

증감지의 X-선 에너지 유효 이용에 관한 연구

Studies on Effective Utilization of X-ray Energy Using Intensifying Screens.

김영근* 동신대학교 대학원 전기전자공학과

이경섭 동신대학교 공과대학 전기전자공학과

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

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

Abstract

The X-ray spectra dependence for intensifying screens of medical radiography was investigated through analysis of the absorbed coefficient(μ), absorbed efficiency(η_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 CaWO_4 screen showed the highest value.

I. 서 론

X-선 필름 자체가 가지고 있는 X-선 감광작용은 불과 1% 미만으로 작고, 나머지에너지는 흡수되지 못하고 투과 되버리고 만다. 이렇게 X-선의 이용효율이 극히 작기 때문에, X-선 흡수가 많고 또 자극에 따라 가시광선을 발생하는 증감지를 사용하여 가시광에 의한 필름노광을 실시하는 것이다. 따라서 증감지는 X-선 필름에 대해서 증폭기 역할을 하고, 피폭선량을 경감시키고, X-선장치의 부하를 작게하는 등 중요한 역할을 하고 있다. 그 중에서도 X-선사진의 화질향상과 방사선 피폭의 절감은 이것에 관여하고 있는 연구자들에게 주어진 영원한 과제이다. 최근에 있어서 첨단기술이라 말하면 디지털화상처리기술에 집약되는 느낌을 받지만, 이 기술을 이끌어 온 것은 현재까지 진단의 주

류가 되고있는 전통적인 screen/film system이다. W. C Röntgen(1895)에 의해 X-선이 발견된 직후에 개발된 CaWO_4 증감지에 의한 직접촬영기술은 현재까지도 이어지고 있다.

또 X-선 장치를 비롯한 관련 기기의 개발과 함께 사진화질을 향상시키는데 크게 기여하고 있다.¹⁾ 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^{2,3,4)}은 회토류형광체를 증감지에 응용하여 직접촬영에 실용화하게 되었다. X-선용 회토류형광체 증감지는 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.^{5,6,7)} 동시에 단시간 촬영, 소초점 X-선관의 이용, 회토류 증감지/ortho 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.⁸⁾ 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.^{9,10,11,12)} 그러나 X-선 발생장치에서 발생된 X-선 에너지가 효율적으로 이용되는가를 결정하기 위한 많은 연구가 되어 있지 않다. 본 연구에서는 CaWO_4 , 회토류형광체($\text{Gd}_2\text{O}_3\text{S} : \text{Tb}$), $\text{BaFCl} \cdot \text{BaSO}_4 : \text{Eu}$, 사용해서 조사 X-선 에너지에 따른 형광체의 질량흡수계수(μ), 흡수효율(η_a), 흡수에너지비(R)를 구하여 증감지의

X-선 효율적 이용과 화질에 미치는 영향을 연구 분석하였다.

II. 실험 및 측정

증감지는 CaWO_4 , 회트류형광체($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$: Tb), $\text{BaFCl} \cdot \text{BaSO}_4$: Eu를 사용하였고, 피사체의 두께를 변화시키기 위해서는 인체조직 등가물질인 acryl의 두께를 2~10cm 사용하였으며, 관전압(kVp)는 50~120kVp에서 조사하였다. 측정에 사용된 기기는 X-선 발생장치(DRF- 150-500), X-선 에너지의 재현성을 감시하기 위해 관전압 관전류제인 DynalyzerIIIU 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(μ), 흡수효율(η_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(η_a)

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

흡수 에너지비(R)

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

III. 결과 및 고찰

진단용 X-선 증감지의 X-선 spectra를 알아보고, 에너지, 피사체의 두께변화와 증감지의 형광체 종류에 따르는 질량흡수계수(μ), 흡수효율(η_a), 흡수 에너지비(R)를 알아본 실험 결과 증감지의 흡수계수(μ)는 그림 1,2,3에서 kVp와 phantom의 두께 변화에도 Ba, CaWO_4 , Gd 순으로 질량흡수계수가 크게 나타났고, kVp가 증가함에 따라 질량흡수계수가 전체적으로 감소함을 알 수 있다. 또한 phantom의 두께가 증가할수록 질량흡수가 감소하며 각 증감지의 질

