

# 우주선 중성자 측정용 BF<sub>3</sub> 검출기 특성 및 최적화 구조 전산모사

장도윤 · 박병현 · 이동훈 · 강병휘 · 강신양 · 최창일 · 이승규 · 강정수 · 이철호 · 김용균\*  
한양대학교

E-mail: ykkim4@hanyang.ac.kr

중심어 (keyword) : 우주선 측정, <sup>3</sup>He, BF<sub>3</sub>

## 서론

우주 방사선에 의한 피폭선량에 대한 관심이 커지면서 고도, 위도에 따른 우주 방사선의 변화에 대한 연구가 여러 그룹에 의해서 진행되어져 왔다[1]. 또한 FLUKA와 같은 컴퓨터 코드가 개발되어 측정과 함께 전산모사도 병행되어 오고 있다[2,3]. 우주 방사선 중에서도 지표면에서 가장 많은 양을 차지하고 있는 입자로 태양 중성자를 꼽을 수 있다. 태양의 활동 주기에 따라 지구에서 받는 우주 방사선의 양이 변하게 되고, 이러한 상관관계에 대한 연구가 큰 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 MCNPX 코드를 이용하여 우주 방사선 중 태양 중성자를 측정하기 위한 Neutron Monitor를 설계하였고, 중성자를 검출하기 위한 매개체로서 BF<sub>3</sub> 검출기의 특성을 평가하였다.

## 재료 및 방법

Los Alamos National Lab에서 개발한 방사선 입자 수송 해석 프로그램인 MCNPX를 이용하여 중성자 모니터 및 모니터가 설치될 구조물을 설계하였으며, F6 tally를 이용하여 중성자 모니터로 사용하게 될 기체 특성 분석, 중성자의 감속재로 이용되는 폴리에틸렌의 두께에 따른 효율의 변화를 전산모사 하였다. 모니터가 설치될 구조물은 미국 델라웨어 대학의 Bartol연구소에서 운영하고 있는 중성자 모니터 기지를 샘플로 선정하여 설계하였다. 우주에서 오는 중성자 선원에 대한 정보는 AIRES 코드를 이용하여 지표로 도달하게 되는 중성자의 선원 스펙트럼을 확

득하였으며, 스펙트럼 정보를 기반으로 중성자 선원을 정의하였다. 고에너지의 중성자를 감속시키기 위한 목적으로 설치되는 폴리에틸렌의 최적 두께를 결정하기 위해 3, 5, 7, 10 cm로 나누어 그 결과를 비교하였다. 중성자 검출을 위한 BF<sub>3</sub> 검출기의 최적화된 압력을 구하기 위해 밀도별로 전산모사 하여 그 결과를 비교해 보았다. MCNPX 코드의 경우 Default로서 3500 MeV이상의 핵자에 대해서는 FLUKA 모델을 이용하여 전산모사를 수행하게 되며, FLUKA는 고에너지 입자의 전산모사에 이용되는 코드로서 가속기, 우주방사선 전산모사에 널리 이용되고 있는 코드이다. MCNPX 코드의 Physics도 태양 중성자를 측정하기 위한 목적에 적합하게 설정하였다.

## 결과 및 고찰

본 연구에서 전산모사한 Neutron Monitor의 Geometry는 Fig.1과 같다.

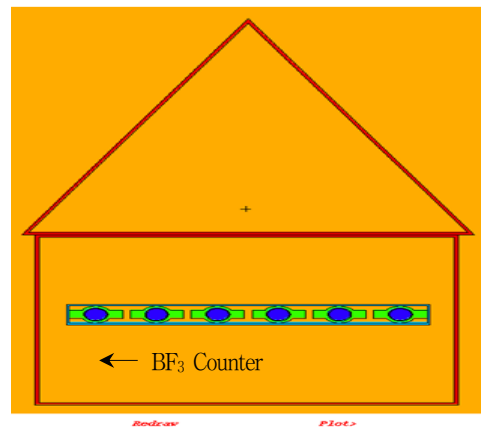


Fig. 1 Neutron Monitor Geometry설계

또한 실제 태양으로부터 오는 중성자를 측정하게 되는 BF<sub>3</sub> Counter의 구조는 Fig.2와 같다.

