

중·저준위방사성폐기물 IP-2형 운반용기 요건 및 평가방안

정성환 · 최승호 · 노명섭

한국수력원자력(주) 원자력환경기술원, 대전광역시 유성우체국사서함 149호

shchung@khnp.co.kr

요약

중·저준위방사성폐기물(이하, '방폐물'이라 함)을 처분시설로 안전하고 효율적으로 운반하기 위하여 원자력법[1][2] 및 IAEA 안전운반규정[3] 등 국내외 관련규정의 기술기준을 만족시키는 안전성이 확보된 운반용기를 사용하여야 한다. 방폐물이 저준위비방사능(LSA; Low Specific Activity) 물질 또는 표면오염물체(SCO; Surface Contaminated Object)로 분류되고 전용상태로 운반되는 경우는 거의 IP-2형 운반용기를 이용하여 운반하는 것이 가능하다. 방폐물 처분시설이 경주의 임해 지역에 건설되어 운영될 것이므로 일부를 제외한 대부분의 방폐물은 IP-2형 운반용기에 적재하여 전용선박을 이용하여 해상으로 운반하게 된다. 전용선박은 크레인을 이용하여 화물을 선적하고 하역하는 Lo/Lo(Lift-on/Lift-off) 방식으로 IMO 규정 및 국내 선박법에 따라 국내에서 설계, 건조될 예정이며, 선박의 규모는 총톤수 약 2,000톤이며, 약 1,600드럼의 방폐물을 적재할 수 있다. 여기서는 방폐물의 해상운반을 위한 IP-2형 운반용기에 대한 요건 및 관련규정에 따른 기술기준을 입증하기 위한 건전성 평가방안에 대하여 기술하였다.

IP-2형 운반용기 요건

전용선박을 이용하여 방폐물을 해상으로 운반하는 경우에 대하여, 원전의 물량장과 처분시설의 항만에 설치하는 부두크레인을 이용하지 않고 전용선박에 설치되는 10톤 용량의 선상크레인으로 운반물을 선적하고 하역하기 위하여 내용물(방폐물)을 포함한 단일운반물의 총중량을 6톤 미만으로 한다. 운반용기는 그림 1에 나타난 것처럼 상부의 뚜껑을 개폐하여 크레인으로 내용물을 적재하는 박스(box)형 구조이며, 운반용기의 취급 및 적재, 선박 내 화물구역에서의 안전한 고박을 위하여 운반용기의 각 모서리에 모서리쇠(corner fitting)를 설치하고, 또한, 지게차를 이용하여 취급할 수 있도록 운반용기의 하부에 지게차 포켓(lift pocket)을 구비한다. 내용물은 단일 드럼의 중량이 400kg인 방폐물 드럼 8개의 적재를 기준하고, 방폐물 드럼의 원활한 적재를 위하여 각 방폐물 드럼 사이에 충분한 이격거리를 두며, 운반용기의 내부에서 방폐물 드럼의 안전한 결속을 위한 장치를 운반용기 내부의 상, 하부에 설치한다.

IP-2형 운반용기를 이용하여 운반하는 내용물은 관련규정에 따르는 저준위비방사능물질 및 표면오염물체로 분류되는 방폐물이어야 하는데, 운반대상은 200리터 일반드럼 및 320리터 초고압압축드럼에 담긴 고체형 방폐물을 기준한다. 전용선박을 이용하여 운반하는 IP-2형 운반물에 대한 최대방사선량률은 운반물의 표면에서 2mSv/h(200mrem/h) 미만이며, 운반수단에 대한 최대방사선량률은 전용선박의 표면에서 2mSv/h(200mrem/h) 미만, 전용선박의 표면으로부터 2m 떨어진 위치에서 0.1mSv/h(10mrem/h) 미만, 선실 등 선원거주구역은 0.02mSv/h(2mrem/h) 미만이어야 한다.

또한, IP-2형 운반용기는 관련규정의 운반용기에 대한 일반요건을 만족시키고, 정상운반조건

낙하 및 적층조건에 대하여 내용물의 유실과 분산이 없으며 방사선량률이 20% 이상의 차폐능력을 상실하지 않도록 설계하여야 한다.

IP-2형 운반용기 평가방안

운반대상 방폐물이 IP-2형 운반물로 운반이 가능한 저준위비방사능물질 및 표면오염물체임을 확인하기 위하여 방사성핵종의 종류 및 농도 등 특성을 분석하고, 운반에 대한 기술기준을 만족시킬 수 있는 방폐물의 최대방사능량 및 최대방사선량률을 설정한다. 운반물의 방사선차폐평가는 최대방사선량률이 운반용기의 표면에서 2mSv/h(200mrem/h) 미만, 운반용기로부터 2m 떨어진 지점에서 0.1mSv/h(10mrem/h) 미만을 기준으로 전산해석코드를 이용하여 수행한다. 아울러, 이러한 운반물을 전용선박에 적재한 경우에 대하여 화물구역의 차폐기준 및 적재한도 등 해상수송요건을 만족시키는 지를 평가한다.

IP-2형 운반용기는 운반 도중 안전성 확보에 필수적인 관련규정의 운반용기 일반요건을 만족시키며, 그림 2와 같은 정상운반조건 중에서 운반물 중량의 5배 하중에 해당하는 적층시험 및 운반물의 중량에 따라 0.3~1.2m의 높이에서의 낙하시험에 대하여 내용물의 유실과 분산이 없는 구조적 건전성을 유지하여야 하며 방사선량률이 20% 이상의 차폐능력을 상실하지 않아야 한다. 낙하시험은 운반용기에 최대의 손상이 가해지는 방향에서 평가된다. 이러한 적층 및 낙하시험에 대한 구조적 건전성은 전산해석코드에 의한 응력, 변형량, 볼트 체결력 등을 평가하는 해석적 방법과 실물크기의 모델을 제작하고 입증시험을 실시하여 내용물의 유실 및 손상을 검사하는 시험에 의한 방법을 동시에 수행하여 평가한다. 시험 후 운반용기의 변형에 의한 방사선차폐의 영향은 전산해석코드를 이용하여 평가한다.

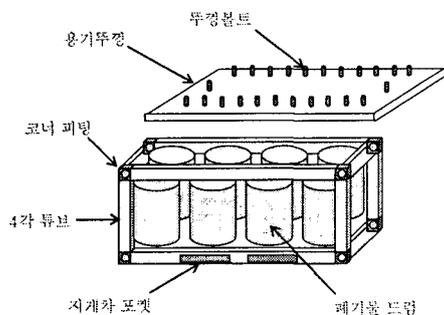


그림 1 운반용기 개념

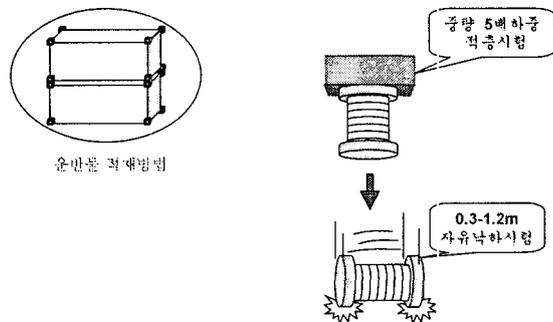


그림 2 운반용기 입증시험

참고문헌

- [1] 과학기술부령 제30호, 방사선안전관리등의 기술기준에 관한 규칙, 2001
- [2] 과학기술부 고시 제2001-23호, 방사성물질등의 포장 및 운반에 관한 규정, 2001
- [3] IAEA Safety Standards Series No.TS-R-1, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material(2005 Edition), 2005