

# Shielding Capability Evaluation of Slit-shaped Structure for Scattered X-ray using Monte Carlo Method

Sangrok Kim<sup>1,\*</sup>, Jaeseung Heo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Radiation Safety Section, Korea Institute of Radiological and Medical Sciences

<sup>2</sup>Health and Safety Convergence Science, Korea University

Received: October 12, 2020. Revised: November 27, 2020. Accepted: November 30, 2020

## ABSTRACT

As the use of radiation for medical purposes increases, the exposure dose of medical workers is also increasing. To reduce this dose, various studies on changing the shielding material have been conducted. Recently, a new method to reduce the dose at the entrance of the radiation treatment room was proposed by using the photoelectric effect that occurs when the radiation is scattered. Because this method is particularly effective for low-energy photons, in this study, a slit-type structure was proposed as a excellent shielding structure against scattered x-ray in a general photography room, and was evaluated the shielding effect by Monte Carlo simulation. As a result of the calculation, this study found that in the case of a structure in which steel plates with a thickness of 2 mm and a width of 5 cm are stacked at 2 mm intervals, a shielding effect was approximately 99.9% or more, excluding the heights of the floor and the patient where scattering occurs directly.

Keywords: Radiation, Scattered X-ray, Shielding, Monte Carlo simulation, Photoelectric effect

## I. INTRODUCTION

방사선을 이용한 의료행위는 인공방사선을 이용하는 활동 중 가장 많은 사람들에게 전리방사선을 피폭시킨다. 특히, 의료시스템이 선진화된 나라일 수록 의료방사선의 사용이 늘어나는 것으로 알려져 있다. 이는 의료관계자의 방사능 노출 가능성 역시 함께 높아진다는 것을 의미한다. 의료관계자의 방사선 피폭량을 줄이기 위해, 방사선을 이용하는 치료시설은 콘크리트 같은 차폐체를 이용하여 방사선원을 둘러싸는 형태로 설계된다. 심지어 일반촬영을 위한 시설도 납, 또는 납을 포함한 유리를 이용하여 차폐한다. NCRP Report No. 151은 의료종사자의 피폭선량을 줄이기 위한 고 에너지 방사선 치료시설 설계방법 전반에 대해 자세히 설명하고 있으며, 이 설계방법은 일반촬영실에도 적용이 가능하다<sup>[1]</sup>.

사용시설에 설치되는 차폐체와 별도로, 방사선을 이용하는 의료종사자는 개인의 방사선번호를 위해 납치마로 대표되는 액세서리 형태의 차폐체를 착용해왔다. 그러나 납의 유해성으로부터 의료종사자를 보호하고자 납을 대체하는 다양한 차폐체가 연구되었다. 이 연구들은 사용자가 직접 착용하는 앞치마의 재질을 바꾸는 연구가 주를 이루었다<sup>[2-8]</sup>.

반면 콘크리트로 대표되는 건축재의 대체재에 관한 연구도 있었다. 이 연구에서는 납을 함유한 고체상 폐기물을 차폐체로 이용하고자 전산코드와 실험을 이용하여 이 폐기물의 질량감쇠계수(Mass attenuation coefficient)를 구함으로써 차폐성능을 평가했다<sup>[9-10]</sup>. 방사선원에서 발생한 방사선이 관심지점까지 도달하는 과정은 측정을 통해서 확인할 수 없기 때문에, Monte Carlo method로 대표되는 전산코드가 일반적으로 사용된다. 전산코드를 사용하는 방법은 측정값과 차이가 거의 없는 것으로 알려져

\* Corresponding Author: Sangrok Kim  
Address : 75 Nowon-ro, Seoul, Korea

E-mail: kim@kirams.re.kr

Tel: +82-2-970-1346

있다<sup>[11]</sup>.

최근 연구에서 방사선치료실 입구의 미로구조 벽면을 납으로 얇게 덧씌우는 방법을 이용하여 미로 입구에서의 선량을 감소시키는 방법이 제안되었고, Monte Carlo method와 실험을 통해 증명하였다.<sup>[12,13]</sup> 이 방법은 방사선치료실 입구의 선량에 기여하는 방사선은 콤프턴 산란(Compton scattering)에 의해 에너지가 낮아진 광자이며, 에너지가 낮은 광자는 원자번호가 높은 물질과 상호작용 시 콤프턴 산란과 경쟁적으로 발생하는 광전효과(Photoelectric effect)를 일으킬 확률이 크기 때문에 매우 효과적이다. 이 효과는 저에너지 광자선에서 더 큰 효과가 있음을 기존연구에서 증명했으며, 이 연구에 따르면 1, 2, 4 mm 납판을 이용한 경우 0.5 MeV 광자에 대한 %DRF(Dose reduction factor)<sup>[12]</sup>는 78, 80, 81%에 해당했다<sup>[13]</sup>.

