

삼중수소를 이용한 발광제품의 피폭선량 평가

임경섭, 최명수, 한상은*, 조대형*, 김광표

경희대학교, 경기도 용인시 서천동 1번지

*한국원자력안전기술원, 대전 유성구 과학로 62

kpkim@khu.ac.kr

1. 서론

방사선을 이용한 발광제품은 1900년대 초반 개 발되어 현재까지 사용되고 있다. 초기에는 일반적 으로 라듐을 이용한 발광제품이 시계 및 항공기 에 폭넓게 사용되었다. 하지만 제조 중업원의 암 발생율이 증가되면서 1900년대 중반부터 삼중수 소를 이용한 발광제품으로 대체되었다.

삼중수소 발광제품은 삼중수소의 베타붕괴 시 발생하는 전자와 형광물질의 상호작용을 이용하 여 발광한다는 원리를 이용한 제품을 말한다. 대 부분의 제품이 기체상태 발광체 형태와 발광페인 트 형태로 사용되고 있다. 현재 사용되는 제품으 로는 주로 야간에 식별이 용이하도록 생산된 제 품으로써, 시계, 나침반, 낚시찌, 손전등, 비상구표 지판, 무기가능자 등이 있다.

삼중수소 발광제품은 크게 일반용, 군용으로 나 눌 수 있는데, 방사선 안전에 대한 교육을 받지 않은 일반인에 의해 사용되기 때문에, 일반 사용 시는 물론, 오사용, 사고 등으로 인해 사용자의 방사선 피폭을 초래할 수 있다. 따라서 발광제품 의 잠재적인 피폭상황을 고려한 선량평가가 필요 하다.

본 연구에서는 삼중수소 발광제품의 잠재피폭 시나리오를 구성하고, 각각의 시나리오에 대한 피 폭 방사선량을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 잠재피폭 시나리오 구성

삼중수소 발광제품으로 인한 피폭선량 평가를 위해 발광제품에 의한 잠재피폭 시나리오를 구성 하였다. 우선 발광제품의 사용목적에 따라 일반인 사용, 유통업체, 군사용으로 대분류하였다. 각 대 분류에 대해 사용, 보관, 운송, 사고 시 등과 같은 세부적인 피폭 시나리오를 구성하고, 각각의 경우 에 대해 방사선량을 평가하였다.

일반인 사용의 경우에는 시계 착용이 아주 흔

한 형태의 피폭이므로 이로 인한 외부피폭 선량 을 평가하였다. 보수적인 평가를 위해 표면방사선 량율의 상한치인 1 $\mu\text{Sv/h}$ 을 이용하여 선량평가 실시하였다. 이외에도 실내에서 제품파손 시 혹은 화재발생 시 거주자에 대해 그리고 화재진화 시 소방대원에 대해 내부피폭을 평가하였다. 유통업 체의 경우에는 창고제품의 파손 혹은 화재발생 시 근무자 및 소방대원에 대해, 그리고 제품의 운 송 중 사고가 발생하였을 경우 운반자에 대해 선 량평가를 실시하였다. 군사용의 경우에는 창고 내 보관중인 제품의 파손 시 또는 창고 내 화재발생 시 근무자에 대해, 화재진화 시 소방대원에 대해, 그리고 제품수리 시 제품수리자에 대해 선량평가 를 실시하였다.

2.2 선량평가

선량평가는 삼중수소의 누출 시 실내의 방사능 농도, 호흡을, 피부로 인한 흡수율, 그리고 삼중수 소의 형태를 고려하여 평가하였다. 체내로 유입된 방사능량은 실내의 방사능 농도에 의해 결정 되 므로 이를 결정하기 위해 현지 답사 등을 통해 실제 보관하는 제품의 양과 창고의 크기 등을 조 사하였다. 일반인 사용의 경우에는 소아 및 성인 모두에 대해 선량 평가하였으며, 유통업체 및 군 사용의 경우에는 성인에 대해서만 선량평가 하였 다. 각각의 시나리오에 대해 피폭자의 체내로 유 입된 삼중수소의 양을 계산하고, 국제방사선방호 위원회의 호흡기 모델을 이용하여 유효선량을 평 가하였다 [1].

