

방사성핵종의 체내 침적분율에 따른 전신계측기 효율영향 평가

김정인 · 이병일 · 임영기
한국수력원자력(주) 방사선보건연구원
E-mail: neogen21@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : 전신계측기, 내부선량평가, 교정용 팬텀, 몬테카를로 모사

서 론

방사선작업종사자의 내부선량평가를 위한 방사성 핵종의 섭취량 산정은 작업장의 공기 중 방사성핵종 농도 측정법이나 작업자의 생체검정법이 이용된다. 생체검정법은 체외계측과 생체시료분석으로 구분되는데 시료의 복잡한 전처리 과정 때문에 일반적으로 널리 이용되는 방법이 체외계측방법중의 하나인 전신계측법이다. 국내의 경우 내부피폭감시의 대상이 되는 작업자는 주로 원전 방사선작업종사자이며 각 원전에서는 체내오염여부의 판별을 위해 섬광검출기를 이용한 stand type의 전신계측기와 정밀한 측정을 위해 bed type의 HPGe 전신계측기를 운용하고 있다.

거의 대부분의 방사선계측기와 마찬가지로 전신계측기 역시 측정 전에 효율교정이 수행되어야 한다.[1] 정확한 효율교정을 위해서는 실제 측정환경과 동일하게 교정이 수행되어야 하나 전신계측의 경우 측정 대상이 인체이기 때문에 개인차를 모두 반영할 수 없으므로 인체 대표모델을 단순화한 형태의 팬텀이 사용되며 교정의 편의를 위해 혼합감마선방출선원을 이러한 팬텀의 주요 장기부분에 위치시켜 해당 영역에 대한 효율교정인자를 산출하게 된다. 이러한 방식으로 원전에서는 인체 팬텀으로 RMC팬텀을 사용하며 전신, 갑상선, 폐, 소화기관의 4가지 영역에 대해 효율교정을 수행하고 있다.

체내로 들어온 방사성핵종은 물리·화학적 형태에 따라 각각 다르게 거동하며 이로 인해 시간에 따라 주요장기의 침적분율이 달라진다.[2] 그러나 이러

한 현상을 전신계측 효율교정에 정확히 반영하는 데에는 한계가 있으므로 핵종이 전신에 균일하게 퍼진 경우를 가정하여 보수적으로 평가하게 된다. 본 연구에서는 이러한 시간에 따른 주요장기의 침적분율의 변화가 실제 전신계측효율에 미치는 영향 및 계측 효율인자 적용에 따른 보수성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

다양한 형태의 전신계측기가 운용되고 있으나 국내 원전에서 주로 정밀한 측정을 목적으로 사용되는 bed type 전신계측기(ACCUSCANII)를 이용하였다. 효율교정방법 역시 RMC팬텀의 4개 영역에 대해 혼합감마선방출선원을 이용하여 수행하였다. 체내 주요장기의 침적분율 변화에 따른 계측효율평가를 위해서는 핵종별로 농도를 달리한 여러 개의 교정용 선원을 이용하여 측정하여야 하나 이는 현실적으로 불가능하므로 몬테카를로 모사방법을 이용하여 평가하였다. 정확한 모사를 위해 우선 전신계측기와 인체팬텀 및 방사선원을 실제 교정환경과 동일하게 모델링하였으며 이를 통해 얻은 전신계측기 효율 계산결과를 실제 교정결과와 비교하여 모델링을 검증하였다.

