으며, 형광량계로 측정한 값이 작게 나타난 것은 뉴트린필터 관계로 투과도를 조절하여 측정하였기 때문이다.

경시적인 변화로서 설치된지 5년이 경과된 B장치는 A장치에 비해서 약 50% 전후의 열화가 있었으며 이와 같은 현상은 형광량계만을 이용하여 측정한 방법에서도 일치되고 있었다.

Table 1. Relative conversion factor using optometer and exposure meter

#### A. Apparatus

kV	mA	Luminance (Cd/m <sup>2</sup> )	Exposure dose rate(mR/sec)	Conversion factor
70 kV	1.0 mA	7.3	0.060	121.67
	1.5 mA	22.1	0.202	109.41
	2.0 mA	31.5	0.262	120.38
80 kV	1.0 mA	13.5	0.113	119.46
	1.5 mA	40.0	0.342	116.96
	2.0 mA	66.4	0.525	126.48
90 kV	1.0 mA	23.5	0.193	121.76
	1.5 mA	59.2	0.508	116.46
	2.0 mA	99.4	0.755	131.66

#### B. Apparatus

kV	mA	Luminance (Cd/m <sup>2</sup> )	Exposure dose rate(mR/sec)	Conversion factor
70 kV	1.0 mA	6.7	0.117	57.26
	1.5 mA	11.9	0.197	60.41
	2.0 mA	16.1	0.277	58.12
80 kV	1.0 mA	11.81	0.182	64.89
	1.5 mA	22.6	0.340	66.47
	2.0 mA	33.3	0.480	69.38
90 kV	1.0 mA	17.6	0.242	72.73
	1.5 mA	36.9	0.503	73.36
	2.0 mA	55.4	0.755	73.38

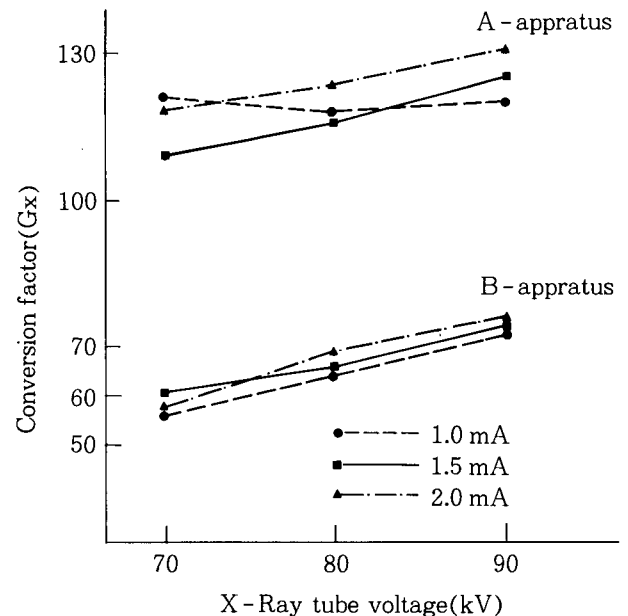


Fig. 7. Relative conversion factor using optometer and exposure meter.

Table 2. Relative conversion factor using fluorescence meter.

A. Apparatus

kV	mA	Output fluorescence (F/sec)	Input fluorescence (F/sec)	Relative Conversion factor
70 kV	1.0 mA	24.3	0.64	37.97
	1.5 mA	80.56	1.96	41.10
	2.0 mA	107.2	2.77	38.70
80 kV	1.0 mA	51.0	1.16	43.97
	1.5 mA	140.1	3.4	41.21
	2.0 mA	232.0	5.6	41.43
90 kV	1.0 mA	87.2	1.192	45.42
	1.5 mA	201	4.77	42.14
	2.0 mA	392	9.3	42.15

B. Apparatus

kV	mA	Output fluorescence (F/sec)	Input fluorescence (F/sec)	Relative Conversion factor
70 kV	1.0 mA	24.6	1.03	23.88
	1.5 mA	41.0	1.82	22.53
	2.0 mA	55.0	2.47	22.27
80 kV	1.0 mA	41.0	1.6	25.63
	1.5 mA	79.2	3.2	24.75
	2.0 mA	116.0	4.6	25.22
90 kV	1.0 mA	65.0	2.18	29.82
	1.5 mA	139.0	4.99	27.86
	2.0 mA	208.0	7.5	27.73

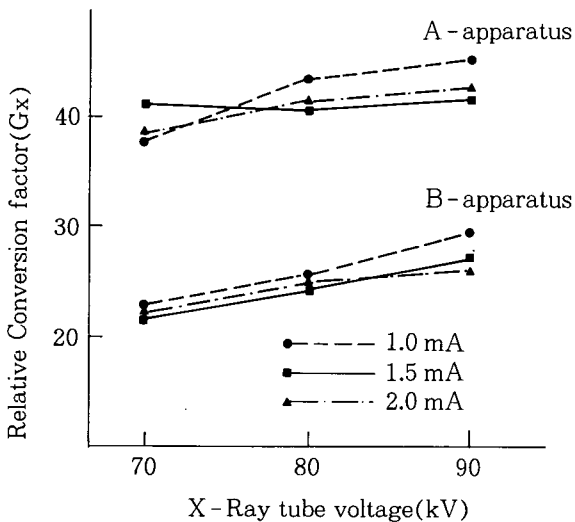


Fig. 8. Relative conversion factor using fluorescence meter.