3. 결과 및 논의

표-1에 본 연구에서 사용한 삼중수소 발광제품 의 잠재피폭 시나리오 및 이로 인해 예상되는 피 폭선량을 요약하였다.

일반인 사용의 경우 모든 시나리오에 대해 피 폭선량이 일반인 연간 선량한도인 1 mSv보다 작 게 나타났다. 시계 착용의 경우에도 연간 피부에

대한 등가선량이 1.5 mSv 정도로 낮게 나타났다. 본 연구에서 실시한 보수적인 선량평가를 고려한다면, 일반인이 한 개의 제품만을 사용 또는 보관하는 경우 삼중수소 발광제품의 사용, 파손, 사고 등으로 인한 피폭선량은 민간인의 연간선량 한도를 초과하지 않을 것으로 사료된다. 하지만 다수의 제품을 사용하는 경우에는 체내 섭취량을 증가시켜 피폭선량도 증가할 것이다.

Table 1. Scenarios for radiation exposure assessment due to consumer products containing tritium light sources.

사용	피폭 시나리오	피폭자	피폭선량
일반인 사용	시계 착용	사용자	피부선량 =1.5 mSv/y
	실내 제품 파손	거주자	E<1 mSv
	실내 화재 발생	거주자	E<1 mSv
	실내 화재 진화	소방대원	E<1 mSv
유통업체	창고 제품 파손	근무자	E=240 mSv
	창고 화재 발생	소방대원	E=12mSv
	운반 중 사고	운반자	E=150mSv
군사용	창고 제품 파손	근무자	E=6 mSv
	창고 화재 발생	근무자	E=74 mSv
	창고 화재 진화	소방대원	E=2 mSv
	제품 수리	수리자	E<1 mSv
	폐기물창고제품파손	근무자	E=120 mSv

유통업체 및 군사용의 경우에는 대량의 제품을 함께 보관하거나 운반하는 경우가 많기 때문에, 이로 인한 피폭선량은 일반인의 연간 선량한도를 크게 상회하는 경우가 많았다. 유통업체의 경우에는 창고 내 제품파손 시 혹은 제품의 운반 중 사고 시의 경우에 근무자 혹은 운반자의 피폭선량이 특히 크게 나타났다. 군사용의 경우에는 제품 보관 창고의 화재 발생 시 혹은 폐기물 창고 제품 파손 시 선량이 높게 나타났다. 따라서 규제면제 이하의 방사능을 함유한 제품의 경우에도, 이를 대량으로 유통, 보관하는 경우에는 한 개 제품의 방사능량이 아닌, 다량의 제품의 방사능에 피폭되는 경우가 발생할 수 있으므로 이에 대한 안전대책이 시급하다.

4. 결론

삼중수소 발광제품의 잠재피폭 시나리오를 구성하고, 이에 대한 방사선량을 평가하였다. 일반인 사용의 경우 제품의 사용, 파손, 사고 등으로 인한 피폭선량은 일반인 연간 선량한도보다 작게

나타났다. 하지만 대량의 제품을 운송, 보관하는 유통업체나 군사용의 경우에는 선량한도를 크게 상회하는 경우가 많았다. 따라서 발광제품의 창고 내 보관량 제한, 보관 창고의 크기 및 환기시설에 대한 기준 마련, 단일 운송량 제한, 운반용 용기 도입, 운송차량의 기준 마련 등 삼중수소 발광제품에 대한 안전관리의 기준 마련이 시급하다.

5. 감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이며 (2011-0027457)에 감사드립니다.

6. 참고문헌

- [1] ICRP. Human respiratory tract model for radiological protection: International Commission on Radiological Protection; 1994. Report No.: Publication 66; Ann ICRP 24 (1-3).