

국의 방사성폐기물 처분장 운영 중 사고분석 사례 고찰

윤경현, 박진백, 홍성욱, 정미선, 김창락*

한국방사성폐기물관리공단, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*한국전력국제원자력대학원대학교, 울산광역시 울주군 서생면 신암리 1456-1번지

jhyoon@krmc.or.kr

1. 서론

중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 운영 중 사고 분석을 하는 목적은 방사능 물질이 누출될 수 있는 어떠한 사고에 대하여 그 영향이 허용기준치 이하임을 보임으로써 공학적으로 안전하게 설계되었음을 입증하고, 인근 주민이 안전하게 보호된다는 것을 보여주는 데 있다.

처분 시설의 사고 시 선량평가는 사고가 일어날 수 있는 가상 시나리오를 설정하고 이러한 시나리오를 분석하는 과정을 통해 이루어진다. 가상 사고 시나리오 분석에서 방사성물질이 방출된다고 판단되면 이 방사성 물질이 어떻게 확산되고 어떤 경로로 신체에 영향을 미치는지 분석할 필요성이 있으며, 그 방법은 크게 개인 유효선량 계산모델, 갑상선 선량 계산모델로 나누어진다. 이와 같은 시나리오 분석은 가상사고 시 선량평가 분야의 정당성과 가장 밀접한 관련이 있다. 본 논문에서는 국의 방사성폐기물 처분시설에서의 사고 분류와 시나리오 등에 대하여 대략적으로 고찰하였다.

2. 본론

미국의 장반감기 중준위 처분시설인 WIPP 처분장은 지하 500m 이하의 심지층에 위치하며 주로 군사용 목적의 폐기물을 처분하는 데 이용하고 있다. WIPP의 사고분석은 우선 위험도 구분으로 시작하는데 여기에는 전기위험, 열 위험, 자연발화 물질, 용접시 불꽃, 가연성물질(Flamables), 가연성물질(Combustibles), 화학작용(Chemical Reactions), 폭발물질(Explosive Materials), 운동에너지, 잠재적 에너지(압력), 잠재적 에너지(높이/질량), 홍수 유발인자, 물리적 위험요소, 방사능 물질, 위험 물질, 이온 방사능 소스, 비이온화 방사능 소스, 임계(Criticality), 비 시설 관련사건, 운동에서의 탈 것(Vehicles-in-Motion), 자연현상 등이 포함된다. 그리고 사고분석의 각 항목으로는

피폭자, 선원항 그리고 방출량 등을 정하였다. 우선 피폭자(Receptor)의 WIPP시설 부지 경계 내 분석을 보면, 최대로 off site에서 피폭 받는 개인들을 대상으로 분석할지라도, 이들 개인의 가정된 위치는 공공연히 접근할 수 있는 가장 가까운 지점 혹은 배타경계구역으로 한다. 다음과 같은 식으로 사고 시 선원항 Q를 가정한다.

$$Q = CI * CD * DR * ARF * RF * LPF$$

- Q = 선원항

- CI = 폐기물 용기의 방사성물질 재고량

- CD = 사고 시 손상된 용기의 수

- DR = 손상률

- ARF = 공기 중 방출률

- RF = 호흡률

- LPF = 사고 시 대기 중으로 나간 기체 누적량

WIPP 처분장에서 고려한 사고의 종류는 1) 폐기물 처리 빌딩에서의 화재, 2) 지하에서의 화재, 3) 폐기물 용기 폭발, 4) 폐기물 처리 빌딩에서 폐기물 용기 밖으로의 폭발, 5) 지하에서 폐기물 용기로의 외부 폭발, 7) 충격으로 인한 폐기물 용기 결함, 8) 지하에서 지붕 붕괴, 9) 비행기 추락 사고, 10) 토네이도/강한 바람 및 11) 지진, 12) 차량의 폐기물 관리 빌딩으로 충돌 등 총 15가지이며, 이 사고들에 대한 초기 결함과 사고완화장치 등의 역할을 분석하여 방사성물질의 누설여부를 결정하였다. 이 분석의 결과 사실상 WIPP처분장에서의 사고로 인한 방사성물질의 누출은 거의 없을 것으로 예상할 수 있다.

