

<원저>

## 액상 실리콘과 금속화합물을 융합한 저선량 방사선 차폐 소재 개발을 위한 사전연구

### - Preliminary Study for Development of Low Dose Radiation Shielding Material Using Liquid Silicon and Metallic Compound -

<sup>1)</sup>순천향대학교 대학원 의과학과 · <sup>2)</sup>한국원자력의학원 · <sup>3)</sup>순천향대학교 부천병원 영상의학과

<sup>4)</sup>세종대학교 대학원 · <sup>5)</sup>순천향대학교 의과대학 예방의학교실

장서구<sup>1),5)</sup> · 한수철<sup>2)</sup> · 강성진<sup>3)</sup> · 임성욱<sup>4)</sup> · 이성수<sup>1),5)</sup>

— 국문초록 —

본 연구는 진단용 X선 에너지 영역에서 고순도의 납 0.5mm 와 실리콘(Si)과 이산화티탄(TiO<sub>2</sub>)을 이용한 X선 융합차폐체의 선량을 측정하고 차폐율을 비교 측정하였다. 실험을 위하여 실리콘(Si)과 이산화티탄(TiO<sub>2</sub>)을 혼합하여 1 mm 두께의 패드형 차폐체를 제작하고, 차폐체의 두께를 1mm 씩 증가시키며 X선을 조사하여 0 mR이 될 때까지 선량을 측정하였다. KS A 4025의 권고에 따라 X선 조사조건은 각각 60 kVp 20 mAs, 100 kVp 20 mAs로 하였으며, 두 개의 관전압 조건에서 차폐체가 없을 경우의 조사선량을 기준으로 차폐체가 있을 경우의 선량과 비교하여 차폐율을 구하였다. 두께 0.5 mm 납판 차폐체의 차폐율은 60 kVp에서 95.92%, 100 kVp에서 85.26%로 측정되었고, 실리콘(Si)과 이산화티탄(TiO<sub>2</sub>)패드 차폐체를 적용하였을 경우 60 kVp, 20 mAs 조건에서 두께가 11 mm 이상일 때 10회 조사 평균선량은 1.77 mR, 차폐율은 납판 0.5 mm 차폐체와 등가의 차폐율을 나타내었으며, 13 mm에서 측정 선량이 0 mR이 되었다. 100 kVp, 20 mAs 조건에서는 17 mm 두께에서 납 0.5 mm 차폐체와 등가 이상의 차폐율이 관찰 되었고 23 mm 두께에서 100% 의 차폐율을 관찰할 수 있었다. 본 연구 결과를 통해 실리콘-이산화티탄 화합물은 실리콘의 물성이 그대로 존재하면서 금속화합물과 융합할 수 있다는 결과를 얻었으며, 이후 방사선 흡수가 더 뛰어난 금속화합물등과 혼합할 경우 납의 위해성을 포함하지 않으며, 재료와 가공성에서 경제적이며, 실리콘의 강점을 살려 탄성과 유연성이 뛰어난 저선량용 방사선 차폐체의 제작 가능성을 확인해 볼 수 있었다.

**중심 단어:** 방사선 차폐, 방사선 방호복, 액상실리콘(Si), 이산화티탄(TiO<sub>2</sub>), 금속화합물

## 1. 서 론

방사선을 이용한 최신 의료영상 기술의 도입과 다양한 분야의 확대적용은 각종 질병의 정확한 진단과 치료에서 핵심적인 역할을 수행하고 있으며, 그 이용 또한 급격한 추세로 증가하고 있다[1]. 그러나 방사선을 이용한 의료 분야의

적용 과정에서 환자 및 보호자, 방사선 작업 종사자 등에게 불필요한 방사선의 피폭을 최소화하는 것은 매우 중요한 문제이다. 방사선 활용의 증가와 더불어 피폭선량의 저감을 위하여 다양한 물질들이 방사선 차폐를 위하여 사용되고 있지만 현재 의료기관 등에서 가장 보편적으로 사용되는 방사선 차폐체의 주성분은 납(Pb)이다. 납은 방사선 차폐용으로

This paper is performed by the will support SoonChunHyang University 2017.