방사선치료실 입구의 선량감소에 대한 연구<sup>[12-13]</sup>는 방사선원을 차폐체를 이용하여 둘러싸는 고전적인 방법 대신 원자번호가 높은 물질과의 충돌 과정에서 발생하는 광전효과를 통해서도 저에너지 광자에 대한 차폐가 가능함을 시사해준다. 특히, 저에너지 광자선에서 광전효과가 잘 일어나는 특성을 이용하면, 110 kVp 또는 그 이하의 X-ray를 사용하는 일반촬영실의 차폐는 검사실과 촬영실 혹은 검사실과 보호자실을 완전히 막았던 기존의 차폐방법 대신, 슬릿형태의 차폐체를 이용하는 격벽의 형태도 가능하리라 기대된다. 이러한 차폐방법은 환자와 의료종사자간의 원활한 의사소통을 보장해주고, 특히 어린 환자의 경우 고립된 환경에서 검사를 받아야 하는 공포심을 해결해줄 수 있을 것이다. 따라서 이 논문에서는 슬릿형태 구조물의 X-ray 차폐능력을 MCNP6.1<sup>[14]</sup>을 이용하여 평가하여, 이 구조체의 현장적용 가능성을 확인하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

일반촬영실에서 사용하는 X-ray의 산란선을 슬릿형태 구조물로 차폐할 수 있는지 알아보기고자, Fig. 1에서 보는 것과 같이 병원 일반촬영실의 구조를 참고하여 기하학적 평가조건을 결정했다.

산란선이 많이 발생하는 조건을 만들기 위해 누

워있는 환자의 위에서 X-ray를 하향 촬영하는 상황을 가정하였다. X-ray 선원의 에너지 스펙트럼은 Report 78-Spectrum processor의 결과물을 이용했으며<sup>[15]</sup>, X-ray 생성조건 및 생성 X-ray의 특성은 각각 Table 1 및 Fig. 2에서 보는 것과 같다.

산란선을 발생시키는 환자는 가로 300 mm, 세로 600 mm, 깊이 150 mm의 물 팬텀으로 대신하였고, 일반적인 사람의 키가 2 m 이하인 점을 고려하여 지상으로부터 2 m까지 슬릿형태의 구조물을 차폐체로 설치하였다. 이 구조물이 환자로부터 멀리 설

Table 1. Input data for Report 78-Spectrum processor<sup>[15]</sup>

Parameters	Values
Target material	Tungsten
Tube voltage	110 kVp
Anode angle	16 degree
Materials used to attenuate spectrum	0.80 mm

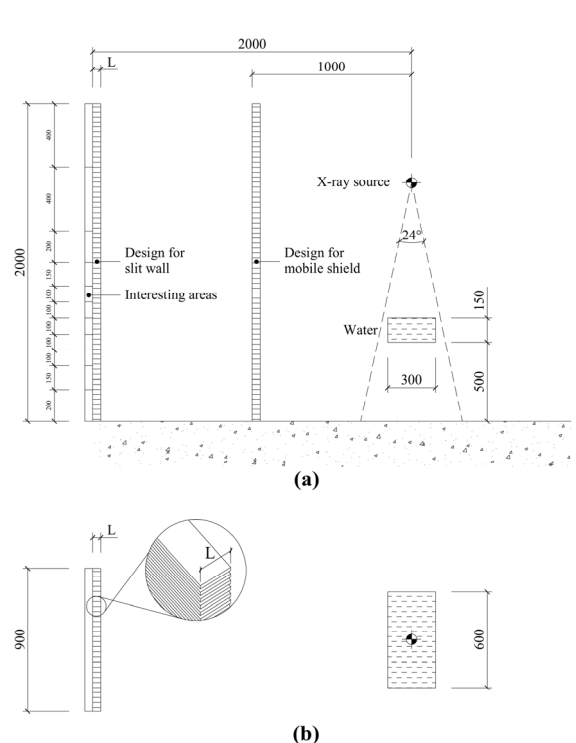


Fig. 1. Top view of simulation model (a), and side views of a shielding wall (b). Unit of length is mm.

