

양성자 산란이 Radiography 공간분해능에 미치는 영향 전산모사

최창일 · 박병현 · 장도윤 · 강신양 · 이승규 · 강정수 · 이철호 · 강상묵 · 조운호 · 강병휘 · 김용균*
한양대학교

E-mail: ykkim4@hanyang.ac.kr

중심어 (keyword) : 양성자 Radiography, MCNPX, Lateral Straggling, 공간 분해능

서론

양성자 radiography는 양성자의 매질내 직진성으로 인하여 높은 공간분해능을 지니는 영상을 획득할 수 있다. 또한 X-ray radiography에 비해 물질의 밀도차이를 보다 잘 표현할 수 있고, 촬영 대상 물질의 원자번호에 영향을 받지 않는다는 장점으로 인하여 관심을 받는 분야이다. 그러나 양성자 영상의 공간분해능을 낮추는 요소들에 대한 연구가 미비한 실정이므로 양성자 영상 기술의 발전을 위해서는 해당 요소들에 대한 연구가 필요하다.

양성자 영상의 공간분해능을 결정하는 인자에는 양성자 검출기 자체의 영상분해능, 검출기에서 영상으로의 전환시 발생하는 노이즈, Multiple Charge Scattering(MCS)에 의한 양성자의 산란 등이 있다. 이중 양성자의 산란은 양성자의 에너지와 촬영 대상 물질의 종류에 의존하는 인자이다.[1]

본 연구의 목표는 양성자의 에너지와 촬영 대상 물질의 종류에 따라 공간분해능에 어떤 경향성이 나타나는지 파악하는 데에 있다. 그러기 위하여 서로 다른 두 물질의 경계면에서 양성자의 산란에 의하여 어떠한 경향성이 발생하고 두께별로 그 정도가 얼마만큼 차이가 나는지 파악하여 보았다.

재료 및 방법

본 연구에서 양성자의 측면 산란정도를 파악하기 위하여 입자 수송 해석 코드인 MCNPX Ver. 2.5.0을

사용하였다.[2] Fig. 1과 같이 두 물질을 나란히 배치시킨 후 빔의 진행방향쪽으로 물을 배치하였다. 가로 0.2 μm , 세로 0.2 μm , 깊이 100 μm boxel 400×400×1개로 구성된 Energy Deposition Mesh Tally를 사용하여 양성자빔이 매질을 통과한 직후의 각 boxel당 전달된 에너지를 전산모사 하였다. 50 μm × 50 μm 크기의 단일에너지 양성자빔을 매질에 수직이 되도록 조사하였고, 전산모사 결과 중심지역의 boxel당 평균 상대오차는 7% 미만이었다.

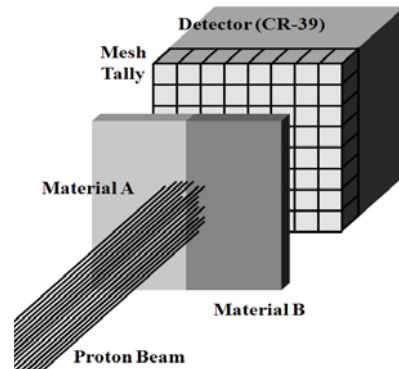


Fig. 1. MCNPX 전산모사에 사용된 Geometry.

촬영 대상 물질로 양성자 팬텀 제작에 사용하기 용이한 물질인 구리, 알루미늄, Lucite를 선정하였고, 물질 조성 및 밀도 데이터는 NIST가 제공하는 양성자 비정 및 저지능 데이터 사이트인 PSTAR에서 참조하여 사용하였다.[3]

결과 및 고찰

전산모사 결과 각 매질별 경계면에서 나타나는 검출

기 흡수 에너지 분포는 Fig. 2와 같다. 매질의 밀도차가 클수록 흡수 에너지 차이는 커지나 커브가 넓게 퍼짐에 따라 공간분해능이 나빠짐을 알 수 있었다. 또한 Copper-Aluminum 경우와 같이 두 매질이 모두 금속일 경우 퍼짐현상은 더 심해지는 것으로 나타났다. 또한 진공과 매질간의 경계면에서는 물질의 밀도가 높을수록 퍼짐현상이 더 강하게 나타남을 알 수 있다.

