

## 의용방사선 영역에서 조영제의 물성에 관한 연구 The Study on the Physical Properties for Contrast Media in the Region of Diagnostic Radiology

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 absorption coefficient of contrast media was measured region of diagnostic radiology. Relative values of absorption coefficient was found the largest peak in the range of 60~70kVp for sodium sulfate and 60kVp for iodine. Increasing the thickness of contrast media and patient, the values of absorption coefficient was rising.

### I. 서론

의료용 방사선에 의해 생성되는 에너지 스펙트럼은 낮은 에너지에서부터 높은 에너지까지 광범위하게 분포하며, spectrum 중심부분의 광자(光子)들은 방사선영상(radiographic image)을 형성하는데 중심적인 역할을 한다. 또한 낮은 에너지측의 대부분은 인체에 입사하는 첫 수 Cm내에서 흡수하는 까닭에 환자선량의 증가원인이 되고, 높은 에너지측의 X-선 감약계수값은 낮은 대조도 영상을 형성하게 되며, 영상의 질적저하를 가져오는 산란선에 기여한다.<sup>1,2,3)</sup>

환자의 선량의 원인인 낮은 에너지를 제거하기 위해 Al filter를 일반적으로 사용하고 상에 필요한 에너지 영역에 높은 광자투과를 하는 방법으로 변화하는 중금속 필터를 사용하고 있다.<sup>4,5,6)</sup>

조영제를 이용한 검사에서 X-선 spectrum은 조영제의 감약계수가 높은 고비율의 많은 광자량이 필요하며 영상을 형성하는 물체의 조영제는 효과적으로 입사 X-선을 흡수하여야 대조도를 극대화할 수 있는데, 따라서 좋은 대조도의 영상을 제공하기 위해서는 촬영시 이용 X-선 에너지가 적절하게 사용되어야 한다.

즉 입사 X-선 에너지가 조영제의 흡수단(absorption edge)과 근접 또는 약간 높아야 최대의 영상대조도를 얻을 수 있다. 예를들어 입사 X-선 에너지가 iodine의 K흡수단보다 약간 낮으면 iodine의 질량흡수계수(mass absorption coefficient)는 6.6cm<sup>2</sup>/g으로 X-선 흡수가 낮지만 흡수단보다 약간 높은 경우 흡수계수가 36cm<sup>2</sup>/g으로 급격히 증가하면서 X-선 흡수도 급증하며 대조도가 높은 영상을 제공한다. 조영술에서는 조영제에 따른 관전압 선택이 화질에 결정적인 역할을 하게 된다.<sup>7)</sup>

조영제는 1989년 Dutto가 사체에 석고제를 주입하여 생체에 조영제를 응용한 후부터,<sup>8)</sup> 소화기계통의 조영은 X-선용 황산바륨이 사용되고 혈액계통은 요오드계 제제가 사용되고 있다.

X-선 흡수차를 크게할 목적으로 쓰이는 조영제의 각각 물리적특성, 화학적특성을 고려할수 있으나 본 연구에서는 요오드계, 바륨계의 이미 알려진 물리적특성인 흡수계수와 비교해서 의료용 방사선 영역에서 관전압, 조영제 두께(cc/cm<sup>2</sup>)와 농도의 변화에 따른 흡수계수( $\mu$ )는 어떻게 변하는지 알아보고, 관전압 변화에 따른 바륨, 요오드계의 흡수단이 X-선상에 미치는 영향에 대한 연구를 하였다.

### II. 실험방법

조영제의 흡수계수를 구하기 위해 Ba제제 T제약-120, 140(w/v%)을 각각 0.5cc/cm<sup>2</sup>, 1cc/cm<sup>2</sup>, 1.5cc/cm<sup>2</sup>, 2cc/cm<sup>2</sup>, T제약 320<sup>®</sup> 원액과 셀라인에 50%로 희석시킨 iodine제제 각각 0.25cc/cm<sup>2</sup>, 0.5cc/cm<sup>2</sup>, 0.75cc/cm<sup>2</sup>, 1cc/cm<sup>2</sup>를 흡수체로 사용하고, 피사체의 두께를 변화시키기 위해 인체조직 등가물질인 acryl 두께가 10~25cm를 사용 하였으며, 관전압(kVp)은 50~110kVp를 조사하였다. 측정에 사용된 기기는 X-선발생장치 (동아X선기기, 150kV, 500mA), 형광량계 (ALCO ELECTRIC CO, LTD MODEL F-11)로서 그 back diagram은 그림 1과 같다.

