

## 삼중수소 발광제품의 사고시나리오에 대한 선량평가

임 경 섭<sup>†</sup> · 최 명 수<sup>†</sup> · 김 광 표<sup>†</sup>

경희대학교 원자력공학과<sup>†</sup>

E-mail: kpkim@khu.ac.kr

중심어 : 삼중수소, 삼중수소발광제품, 선량평가, 사고시나리오

### 서 론

삼중수소 발광제품은 삼중수소의 베타붕괴시 발생하는 전자와 형광물질의 상호작용을 이용하여 별도의 에너지원 교체 없이 12년 이상 발광한다는 장점을 가지고 있어 국외는 물론 국내에서도 많이 도입되어 사용 중에 있다. 이러한 장점을 이용하여 현재 삼중수소 발광제품에는 비상구 표시 등, 야광용 낚시찌, 나침반, 시계, 군용용품, 야광 열쇠고리, 등이 사용되고 있다.

삼중수소 발광제품은 작업종사자가 아닌 일반인이 주로 사용하는 제품이기 때문에 안전성평가 및 관리가 시급한 실정이다. 하지만 국내에서는 삼중수소 발광제품의 사용 또는 사고시 선량평가에 관한 연구가 진행되지 않아 삼중수소 발광제품의 정확한 안전관리가 되지 않고 있다.

본 연구에서는 삼중수소 발광제품의 체계적이고 효과적인 안전관리를 위하여 삼중수소 발광제품의 사고시나리오를 작성하고 이에 대한 선량평가를 실시하였다.

### 재료 및 방법

본 연구에서는 삼중수소 발광제품의 선량평가를 위해 사고시나리오를 구성하고 선량평가를 실시하였다. 각 시나리오에 보수적인 계산을 위해 최악의 상황을 가정하였다. 사고시나리오는 국내 실정에 적용하여 작성하였다. 삼중수소 발광제품의 사용 중 파손시, 화재시 선량계산에 필요한 인자들을 직접조사 또는 문헌조사를 통하여 도출하였다.

파손시 선량평가는 교육과학기술부 고시에 의거하여 제품의 방사능 농도가 1 GBq이라 가정하였다. 삼중수소 발광제품의 파손시 시나리오는 제품의 파손과 동시에 삼중수소가 삼중수소수 (HTO)의 형태로 전환되며 이때 전환율은 2%이다. 제품이 있는 방의 크기는 20 m<sup>3</sup> (3평)이며 방의 공기는 하루 한번 환기 된다고 가정하였다. 제품의 파손 후 방에 머무는 시간은 1시간으로 설정하였으며 이때 선량평가는 3개월 된 아이의 선량변환인자를 사용하였으며 가장 최근 발행된 호흡으로 인한 선량변환인자인 국제방사선방호위원회 (ICRP) 71의 자료와 ICRP 67의 흡수로 인한 선량변환인자를 사용하였다. 호흡율의 경우 ICRP 66의 해부학적 자료를 이용하여 3개월 된 아이의 호흡율을 계산하여 사용하였다. HTO형태의 삼중수소의 경우 피부에 삼중수소 흡수율이 공기흡입에 의한 삼중수소 흡수율의 50%임을 고려하여 계산하였다.

화재시 선량평가는 교육과학기술부 고시에 의거하여 제품의 방사능 농도가 1 GBq이라 가정하였다. 삼중수소 발광제품의 피폭방사선량 계산에는 화재로 인해 파손된 삼중수소가 삼중수소수형태 (HTO)로 100%전환되어 호흡으로 0.05%, 피부로 0.05% 흡수된다고 가정하였다. 선량평가는 가장 최근 발행된 호흡으로 인한 선량변환인자인 ICRP 71의 자료와 ICRP 67의 흡수로 인한 선량변환인자를 사용하였다. 3개월 된 아이의 선량변환인자를 사용하였다.

영국의 NRPB보고서는 1992년 출판되었으며 삼중수소를 포함한 동위원소를 사용한 소비자제품에 대한 선량평가를 실행하였다. 그 중 삼중수소 발광제품의 사용중 파손시 또는 화재시 선량평가를 조사하여 본연구와 비교 분석하였다.