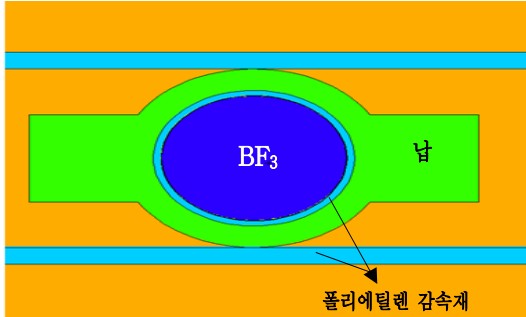


Fig. 2 BF<sub>3</sub> Counter의 상세 구조

뿐만 아니라 태양으로부터 오는 고에너지의 중성자를 감속시키기 위한 목적으로 설치되는 폴리에틸렌의 최적 두께를 결정하기 위해 3, 5, 7, 10 cm로 나누어서 분석하였으며 그 결과는 Fig.3과 같이 폴리에틸렌의 두께가 5cm일 때 가장 높은 효율을 보였다.

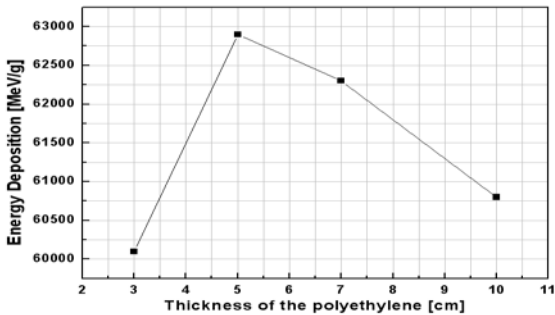


Fig. 3 폴리에틸렌 두께에 따른 반응 효율 비교

그리고 BF<sub>3</sub> 기체 밀도의 변화에 따른 전산모사를 실시하였다. 그 결과는 Fig.4와 같이 밀도가 증가함에 따라 기율기의 변화가 작아짐을 확인할 수 있었다.

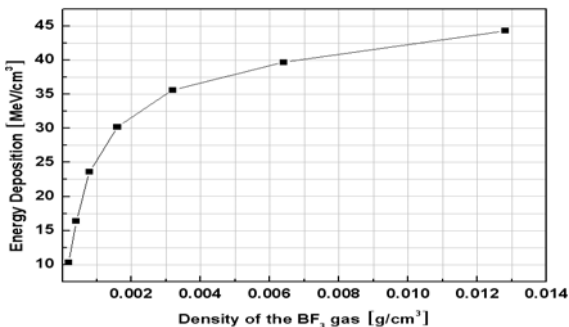


Fig. 4 BF<sub>3</sub> 밀도의 변화에 따른 반응 효율의 변화

## 결론

본 연구에서는 MCNPX 코드를 이용하여 태양 중성자에 대한 BF<sub>3</sub> 카운터의 반응을 Neutron Monitor를 구성하고 있는 폴리에틸렌 두께와 BF<sub>3</sub>의 밀도를 변화시키며 전산모사 하였다. 태양 중성자를 효율적으로 측정하기 위해서는 폴리에틸렌의 두께를 5 cm 정도로 제작하는 것이 좋으며 BF<sub>3</sub>의 밀도는 0.003 ~ 0.013 g/cm<sup>3</sup>의 범위에서 현실성을 고려하여 결정해야 할 것이다. 이러한 데이터는 우주선 측정을 위한 실험의 방향을 결정하기 위한 결과로서, 추후 전산모사의 결과를 실험적으로 검증할 계획이다.

## 감사의 글

이 연구는 교육과학기술부 원자력기술개발사업의 원자력기초공동연구소 프로그램과 지식경제부 원전방사선 안전성 향상기술 연구센터 과제의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

1. A. Chilingarian, K. Arakelyan, K. Avakyan, et al. "Correlated measurements of secondary cosmic ray fluxes by the Aragats Space-Environmental Center monitors", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A 543, 483-496 (2005).
2. D. T. Bartlett, L. G. Hager, D. Irvine and M. Bagshaw, "Measurements on concorde of the cosmic radiation field at aviation altitudes", Radiation Protection Dosimetry, Vol. 91, No. 4, pp. 365-376, (2000).
3. A. Ferrari, M. Pelliccioni and T. Rancati, "Study of the dosimetry characteristics of cosmic radiation at civil aviation altitudes" Radiation Protection Dosimetry, Vol. 102, No. 4, pp. 305-314, (2002).