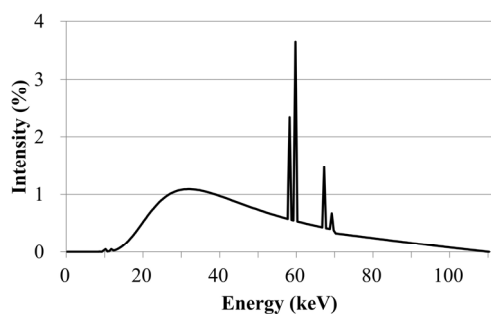


Fig. 2. X-ray energy spectrum using this calculation.

Table 2. Cell numbers and sizes of the region of interest used in the calculations

Cell No.	Size of cells		
	Width (mm)	Depth (mm)	Height (mm)
1	900	5	200; Floor level to 200
2	900	5	150; 200 to 350
3	900	5	100; 350 to 450
4	900	5	100; 450 to 550
5	900	5	100; 550 to 650
6	900	5	100; 650 to 750
7	900	5	100; 750 to 850
8	900	5	150; 850 to 1,000
9	900	5	200; 1,000 to 1,200
10	900	5	400; 1,200 to 1,600
11	900	5	400; 1,600 to 2,000

치되는 경우는 이 구조물이 벽으로 사용되는 경우이고, 환자 근처에 설치되는 경우는 이동식 차폐체로 사용되는 경우이다. 본 연구에서는 두 가지 상황을 모두 평가하였다. 슬릿형태 구조물의 폭은 Fig. 1(b)에서 L로 표기하였다.

빠른 계산을 위해 환자가 눕는 침대는 계산에서 생략되었고, 환자로부터 2 m 지점, 즉 슬릿형태 구조물이 벽으로 사용되는 경우 벽 뒤쪽을 관심지점으로 지정하였다. MCNP6의 Mesh tally 기능을 사용하는 경우 많은 계산시간이 소요되기 때문에, 폭 900 mm의 관심지점을 높이별로 구분하여 관심지점으로 선정하였다. 관심지점의 Cell No.와 크기는 Table 2와 같다.

선량환산인자는 ICRP Publication 116<sup>[16]</sup>의 Table A.1에서 제시한 값을 사용했다. 이 출판물에서는

다양한 피폭방향에 따른 선량환산계수를 제공하고 있으며, 보수적인 평가를 위해 저에너지에서 높은 값을 제시하는 AP(Antero-Posterior) 조건의 선량환산인자를 사용했다.

구조물의 차폐성능인 차폐전후 선량비율(Transmission factor,  $B$ )은 차폐 전 선량( $I_0$ )과 차폐 후 선량( $I$ )의 비율이며, Eq. (1)로 계산된다.

$$B = \frac{I}{I_0} \tag{1}$$

### III. RESULT

슬릿형태의 구조물이 산란방사선 차폐에 효과가 있는지 확인하기 위해 110 kVp X-ray의 하향조사 시 2 m 거리에서의 선량을 계산하였다. 슬릿 형태의 구조물은 Fig. 1(b)에서 보는 것과 같이 두께 2 mm, 폭 50 mm, 길이 900 mm인 판을 2 mm 간격으로 수평 적재하는 구조로 만들고, 구조물의 재질에 따른 차폐성능 비교를 위해 재질을 알루미늄, 철, 납으로 설정하여 차폐전후 선량비율( $B$ )을 평가했다.

알루미늄, 철, 납의 차폐전후 선량비율( $B$ )은 Fig. 3(a)에서 보는 것과 같이, 예상대로 원자번호가 낮은 알루미늄의 차폐성능이 철과 납에 비해 상대적으로 낮았다. 산란선을 발생시키는 팬텀 및 바닥의 높이를 제외하면, 철과 납의 차폐전후 선량비율( $B$ )은  $1.00E-03$ 과 비슷하거나 이보다 낮았다. 이는 차폐체의 십가층(Tenth value layers)의 3배에 해당하는 차폐성능이므로, 이 구조체는 110 kVp X-ray에 대한 차폐체로서 가치가 있다고 판단된다. 또한, 차폐체의 재질과 무관하게 팬텀 및 바닥 높이에서 차폐효과가 낮게 나왔는데, 이는 수평으로 쌓아진 슬릿은 슬릿과 평행하게 입사되는 방사선과 반응하지 않기 때문으로 해석할 수 있다.