IV. 고찰

IVR과 각종 투시검사가 급격하게 증가되고 있는 지금 활상계의 기본이 되는 I. I의 특성 중에서 감도측 휘도가 저하되면 환자피폭선량이 증대되고 화질이 떨어져 진단능의 저하를 초래하게 된다. 따라서 사용자측에서는 휘도증배도를 나타내는 변환계수를 정기적으로 측정하여 그 성능을 파악·관리해야 한다.

그러나, 이를 측정·관리하는데는 전용의 조사선량계와 휘도계 등이 있어야 하고 그 조작이 복잡하여 제조회사의 실험결과에 의존하고 있는 상태로 사용자인 방사선사측에서는 전혀 실시되지 못하고 있는 실정이다.

본 실험에서는 I. I의 성능 중 상대변환계수를 사용자측인 방사선사가 임상측면에서 측정평가할 수 있게 선량계와 휘도계를 대신하여 형광량계로 측정할 수 있는 방안을 고안하였다.

I. I 변환계수 측정시에 실험조건은 선질의존성이 있어 X선속의 총여과는 22 mmAl, X선 속의 크기는 초점에서 100 cm 거리에서 입사유효면적과 일치 되게 하고 입사면 중심 입사X선에서 제1반가층 7 mmAl의 선질, X선관전압은 X선발생장치에 따라 다르나 약 70~85 kV 정도로 되어 있다.<sup>4)</sup>

본 실험에서는 I. I. 입사선속의 X선질이 그림 3과 같이 73 kV로 나와있어 75 kV를 사용하였다. 측정법의 정확도에 대해서는 선량률과 휘도는 그림 4와 같이 선량률이 0.1~1.0 mR/sec 범위에서 직선성을 보이고 있다. 형광량계를 선량계 대신 사용할 경우에도 똑같은 범위에서 직선성을 나타내고 있었으며 관전압 75 kV와 95 kV에서 전리조식 선량계와 형광량계는 거의 같은 선질특성을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다.

형광량계로 I. I출력 휘도를 측정할 때는 변동폭의 오차를 적게 하기 위해 활상관장착면에 뉴트런필터를 부착시키고 동일 측정범위에서 측정하였다. 이 방법으로 입사면과 출력면 측정시에 동일정도의 휘도측정으로 조절할 수 있어 측정범위를 동일하게 할 수 있다고 사료된다.

I. I 상대휘도의 검출기 부착부위는 출력상의 중심과 일치되는 출력면에 수직인 방향이 되지 않으면 측정오차가 생기게 되어 활상관 장착면의 중심과 형광량계의 검출부 중심을 간편하게 일치시킬수 있도록 형광량계의 검출부를 고정시키는 어댑터를 제작 사용하는 것이 편리하다.<sup>7)</sup>

I. I의 변환계수는 상대치가 되므로 전용측정 기기가 없을 경우에는 형광량계로도 측정이 간편하고 정확하여 사용자측인 방사선사가 쉽게 이용할 수 있는 방법이다.

그림 7. 8의 결과에서 나타난 바와 같이 A장치에 비하여 B장치는 약 50% 정도의 열화가 있는 것은 형광량계로 측정된 결과에서도 같이 나타나고 있다.

I. I의 변환계수는 X선장치의 성능관리와 같이 설치시

에 제조회사에서 측정된 데이터를 사용자측인 방사선사가 확인하고 정기적으로 측정관리 해야할 것이다.

사용자측인 방사선사가 변환계수를 측정하는데는 간편하고 저가의 측정기를 사용하고 측정정도가 높은 측정방법을 연구하는 것이 바람직하다고 사료된다.

## V. 결 론

I. I의 휘도를 사용자측인 방사선사가 측정하여 성능을 평가관리하기 위해서 I. I의 상대변환계수의 측정법을 검토하였다.

이번 실험에서 X선선량계와 휘도계, 그리고 형광량계로 I. I입사 X선선량률과 출력 형광면의 상대휘도를 측정하여 상대변환계수를 정확하게 산출할 수 있었다.

형광량계로 측정하는 방법은 JIS등에서 규정된 전용의 기기가 없어도 사용자측에서 손쉽게 I. I의 상대변환계수를 측정할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 日本工業規格(JIS) : 醫用X線イメージインテンシファイア通則, 放射線(能) : Z 4721, 1994.
2. IEC Standard : Measurement of the conversion factor of electro-optical X-ray image intensifiers, International Electrotechnical Commission, 1977.
3. 허 준 : 방사선화상기술학 실험실습, 대학서림, 71~74, 1994.
4. 日本放射線技術學會 : 臨床放射線技術實驗 핸드ブック(上卷), 331~346, 1996.
5. 荒木信義·酒井建司·田一弘·外 : 螢光増培管(I. I)の輝度測定についての考察, 日本放射線技術學會雜誌, 44(8), 1108, 1987.
6. 横田 豊·横山博典·菅原謙三·外 : I. I(GX)劣化度か及ばず附加フィルタ適正使用設定域, 日本放射線技術學雜誌, 53(8) : 1156, 1997.
7. 小田敍弘·川下幸隆·村上誠一·外 : 螢光量計を用いた(I. I)輝度測定法, 日本放射線技術學會雜誌, 47(11), 1925~1928, 1991.