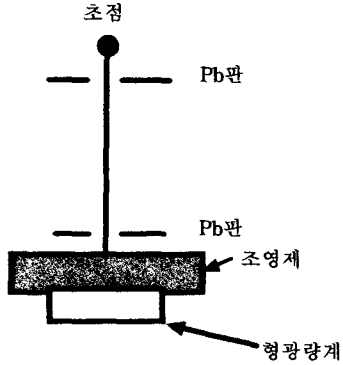


그림 1 실험 배치도  
Fig. 1 A back diagram of experiment apparatus

### III. 결과 및 고찰

임상에 사용되는 조영제는 흡수를 목적으로 사용되어 주변 조직간의 대조도를 크게 하는 데 기여한다.<sup>7)</sup> 조영제는 X-선 조사 후 광전효과가 많이 발생할 때 흡수를 크게 하며<sup>7,8,9)</sup>, 조영제가 효과적으로 입사 X-선의 흡수를 극대화해야 좋은 대조도의 영상을 제공할 수 있는 데, 입사 X-선 에너지가 조영제의 흡수단(absorption edge) 과 근접 도는 약간 높아야 최대의 흡수계수( $\mu$ )를 얻을 수 있다.<sup>8)</sup> 예를 들면, 바륨의 경우도 K흡수단이 37.4keV로 바로 위 수준에서 흡수는 최대가 된다.<sup>10,11,12)</sup>

의료용방사선에 사용되는 X-선 관전압의 사용범위는 50~150kVp이며, 이 X-선은 여러 파장(polychromatic radiation) 으로서 평균에너지는 최대에너지의 1/3~1/2정도이다.<sup>8)</sup>

연구결과 관전압, 조영제의 두께, 농도와 피사체의 두께에 변화에 따라서 황산바륨, 요오드의 흡수단이 X-선상에 미치는 영향을 연구한 결과 그림 2~9으로 나타냈다.

황산바륨의 경우, K흡수단이 그림 10에서 37.4keV인데, 그림 2~5와 같이 진단방사선(kVp)에서는 60~70 kVp 영역에서 가장 높은 흡수계수( $\mu$ )의 상대치를 보여주고 있다.

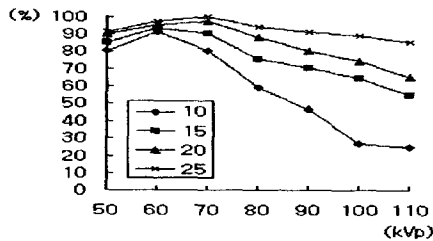


그림 2 Ba(120) 1.0cc/cm<sup>3</sup>의 흡수계수( $\mu$ ) 상대치(%)  
Fig. 2 Relative values(%) of absorption coefficient for Ba(120) 1.0cc/cm<sup>3</sup>

요오드는 K흡수단이 그림 10에서 33.7kVp로 나타났는데, 진단방사선(kVp)에서는 그림 6~9와 같이 60kVp에서 가장 높은 흡수계수( $\mu$ ) 상대치를 보여주고 있다.

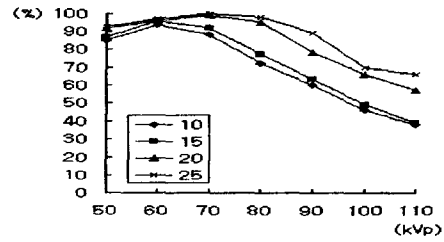


그림 3 Ba(120) 2.0cc/cm<sup>3</sup>의 흡수계수( $\mu$ ) 상대치(%)  
Fig. 3 Relative values(%) of absorption coefficient for Ba(120) 2.0cc/cm<sup>3</sup>

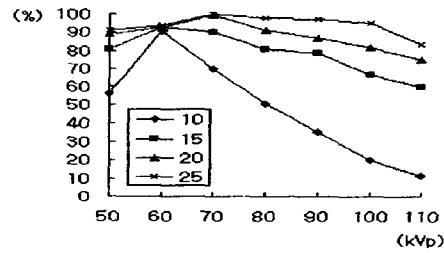


그림 4 Ba(140) 0.50cc/cm<sup>3</sup>의 흡수계수( $\mu$ ) 상대치(%)  
Fig. 4 Relative values(%) of absorption coefficient for Ba(140) 0.50cc/cm<sup>3</sup>

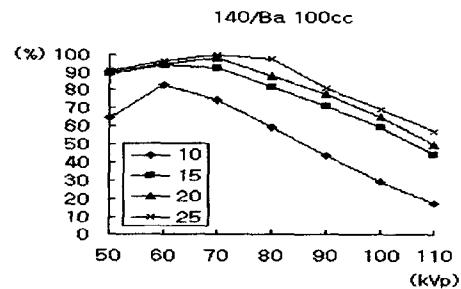


그림 5 Ba(140) 1.0cc/cm<sup>3</sup>의 흡수계수( $\mu$ ) 상대치(%)  
Fig. 5 Relative values(%) of absorption coefficient for Ba(140) 1.0cc/cm<sup>3</sup>

요오드는 60kVp에서 바륨은 60~70 kVp에서 흡수계수( $\mu$ )의 상대값이 최대가 되는 것은 조영제 K흡수단과 X-선의 실효에너지의 상호관계에서 나타난 결과이다.

