

## 증감지의 X선 Spectra 의존성에 관한 연구 Study on the X-ray Spectra Dependence for Intensifying Screens

김영근\* 동신대학교 대학원 전기전자공학과

이경섭 동신대학교 공과대학 전기전자공학과

Y.K.Kim\* Dept. of Electrical and Electronic Eng. Dong-shin Univ. Grad

K.S.Lee Dept. of Electrical and Electronic Eng. Dong-shin Univ.

### Abstract

The X-ray spectra dependence for intensifying screens of medical radiography was investigated through analysis of the absorbed coefficient ( $\mu$ ), absorbed efficiency ( $\eta_a$ ) and absorbed ratio (R). It was found that the absorbed coefficient was increased in the order of  $\text{CaWO}_4 < \text{Ba} < \text{Gd}$ . The absorbed efficiency was the highest in case of Gd. And the discontinuous point on the X-ray spectra with Gd and Ba was observed at approximately 80kVp and 90kVp, respectively. And also it was found that the absorbed ratio with  $\text{CaWO}_4$  screen showed the highest value.

### I. 서 론

방사선 진단기술의 눈부신 발전이 계속되고 있지만 그 중에서도 X-선 사진의 화질향상과 방사선 피폭의 절감은 이것에 관여하고 있는 연구자들에게 주어진 영원한 과제이다. 최근에 있어서 첨단기술 이라 말하면 디지털화상처리 기술에 집약되는 느낌을 받지만, 이 기술을 이끌어 온 것은 현재까지 진단의 주류가 되고 있는 전통적인 screen/film system이다. W. C. Röntgen(1895)에 의해 X-선이 발견된 직후에 개발된  $\text{CaWO}_4$  증감지에 의한 직접촬영기술은 현재까지도 이어지고 있다.

또 X-선 장치를 비롯한 관련 기기의 개발과 함께 사진화질을 향상시키는데 크게 기여하고 있다.<sup>1)</sup> 그후 증감지의 종류는 다양화 되어가고 있으며, 특히, 1970년대에는 환자에 대한 조사선량 경감과 사진의 화질을 향상시키기 위하여 증감지와 필름을 개량하는 연구가 시작되었다. 1972년에 R. A. Buchanan 등<sup>2,3,4)</sup>은 희토류형광체를 증감지에 응용하여 직접촬영에 실용화하게 되었다. X-선용 희토류형광체 증감지는  $\text{CaWO}_4$  증감지에 비하여 고가이지만 높은 발광효율이 있어 증감지의 특성을 비약적으로 높일 수 있었다. 특히 환자의 X-선 조사선량 경감과

양질의 의료 전달에 크게 기여하였다.<sup>5,6,7)</sup> 동시에 단시간 촬영, 소초점 X-선관의 이용, 희토류 증감지/ortioic film system의 개량 등으로 사진 화질이 더욱 향상되고 있다.

현재 각급 의료 기관에서 사용되고 있는 증감지의 종류는 전 세계 유명회사에서 판매되고 있는 것만도 27종에 달하고 있다.<sup>8)</sup> 이렇게 다양한 증감지가 개발되어 이용되고 있으나 실제 임상 응용에서 화질을 향상시키고 조사선량 경감에 대응하기 위해서는 촬영목적에 따르는 증감지를 선정해야 하며, 이에 대한 보고는 많이 있다.<sup>9,10,11,12)</sup> 그러나 X-선 발생장치에서 발생된 X-선 에너지가 효율적으로 이용되는가를 결정하기 위한 많은 연구가 되어 있지 않다. 본 연구에서는  $\text{CaWO}_4$ , 희토류형광체( $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$ ),  $\text{BaFCl} \cdot \text{BaSO}_4 : \text{Eu}$ , 사용해서 조사 X-선 에너지에 따른 형광체의 질량흡수계수( $\mu$ ), 흡수효율( $\eta_a$ ), 흡수에너지비(R)를 구하여 증감지에 대한 물리적 특성과 화질에 미치는 영향을 연구 분석하였다.