량흡수계수의 차도 줄어든 것을 알 수 있다. 그 그래프 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.¹³⁾

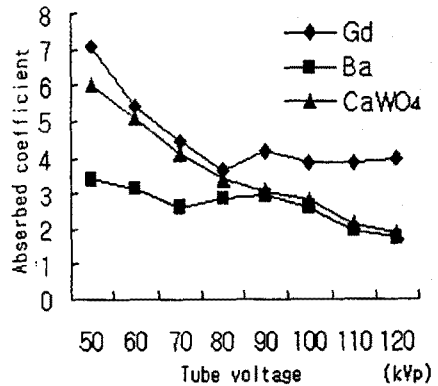


그림 1. 연속X-선에서 증감지의 질량흡수(μ)값 (non-phantom)

Fig. 1. Energy mass absorbed coefficient for some phosphors with continuous X-ray (non-phantom)

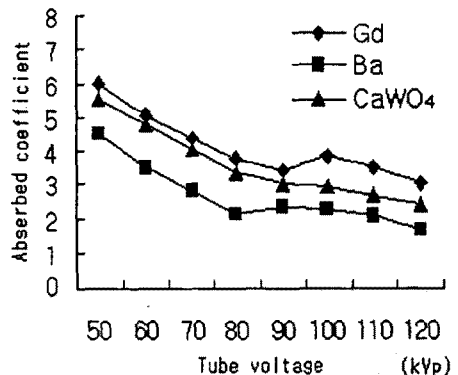


그림 2. 연속X-선에서 증감지의 질량흡수(μ)값 (6cm phantom)

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

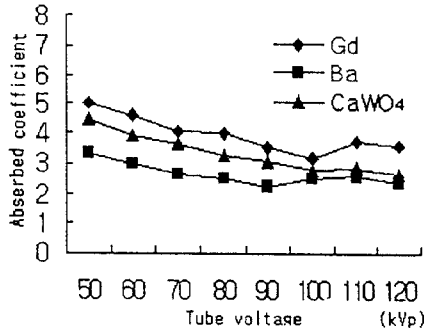


그림 3. 연속X-선에서 증감지의 질량흡수(μ)값 (10cm phantom)

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

그림 4,5는 흡수효율(η_a) 곡선을 나타내는 그래프이다. 흡수효율(η_a)은 CaWO₄, Ba, Gd 순으로 커짐을 알 수 있다. kVp 증가로 흡수효율이 저하되고 있고, acryl phantom 2cm에서 CaWO₄와 Ba의 역전그래프가 보이는데 이는 Ba의 K-흡수단에서 광전흡수가 일어났기 때문이다.¹³⁾ 형광체의 K-흡수단 에너지에서는 크게 흡수효율(η_a)은 변화하고, 불연속인 곡선이 된다. 이 부분을 상세히 보면, 언제나 K-흡수단의 에너지 영역에서 흡수효율(η_a)은 곡선으로 나타나고, 동시에 phantom 두께로 흡수효율(η_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. 이 현상은 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.¹⁴⁾

CaWO₄는 K-흡수단 영역이 보이지 않아 phantom의 두께에 대한 흡수효율의 저하가 크게 나타났다.

영상의 contrast를 대비하는 흡수에너지비(R)는 그림 6에서 CaWO₄, Ba, Gd 순으로 나타났다.