특이한 점은 원자번호의 차이가 있음에도 불구하고  $^{56}\text{Fe}$ 와  $^{207}\text{Pb}$ 의 차폐전후 선량비율( $B$ )이 거의 같았다는 점이다. 이로써 방사선과 슬릿형태 구조물과의 상호작용이 차폐가 아니라, 광전효과에 의한 에너지 흡수임을 유추할 수 있다.

납은 높은 밀도로 인해 X-ray 또는 감마선에 대한 좋은 차폐체로 분류되지만, 자기 스스로의 무게를 견디지 못해 지지구조물이 필요한 단점이 있다<sup>[1]</sup>. 따라서 슬릿형태 구조물을 제작하기 가장 적합한 재료는 철로 판단하고, 이후 계산은 철을 사용하여 진행하였다.

슬릿형태 구조물의 설치 위치에 따른 차폐전후 선량비율( $B$ )의 차이를 확인하기 위해 구조물과 선원간 거리가 1 m인 경우와 2 m인 경우를 구분하여 계산하였다. 구조물과 선원간 거리가 1 m인 경우는 이 구조물이 이동식 차폐체(Mobile shield)로 사용되는 경우이고, 구조물과 선원과의 거리가 2 m인 경우는 이 구조물이 벽 또는 문의 형태로 사용되는 경우이다. 관심지점은 두 경우 모두 선원으로부터 2 m인 지점이며, 구조물의 재질은 철이다.

계산결과 Fig. 3(b)에서 보는 것과 같이 약간의 차이는 있었지만, 의미 있는 차이는 아니었다.

Fig. 1(b)에서 L로 표현된 슬릿의 두께에 따른 차폐전후 선량비율( $B$ )의 변화를 알아보기 위해, 슬릿의 두께(L)를 1 cm부터 5 cm까지 변화시키며 계산했다.

슬릿의 두께(L)가 얇아질수록 산란방사선이 슬릿과 상호작용할 확률도 줄어들기 때문에, 예상대로 차폐전후 선량비율( $B$ )이 증가하여 차폐효과가 떨어짐을 Fig. 3(c)에서 확인할 수 있다. 특히, 팬텀과 동일높이에서의 차폐전후 선량비율( $B$ )은 슬릿의 두께(L)와 무관하게 비슷한데, 이를 통해 슬릿과 수평으로 입사되는 방사선이 차폐체와 반응하지 않는 것을 알 수 있다.

관심지점을 상하 방향으로 구분하였기 때문에, 팬텀의 높이에서 높게 계산되는 선량이 좌우 방향으로 어떤 특성을 나타내는지 확인하고자, 관심지점을 MCNP6의 Meshtally 기능을 사용하여 x축(좌우)과 y축(상하)에 대한 선량을 계산하였다.

계산결과 Fig. 4에서 보는 것과 같이 팬텀 높이의 선량은 모든 x축(좌우)에 대해 동일하게 높았다. 이는 슬릿을 수평방향으로 쌓기 때문으로 생각된다.

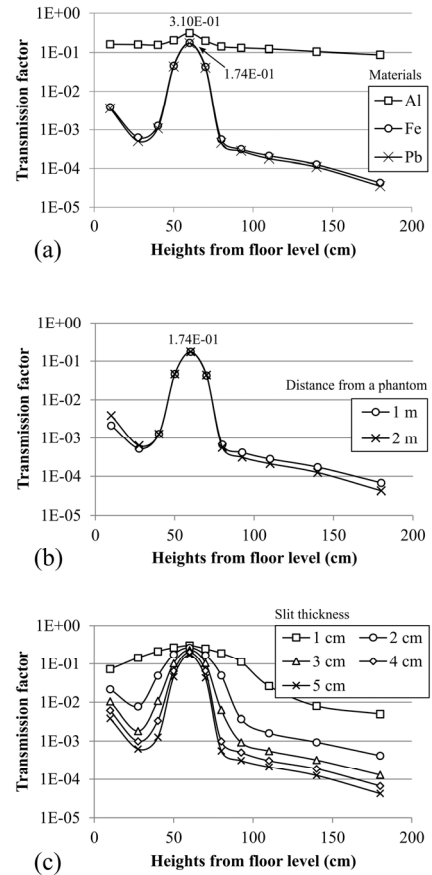


Fig. 3. The transmission factors ( $B$ ) according to the types of shield on 110 kVp X-ray. In (b) and (c), the steel is used for structure.

