
3차원 방사선 탐지장치용 검출센서의 차폐체 및 Collimator 구조 분석 연구

황영관* · 이남호* · 박성훈* · 정상훈* · 김종열* · 최명진**

*한국원자력연구원

**국방과학연구소

The Analysis of the Collimator & Radiation Shield for the Radiation Sensor for the 3Dimension Radiation Detection

Young-Gwan Hwang* · Nam-Ho Lee* · Sumg-Hun Park* · Sang-Hun Jeong* · Jong-Ryul Kim*
Myung-Jin Choi**

*Korea Atomic Energy Research Institute

**Agency for Defense Development

E-mail : yghwang@kaeri.re.kr

요 약

핵폭발이나 원자력 발전시설 사고와 같이 대규모 방사선사고 발생 시 주변지역은 감응방사선 또는 방사선 낙진으로 인해 오염된다. 이러한 오염지역을 원격에서 탐지하여 오염물질에 대한 분포 및 오염 정도를 확보한다면 오염물질 제거뿐만 아니라 오염에 대한 피해를 최소화 할 수 있다. 본 논문에서는 오염 물질을 탐지하기 위한 스테레오 검출기 개발의 일환으로 MCNP코드를 이용하여 검출기의 차폐체 및 콜리메이터를 설계하고 교정된 감마선 조사시설을 통해 일정한 선량의 감마선을 조사하여 차폐체 및 콜리메이터에 대한 영향을 분석하였다. 본 논문의 결과는 방사선 탐지를 위한 효율적인 검출기 구조를 설계를 위한 기초자료로 활용될 것이다.

ABSTRACT

The radiation sources leaked from large-scale radiation leak accident like the Fukushima nuclear power plant accident or nuclear explosions can cause to the very large damage for us. So that the damage can be minimized, we have being developed a detector that can providing information about the location of the source to remove dangerous substances quickly than the conventional single detector. In this paper, we designed and implemented the radiation shield and the collimator for the development of the stereo radiation detector to detect contamination things using MCNP Simulation. And we analysed the test results of the radiation shield and collimator using the radiation source. The results of this paper will be used as the basis for improving the efficiency of the stereo radiation detector being studied currently.

키워드

Radiation detection, Gamma Detection, Radiation Shield, Stereo Gamma detector

1. 서 론

핵폭발이나 원자력 발전시설에서 대규모의 방사선 사고가 발생 할 경우 주변 지역은 감응방사선 또는 방사선 낙진 등으로 오염된다. 이러한 오염 물질은 인명 손실 및 환경적 위험을 초래하기

에 긴급히 오염 물질의 제거가 요구된다. 오염 물질을 제거하기 위해서는 방사선원을 탐지하여 위험 물질의 위치, 세기 등을 정확히 알아야 신속한 제거가 가능하다. 기존의 개발된 탐지 장치들은 일차원적인 방사선 탐지 장치들로 선량 정보만을 제공하는 형태이기에 방사선원의 정확한 위치 탐

지에는 한계가 있다. 현재 개발 중인 스테레오 방사선 검출기는 원격에서 오염지역의 방사선원을 탐지하고 스테레오 정합을 통한 거리정보를 추출하여 선원의 방향, 위치 정보를 제공함으로써 문제가 되는 오염물질을 빠르고 효율적으로 제거할 수 있다. 스테레오 방사선 검출기는 검출기 헤드와 탐지를 위한 팬틸트 및 장치 제어부로 구성된다.[1,2]

본 논문에서는 기개발 장치의 차폐체 및 콜리메이터를 모델링하고 형상의 구조를 변경하여 효율적인 차폐 및 조사구 구조를 설계 제작하였다. 또한 두 구조의 MCNP 전산 모사 및 감마선 조사시험을 통해 성능을 비교하였다. 본 논문의 결과는 방사선 탐지장치용 경량 고효율 차폐체 및 콜리메이터 제작을 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

II. 검출기 차폐체 및 콜리메이터

그림 1은 기 개발된 감마선 탐지용 검출장치의 내부 구조를 나타낸 것으로 하부에 위치한 콜리메이터 및 차폐체는 검출 센서를 감마선으로부터 차단하고 탐지하기 위한 조사구를 통해서만 방사선 신호검출이 가능하도록 만들어진 구조이다.