Corresponding author: Sung Soo Lee, Department of preventive medicine of sooncheonhyang university, 31, SoonChunHyang-gil, Dongnamgu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, Korea, 31151 / Tel: 82-41-570-2401 / E-mail: jube23@naver.com

Received 31 August 2017; Revised 23 September 2017; Accepted 25 September 2017

사용할 수 있는 여러 물질에 비하여 가공의 편의성이 우수하다는 장점이 있다. 또한 높은 원자번호(82)를 갖고 있어 방사선에 대한 차폐력이 좋기 때문에 의료분야에서는 방사선 피폭 방이용 차폐체로서 다양한 형태로 제작되어 사용되고 있다. 하지만 인체에 대한 의료 방사선 차폐용으로 주로 쓰이고 있는 납성분의 방호복(Lead apron)은 그 무게가 무거운 편이어서 장시간 착용 시 근·골격계 질환을 초래할 수 있으며[2], 납은 자체가 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 비소(As) 등과 같이 유해 중금속으로 분류되어 있어 인체에 과다하게 접촉할 경우 납중독 등의 질병에 노출되기 쉬우며, 이로 인한 질병은 생명을 위협할 정도로 위험하다고 알려져 있다[3,4]. 이러한 이유로 납을 이용한 차폐체의 지속적 사용과 접촉에 대한 문제점과 고민이 제기되고 있으며, 다양한 물질을 적용한 차폐체에 대한 연구 및 특허출원이 활발히 진행 중이다[5,6]. 본 연구는 진단용 X선 에너지 영역에서 차폐체로 사용되는 납과 실리콘(Si)과 이산화티탄( $TiO_2$ )의 혼합물을 이용한 X선 차폐체의 차폐율을 각각 측정하여 비교하고, 이를 통해 기존의 납을 이용한 방사선 방호복보다 중량을 개선시키면서 중금속 독성에 대해 무해하고, 경제적으로 일정 수준의 차폐 성능을 유지할 수 있는 방사선 차폐 소재의 연구개발을 위해 사전 실험을 하고자 하였다.

## II. 실험기기 및 방법

### 1. 실험기기 및 재료

실험에 사용된 장치로는 진단용 X선 발생장치(CXD-RI55, CHOONGWAE, KOREA)와 전리조식 선량계(TnT 12000, FLUKE Corp. USA), 교반탈포기(KK-VT300, MAZERUSTAR, KURABO)를 이용하였고, 차폐율 측정을 위한 차폐체의 시료에는 순도 99%의 가로 50 mm, 세로 50 mm, 두께 0.5 mm 납판, 액상형 실리콘(CS020, MK Silicone, KOREA), 분말형 이산화티탄(R-902, Dupont, USA)을 사용하였다[Fig. 1].



[Fig. 1] Liquid silicon &  $TiO_2$  powder

### 2. 실리콘-이산화티탄 차폐체의 제작

차폐체의 제작을 위해 액상 실리콘과 경화제, 분말 이산화티탄을 각각 10 : 1 : 4의 비율로 혼합하였다. 각각 재료들의 충분한 혼합과 혼합물 내의 균일한 분포, 혼합 과정에서의 기포의 유입 등으로 인한 방사선 차폐율 측정의 오차를 줄이기 위해를 위하여 교반탈포기를 이용하여 분당 3,000회 이상의 고속회전으로 혼합물의 교반 및 탈포를 수행하였다. 충분히 교반된 실리콘-이산화티탄 혼합물은 아크릴로 제작된 틀에 부어 넣은 후 상온에서 24시간 이상 고형화 과정을 거쳐 일반적인 실리콘의 물성을 갖는 1 mm 두께의 얇은 실리콘-이산화 티탄 패드(pad)의 형태로 제작하였다[Fig. 2].