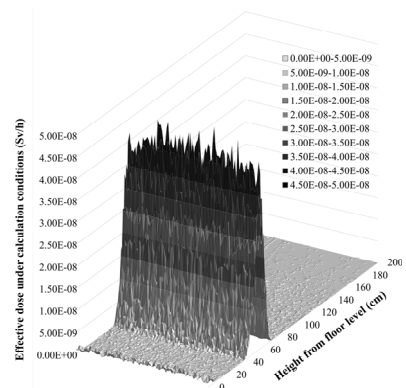


Fig. 4. Effective dose behind slit-shaped structure. The size of the region of interest was set to 90 cm wide and 200 cm high.

#### IV. DISCUSSION

이전 연구에서는 방사선에 의한 피폭량을 줄이기 위한 방법으로 재료의 개선을 주로 연구했다. 방사선을 이용하는 의료종사자들은 납치마로 대표되는 액세서리 형태의 차폐체를 주로 사용했고, 납의 유해성으로부터 이들을 보호하기 위해 납을 대체하는 다양한 재질이 연구되었다. 재료의 개선은 콘크리트로 대표되는 건축자재 분야에서도 역시 진행되었다. 그러나 최근 연구에서는 콤프턴 산란(Compton scattering)과 경쟁적으로 발생하는 광전효과(Photoelectric effect)를 이용하여 저에너지 광자의 차폐 가능성을 보여주었다.

본 연구에서는 저에너지에서 광전효과가 일어나면 광자의 에너지를 물질이 모두 흡수하여 광자가 소멸되는 현상을 이용하여 슬릿형태의 구조물이 일반촬영실에서 차폐체로써 사용 가능한지 MCNP6을 사용하여 확인하였다.

계산결과, 철판을 이용한 슬릿형태 구조물은 일반촬영실의 차폐에 적합함을 증명했다. 철판이나 납판을 사용하여 슬릿의 두께를 5 cm로 설계하여 계산한 경우 차폐전후 선량비율(B)은 산란이 직접 발생하는 바닥과 환자 높이를 제외하면 1.00E-03과 비슷하거나 더 낮았다. 이 결과는 차폐체의 십가층(Tenth value layers)의 3배에 해당하므로, 이 구조체는 110 kVp X-ray에 대한 차폐체로 가치가 있음을 의미한다. 이러한 차폐능력은 차폐 구조물과 산란 구조물의 거리에 무관하게 일어났다.

그러나 이 연구에는 다음과 같은 제한사항이 존재한다. 먼저, 비록 직접 실험을 통한 실측이 아니므로, 코드의 자체적인 문제 혹은 실제 현장에서의 기하학적인 원인 등으로 계산과 차이가 있을 수 있다는 점이다. 이 문제는 선량환산계수를 보수적인 값으로 선정하고, 기존 연구<sup>11,14)</sup>에서 정확성이 증명된 MCNP6을 계산 코드로 선정하는 방법으로 최소화하고자 노력했다. 특히, 계산 결과의 상대오차를 5% 이하로 계산하여 코드로 인한 오류를 최소화하고자 했다. 또 다른 문제는 산란이 직접 발생하는 바닥과 환자 높이에서의 차폐전후 선량비율(B)이 다른 지점에 비해 높다는 점이다. 이는 슬릿형태의

구조물의 사용 높이를 제한하는 것으로, 사용상의 범용성이 떨어지게 된다. 그러나 일반적인 책상의 높이가 75 cm 내외인 점과 촬영실 창문이 75 cm 이상의 높이에 설치되는 것을 고려하면, 이 구조물을 촬영실에 적용하는 것에 대한 제한이 되는 것은 아니다.

이러한 제한에도 불구하고 슬릿형태의 구조물을 이용한 차폐체는 방사선원과 관심지점을 물리적으로 차단하지 않고 선량을 적극적으로 감소시킬 수 있다는 점에서 그 효용성이 있다. 이 현상은 공간을 차단하지 않으면서 방사선은 차폐해야 하는 환경에 적극 사용할 수 있다. 환자와 의료종사자간, 혹은 환자와 보호자간의 원활한 의사소통이 필요한 환경에서는 매우 좋은 차폐체로 사용될 수 있을 것이다.

