

AIRES와 GEANT를 이용한 대면적 플라스틱 섬광체 검출기의 우주 방사선 하전입자 전산모사

강정수 · 강병희 · 강신양 · 박병현 · 이승규 · 이철호 · 장도윤 · 최창일 · 김용균*
한양대학교

E-mail: ykkim4@hanyang.ac.kr

중심어 (keyword) : 우주방사선, 대면적 신틸레이터, 고에너지 하전입자 검출기

서론

자연방사선 중 우주방사선의 비율은 27%정도를 차지하고 있으나 우주방사선에 대한 인체의 영향 등 우주방사선에 대한 연구는 거의 진행되지 않고 있다. 근래에 들어 세계적으로 우주방사선에 대한 관심이 깊어지고 있으나 현재 국내에는 우주방사선 선량을 측정하고 연구하는 세부적인 연구 프로젝트가 없다. 따라서 이와 같은 연구의 중요성을 인식, 현재 우주방사선 및 환경방사선 연구를 위해 원자력기초공동연구소 사업의 일환으로 한양대학교, 부산대학교, 충남대학교의 공동연구가 추진되고 있다.

본 논문에서 다룬 내용은 현재 추진하고 있는 우주방사선 및 환경방사선 선량 측정 연구의 일환인 우주방사선 중 하전입자에 대한 전산모사 및 결과 분석이다. 또한 본 연구의 수행정도에 따라 대면적 플라스틱 섬광체(Large area Plastic scintillator) 하전입자 검출기의 성능평가 및 하전입자 입사양상에 대한 연구도 병행하여 수행하였고 본 연구의 결과를 토대로 실제 검출기 제작의 기반을 설정할 것이다.

재료 및 방법

세부적인 연구수행으로서 AIR-shower Extended Simulations(AIRES)[1]를 이용하여 sea-level에 도달하는 우주방사선의 하전입자 에너지 스펙트럼을 모사

하고, PHITS-based Analytical Radiation Model in the Atmosphere(PARMA)모델[2]과 비교하였으며, 이 결과를 바탕으로 하여 GEANT[3]에서 대면적 플라스틱 Scintillator를 구성, 하전입자의 특성을 평가하였다.

첫 번째 단계로서 AIRES를 사용하여 우주선 중 하전입자 에너지 분포를 획득하였다. 이 모사에 사용된 Hadron interaction model은 Quark Gluon String JET-II(QGSJET-II)[4]로서 AIRES에서 가장 최근에 적용된 신 모델이며, 또 다른 우주방사선 전산모사 프로그램 중 하나인 CORSIKA에서도 적용하고 있는 모델이다. 에너지 분포를 얻을 때 이용한 parameter는 위도 $27^{\circ}33'$, 경도 $126^{\circ}58'$, 서울의 평균 고도 51 m, atmospheric depth = 1027.7 g/cm^2 , 그리고 서울의 지자기 강도 (Cut-off Rigidity) 적용은 10.6 GeV 이다.

두 번째 연구내용으로서 AIRES로 얻은 우주방사선의 선속과 CERN에서 개발된 GEANT 프로그램을 이용하여 하전입자 입사양상에 대해 모사하였다. $1 \times 1 \times 0.01 \text{ m}^3$ 크기의 판형 플라스틱 섬광체를 2 m 간격으로 배치한 다음(2-fold array 형태) 우주방사선을 발생시켰으며, 평가는 상부와 하부 섬광체 2개가 동시에 우주 방사선이 지나갈 때 상부의 섬광체에서 잃어버린 에너지 분포, 입사 방향 분포, 각 입자의 에너지 분포의 분석으로 수행하였다.

결과 및 고찰

[그림 1]은 AIRES를 통해 얻은 우주방사선의 에

너지 스펙트럼이다. PARMA 모델[그림 2]의 하전입자 선속과 비교해본 결과, 기울기와 형태가 일치하므로 AIRES의 결과를 신뢰할 수 있었다.