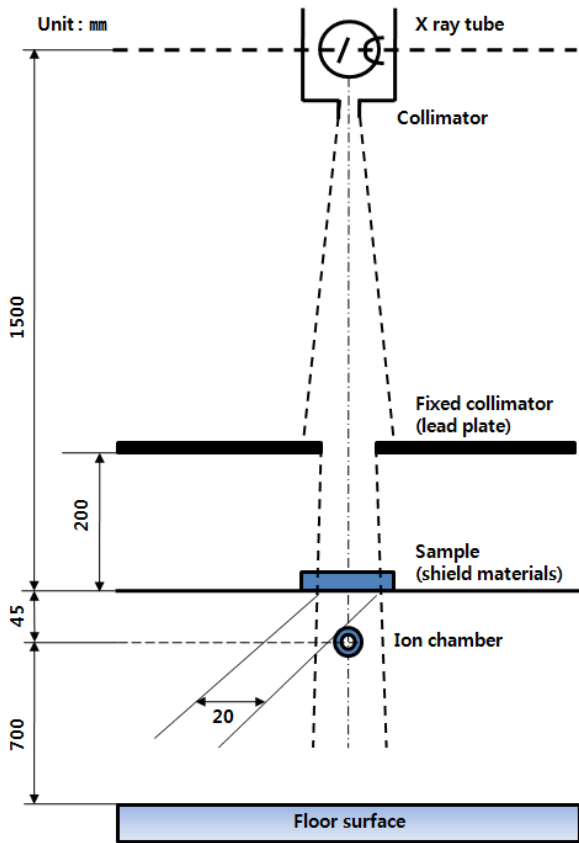


[Fig. 2] Pad of Silicon &  $TiO_2$  mixture

완성된 실리콘-이산화티탄 패드의 융합차폐체는 50 mm × 50 mm 크기로 재단하고 버니어 캘리퍼스를 이용하여 두께의 정확성과 균일도를 확인한 후 두께의 오차율이 1 mm ± 0.05%에 해당하는 패드만 선별하여 차폐율 측정 실험용 1 mm 두께 단위의 차폐체 시료로 사용하였다.

### 3. 차폐율의 측정 방법

실험에 앞서 X선 발생장치의 X선 출력의 재현성과 직선성이 양호함을 확인하였고, 전리조식 선량계는 표준기관에서 교정된 15 cc 용적의 전리함을 사용하였고, 교정상수는 ISO N60에서 0.98, ISO N80에서 0.98, ISO N100에서는 0.99였다. 본 연구의 실험방법은 한국산업표준의 X선 방호용품류의 납당량 시험방법과 환자용 X선 방호복에 관하여 기술된 고시 내용을 참고하였다[10,11]. 차폐율 측정의 실험 조건으로 관전압은 60 kVp와 100 kVp, 관전류 200 mA, 조사시간 0.1 sec, 고유여과는 2.2 mmAl(알루미늄 당량)으로 고정하였으며, 100 kVp의 관전압을 적용한 실험에는 부가여과로 0.25 mmCu(구리 당량)의 부가여과를 추가하였다.



[Fig. 3] Geometry of X-ray dose measurement experiment

X선 방호용품류의 납당량 시험방법의 좁은 선속 사용 시 적용되는 기하학적 조건과 동일하게 구현하여 실험하였다 [Fig. 3].

차폐율 계산을 위한 선량측정은 동일한 기하학적 조건 및 X선 조사조건에서 저 X선 에너지의 60 kVp와 고 X선 에너지인 100 kVp의 변수를 적용하여 ① 차폐체가 없는 경우의 선량과 ② 두께 0.5 mm, 가로 50 mm × 세로 50 mm 면적의 납판, ③ 1 mm 단위의 실리콘-이산화티탄 차폐체 패드를 적용하여 차폐율이 100%가 될 때까지 1 mm 단위로 두께를 증가시키며 선량을 측정하였다. 선량은 각 10회 측정하여 평균선량을 산출하였으며, 차폐율은 다음의 식을 적용하여 계산하였다[12].

$$[\text{식 1}] \text{ Shielding Rate}(\%) = (1 - W / W_0) \times 100$$

W : 차폐체가 있을 경우의 측정선량

W<sub>0</sub> : 차폐체가 없을 경우의 측정선량

### III. 결 과

#### 1. 선량측정

X선 조사 조건 별 차폐체에 따른 투과 후 측정선량의 평균값은 <Table 1>과 같다. 60 kVp의 관전압 조건에서 차폐체가 없을 경우의 10회 조사 평균선량은 41.27 mR으로 측정되었다. 0.5 mm 납판 차폐체를 적용하였을 경우에 측정된 10회 조사 평균선량은 1.68 mR이었다. 실리콘-이산화티탄 패드의 차폐체를 적용하였을 경우 1 mm 두께에서 측정선량이 38.53 mR 이고, 두께가 증가할수록 측정 선량이 감소하

[Table 1] 10-Times Mean dose value of Shielding material at 60 kVp and 100 kVp

(unit : mR )

