

# 제염 폐기물 육상운반 시 사고조건에 대한 피폭 방사선량 평가

김민준<sup>1</sup>, 고아라<sup>1</sup>, 최철규<sup>1</sup>, 김용건<sup>1</sup>, 조남찬<sup>2</sup>, 설증근<sup>2</sup>, 김광표<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732

<sup>2</sup>한전원자력연료(주), 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 242

\*kpkim@khu.ac.kr

## 1. 서 론

후쿠시마 원전사고 이후 일본 전역에서는 활발한 제염작업을 수행하고 있다. 이로 인하여 다량의 제염 폐기물이 발생하였으며, 발생한 제염 폐기물은 각 지역의 임시저장시설에서 보관 중이다. 2015년 3월 중간저장시설이 개설됨에 따라 임시저장시설에서 중간저장시설까지 제염 폐기물 운반이 수행되고 있다. 일본 현지에서는 약 1년간 제염 폐기물 파일럿 운반을 실시하며, 이를 바탕으로 본격적인 운반 작업을 수행할 예정이다.

일본에서는 제염 폐기물 운반 작업 시 비산, 누출 등 안전성 확보를 고려하고 있다. 그러나 운반 작업의 경우 운반 사고위험이 수반되며, 운반 사고로 인해 일반인 및 작업자에 대한 방사선 피폭이 유발될 수 있다. 이에 따라 운반 사고로 인한 방사선학적 영향평가가 필요하며, 본 연구에서는 일본에서 수행 중인 토양 제염 폐기물 운반 시 사고조건에 대한 사고유형 및 피폭경로별 피폭 방사선량 평가를 수행하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 재료 및 방법

제염 폐기물은 약 75% 이상이 오염 토양으로 구성되어 있으며, 차폐가 이루어지지 않는 톤 백에 포장되어 있다. 제염 폐기물 내 방사성 핵종의 경우 Cs-134 및 Cs-137 핵종을 포함하고 있으며, 방사능 농도는 8,000-100,000 Bq/kg 구간 내 분포하고 있다. 본 연구에서는 제염 폐기물을 오염 토양으로 가정하였으며, 해당 폐기물의 구성성분 및 밀도는 국제방사선단위위원회(ICRU) 53 간행물에서 제시하고 있는 토양 1형에 대한 정보를 이용하였다. 제염 폐기물 방사성 핵종 Cs-134 및 Cs-137 핵종 비율을 1:3으로 설정하였으며, 방사능 농도를 최대 농도인 100,000 Bq/kg으로 설정하였다.

제염 폐기물 육상운반은 운반차량에 따라 적재되는 제염 폐기물 용량이 상이하며, 운반차량에는 별도의 차폐 시스템이 존재하지 않는다. 이에 따라

본 연구에서는 적재차량에 7 톤의 제염 폐기물을 적재한다고 가정하였으며, 차폐영향은 없다고 설정하였다.

미국 원자력규제위원회(NRC)에서는 사고 심각도에 따른 육상사고 유형에 대하여 나타내었다. 육상 사고 분류 시 충돌영향 및 화재에 따라 8개의 사고유형으로 구분하였으며, 이에 따라 방사성 물질 방출률이 상이하다. Table 1에는 사고유형에 따른 방사성물질 방출률을 나타내었다. 본 연구에서는 방출률을 고려하여 사고유형 1~4에 대하여 평가를 수행하였다.

Table 1. Release Fractions under various accident categories

Accident Category	Release fraction
1	0
2	0.01
3	0.1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1

본 연구에서는 운반 사고조건에 대한 피폭선량 평가 시 MCNP 및 RADTRAN 전산코드를 이용하였다. 평가 조건의 경우 피폭 대상을 일반인 성인으로 선정하였다. 사고지점으로부터 3 m 거리에 위치하고 있다고 설정하였다. 피폭시간의 경우 사고 지점의 정리 시간을 고려하여 3 시간으로 설정하였다. 피폭 경로의 경우 사고 지점의 적재 제염 폐기물로부터 발생하는 외부피폭, 사고로 비산된 분진 흡입으로 인한 내부피폭, 재부유 분진 흡입으로 인한 내부피폭, 비산 분진에서 발생하는 외부피폭, 지표면에 침적된 제염 폐기물로부터 발생하는 외부피폭을 고려하였다.

### 2.2 결과 및 고찰

Fig. 1에 사고유형에 따른 피폭 경로별 피폭 방

사선량 평가결과를 나타내었다. 총 피폭 방사선량의 경우 사고 유형 4에서 0.01 mSv/event로 가장 높게 나타났으며, 사고 유형 3, 사고 유형 2, 사고 유형 1 순으로 높게 나타났다. 이는 일본에서 제시하고 있는 사고 조건 시 피폭선량 기준(5 mSv/event)에 해당하는 선량보다 매우 낮게 나타남을 확인할 수 있었다.

사고유형 1~3의 경우 제염 폐기물로 인한 외부 피폭에서 가장 높은 피폭 방사선량을 나타내었으며, 사고유형 4에서는 비산된 분진 흡입으로 인한 내부피폭에서 가장 높은 피폭 방사선량 결과를 나타내었다. 이는 방출률에 따라 피폭경로별 피폭 영향이 상이함을 확인할 수 있으며, 가장 높은 영향을 미치는 피폭경로는 비산된 분진 흡입으로 인한 내부피폭으로 확인된다. 특히 사고유형 1의 경우 방출되는 방사성 물질이 없으므로 제염 폐기물로부터 발생하는 외부피폭을 제외한 타 피폭경로에 대한 영향이 나타나지 않음을 확인할 수 있었다.

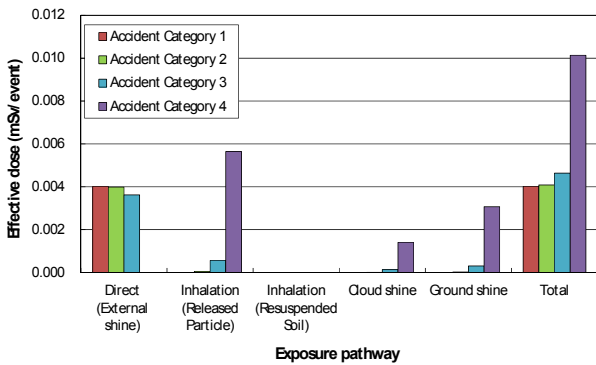


Fig. 1. Effective Dose under Exposure Pathway of Accident Categories.

### 3. 결론

본 연구에서는 일본 제염 폐기물 운반 사고조건에 대한 피폭 방사선량을 평가하였으며, 평가 시 사고유형 및 피폭경로별 피폭선량 평가를 수행하였다. 비산된 분진 흡입으로 인한 내부피폭이 가장 큰 영향을 나타내었다. 사고 유형 4에서 가장 높은 피폭 선량을 나타냈으며, 이는 일본사고 기준 선량보다 매우 낮은 수치를 나타내었다.

본 연구의 결과는 사고 유형에 따라 사고 대응 대책을 수립할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 소각재, 저준위 방사성 폐기물 운반계획 수립에 기여할 것으로 판단된다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지기술개발사업 (No.20141510101630)의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 5. 참고문헌

- [1] Ministry of Environment, Guidelines Pertaining to the Collection and Transfer of the Removed Soil Part 3, 2nd Edition, (2013) (Japanese).
- [2] Ministry of Environment, Basic Plan for the Transportation of Contaminated Soil to Interim Storage Facility (2014) (Japanese).
- [3] Ministry of Environment, Planning of Decontamination Waste Transportation to Interim Storage Facilities in H26~H27, (2015) (Japanese).