### II. 실험 및 방법

증감지는  $\text{CaWO}_4$ , 희토류형광체( $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$ ),  $\text{BaFCl} \cdot \text{BaSO}_4 : \text{Eu}$ 를 사용하였고, 피사체의 두께를 변화시키기 위해서는 인체조직

등가물질인 acryl의 두께를 2~10cm 사용하였으며, 관전압(kVp)은 50~120kVp를 조사하였다. 측정에 사용된 기기는 X-선 발생장치 (DRF-150-500), X-선 에너지의 재현성을 감시하기 위해 관전압·관전류제인 Dynalyzer IIIU high voltage unit (radical co. USA), 조사선량을 측정하기 위해서는 PMX-III가 사용되고, 증감지의 두께를 측정하기 위해 SEM(JEOL, JDM 5400)을 사용하였다.

X-선 질량흡수계수( $\mu$ ), 흡수효율( $\eta_a$ ), 흡수 에너지비(R)는 식 (1),(2),(3)에 의해서 산출되었다.

$$\text{질량흡수계수}(\mu) = \frac{-\ln \frac{I}{I_0}}{d} \dots\dots\dots (1)$$

흡수효율( $\eta_a$ )

$$= \frac{\text{형광체에 흡수된 X선 에너지}}{\text{형광체에 입사하는 X선 에너지}} \dots\dots\dots (2)$$

흡수 에너지비(R)

$$= \frac{\text{피사체 2cm을 투과한 형광체의 X선 흡수에너지}}{\text{피사체 10cm을 투과한 형광체의 X선 흡수에너지}} \dots\dots\dots (3)$$

### III. 결과 및 고찰

진단용 X-선 증감지의 X-선 spectra를 알아보고, 에너지, 피사체의 두께변화와 증감지의 형광체 종류에 따르는 질량흡수계수( $\mu$ ), 흡수효율( $\eta_a$ ), 흡수 에너지비(R)를 알아본 실험 결과 증감지의 흡수계수( $\mu$ )는 그림 1,2,3에서 kVp와 phantom의 두께 변화에도 Ba, CaWO<sub>4</sub>, Gd 순으로 질량흡수계수가 크게 나타났고, kVp가 증가함에 따라 질량흡수계수가 전체적으로 감소함을 알 수 있다. 또한 phantom의 두께가 증가할수록 질량흡수가 감소하며 각 증감지의 질량흡수계수의 차도 줄어든 것을 알 수 있다. 그라프 상에서 불연속점이 보이는데, 유효에너지 범위에서 K흡수단이 Gd는 50.22keV, Ba는 37.38keV일 때, 연속 X-선에서 K각의 흡수가 Ba는 70kVp(phantom 0cm일때)~90kVp(10cm), Gd는 80kVp(0cm)~100kVp(10cm)에 걸쳐서 나타났다. 이것은 노출 관전압(kVp)의 유효 에너지(mean kVp)와 피사체에 의한 X-선 경화에

관계가 있다.<sup>13)</sup>

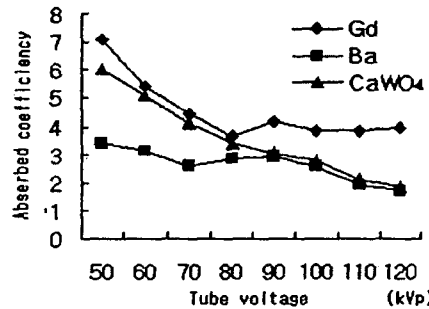


그림 1 연속X-선에서 증감지의 질량흡수( $\mu$ )값 (0cm phantom)

Fig. 1 Energy mass absorbed coefficient for some phosphors (continuous X-ray) ; 0cm phantom

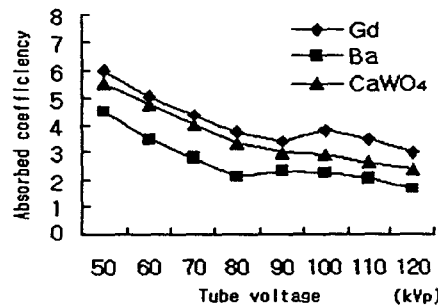


그림 2 연속X-선에서 증감지의 질량흡수( $\mu$ )값 (6cm phantom)

Fig. 2 Energy mass absorbed coefficient for some phosphors (continuous X-ray) ; 6cm phantom

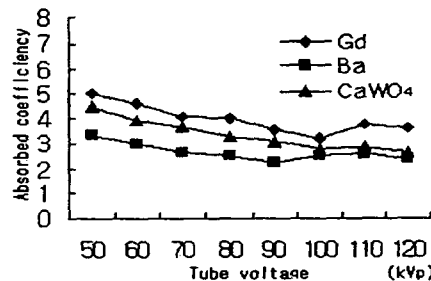


그림 3 연속X-선에서 증감지의 질량흡수( $\mu$ )값 (10cm phantom)