Measured dose (mR)	Shield materials		Thickness of Si-TiO <sub>2</sub> pad (mm)												
	N/A	0.5 mm Pb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
60 kVp	41.27	1.68	38.53	33.70	29.37	23.17	18.47	13.30	9.27	7.17	5.13	3.33	1.77	0.30	0.00
100 kVp (0.25mmCu filter)	58.55	8.63	56.24	50.20	46.55	43.51	41.87	40.50	37.34	33.89	30.18	27.42	23.65	20.14	16.77

Measured Mean dose	Shield materials		Thickness of Si-TiO <sub>2</sub> pad (mm)												
	N/A	0.5 mm Pb	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
60 kVp	41.27	5.95	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M
100 kVp (0.25mmCu filter)	58.55	8.63	14.82	11.67	10.02	7.81	5.25	2.91	1.87	0.52	0.13	0.00	N/M	N/M	N/M

Note. Si: silicone, TiO<sub>2</sub>: titanium dioxide, N/A: Not accepted, N/M: Not measured.

였으며 13 mm 이상의 두께에서 측정선량이 0 mR이 되었다. 100 kVp의 관전압 조건(0.25 mmCu 부가여과 적용)에서 차폐체가 없을 경우의 10회 조사 평균선량은 58.55 mR으로 측정되었다. 0.5 mm 납판 차폐체를 적용하였을 경우에 측정된 평균선량은 8.63 mR이었다. 실리콘-이산화티탄 패드의 차폐체를 적용하였을 경우 1 mm 두께에서 56.24 mR, 두께가 증가할수록 선량이 감소하였으며 23 mm 이상에서 측정선량이 0 mR이 되었다.

**2. 실리콘-이산화티탄 융합차폐체의 차폐율 계산**

X선 조사 조건 별, 두께 0.5 mm 납판 차폐체와 실리콘-이산화티탄 패드 차폐체의 차폐율 계산 값은 <Table 2>와 같다. 60 kVp의 관전압 조건에서 차폐체가 없을 경우의 10회 평균 조사선량 41.27 mR을 기준으로 하여 0.5 mm 납판 차폐체의 차폐율은 95.92%로 계산되었다. 그리고 실리콘-이산화티탄 패드의 융합차폐체를 적용하였을 경우 11 mm 이상의 두께에서 0.5 mm 납판 차폐체와 등가의 차폐율을 나타내었으며, 12 mm 이상의 두께에서 99% 이상의 차폐율을 확인할 수 있었다. 100 kVp의 관전압 조건에서는 차폐체가 없을 경우의 10회 조사 평균선량 58.55 mR을 기준으로 0.5 mm 납판 차폐체의 차폐율은 85.26%로 계산되었다. 실리콘-이산화티탄 패드의 융합차폐체를 적용하였을 경우 17 mm 이상의 두께에서 0.5 mm 납판 차폐체와 등가 이상의 차폐율을 나타내

었으며, 22 mm 이상의 두께에서 99% 이상의 차폐율을 관찰할 수 있었다.

**IV. 고찰**

의료용 방사선으로 주로 사용되는 방사선의 에너지영역은 보통 40 kVp 에서 150 kVp 이내에 있으며, 개인피폭에 대한 방사선 방호는 원자번호가 큰 납과 같은 금속을 이용한 방호복에 주로 의존하고 있다[15]. 선행 연구들은 납 대체 물질로 붕소(B), 티타늄(Ti), 바륨(Ba), 텅스텐(W), 비스무스(Bi) 등이 연구되어 결과를 나타내고 있다[5,6,22]. 하지만 이들 물질은 방사선에 대한 차폐력은 좋으나 차폐체로서의 보편적 적용에 있어서 제작비용 등으로 인한 경제적 문제가 발생한다. 본 연구에서는 저선량 방사선 차폐소재로서 능력이 방사선의 차폐율을 나타내는데 실리콘과 금속화합물의 융합이 가능했다는 것과 금속화합물이 액상실리콘과 결합하여도 고체상태로 실리콘의 물성을 그대로 나타낸다는 것이었다. 본 실험에서 차폐체의 기본재료로 사용된 실리콘은 원소번호 14, 화학기호가 Si이다. 밀도가 2.33 g/cm<sup>3</sup>으로 알루미늄과 비슷하며 산화가 느리고 고온에서도 안정적인 절연체이다. 비이온성이고 인체에 무해하고 물성이 대단히 유연하여 구부러짐 등과 같은 물리적 자극에도 쉽게 변형되거나 파손되지 않는다. 이러한 장점은 기존 납