경주 방폐장의 설계의 모델이 된 또 하나의 지하 처분시설인 핀란드의 VLJ 처분장의 사고분석은 WIPP보다 훨씬 간단하다. 처분장에서의 사고는 화재, 충돌, 번개, 지진, 홍수, 부적절한 인간 활동 등으로 구분하였으며, 이중 화재를 운영 중의 사고로 가정하여 정량적인 안전성평가를 하였고 나머지는 정성적인 자정을 하였다. 이때 방사

성폐기물 운반 중 화재를 사고 상황으로 가정하였으며, 아스팔트 고화폐기물을 가연성 물질의 주요 평가대상으로 고려하였다. 여기서 폐기물 수송 과정이나 처분시설내부에서의 아스팔트 고화체의 자체 발화 화재는 제외하였다. 또한 처분시설의 화재는 크레인 케이블 또는 수송차량에서 발생할 수 있다고 판단하였으며 사일로 내부 화재는 발생하지 않는 것으로 가정하였다. 그 결과 하역 구간인 크레인 홀에서 화재발생 시에도 사일리에 위치한 폐기물에 화재가 발생하는 것은 불가능하다고 결론지었다. 왜냐하면 사일로 내부에 화재가 발생하더라도 산소부족으로 매우 느리게 진행될 것이며 따라서 방사성폐기물의 처분과정에서 화재에 발생확률과 화재에 의한 영향은 매우 미미하다고 판단되기 때문이다.

마지막으로 실제 운영되는 처분장은 아니지만 캐나다에서 설계한 DGR 처분장의 사고시나리오는 다음과 같다. 운영 중 정전(주전원 및 비방 전원 공급), 장치 실패(트럭, 포크레인, 크레인 등), 주요한 이동수단에서의 사고, 지지 실패 그리고 인적실수, 설계기준 이상의 지진, 안치 룰에서의 국부적인 암석낙하 등이다. 외부 사건으로는 심각한 폭우, 과도한 바람, 과도한 눈(snow)의 하중, DGR에 영향을 미치는 외부의 화재(예를 들면 디젤 저장소 화재 근처에 있던 인화성물질의 화재 등), 정비와 관련된 실내 화재, 지하 홍수, 비행기 충돌, 번개, DGR에 영향을 미치는 외부 사고(예를 들면 고압선) 그리고 운석낙하 등이 있으며 이들 사건과 위험 발생 원인에 대하여 가능한 조합을 통해 사고를 분석하였다. 그 중 사고 평가를 위해 꼭 다루어야 하는 시나리오는 폐기물의 검사 기준과 위험 발견 처리에 기준하여 하여 선택하였으며 그 기준으로는 부지, DGR의 설계 그리고 폐기물 포장물에 영향을 끼칠 수 있는 신뢰할 만한 착수 사건 목록, 설계상 특별한 사건 등이 있다. 연간 사고확률이 1×10^{-7} 이하인 사건은 발생하기 어렵다고 판단되며, 폭발과 같이 1×10^{-7} 보다 확률이 높은 사고는 안전성평가에서 잠재적으로 시나리오를 적용하였다. DGR 에서의 지상 및 지하의 경계 사건으로 확인된 위험 인지 사고의 유형은 주로 저준위 또는 차폐체 없는 중준위 폐기물이 점화되어 타는 경우와 점화되기 어려운 차폐가 된 중준위 폐기물이 외부화재로 유입된 물에 의해 연기와 휘발성 물질을 방출하는 경우이다. 한편, 낙하나 지진 등에 의한 용기손상의

경우, 가해지는 힘이 저 에너지일 때에는 낮은 높이 혹은 낮은 속도의 충격이 가해져 폐기물 포장재가 손상되지 않고 따라서 오염이 거의 발생하지 않는다. 하지만 고 에너지의 힘이 가해질 때에는 심각한 포장재 손상을 발생시킬 수 있으므로 이에 대해서는 별도의 평가가 필요하다. 더불어 부적합한 차폐에 의해 의도적이지는 않지만 높은 선량으로 작업자가 피폭당하는 경우 역시 별도의 평가가 필요하다.

3. 결론

결국 중준위 또는 저준위 처분시설의 운영 중 사고분석은 일반적인 산업시설에서의 사고분석과 큰 차이는 없다.

국의 처분시설 사고 시나리오 검토 결과 비행기 추락, 운석충돌사고, 지하시설에서의 암석낙하, 지상시설의 건물붕괴, 용기의 폭발 사고 등 발생 확률이 지극히 낮아 국내에서도 고려되지 않은 안전성평가는 수행하지 않는 것이 일반적이다. 다른 사고 역시 처분시설 내에 해당사고를 미연에 방지하거나 발생이후에도 사고의 전개를 충분히 지연시킬 수 있는 시설, 장치 등이 이미 설치되어 있기 때문에 정량적인 추가분석이 필요하지 않는 것으로 판단되었다. 다만 화재사고의 경우, 대부분의 처분시설에서 사고 초기 배기시설 등을 통해 일부 방사성물질이 외부로 누출 될 가능성이 있어 정량적인 평가가 추가적으로 필요하다.