Fig. 3 Energy mass absorbed coefficient for some phosphors (continuous X-ray) ; 10cm phantom

그림 4.5는 흡수효율( $\eta_a$ ) 곡선을 나타내는 그래프이다. 흡수효율( $\eta_a$ )은 Ba, CaWO<sub>4</sub>, Gd, 순으로 커짐을 알 수 있다. kVp 증가로 흡수효율이 저하되고 있고, acryl phantom 2cm에서 CaWO<sub>4</sub>와 Ba의 역전그래프가 보이는데 이는 Ba의 K-흡수단에서 광전흡수가 일어났기 때문이다<sup>13)</sup>. 형광체의 K-흡수단 에너지에서는 크게 흡수효율( $\eta_a$ )은 변화하고, 불연속인 곡선이 된다. 이 부분을 상세히 보면, 언제나 K-흡수단의 에너지 영역에서 흡수효율( $\eta_a$ )은 곡선으로 나타나고, 동시에 phantom 두께로 흡수효율( $\eta_a$ )의 차가 표시되어 있다.

즉, K-흡수단보다 낮은 X-선에너지는 phantom의 두꺼운 쪽이 흡수효율이 높고, K-흡수단보다 높은 X-선 에너지에서는 역으로 phantom의 얇은 쪽이 높게 되어 있다. 이현상은 전자에서는 phantom의 두께가 두꺼운 만큼 투과 X-선 중에 저에너지의 산란 X-선 성분이 증가하고, 형광체의 K-흡수단 이하의 흡수계수 증가도 있게 되어서 X-선 흡수선량이 증가하고, 후자에서는 phantom의 두께가 얇은 만큼 산란 X-선 선량이 감소하고, 고에너지의 X-선 성분이 많은 때문에 K-흡수단 이상의 흡수계수 증가에 의하여 X-선 흡수량이 증가하는 것으로 이해할 수 있다.<sup>14)</sup>

CaWO<sub>4</sub>는 K-흡수단 영역이 보이지 않아 phantom의 두께에 대한 흡수효율의 저하가 크게 나타났다.

영상의 contrast를 대비하는 흡수에너지비(R)는 그림 6에서 CaWO<sub>4</sub>, Ba, Gd 순으로 나타냈다.

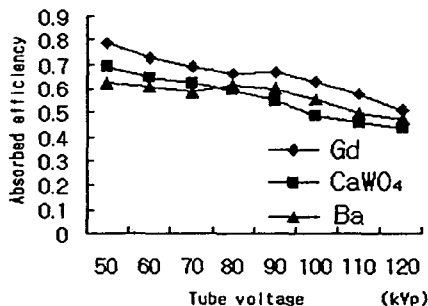


그림 4 연속 X선에서 증감지 흡수효율( $\eta_a$ ) (2cm phantom)

Fig. 4 Energy absorbed efficiency for some phosphors (continuous X-ray) ; 2cm phantom

이는 phantom의 두께가 두꺼울수록 CaWO<sub>4</sub>의 흡수효율이 급격히 줄어 들기 때문이라 생각된다. 그리고 Ba은 80kVp 부근에서, Gd은 90kVp 부근에서 불연속점이 보이는데 이것은 K-흡수단의 광전흡수에 의한 것이다.<sup>13)</sup>

이상에서와 같이 Gd는 CaWO<sub>4</sub>에 비해 X-선 흡수와 흡수효율이 크게 나타나 동일 감도에서 환자의 피폭선량 감소와 단시간 촬영, 소초점 X-선관의 이용에서 양질의 의료진달에 기여하였고, CaWO<sub>4</sub>는 Gd(회트류증감지)에 비해 X-선상의 contrast에 대응하는 흡수에너지 비값이 높아 일반촬영에서 유리하다.<sup>8)</sup>

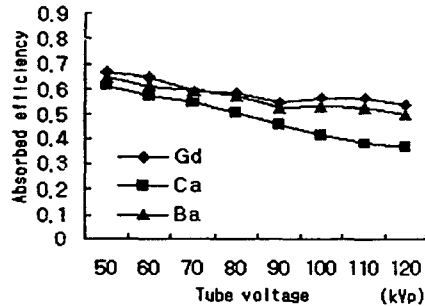


그림 5 연속 X선에서 증감지 흡수효율( $\eta_a$ ) (10cm phantom)