**<Table 2>** Calculating of shielding rate at 60 kVp and 100 kVp (unit : %)

Shielding ratio(%)	Shield materials (sample)	N/A	0.5 mmPb	Thickness of Si-TiO <sub>2</sub> pad (mm)												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
60 kVp	0	95.92	6.63	18.34	28.83	43.85	55.24	67.77	77.53	82.62	87.56	91.93	95.71	99.27	100	
100 kVp (0.25 mmCu filter)	0	85.26	3.94	14.26	20.49	25.68	28.48	30.82	36.22	42.11	48.45	53.16	59.60	65.60	71.35	

Measured Mean dose	Shield materials (sample)	N/A	0.5 mmPb	Thickness of Si-TiO <sub>2</sub> pad (mm)												
				14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
60 kVp	0	95.92	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	N/M	
100 kVp (0.25mmCu filter)	0	85.26	74.68	80.06	82.88	86.66	91.03	95.02	96.80	99.11	99.77	100	N/M	N/M	N/M	

Note. Si: silicone, TiO<sub>2</sub>: titanium dioxide, N/A: Not accepted, N/M: Not measured.

가운을 보관하는데 필요한 공간을 절약할 수 있으며 차폐복을 작게 접어 보관 및 휴대가 가능하게 할 수 있다. 이산화티탄은 액체 상태의 실리콘 베이스에 금속성질의 이산화티타늄이 고착되면서도 실리콘의 성질을 잘 유지 하였으며, 전이금속인 티탄 원자 하나와 산소 원자 2개가 결합된 분자로서 화학식은  $TiO_2$ 이다. 밀도가  $4.23 \text{ g/cm}^3$ 이며 화학적으로 안정한 물질이다. 보통 생물학적으로 반응하지 않아 환경 및 인체에 무해하다. X선 영상획득을 위한 필름/증감지 영상계(film/screen system)에서는 자외선을 흡수하는 능력을 이용하여 증감지의 반사층에 함유되어 사용되기도 한다[23]. 아울러 실리콘과 같이 가격이 저렴하며 대량 생산에도 문제가 없어 경제적인 측면이 뛰어나다. 또한 실리콘과 이산화티탄 등과 같은 금속화합물 융합패드를 이용하면 기존 납방호복의 취약점인 물리적 갈라짐에 강하여 보관상 제약이 없어 휴대성과 보관성이 우수해 지며 납의 위해성을 포함하지 않은 방사선 차폐재료 및 이를 응용한 다양한 형태의 방사선차폐재의 제작 가능성을 확인해 볼 수 있었다. 기존 연구에서는 실리콘에 바륨 등의 입자를 나노화하여 도포하는 방식으로 얇은 차폐시트를 만들었다[24]. 하지만 공정이 복잡하고 생산단가가 비싼 단점이 있었다. 본 연구에서는 제작단가와 공정을 획기적으로 개선하여 저선량 방사선 방호에 적용할 수 있는 보다 경제적이고 방사선관계종사자 및 환자의 안전성과 편의성이 고려된 차폐체를 개발하기 위한 전단계의 과정이다. 따라서 다음 단계의 연구에서는 보다 다양한 금속화합물과 실리콘을 결합하여, 한국산업기술표준원이 제시하는 차폐능이 납당량 0.25 mm 정도의 차폐재와 궁극적으로는 납당량 0.5 mm의 차폐능을 가진 차폐재를 완성하는 것과[10] 핵의학검사 시에는 납을 이용한 차폐체는 오히려 피폭을 증가시킬 수도 있어 핵의학분야에서는 납이 포함 된 차폐를 사용하는데 한계가 있다는 것이 보고되고 있다[25]. 따라서 다음 단계의 연구에서는 납을 포함하지 않아 X선 뿐만 아니라 핵의학분야에서도 적용이 가능한 차폐소재의 개발이 목적이다. 아울러 본 연구의 한계점은 임상이나 산업현장에서 방사선을 차폐할 일반적 목적으로 본 연구에서 제시하는 실리콘-이산화티탄 패드를 사용하는 것은 두께가 너무 두꺼운 관계로 무리가 있다는 점이며, 이러한 문제점의 해결은 앞서 기술한 바와 같이, 보다 얇아 경량화 되고 제작비용이 경제적인 실리콘-금속화합물의 조합을 찾아내는 후행연구를 통해 가능 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