## 결과 및 고찰

표-1에 삼중수소발광제품의 파손시와 화재시 선량계산에 필요한 인자를 정리하였다. 파손시 선량계산에 필요한 인자는 파손시 조건과 선량변환인자로 나눌 수 있다. 파손시 조건과 선량변환인자를 고려하면 삼중수소 발광제품 파손시 피폭방사선량은 0.06 mSv로 나타났다. 화재시 삼중수소 발광제품으로 인한 피폭방사선량은 0.06 mSv로 나타났다.

표-1. 파손시와 화재시 선량계산에 사용된 인자 및 피폭방사선량

선량계산에 사용된 인자		파손시	화재시	
조건	제품의 방사능 (GBq)	1	1	
	HTO형태로의 전환율 (%)	2	100	
	발광제품을 보관하는 방의 크기 (m <sup>3</sup> )	20	-	
	환기율 (air/day)	1	-	
	피폭시간 (h)	1	화재즉시	
	호흡률 (m <sup>3</sup> /h)	0.316	-	
	호흡으로 인한 흡수율 (%)	-	0.05	
	피부로의 흡수율 (%)	-	0.05	
	선량변환 인자	호흡으로 인한 선량변환인자 (Sv/Bq)	6.4E-11	6.4E-11
	피부 흡수로 인한 선량변환인자 (Sv/Bq)	6.3E-11	6.3E-11	
피폭방사선량 (mSv)		0.06	0.06	

영국 NRPB(국립방사선보호위원회)에서는 1992년 동위원소를 포함한 소비자제품에 대하여 선량평가를 실시하였다. NRPB에서는 GTLS (Gaseous Tritium Light Source) 시계의 경우 방사능 7.4 GBq인 제품이 파손시 상황을 가정하여 0.1 mSv의 피폭방사선량을 받는 것으로 보고되었다. 또한 화재시에는 0.3 mSv를 받는 것으로 나타났다.

표-2. 국외삼중수소 선량평가와의 비교

	파손시 (mSv)	화재시 (mSv)
본 연구	0.06	0.06
NRPB	0.1	0.3

표-2에 본 연구와 NRPB보고서의 삼중수소 발광제품 사용으로 인한 피폭방사선량을 나타내었다. 국내 삼중수소 발광

제품을 파손 또는 화재시 기대되는 선량은 매우 낮은 것으로 나타났다. 이를 미루어 볼 때 국내 삼중수소 발광제품 사용자에 대한 사고시 피폭방사선량이 극히 미비한 것으로 보아 파손, 화재시에 대한 위험성은 거의 없는 것으로 사료된다.

## 결론

본 연구에서는 삼중수소 발광제품의 사고시나리오 구성 및 선량평가를 실시하였다. 국내 삼중수소 발광제품의 파손시에는 0.06 mSv, 화재시 0.06 mSv의 선량을 받을 수 있다. 국외의 경우 파손시 0.1 mSv, 화재시 0.3 mSv로 나타났다. 국내 삼중수소 발광제품 사용 중 사고로 인한 피폭방사선량은 국외와 비교해 매우 낮은 수치이며 이를 미루어 볼 때 국내 삼중수소 발광제품 사용 중 일어날 수 있는 사고에 대한 위험성은 거의 없다고 보여진다. 본 연구에서의 피폭방사선량 평가는 규제면제준위를 기준으로 계산한 것이기 때문에 실제 유통되고 있는 제품의 방사능 농도는 면제준위 값보다 낮을 것으로 예상된다. 따라서 실제 제품사용 중 사고로 인한 사용자의 피폭선량은 계산 값보다 높지 않을 것이다. 하지만 삼중수소발광제품을 보관하는 창고나 판매점에서는 더욱 많은 제품이 저장되어 있기 때문에 사고시 받을 수 있는 선량계산이 필요하며 피폭방사선량은 한 개의 제품을 고려했을시 보다 높아질 것이라 예상된다. 따라서 실질적으로 유통되고 있는 삼중수소 발광제품의 창고나 판매점의 현황을 파악한 후 사고시 피폭선량 계산이 시급히 진행되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 방사선 안전기술개발사업 수행의 일환으로 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. NRPB, Board Statement on Approval of Consumer Goods Containing Radioactive Substances (1992)
2. ICRP, ICRP publication 71 (1996)
3. ICRP, ICRP publication 67 (1994)
4. European Commission, A Review of Consumer Products Containing Radioactive Substances in the European Union. Radiation Protection 146. (2007)