Fig. 5 Energy absorbed efficiency for some phosphors (continuous X-ray) ; 10cm phantom

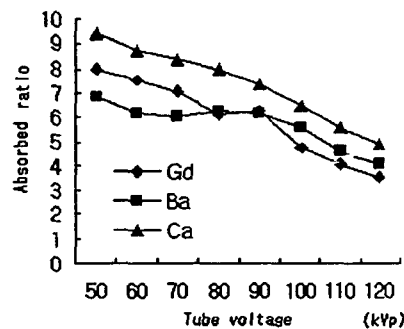


그림 6 연속 X선에서 증감지 흡수에너지 비(R) Fig. 6 Energy absorbed ratio for some phosphors (continuous X-ray)

#### IV. 결 론

진단용 증감지의 X-선 spectra 의존성을 알아 보기 위해서 물리적 특성인 질량흡수계수

( $\mu$ ), 흡수효율( $\eta_a$ )과 흡수에너지비(R)를 구하고, 이에 따른 X-선 영상에 미치는 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 질량흡수계수( $\mu$ )는 Ba, CaWO<sub>4</sub>, Gd 순으로 크게 나타났다
2. 형광체의 흡수와 관련된 흡수효율( $\eta_a$ )은 Gd에서 가장 크고, Gd은 90kVp, Ba은 80kVp부근에서 불연속점이 나타났다.
3. 영상의 contrast에 대응하는 흡수에너지 비(R)는 CaWO<sub>4</sub>에서 가장 크게, 입사에너지가 클수록 흡수에너지 비는 작게 나타났다.

#### 참 고 문 헌

1. 内田 他 2人, 放射線畫像情報工學(1), pp.319~320, 通常産業研究社, 1980.
2. Buchanan, Robert A. Finkelstein, Solon I. Wickersheim. Kenneth A, "X-ray Exposure Reduction Using Rare-Earth oxysulfide Intensifying Screens Radiology" 105, pp. 185~190, 1972.
3. Thomass S. Curry 111, James E. Dowdey, Robert G. Murry, Jr, "Chistensen's Introduction to the physics of Diagnostic Radiology, Lea & Febiger", pp.113~121, 1984.
4. Stewart C. Bushong, "Radiologic Science for Technologists, Physics, Biology and protection, The C.U Mosby Company", pp.250~255, 1984.
5. 許俊, 稀土類 增感紙의 필름에 대한 評價, 韓國放射線技術研究會, 4(1), pp.3~7, 1981.
6. 許俊 外 4人, Fuji 稀土類增感紙와 正色性 필름에 관한 檢査, -非正色性 필름系와의 比較- 大韓放射線技術學會誌, 9(1), pp.83~87, 1986.
7. 許俊 外 1人, 稀土類增感에 관한 研究, 韓國放射線技術研究會誌, 1(1), pp.15~24, 1978.
8. 四官惠次, 增減紙의 X線 에너지有效利用에 관한研究, 日本放射線技術學會雜誌, Vol.43, No. 9, pp.1435~1450, 1987.
9. Rossi Raymond P, Hendes willam R. Ahrens. chuck R., "An Evaluation of rare Earth screen/film combinations, Radiology", 121, pp.465~471, 1976.
10. 許俊, 放射線畫像情報學, 新光出版社, pp.145~154, 1991.
11. The on Ovltt, Richard Moore, Kurt Amp-latz, "The Evaluation of High-speed screen-film combinations in Angiography", Radio-logy, 114, pp. 449~452, 1975.
12. 山本登他 11人, 血管造影に 使用する 増減紙 フィルムの組合せとコントラスト, 日本放射線技術學會雜誌, 42(7), pp.962~972, 1986.
13. 김영근, 한재진, 이경섭, X-선 진단용 조영제의 광전흡수 특성에 관한 연구, 대한방사선기술학회지, Vol. 21, No. 1, pp. 46~51, 1998.
14. J Hunger, P Wust, C Claussen and R Felix, "Evaluation of x-ray beam quality film-screen combinations for detection of small low-contrast objects", phys. Med. Biol, Vol. 37, No 2, pp.343-355, 1992.