모델링 완료 후 교정용방사선원의 농도를 달리하여 전신 및 갑상선, 폐에 각각 다른 분율로 배치하여 침적분율 변화에 따른 계측효율을 평가하였다. 실제 교정에서 사용되는 RMC팬텀의 각 영역의 위치는 그 영역을 대표하는 다른 형태의 팬텀들로부터 평가된 효율값으로부터 산정된 것이므로 이에 추가적으로 전

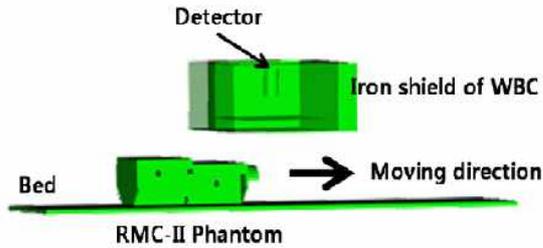


그림 1. 전신계측기 효율교정 모델링

신팬텀인 BOMAB팬텀과 MIRD-V모델을 적용하였으며 몬테카를로 방사선수송코드는 MCNPX를 이용하였다.[3]

사용된 전신계측기는 그림 1과 같이 계측기가 중심부에 고정되고 bed가 움직이면서 전신을 주사하는 형태이기 때문에 각 지점별로 효율값을 평가하고 전체를 평균하여 대푯값을 산출하였다. 또한 실제 측정에서 고정방식으로 측정했을 경우의 효율을 평가하기 위해 갑상선 및 폐 영역을 대상으로 최대 효율 지점 및 효율을 주사방식의 대푯값과 비교하였다.

결과 및 고찰

RMC팬텀을 이용한 전신계측기의 교정에 있어 몬테카를로 모사결과와 실측결과를 비교하였을 때 오차가 큰 150keV이하의 저에너지 영역을 제외하면 최대 약 10%정도의 오차로 전체적으로 MCNP의 결과와 실제 교정결과는 잘 일치하는 것으로 판단되었다.

체내 주요장기의 침적분율에 따른 전신계측 효율 평가의 경우 갑상선에서 섭취초기에 전신으로 평가할 경우 최대 50% 과대평가가 가능한 것이 확인되었다. 이는 역으로 갑상선영역에 대한 효율로 평가할 경우 섭취 초기에 충분히 과대평가가 가능할 수 있으므로 전신 효율 적용이 타당함을 보여준다.

실제 인체와 비교적 유사한 형태로 제작된 MIRD팬텀을 이용할 경우 보다 실제 인체와 가까운 교정효율을 얻을 것으로 예상할 수 있으나 효율평가에서는 RMC팬텀을 이용하여 것이 MIRD팬텀을 이용하는 것보다 약 10%가량 효율이 높은 것으로 평가되어 오히려

섭취량을 과소평가 할 수 있게 된다. 하지만 BOMAB팬텀의 경우는 RMC팬텀의 효율이 낮게 평가되어 MIRD팬텀을 전신계측 교정용 팬텀으로 적용하는 데에는 주의가 필요함을 확인하였다. 또한 갑상선과 폐 영역으로 한정된 고정방식의 효율은 주사방식의 효율보다 각각 약 3배가량 높은 것으로 평가되었고 실제 교정시 적용가능성을 확인하였다.

결론

최근 IAEA IDEAS 내부선량평가 Guideline에 따르면 1mSv이상의 선량에서는 핵종의 물리·화학적형태를 충분히 검토할 것을 제시하며 6mSv이상의 선량에서는 개개인의 특성까지를 고려한 선량평가를 채택하고 있다. 그러나 이 역시 초기 계측 값을 기준으로 평가되므로 그 만큼 계측의 정확성이 요구된다. 본 연구에서는 방사성핵종의 주요장기 침적분율 변화가 전신계측효율에 미치는 영향을 평가하였고 이러한 영향은 높은 선량의 경우 충분히 고려되어야 함을 확인하였다. 또한 몬테카를로 모사방법이 이러한 영향을 평가하는데 유용한 수단임을 확인하였다. 향후 기존 팬텀과 실제 인체와의 차이에서 오는 효과에 대해 추가적인 연구를 수행할 예정이며 다양한 팬텀으로 확장할 예정이다.

참고 문헌

1. ANSI N13.30-1996 "Performance Criteria for Radiobioassay.
2. ICRP Publication 78, "Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers", 1997
3. Denise B. Pelowitz, editor, *MCNPX user's manual*, LA-CP-07-1473, 2008.