

사용후연료 수송용기의 사용검사 절차확립 및 검사

이주찬, 방경석, 서기석, 조일제, 민덕기, 장기환*, 고영우*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

*(주)한수원 고리원자력본부, 부산광역시 기장군 장안읍 고리 216

siclee@kaeri.re.kr

과기부고시 2001-19호에 따르면 B형 방사성물질 운반용기는 매 5년마다 사용검사를 받아야 한다고 규정하고 있으며, 법규에서 규정하는 요건에 따라 KN-12 사용후연료 수송용기의 사용검사를 수행하였다. KN-12 사용후연료 수송용기는 PWR 사용후연료 집합체 12다발을 건식 및 습식조건으로 수송할 수 있도록 설계되었다. 이 수송용기는 2002년도에 제작 및 인허가를 획득한 B(U)형 핵분열성물질 운반물[Type B(U)F] 수송용기로 한수원(주) 고리 1, 2호기의 사용후연료를 고리 3, 4호기로 수송·저장하는데 사용되고 있다. 법규에서 규정하는 수송용기의 사용검사 항목인 육안검사, 용접부위 비파괴검사, 하중검사, 최대 사용압력검사, 누설검사, 차폐능검사, 열전달 성능검사 및 표면오염도검사 등에 대한 사용검사 절차를 확립하고 사용검사를 수행하였다. 표 1은 사용검사 항목별 검사방법을 요약하였다.

수송용기의 본체, 뚜껑, 내부 핵연료 바스켓 및 주요 구성품에 대한 육안검사 결과 수송용기의 균열, 변형 및 손상이 발생하지 않았고 기능이 정상적으로 발휘되어 수송용기의 건전성이 입증되었다. 수송용기 용접부위에 대한 비파괴검사를 수행하였으며, 검사방법은 ANSI N14.5 A.5.8항 및 ISO 12807 A.4.3항에서 규정하고 있는 Tracer Gas Test 시험방법에 따라 헬륨누설시험 장비를 사용하여 Sniffer 방식으로 시험을 수행하였다. 용접부 누설시험 장소인 고리 2호기 계영조의 back-ground는 8.1×10^{-6} std·cm³/s로 측정되었으며, 용접부위 역시 back-ground로 측정되어 용접부위에 대한 구조적 건전성이 입증되었다. 인양 및 결속장치 하중검사는 수송용기의 트리니온(trunnion)에 용기 전체 중량의 150 %에 해당하는 중량을 적용시켰으며, 하중검사 후 운반용기 트리니온 및 트리니온 볼트의 변형 또는 손상이 발생하지 않았고 비파괴검사 결과 균열이 발생하지 않았다. 최대 사용압력검사는 수송용기 정상운전압력의 1.25배인 8.9 kg/cm²로 10분 동안 가압하였으며, 검사결과 압력강하가 발생하지 않아 수송용기의 격납건전성이 입증되었다. 격납계통 누설검사는 Evacuated Envelope Gas Test 방법을 적용하였다. 헬륨누설시험 장비를 사용하여 수송용기 격납계통에 대한 누설시험에서 뚜껑 O-ring 부위와 배기구 O-ring 부위의 back-ground는 각각 9.5×10^{-8} std·cm³/s 및 1.4×10^{-9} std·cm³/s로 측정되었으며, 누설률은 모두 back-ground로 측정되어 격납계통에 대한 건전성이 입증되었다. KN-12 수송용기의 차폐 건전성을 확인하기 위하여 수송용기에 사용후연료 12다발을 장전한 후 용기 표면 방사선량률을 측정하여 해석치와 비교하였다. 차폐능 검사결과 전체적으로 해석치가 측정치에 비하여 보수적인 선량 결과를 나타내어 KN-12 수송용기의 차폐능이 유지됨을 확인하였다. 열전달검사는 수송용기에 사용후연료 집합체를 장전하여 정상상태에 이른 후에 용기 표면온도를 측정하고 계산치와 비교함으로써 열전달성능을 평가하였다. 수송용기의 열전달시험 결과 대기온도 16 °C 하에서 용기 표면온도는 32 ~ 37 °C로 측정되어 계산치인 37 °C보다 약간 낮게 나타나 수송용기의 열전달 성능이 충분히 유지됨을 알 수 있었다. 수송용기 오염도 검사는 제거성 및 고착성 오염도 측정으로 구분되며, 용기표면을 smear paper로 문질러 측정된 제거성 표면오염도 측정결과 α 방출체의 경우는 back-ground 이하로 측정되었고, β-γ 방출체의 경우는 0.02 Bq/cm²로 측정되어 법규에서 규정하는 허용치 4 Bq/cm² 이하의 오염도를 보여주었다. 고착성 오염도 측정은 수송용기를 청정구역으로 이동하여 용기표면 방사선량률을 측정하였으며, 최대 방사선량률이 0.03 μSv/h로 허용치인 5 μSv/h에 비하면 훨씬 낮게 나타났다. 따라서 KN-12 수송용기는 법규에서 규정하는 표면오염도에 대한 요구조건을 충분히 만족하였다.