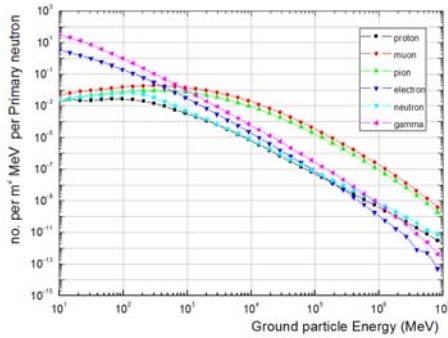


그림 1. AIRES 결과. 우주방사선의 에너지 스펙트럼

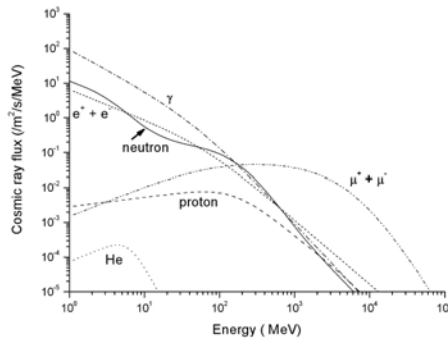


그림 2. PARMA 모델로 계산된 서울에서의 우주방사선의 선속(flux)

[그림 3]과 [그림 4]는 GEANT를 이용한 대면적 플라스틱 섬광체 하전입자 검출기 입사양상 모사결과를 나타낸 것이다.

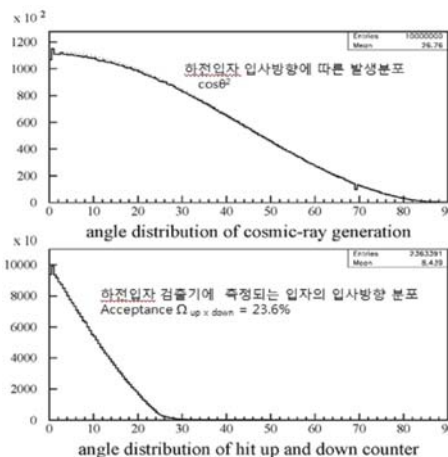


그림 3. 하전입자 입사 방향 분포와 상하부 하전입자 검출기 검출될 때 입사 방향분포

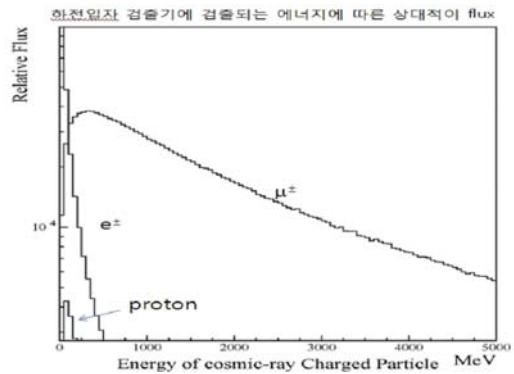


그림 4. 하전입자 검출기에 검출되는 각 입자의 에너지 분포

결론

본 연구에서 수행된 전산모사의 결과를 토대로 대면적 플라스틱 Scintillator를 이용한 2-fold array 검출기의 하전입자 입사양상을 실제와 흡사하게 예측할 수 있었으며, 본 결과를 참고하여 후에 하전입자 검출기 제작시 자세한 제작형태와 Geometry를 설정할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

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

참고 문헌

1. AIRES : AIRshower Extended Simulations, A simulation code for high energy cosmic rays <http://www.fisica.unlp.edu.ar/auger/aires/>
2. Tatsuhiko Sato et. al., "Development of PARMA: PHITS-based Analytical Radiation Model in the Atmosphere", Radiat. Res., **170** 244-259, (2008)
3. GEANT : A toolkit for the simulation of the passage of particles through matter. <http://geant4.cern.ch/support/index.shtml>
4. S. Ostapchenko, "QGSJET-II: results for extensive air showers", Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) **151**, 147-150, (2006)