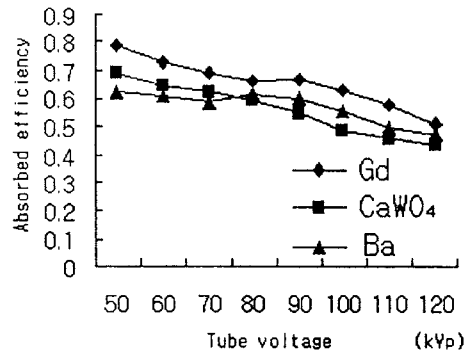


그림 4. 연속 X선에서 증감지 흡수효율(η_a) (2cm phantom)

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

이는 phantom의 두께가 두꺼울수록 CaWO₄의 흡수효율이 급격히 줄어 들기 때문이라 생각된다. 그리고 Ba은 80kVp 부근에서, Gd은 90kVp 부근에서 불연속점이 보이는데 이것은 K-흡수단의 광전흡수에 의한 것이다.¹³⁾

이상에서와 같이 Gd는 CaWO₄에 비해 X-선 흡수와 흡수효율이 크게 나타나 동일 감도에서 환자의 피폭선량 감소와 단시간 촬영, 소초점 X-선관의 이용에서 양질의 의료전달에 기여하였고, CaWO₄는 Gd(희토류 증감지)에 비해 X-선상의 contrast에 대응하는 흡수에너지 비값이 높아 일반촬영에서 유리하다.⁸⁾

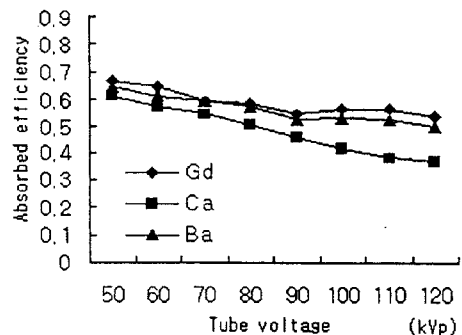


그림 5. 연속 X선에서 증감지 흡수효율(η_a) (10cm phantom)

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

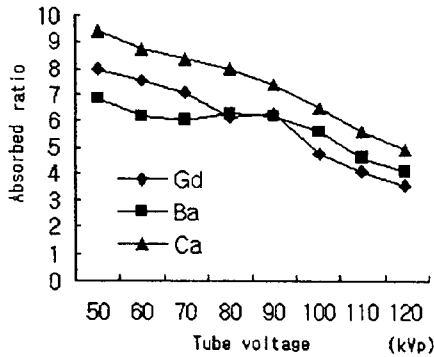


그림 6 연속 X선에서 증감지 흡수에너지 비(R)
Fig. 6. Energy absorbed ratio for some phosphors
with continuous X-ray

IV. 결 론

진단용 증감지의 X-선 에너지 유효 이용에 대한 연구를 의해서 물리적 특성인 질량흡수계수(μ), 흡수효율(η)과 흡수에너지비(R)를 구하고, 이에 따른 X-선 영상에 미치는 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

질량흡수계수(μ)는 Ba, CaWO_4 , Gd 순으로 크게 나타났고, 형광체의 흡수와 관련된 흡수효율(η)은 Gd에서 가장 크고, Gd은 90kVp, Ba은 80kVp부근에서 불연속점이 나타났다.

영상의 contrast에 대응하는 흡수에너지 비(R)는 CaWO_4 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 Film에 對限 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 Film에 關한 檢査, -非正色性 Film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 關한 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 Energy有效利用에 關한研究, 日本放射線技術學會雜誌, Vol. 43, No. 9, pp.1435~1450, 1987.
- [9] Rossl Raymond P, Hendes willam R. Ahrens. chuck R., "An Evaluation of rare Earth Screen/film combinations, Radio-logy", 121 : pp.465~471, 1976.
- [10] 許俊, 放射線像情報學, 新光出版社, pp. 145~154, 1991.
- [11] The on Ovltt, Richard Moore, Kurt Amp-latz, film combinations in Angiography", Radiology, 114, pp. 449~452, 1975.
- [12] 山本登 他 11人, 血管造影に 使用する 增減紙 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] 金永根, 韓在珍, 李景燮, X-線 診斷用 造影製의 光電吸收 特性에 關限 研究, 大韓放射線技術學會誌, 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.