수송용기의 사용검사 절차를 확립하고 사용검사를 실시한 결과 KN-12 수송용기는 모든 검사항목에 대하여 법규에서 규정하는 기술기준을 만족하여 수송용기의 건전성이 충분히

입증되었다. 본 사용검사 결과 보고서를 KINS에 제출하여 사용검사 인허가 획득을 추진 중이다.

표 1. 사용검사 항목 및 검사방법

검 사 항 목	검 사 방 법
내·외부 외형 육안검사	용기표면의 균열 및 변형 여부 검사 (육안 및 비파괴시험)
용접부위 비파괴검사	헬륨누설검사 (Sniffer technique)
인양 및 결속장치 하중검사	용기 총중량의 1.5배 하중시험 (육안 및 비파괴검사)
최대 사용압력시험	설계압력의 1.25배에서 10분간 수압시험 (압력강하 여부)
격납경계 누설검사	헬륨누설검사(Evacuated Envelope Gas Test Method)
방사능차폐 성능검사	연료 장전 후 표면선량을 측정 (해석결과와 비교평가)
열전달 성능검사	연료 장전 후 용기 표면온도 측정 (해석결과와 비교평가)
외부 표면오염도검사	직, 간접법 이용 (허용치와 비교)

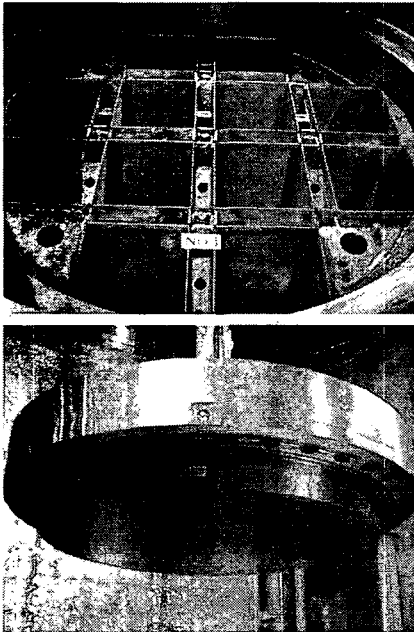


그림 1. 수송용기 육안검사.

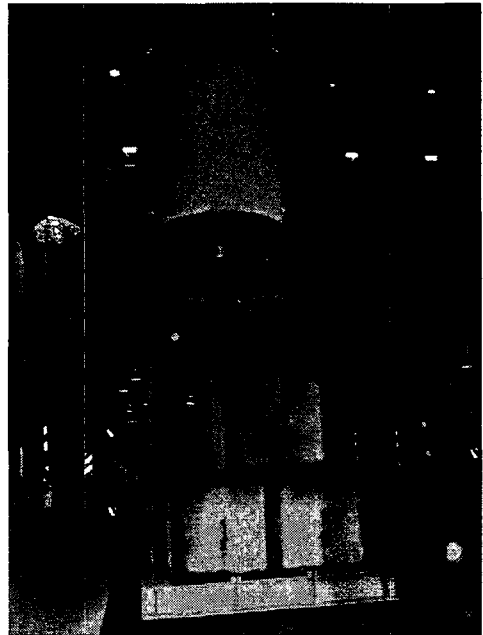


그림 2. 수송용기 하중검사.