조영제의 농도, 두께와 피사체의 두께변화에서는 조영제의 농도보다는 조영제의 두께에 의해서 X-선 감약이 이루어지면 피사체가 두꺼워지면 조영제와 주변조직의 흡수계수( $\mu$ ) 차이가 작아진다.<sup>13,14,15)</sup>

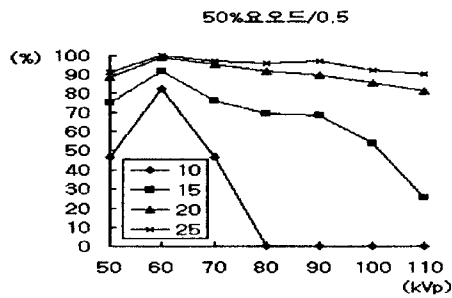


그림 6 I(50%) 0.50cc/cm²의 흡수계수( $\mu$ ) 상대치(%)  
Fig. 6 Relative values(%) of absorption coefficient for I(50%) 0.50cc/cm²

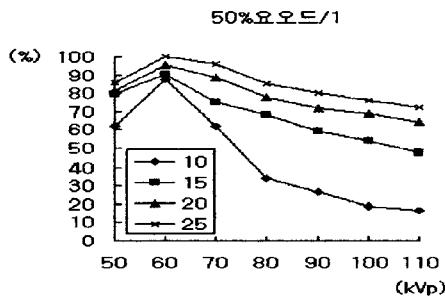


그림 7 I(50%) 1.0cc/cm²의 흡수계수( $\mu$ ) 상대치(%)  
Fig. 7 Relative values(%) of absorption coefficient for I(50%) 1.0cc/cm²

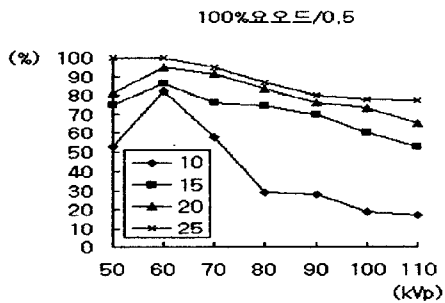


그림 8 I(100%) 0.50cc/cm²의 흡수계수( $\mu$ ) 상대치(%)  
Fig. 8 Relative values(%) of absorption coefficient for I(100%) 0.50cc/cm²

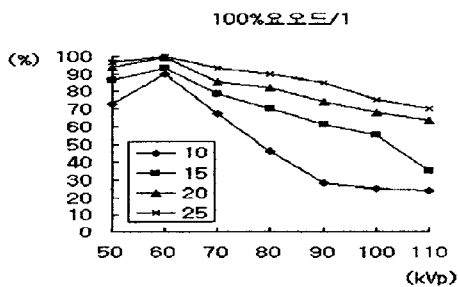


그림 9 Ba(120) 0.50cc/cm²의 흡수계수( $\mu$ ) 상대치(%)  
Fig. 9 Relative values(%) of absorption coefficient for Ba(120) 0.50cc/cm²

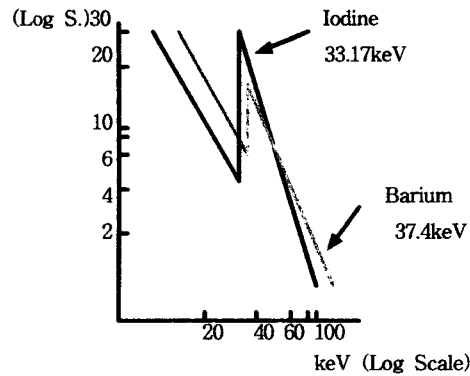


그림 10 조영제의 흡수계수  
Fig. 10 The absorption coefficient of iodine and sodium sulfate

그림 2~9에서 피사체 두께가 두꺼워짐에 따라 X-선 감약 상대치가 점점 상승하여, 흡수계수 차이가 작아지며, 조영제의 두께(cc/cm²)에 따라 X-선 감약이 점차 증가함을 볼 수 있었는데 이는 조영제 두께와 피사체의 두께 변화에 따라 X-선 감약은 이루어지나 광전흡수에는 직접적인 영향을 주지 않는다는<sup>16)</sup> 이론과 일치하였다.