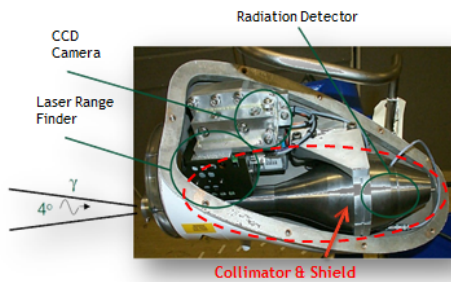


그림 1. 스테레오 방사선 검출부

검출장치용 차폐체 및 콜리메이터 제작을 위해 적용 센서의 외형정보를 바탕으로 동일한 구조로 전산모사를 통해 차폐 효율을 개선하여 설계 제작하였다. 그림 2는 감마선 검출용 차폐체 모델 1의 외형을 나타낸다.

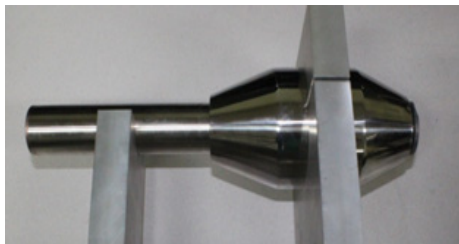


그림 2. 차폐모형 1의 외형정보

방사선 탐지를 위해 검출기를 스캔해야 하며 스캔하기 위해서는 차폐체가 경량화 되어야 한다. 제작된 차폐모형 1의 재질은 납이며 무게는 13kg으로 나타났다.

III. 차폐체 및 Collimator 구조개선

경량 고효율 차폐체 제작을 위해 일정 거리의 선원에 대한 차폐구조 별 차폐율을 MCNP를 통해 계산한 후 각도별로 일정한 차폐율 가지기 위한 구조를 설계하였다. 설계 구조를 보면 검출기로부터 전면부는 차폐율을 높이기 위해 두께를 증가시켰고, 탐지 각도보다 큰 측면에서의 선원에 대해서는 차폐율을 낮게하여 차폐체 및 콜리메이터를 경량화 하였다. 제작된 차폐모형 2의 무게는 8.2kg으로 모델 1에 비해 경량화 되었다. 그림 3은 제작된 모형 2의 모습을 나타낸다.

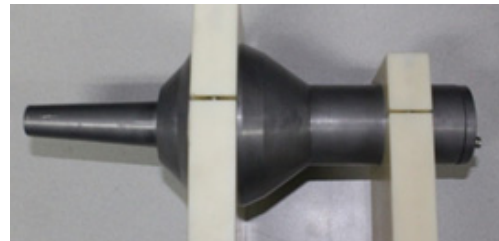


그림 3. 차폐모형 2의 외형정보

IV. 제작 차폐체 및 Collimator 전산모사 및 감마선 조사시험

제작된 검출기용 차폐체 및 콜리메이터의 성능 비교를 위하여 MCNP를 이용하여 동일한 조건에서 전산모사를 수행하였고, 그 결과는 그림 4와 같이 나타난다.

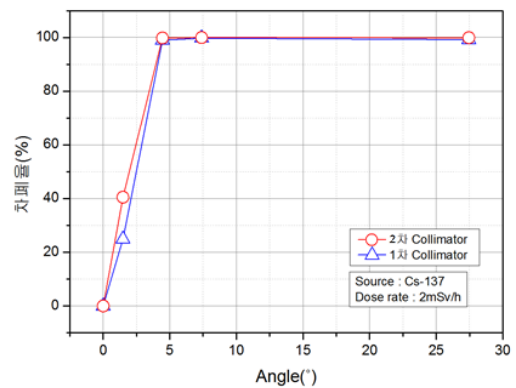


그림 4. 차폐체 구조별 전산모사 결과

전산모사 결과에서 볼 수 있듯이 제작된 차폐

체 및 Collimator의 성능은 유사한 결과를 나타내고 있음을 확인 할 수 있다.