#### V. CONCLUSION

본 연구는 MCNP6을 이용하여 병원 일반촬영실 X-ray 산란선에 대한 슬릿형태 구조물의 차폐성을 평가하였고, 이 구조물이 차폐체로써 이용될 수 있음을 증명하였다.

이러한 현상의 증명은 방사선을 차폐하기 위해서는 방사선원을 격리시켜 차폐해야한다는 기존의 오래된 설계 개념을 바꾸는 것이다. 기존 설계개념에서도 미로(Maze)를 이용하여 선량을 줄이는 방법을 사용하긴 했지만 이는 선원과의 거리를 추가 확보하는 방법이었다. 추가적인 거리확보 없이 산란 현상만을 이용하여 선량을 적극적으로 감소시켜 차폐체를 대신하는 방법은 이 연구가 최초이다.

특히, 고에너지 선형가속기를 사용하는 치료시설의 환기를 위해 설치되는 덕트의 경우 치료실 내부 천정 높이에 설치되므로 바닥 혹은 환자 높이에서 차폐효율을 떨어지는 슬릿형태의 구조물을 적용하기 매우 좋은 대상이다. 치료시설에 설치되는 덕트 차폐의 경우 슬릿형태 구조물이 기존 차폐 방법에 대한 대안이 될 수 있음을 별도의 예비실험에서 확인했다. 따라서 차후에는 슬릿형태 구조물을 고 에너지 선형가속기 사용시설의 덕트 차폐체로 사용하는 방법에 대한 연구를 진행할 것이다.

### Acknowledgement

이 연구는 과학기술정보통신부 한국원자력의학원 연구운영비지원사업의 지원을 받아 수행하였음. (No.50422-2020)

### Reference

- [1] NCRP and National Council on Radiation Protection and Measurements, Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-ray Radiotherapy Facilities: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements, National Council on Radiation Protection and Measurements, 2005.
- [2] J. P. McCaffrey, H. Shen, B. Downton, E. Mainegra-Hing, "Radiation attenuation by lead and nonlead materials used in radiation shielding garments," *Medical physics*, Vol. 34, No. 2, pp. 530-537, 2007. <https://doi.org/10.1118/1.2426404>
- [3] H. Schlattl, M. Zankl, H. Eder, C. Hoeschen, "Shielding properties of lead-free protective clothing and their impact on radiation doses," *Medical physics*, Vol. 34, No. 11, pp. 4270-4280, 2007. <https://doi.org/10.1118/1.2786861>
- [4] H. Warren-Forward, P. Cardew, B. Smith, L. Clack, K. McWhirter, S. Johnson, K. Wessel, "A comparison of dose savings of lead and lightweight aprons for shielding of 99m-Techneium radiation," *Radiation protection dosimetry*, Vol. 124, No. 2, pp. 89-96, 2007. <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncm176>
- [5] M. Zuguchi, K. Chida, M. Taura, Y. Inaba, A. Ebata, S. Yamada, "Usefulness of non-lead aprons in radiation protection for physicians performing interventional procedures," *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 131, No. 4, pp. 531-534, 2008. <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncn244>
- [6] Sangroh Kim, Terry T. Yoshizumi, Donald P. Frush, Colin Anderson-Evans, Greta Toncheva, "Dosimetric characterisation of bismuth shields in CT: measurements and Monte Carlo simulations," *Radiation protection dosimetry*, Vol. 133, No. 2, pp. 105-110, 2009. <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncp025>
- [7] J. P. McCaffrey, E. Mainegra-Hing, H. Shen, "Optimizing non-Pb radiation shielding materials using bilayers," *Medical physics*, Vol. 36, No. 12, pp. 5586-5594, 2009. <http://dx.doi.org/10.1118/1.3260839>
- [8] K. Yue, W. Luo, X. Dong, C. Wang, G. Wu, M. Jiang, Y. Zha, "A new lead-free radiation shielding material for radiotherapy," *Radiation protection dosimetry*, Vol. 133, No. 4, pp. 256-260, 2009. <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncp053>
- [9] M. Erdem, O. Baykara, M. Doğru, F. Kuluöztürk, "A novel shielding material prepared from solid waste containing lead for gamma ray," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol. 79, No. 9, pp. 917-922, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2010.04.009>
- [10] S. Xu, M. Bourham, A. Rabiei, "A novel ultra-light structure for radiation shielding," *Materials & Design*, Vol. 31, No. 4, pp. 2140-2146, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2009.11.011>
- [11] S. G. Mashnik, "Validation and verification of MCNP6 against intermediate and high-energy experimental data and results by other codes," *The European Physical Journal Plus*, Vol. 126, No. 5, pp. 49, 2011. <http://dx.doi.org/10.1140/epjp/i2011-11049-1>
- [12] I. A. M. Al-Affan, R. P. Hugtenburg, D. S. Bari, W. M. Al-Saleh, M. Piliero, S. Evans, M. Al-Hasan, B. Al-Zughul, S. Al-Kharouf, A. Ghaith, "Dose reduction of scattered photons from concrete walls lined with lead: Implications for improvement in design of megavoltage radiation therapy facility mazes," *Medical physics*, Vol. 42, No. 2, pp. 606-614, 2015. <http://dx.doi.org/10.1118/1.4905100>
- [13] I. A. M. Al-Affan, S. Evans, M. Qutub, R. P. Hugtenburg, "A novel technique to optimise the length of a linear accelerator treatment room maze without compromising radiation protection," *Journal of Radiological Protection*, Vol. 38, No. 1, pp. 48, 2017. <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6498/aa9128>
- [14] J. T. Goorley, M. R. James, T. E. Booth, F. B. Brown, J. S. Bull, L. J. Cox, J. W. J. Durkee, J. S. Elson, M. L. Fensin, R. A. Forster, J. S. Hendrics, H. G. Hughes, R. C. Johns, B. C. Kiedrowski, R. L. Martz, S. G. Mashnik, G. W. McKinney, D. B. Pelowitz, R. E. Prael, J. E. Sweezy, L. S. Waters, T. Wilcox, A. J. Zukaitis, "Initial MCNP6 release overview-MCNP6 version 1.0," Los Alamos National