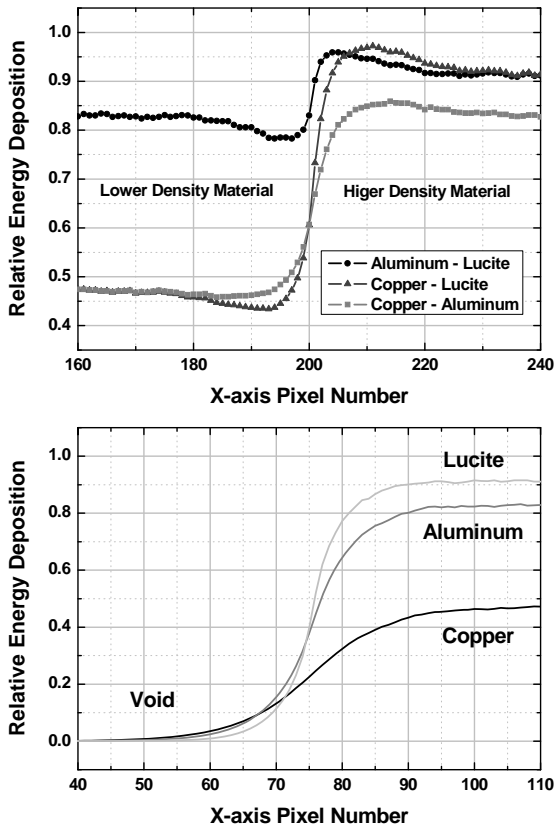


Fig. 2. 매질별 경계면에서의 검출기 흡수 에너지 분포.

매질의 두께별 양성자 산란이 미치는 효과를 알아보기 위하여 다양한 두께의 매질과 진공과의 경계면에 일정한 에너지의 양성자를 조사한 결과 Fig. 3과 같은 흡수 에너지 분포가 나타났다. 양성자 에너지는 같더라도 매질이 두꺼워 짐에 따라 흡수 에너지 분포의 기울기가 낮아지고 이는 공간분해능의 악화로 이어짐을 알 수 있다.

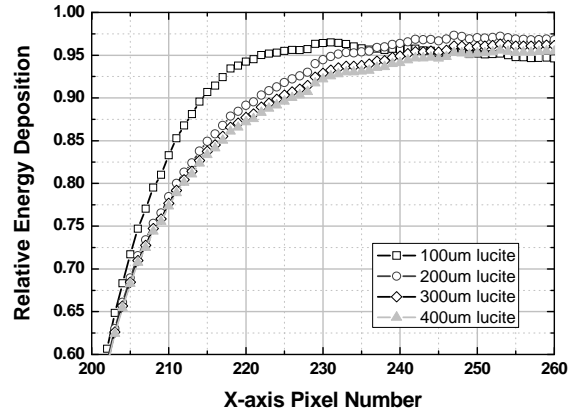


Fig. 3. Lucite와 진공간 경계면에서 동일 에너지 (2.0MeV)에 대한 두께별 검출기 흡수 에너지 분포.

결론

양성자 라디오그래피에서 서로 다른 두 매질 간 조성 및 밀도 차이는 영상의 질에 큰 영향을 미친다. 본 연구 결과 두 매질간 양성자의 측면 산란은 두 매질의 밀도차가 클수록, 두께가 두꺼워 질수록 영상의 공간분해능에 악영향을 미침을 알 수 있었다. 본 연구 결과를 바탕으로 향후 양성자 라디오그래피의 공간분해능에 미치는 인자들에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

감사의 글 (Acknowledgement)

본 연구는 교육과학기술부 원자력기술개발사업과 지식경제부 산업기술기반조성사업의 극초단 광양자빔 연구시설 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

1. J. A. Cookson, "Radiography with Protons," Naturwissenschaften 61,184-191(1974).
2. MCNPX USER's MANUAL Version 2.5.0 (2005)
3. NIST PSTAR (<http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/PSTAR.html>)