납의 차폐력과 동등하며, 얇고 가벼운 차폐체로서의 역할을 충분히 수행하기에는 현재의 연구결과 상태로는 부족하였지만, 실리콘과 금속화합물인 이산화티탄을 사용한 패드를 일정하게 두께를 증가시켰을 경우 차폐능 증가를 관찰할 수 있었다. 본 연구의 목적은 납을 대체할 차폐체로서의 적합 여부를 예상하는데 중점을 두었으며, 실험결과 60 kVp의 조사조건에서 실리콘-이산화티탄 패드의 차폐체는 9 mm 두께에서 0.5 mm 납판과 등가한 차폐력을 나타냈으며, 100 kVp에서는 납 방호복의 3배 이상의 두께인 17 mm에서 0.5 mm 납판과 등가한 차폐력을 나타내어 향후 다양한 배합 실험을 통해 보다 경제적이고 이용이 편리한 방호용 방사선 차폐소재를 개발 할 가능성을 확인하였다.

## REFERENCES

- [1] K. T. Kim, Y. J. Heo, J. W. Shin, et al, "A Study on the Improvement of Evaluation Methods and Standards for Simulation evaluation of Computed Tomography", The Korean Society of Radiology, Vol. 7 No. 5, pp. 339-345, 2013.
- [2] Y. A. Kwon, A Study of MSDs and their Policy Reform for Workers in Healthcare and Medical Fields, Master's thesis Seoul Tech., 2009.
- [3] Korea Industrial Safety Asssiation, Safety measure of lead poisoning, KISA-health-05, 2015.
- [4] G. Y. Park, Modification of lipoproteins by blood lead (Pb) to result skin toxicity and pro-atherogenic effect, Master's thesis, Young-Nam Univ., 2014.
- [5] Korean intellectual property office patent gazette (A), Radiation shielding fabric, Number 10-2009-0011082, 2009.
- [6] Korean intellectual property office patent gazette (A), Radiation shielding fabric, Number 10-08600332, 2008.
- [7] Korean intellectual property office patent gazette (A), Excellent X-ray shielding textile products and its manufacturing method, Number 2001-0056190, 2001.
- [8] Korean intellectual property office patent gazette (A), Barium sulfate fiber and manufacturing method

