

PF2) 수도권 대기의 중금속 오염물질이 미치는 지표면 우주 방사선량 변화에 대한 GEANT4 시뮬레이션 연구

A GEANT4 Simulation for the Changes in Cosmic-ray Flux on the Earth Surface Due to the Heavy Metal Pollution in Atmosphere

신재원 · 박태선 · 홍승우 · 채중서¹⁾

성균관대학교 자연과학부 물리학과 핵물리이론연구실,

¹⁾성균관대학교 정보통신공학부

1. 서 론

대기 중에 포함되어 있는 중금속에 대한 연구는 환경문제와 결부되어 그간 많이 이루어져 왔다. 그러나 이들 대기 중 중금속이 태양이나 우주로부터 날아오는 우주선과 충돌하면서 지구 지표면에서의 우주 방사선 환경의 변화에 대한 연구는 그간 전무한 실정이다. 중금속은 우주선 중 고 에너지의 양성자나 이온과 충돌하면서 여러 이차 방사능 물질을 만들어 낼 수 있기 때문에 지표면에서의 우주방사선에도 영향을 미칠 것이라 예상하고 지표면에서의 우주방사선 변화를 GEANT4 시뮬레이션을 통해 처음으로 정량화 하였다.

2. 연구 방법

지표면으로부터의 10km 대기에 대하여, 각 1km 간격으로 총 10개의 층으로 나누어 시뮬레이션을 진행하였다. 고도에 따른 밀도 변화는 각 층의 공기 밀도를 다르게 잡음으로서 구현하였다. 10km 상공에서 0~10GeV까지의 양성자 빔을 여러 각도로 조사 시키는 것으로 우주선을 모델링 하였으며, 지표면에 높이 1m의 물(water phantom)에 축적되는 흡수선량(dose)를 측정하였다. 이 때, water phantom의 넓이를 100km×100km로 크게 잡아, 측면으로 빠져 나가는 입자들이 시뮬레이션에서 고려되지 못하는 현상을 극소화 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 양성자의 에너지, 각도에 따라 변하는 지표면 흡수 방사선량의 변화를 나타낸 것이다.

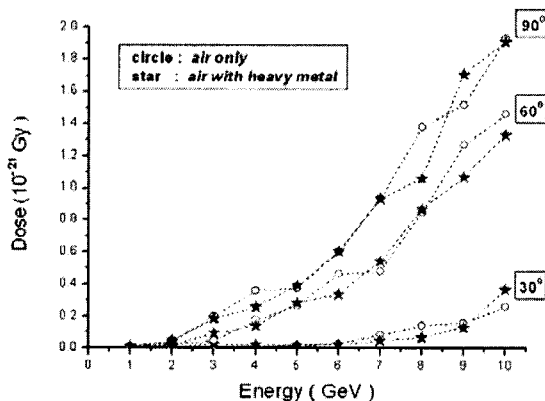


Fig. 1. Accumulated dose for with and without heavy metals. Circle denotes air without heavy metals and star denotes air with heavy metals.

통계 오차를 추정하기 위하여, 비교적 차이가 크게 보이는 8GeV의 양성자 빔에 대하여, random number seed를 바꿔가며 시뮬레이션을 10회 반복하였다. 입사각이 90도의 경우, 공기층만 있는 경우 흡수 방사선량은 $(1.314 \pm 0.104) \times 10^{-21}$ Gy, 중금속이 포함된 공기층 경우는 평균 흡수 방사선량은 $(1.206 \pm 0.100) \times 10^{-21}$ Gy로 나타난다. 입사각이 60도인 경우 공기층만 있는 경우 지표면에 흡수된 평균 방사선량은 $(0.844 \pm 0.052) \times 10^{-21}$ Gy, 중금속이 포함된 공기층을 통과해 지표면에 흡수된 평균 방사선량은 $(0.895 \pm 0.067) \times 10^{-21}$ Gy, 30도의 경우 공기층의 경우는 $(0.112 \pm 0.023) \times 10^{-21}$ Gy 중금속이 포함된 경우는 $(0.11 \pm 0.03) \times 10^{-21}$ Gy이다.

수도권의 중금속량을 백만 배를 증가시키에도 불구하고 지표면 물(water)층의 dose량에는 큰 변화가 생기지 않았다. 이는 중금속이 포함된 경우가 중금속이 포함되지 않을 경우보다 다른 이차 입자를 만들 확률이 커지기는 하지만 지표면에 도달해 지표흡수 방사선량을 증가시키기에는 현 시점에서는 미미하다는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- 김기현, 강창희, 이진홍, 최금찬, 윤용훈 (2004) 봄철 황사의 발생과 대기 중 중금속 성분의 농도 변화, 한국대기환경학회지, 20(6), 833-838.
- 김종석, 안승구 (1992) 중금속의 위해성 평가에 관한 연구, J. KAPRA, 18(4), 269-276.
- 김중호, 김미숙, 박현수, 이선우, 이종협 (2005) 도심지역과 공단지역의 주요 중금속 배출량 산정 및 검증 한국대기환경학회 춘계학술대회.
- 수도권 대기 환경 정보 발간등록번호 11-1480476-000002-06 환경부 수도권대기환경청.
- 정 용, 장재연, 주의조 (1987) 도시 대기중 중금속에 관한 연구, J. KAPRA 3(2), 18-26.
- 최규훈, 김기현, 강창희, 이진홍 (2003) 황사와 비황사기간의 중금속 농도분포 특성, 한국대기환경학회지, 19(1), 45-56.
- 최윤아, 전용택, 이치원, 이종대, 장봉기, 양원호, 손부순 (2007) 아산지역의 대기 중 중금속 농도에 관한 연구. 한국대기환경학회 추계학술대회.
- Veselovsky, I.S. (2006) Proceedings of the International Astronomical Union, 2, 489-494.