

## 방사성폐기물 용기 낙하사고시 피폭 평가

이재민, 전종선, 김태현, 한병섭  
 (주)에네시스, 대전광역시 유성구 장대동 337-2번지  
[jmlee@enesys.co.kr](mailto:jmlee@enesys.co.kr)

### 1. 서론

중·저준위 방사성폐기물 처분시 원전 발생 방사성폐기물은 소내 운송, 선적, 선박운송 및 하역 등 다양한 취급 단계를 거치게 된다. 이러한 다양한 취급 단계에서 발생 가능한 사고 중 취급 낙하사고의 발생빈도가 가장 높을 것으로 예상된다. 본 연구에서는 취급 낙하사고에 대하여 폐기물 종류에 따른 피폭선량을 평가하였다. 폐수지 재포장 시멘트 드럼과 폐수지 PE 용기의 운송시 낙하에 대하여 평가하였으며 대기방출로 인한 평가를 위하여 PAVAN 코드를 사용하여 대기확산인자를 구하여 평가하였다. NUREG/CR-4370의 폐기물 형태별 충돌 낙하에 대한 방출 특성자료를 이용하여 대기 방출 선원항을 설정하였으며 작업자의 외부피폭선량은 MicroShield를 사용하여 계산, 평가하였다.

### 2. 낙하사고시 피폭 평가

폐기물 저장고로부터 운송차량으로 크레인 사용 이송 작업 중 용기가 낙하하는 사고를 가정하여 피폭 선량을 계산하였다. 폐수지 재포장 시멘트 드럼 운송용기 낙하사고와 폐수지 PE 용기 1개를 B형 운반용기로 이송 중 낙하 사고를 평가하였다. 각각의 사고 가정은 다음과 같다. 폐수지 재포장 시멘트 드럼 운송용기 낙하 후 1개 드럼 파손시 드럼에서 10cm 이격 된 위치에서 드럼 재결속 작업 5분 진행, 지상으로부터 120 cm 높이의 외부 피폭 평가, 낙하사고로 인한 누출 발생. 폐수지 PE 용기 1개를 B형 운반용기로 이송 중 낙하 사고의 경우 HIC-PE 용기에서 10 cm 떨어진 거리에서 재결속 작업 5분 수행, 지상으로부터 120 cm 높이의 외부 피폭 평가, B형 운반용기 및 HIC 설계요건에 따라 운송사고시 용기 파손 및 내용물 누출이 없다고 가정하였다. 피폭선량 평가에 적용한 선원항은 한국전력기술주식회사의 처분시설 예비 개략설계 자료를 이용하였다.

대기확산인자를 계산하기 위하여 PAVAN 코드를 사용하였다. PAVAN 코드는 미국 원자력규제위원회 (U. S. NRC)의 원자력발전소의 설계기준 사고시 대기 확산 평가를 위하여 개발되었다. 미국 원자력규제위원회 (U. S. NRC) 규제지침서 1.145, "Atmospheric Dispersion Models for Potential Accident Consequence Assessments at Nuclear Power Plants"에서 제시하는 대기확산인자 평가에 적용가능하며 현재까지 상용 원전 및 원자로가 없는 다른 원자력시설의 평가에 사용되었다. 이 코드는 선량계산은 수행하지 않으며 풍향, 풍속, 대기안정도를 고려한 빈도분포를 바탕으로 특정 지점의 대기확산인자를 결정한다. 대기확산인자는 지표면방출로 고려하며 Gaussian plume model을 사용한다. 본 평가에서는 1998년부터 2000년까지의 월성지역의 기상자료를 입력값으로 사용하였다. 사고시 작업자 피폭의 경우 10 m의 거리에서 0-2시간의 대기확산인자 값을 적용하였으며 일반인 피폭의 경우 400 m의 거리에서 0-2시간의 대기확산인자 값을 적용하였다. 반경 10 km 내 집단선량계산에서는 월성원전의 인구자료와 10 km 거리의 연간평균 대기확산인자를 적용하였다.

사고시 방사능운에 의한 유효선량 평가시 방사능운에 의한 외부피폭과 호흡에 의한 내부피폭을 고려하였다. 해당 시간대에서 대기확산인자에 해당하는 핵종의 방출률은 일정하다고 가정하였다. 호흡률은 미국 원자력규제위원회 (U. S. NRC)의 규제지침 1.8에 따라 사고 후 0~8시간에 대해  $3.47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$ , 그 이상의 시간에 대해  $1.75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$ 을 적용하였다. 선량환산인자는 국제방사선방호위원회의 신권고(ICRP-60)에 근거한다. 호흡에 의한 내부피폭 선량환산인자는 미국 ORNL (Oak Ridge National Lab.)에서 개발한 DFINT 코드, 방사능운에 의한 외부피폭 선량환산인자는 미국 ORNL (Oak Ridge National Lab.)에서 개발한 DFEXT 코드를 사용하여 평가된 값을 적용하였다. 충돌, 낙하로 인한 방출의 경우 피폭선량은 NUREG/CR-4370의 소외 방출 피폭 계산 방법을 이용하였다. NUREG/CR-4370의 폐기물 형태별 충돌 낙하에 대한 fc 인자값을 방출분율로 사용한다. 각 사고 유형별 피폭선량은 다음 표와 같다.

표 1. 사고 유형별 피폭 선량

사 고 유 형	피폭구분	작업자	일반인	10 km집단피폭 (man-Sv)
폐수지 재포장 시멘트 드럼 낙하사고	유효선량(Sv)	1.38E-07	1.29E-07	7.67E-07
	외부피폭(Sv)	1.87E-04	0.00E+00	
	합(Sv)	1.87E-04	1.29E-07	
폐수지-PE 1 개 B형 운반용기 낙하사고	유효선량(Sv)	0.00E+00	0.00E+00	-
	외부피폭(Sv)	4.52E-03	0.00E+00	
	합(Sv)	4.52E-03	0.00E+00	

### 3. 결론

중·저준위 방사성폐기물 처분시 방사성폐기물의 다양한 취급 단계에서 발생가능한 사고 중 그 발생빈도가 높을 것으로 예상되는 취급 낙하사고에 대하여 폐기물 종류에 따른 피폭선량을 평가하였다. 폐기물 운반 특성에 따라 사고 방출 선원항을 설정하여 대기확산인자를 활용하여 방사능운에 의한 피폭과 사고 복구에 따른 작업자 외부 피폭을 평가하였다. 낙하사고의 경우 작업자의 경우 외부피폭이 주 피폭경로임을 알 수 있었다, 그러나 일반인 피폭 및 집단피폭선량 평가를 위해서는 사고 종류별 대기방출 특성을 평가하여 방출선원항을 정확히 설정함이 중요하다.