- of radiation shielding, Number 2000-0007084, 2000.
- [9] Y. H. Seong, "Evaluation of Surface Radiation Dose Reduction and Radiograph Artifact Images in Computed Tomography on the Radiation Convergence Shield by Using Sea-Shells." *Journal of the Korea Convergence Society* Vol. 8 No.2, pp. 113-120, 2017.
- [10] Korea Standard, Method of Lead Equivalent Experiment for X-ray Shielding Articles, No. 2015-0654, KS A 4025: 1990.
- [11] Korea Standard, X-ray Protection Articles for Patients, No. 2014-0987, KS A 4917: 2014.
- [12] S. C KIM, Development of Radiation Shielding Sheet with Environmentally-Friendly Materials; II: Evaluation of Barum, Tourmaline, Silicon Polymers in the Radiation Shielding Sheet, *Korean Society of Radiological Science*, Vol. 34, No. 2, pp. 141-147, 2011.
- [13] C. G. Kim, "University Students' Awareness of Radiation." *Journal of the Korea Convergence Society* Vol. 3, No. 1., pp. 27-34, 2012.
- [14] H. R. Jung, K. J. Kim, E. H. Mo, "A Study on the Radiation Exposure Dose of Brain Perfusion CT Examination a Phantom." *Journal of the Korea Convergence Society* Vol. 6, No. 5, pp. 287-294, 2015.
- [15] J. E. Ngaile, "Use of lead shields for radiation protection of superficial organs in patients undergoing head CT examinations." *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 130, pp. 490-498, 2008.
- [16] J. P. McCaffrey, H. Shen, B. Downton and E. Maninegra-Hing. "Radiation attenuation by lead and nonlead materials used in radiation shielding garments." *Med.Phys* Vol. 34, No. 2, pp. 530-537, 2007.
- [17] K. Y. Wenyun Luo, Xiaoqing Dong, Chuanshan Wang, Guohua Wu, Mawei Jiang, and Yuanzi Zha, "A New Lead-free Radiation Shielding Material for Radiotherapy." *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 133, No. 4, pp. 256-260, 2009.
- [18] J. Hobson, A. Copper, "Radiation Protection and Shielding Design-Strengthening the Link." *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 115 No. 1-4, pp. 251-253. 2005.
- [19] E. Calzada, F. Gruauer, B. Schillinger and H. Turck, "Reusable shielding material for neutron-and gamma-radiation." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* Vol. 651 No. 1, pp. 77-80, 2011.
- [20] A. El-Sayed Abdo, M. A. M. Ali, and M. R. Ismail, "Natural fibre high-density polyethylene and lead oxide composites for radiation shielding." *Radiation Physics and Chemistry* Vol. 66, pp. 185-195, 2003.
- [21] T. Korkut, T. Korkut, A. Karabulut, and G. Budak, "A new radiation shielding material: Amethyst ore." *Annals of Nuclear Energy* Vol. 38, pp. 56-59, 2011.
- [22] K. T. Kim, "Absorbed spectrum comparison of lead and tungsten in continuous x-ray energy using monte carlosimulation" *J. Korean. soc. radiol*, Vol. 27, pp. 483-487, 2012.
- [23] IAEA(International Atomic Energy Agency), Training Material on Radiation Protection in Diagnostic and Interventional Radiology, Part 15.1: Optimization of protection in radiography: technical aspects.
- [24] S. C KIM, Development of Radiation Shield with Environmentally-Friendly Materials ; I : Comparison and Evaluation of Fiber, Rubber, Silicon in the Radiation Shielding Sheet, Vol. 33 No. 2, pp. 121-126, 2010.
- [25] B.H Han, Evaluation of Radiation Shielding Rate of Lead Aprons in Nuclear Medicine, Vol 40 No. 1, pp 41-47, 2017.

•Abstract

## Preliminary Study for Development of Low Dose Radiation Shielding Material Using Liquid Silicon and Metallic Compound

Seo Goo Jang<sup>1),5)</sup>·Su Chul Han<sup>2)</sup>·Sung Jin Kang<sup>3)</sup>·sung wook Lim<sup>4)</sup>·Sung Soo Lee<sup>1),5)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Medical Science, Graduate School of Soonchunhyang University

<sup>2)</sup>Division of Medical Radiation Equipment, Korea Institute of Radiological and Medical Sciences

<sup>3)</sup>SoonChunHyang University Hospital

<sup>4)</sup>Graduate school of SeJong University

<sup>5)</sup>Department of Preventive Medicine, Soonchunhyang University

This study measured and compared the protective clothing using Pb used for shielding in a diagnostic X-ray energy range, and the shielding rates of X-ray fusion shielding materials using Si and TiO<sub>2</sub>. For the experiment, a pad type shielding with a thickness of 1 mm was prepared by mixing Si-TiO<sub>2</sub>, and the X-ray shielding rate was compared with 0.5 mmPb plate of The shielding rate of shielding of 0.5 mmPb plate 95.92%, 85.26 % based on the case of no shielding under each 60 kVp, 100 kVp tube voltage condition. When the shielding of Si-TiO<sub>2</sub> pad was applied, the shielding rate equal to or greater than 0.5 mmPb plate was obtained at a thickness of 11 mm or more, and the shielding rate of 100% or more was confirmed at a thickness of 13 mm in 60 kVp condition. When the shielding of Si-TiO<sub>2</sub> pad was applied, the shielding rate equal to or greater than 0.5 mmPb plate was obtained at a thickness of 17 mm or more, and a shielding rate of 0.5 mmPb plate was observed at a thickness of 23 mm in 100 kVp condition. Through the results of this study, We could confirm the possibility of manufacturing radiation protective materials that does not contain lead hazard using various metallic compound and liquid Si. This study shows that possibility of liquid Si and other metallic compound can harmonize easily. Beside, It is flexible and strong to physical stress than Pb obtained radiation protective clothes. But additional studies are needed to increase the shielding rate and reduce the weight.

**Key Words :** Radiation Shielding, Radiation protective clothing, Liquid Silicon, TiO<sub>2</sub>, Metallic Compound