Lab.(LANL), Los Alamos, NM (United States),  
2013. <http://dx.doi.org/10.2172/1086758>

- [15] A. J. Reilly, D. Sutton, "Report 78 spectrum processor," IPEM, editor, 1997
  
- [16] C. H. Clement, N. Petoussi-Hens, W. E. Bolch, K. F. Eckerman, A. Endo, N. Hertel, J. Hunt, M. Pelliccioni, H. Schlattl, M. Zankl, "Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures," *Annals of the ICRP*, Vol. 40, No. 2-5, pp. 1-257, 2010.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.icrp.2011.10.001>

## 몬테카를로 방법을 이용한 슬릿형태 구조물의 차폐능력 평가

김상록<sup>1,\*</sup>, 허재승<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>한국원자력연구원 방사선안전관리팀

<sup>2</sup>고려대학교 보건안전융합과학과

### 요 약

의료종사자의 피폭선량을 줄이기 위한 최근 연구에서, 방사선이 산란될 때 발생하는 광전효과를 이용하여 방사선치료실 입구에서의 선량을 줄이는 방법이 제안되었다. 이 방법은 특히 저에너지 광자에 효과적이기 때문에 본 연구에서는 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 슬릿형태 구조물의 일반촬영실 산란 엑스선에 대한 차폐성능을 평가하였다. 두께 2 mm, 폭 50 mm, 길이 900 mm인 판을 2 mm 간격으로 수평 적재하는 형태의 슬릿형태 구조물은 알루미늄에 비해 철 또는 납으로 만드는 경우 차폐효과가 뛰어났다. 재질을 철로 한정할 경우 선원과 관심구역 사이에서 결정된 구조물의 설치위치는 차폐효과와 무관했으며, 판의 폭은 차폐효과에 비례했다. 폭 50 mm 철판을 사용한 경우 산란선이 직접 발생하는 바닥 및 환자의 높이를 제외하면 약 99.9% 또는 그 이상의 차폐효과가 있었다.

중심단어: 방사선, 산란 엑스선, 차폐, 몬테카를로 시뮬레이션, 광전효과

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자) (교신저자)	김상록	한국원자력연구원 방사선안전관리팀	선임연구원
(공동저자)	허재승	고려대학교 보건안전융합과학과	대학원생(석사)