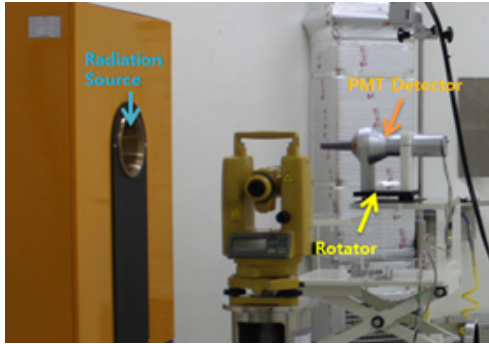


그림 5. 감마선 조사시험 구성

그림 5는 감마선 조사시험을 위한 시험 구성을 나타낸다. 감마선원을 이용한 감마선 조사시험은 KOLAS 인증을 받은 감마선 조사시험장을 이용하여 Cs-137 선원에 대해 200mSv/h의 선량으로 동일한 조건에서 조사시험을 수행하였다. 조사시험은 조사구를 기준으로 각도별로 회전시키며 검출기의 측정값을 확인하였고, 그 결과는 그림 5와 같이 나타난다.

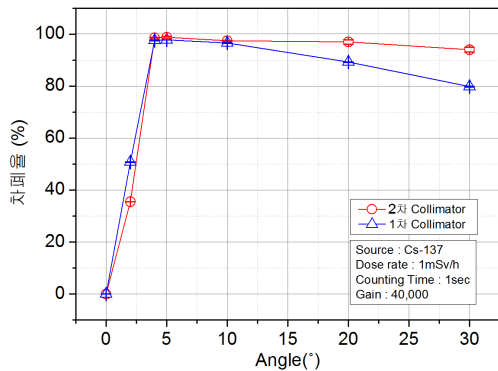


그림 6. 차폐체 구조별 감마선 조사시험 결과

조사시험 결과 구조개선을 통해 경량화한 검출기의 차폐율이 탐지 각도에 따라 효율적으로 나타남을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 방사선원의 3차원 정보 취득을 위한 스테레오 방사선 탐지 장치 개발을 위하여 방사선 검출기의 경량 고효율 콜리메이터 및 차폐체 구조에 대한 연구를 수행하였다. MCNP를 이용하여 형상정보를 설계하고, 전산 모사를 수행하였으며, 설계된 모형을 제작하여 감마선 조사시험을 수행하였다. MCNP 전산모사 결과 차폐모형의 성능이 유사함을 확인하였으며, 조사시험을 통해서 탐지각도 5° ~ 30° 구간에서는 경량 고효율 차폐체의 차폐율이 90% 이상으로 일정하게 나타남을 확인하였다. 향후 Collimator의 조사구의 크기에 따른 입사각도 및 영상 획득 시 분해능에 대한 연구를 수행하고 3차원 정보 취득을 위한 영상 생성에 대한 연구를 진행할 것이다. 본 논문의 결과는 스테레오 3차원 방사선 탐지장치 구현을 위한 기초자료로 활용될 것이다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소의 민간기술협력센터의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] USE OF GAMMA RAY IMAGING INSTRUMENTATION IN SUPPORT OF TRU WASTE CHARACTERIZATION CHALLENGES K.A. Hughes, G. Mottershead, D.J.Thornley, BNFL Instruments, British Nuclear Fuels plc A.P. Comrie, Operations Group, UKAEA Dounreay Proceedings of Waste Management 2004 WM'04 Conference, February 29- March 4, 2004, Tucson
- [2] The Use of a Gamma Ray Imaging Device for In-Cell Assay- 8424,, Karl Hughes, Scott Walker, BIL Solution Ltd, WM2008 Conference, February 24-28, 2008, Phoenix, AZ