#### IV. 결론

진단방사선 영역에서 조영제의 물리적 특성인 흡수계수( $\mu$ )를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 황산바륨 제제는 60~70kVp범위에서 흡수계수( $\mu$ )의 상대값이 크게 나타났다.
2. 요오드 제제는 60kVp에서 흡수계수( $\mu$ )의 상대값이 크게 나타났다.
3. 황산바륨, 요오드 제제의 흡수계수( $\mu$ )값은 두께가 증가하면 증가한다.

#### 참고 문헌

1. Jorge E, Villagran, M.Sc., Barry B. Goobbs, M.D., F.R.C.P(C), and Kenneth W. Taylor, Ph.D., "Reduction of Patient Exposure by Use of Heavy Elements as Radiation Filters in Diagnostic Radiology" Radiology 127: pp. 249~254, 1978.
2. R. BIRCH, "Computation of Bremsstrahlung X-ray Spectra and Comparison with Spectra Measured with a Ge(Li) Detector", PHYS. MED. BIOL., Vol. 24(3), pp. 505~517, 1979.
3. Michel M. Ter-Pogossian, "The Physical Aspects of Diagnostic Radiology", Hoeber Medical Division, pp. 254~260, 1969.

4. Kees Koedooder and Henk W Venema, "Filter Materials for Reduction in Screen-Film Radiography", *phys. Med. Biol.*, vol. 31, No 6, pp. 585-600, 1986.
5. Sang H Cho, Warren D Reece and John W Poston Sr, "Calculation of the Dose Distribution in Water from  $^{71}\text{Ge}$  K-shell X-rays", *Phys. Med. Biol.*, vol. 42, pp. 1023-1032, 1997.
6. Frantisek Spurny, Lennart Johansson, Anders Satherberg, Jiri Bednar and Karel Turek, "The Contribution of Secondary Heavy Particles to the Absorbed Dose from high-energy photon beams", *Phys. Med. Biol.*, vol. 41, pp. 2643-2656, 1996.
7. Edward E. Christensen, Thomas S. Curry, James E. Dowdey, "An Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology", Lea & Febiger, pp. 165, 1978.
8. 四宮恵次, "増感紙の X線 energy 有効利用に 関する研究", *日本技學誌*, Vol. 43(9), pp. 1435-1450, 1987.  
R. BIRCH, "Computation of Bremsstrahlung X-ray Spectra and Comparison with Spectra Measured with a Ge(Li) Detector", *Phys. Med. Biol.*, Vol. 24(3), pp. 505-517, 1979.
9. Edward E. Christensen, Thomas S. Curry, James E. Dowdey, "An Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology", Lea & Febiger, pp.165, 1978.
10. A Calicchia, M Gambaccini, P L Indovina, F Mazzei and L Pugliani, " Niobium Molybdenum K-edge Filtration in Mammography : Contrast and Dose Evaluation ", *Phys. Med. Biol*, Vol. 41, pp. 1717-1726, 1996.
11. Horacio J Patrocinio, Jean-Pierre Bissonnette, Marc R Bussiere and L John Schreiner, " Limiting Values of Backscatter Factors for Low-Energy X-ray Beams ", *Phys. Med. Biol*, Vol. 41, pp. 239-253, 1996.
12. G E Giakoumakis, C D Nomicos and P X Sandilos, " Absolute Efficiency of  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  : Tb Screens under Fluoroscopic Conditions ", *Phys. Med. Biol*, Vol. 34 No. 6, pp. 673-678, 1989.
13. R M Harrison, " Tissue-Air Ratios and Scatter-Air Ratios for Diagnostic Radiology (1-4mm Al HVL) ", *Phys. Med. Biol*, Vol. 28, NO. 1, pp.1-18, 1983.
14. Heang-Ping Chan and Kunio Doi, " Energy and Angular Dependence of X-ray Absorption and its Effect on Radiographic Response in Screen-Film Systems ", *Phys. Med. Biol*, Vol. 28, No. 5, pp. 565-579, 1983.
15. B Grosswendt, " Backscatter Factors for X-rays Generated at Voltages between 10 and 100kV ", *Phys. Med. Biol*, Vol. 29, No 5, pp. 579-591, 1984.
16. 宇佐美 公男 他2人, "増感紙の X-線 Spectra 依存性", *日本放射線技術學會雜誌*, 第46巻 第1号, pp. 7-13, 1990.