

## 몬테카를로 전산모사를 이용한 초소형 X-선 튜브 분석

김현진 · 허성환 · 조성오\*  
한국과학기술원 원자력 및 양자공학과  
E-mail: socho@kaist.ac.kr

중심어 (keyword) : 근접치료, 초소형 X-선 튜브, 몬테카를로

### 서 론

전자근접방사선치료란 전기적으로 생성된 X-선을 이용하여 강내 (intracavitary), 체관내 (intraluminal) 또는 조직내(interstitial)에 주입하거나, 또는 신체 표면에 매우 가까이 근접해 있거나 신체표면과 접촉해 있는 선원을 이용해 방사선량을 수 센티미터까지 전달하는 방법을 의미한다.

기존의 동위원소를 이용한 치료용 선원은 생산, 취급, 폐기 등에서 소모 비용이 크고 방사선 피폭 안정성이 낮기 때문에 최근 소형의 전자 가속관을 이용한 초소형 X-선 튜브가 개발되고 있다.[1]

본 연구는 근접 방사선치료용 초소형 X-선 튜브 제작에 앞서 근접방사선 치료에 효과적으로 이용될 수 있도록 몬테카를로 전산모사(MCNP5)를 이용하여 발생 X-선의 균일도가 최적화된 X-선 튜브의 타겟부를 설계하였다.

### 재료 및 방법

초소형 X-선원의 경우 내부 공간의 지름이 1 mm 이내로 협소하고, 발생된 X-선도 쉽게 투과될 수 있는 두께이기 때문에 투과형 타겟을 기본 모델로 설정하고 몬테카를로 전산모사(MCNP5)를 수행하였다. 투과형 X-선 타겟의

경우 투과창의 모양이나 투과창에 코팅된 타겟 물질의 두께에 따라 X-선 발생 특성 변화가 심하다. 타겟 코팅의 두께가 입사된 전자빔의 평균 충돌거리보다 짧으면 전자빔 에너지가 충분히 X-선으로 바뀌지 못하며, 반대로 두께가 두꺼울 경우 발생된 X-선이 여분의 타겟과 충돌하여 X-선의 손실이 야기된다. 따라서 이를 방지하기 위해서 몰리브데늄(Mo)과 텅스텐(W) 타겟 물질과 입사 전자빔 에너지 30 keV, 50 keV, 80 keV 조건으로 몬테카를로 전산모사를 수행하여 발생 X-선의 세기가 방향에 따라 가장 균일한 최적의 타겟 두께를 계산하였다. 초소형 X-선 튜브에서 발생하는 X-선의 특성을 조사하기 위하여 몬테카를로 전산모사를 이용하여 방향에 따른 흡수량을 계산하였다. 투과형 타겟은 X-선 투과창 위에 박막형으로 증착되어 있기 때문에 전자빔 충돌로 인한 급격한 가열이 생기면 박막이 떨어져 나가거나 투과창에 균열이 생겨 진공유지가 불가능해지기도 한다. 최적화된 타겟을 편미분 계산 시뮬레이션(FEMLAB)을 이용하여 투과형 X-선 타겟의 온도를 계산하여 적합성을 판별한다.

### 결과 및 고찰

몬테카를로 전산모사를 통해 타겟의 모양이 원통형, 반구형, 원뿔형 X-선 타겟의 구조에서 방향에 따른 X-선 발생량, 흡수량의 분포를 알아보

았다. 원통형보다는 반구형이나 원뿔형이 방향에 따른 균일성을 보여주는 경향이 있다. 원뿔형이나 반구형은 방향의 변화에 따른 균일성이 비슷하나, 실제 타겟을 만드는 과정에 있어서 반구형이 보다 용이할 것으로 판단된다.

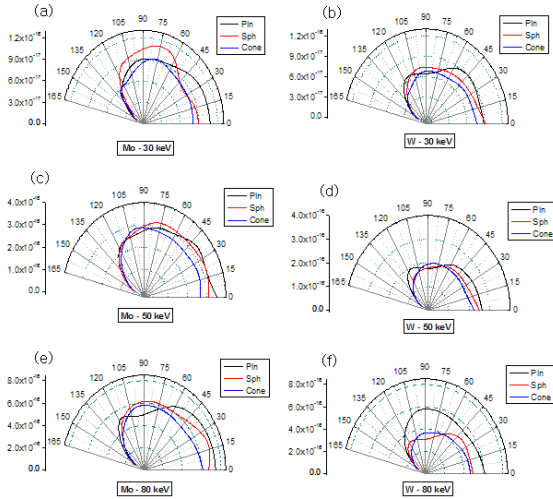


그림 1. X-선 타겟 형상에 따른 X-선 흡수량 분포도

## 결론

이상의 연구를 통해 근접치료용으로 사용될 초소형 X-선 튜브의 특성을 알아보았다. 초소형 X-선 튜브의 모양, 코팅된 타겟물질의 두께, 전자빔 에너지의 변수를 몬테카를로 전사모사를 통해 근접치료용으로 적합한 초소형 X-선 튜브를 알아보았다.

## 참고문헌

1. D. Liu, E. Poon, M. Bazalova, B. Reniers, M. Evans, T. Rusch, F. Verhaegen, Phys. Med. Biol. 53, 61 (2008).