

## 100 kCi 삼중수소 저장/운반 용기 디자인

이민수, 백승우, 김광락, 김선미, 최희주, 손순환\*, 송규민\*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

\*한국전력연구원, 대전광역시 유성구 문지동 103-16번지

[minm@kaeri.re.kr](mailto:minm@kaeri.re.kr)

월성 원자력 발전소의 TRF 시설에서 수집된 트리튬은 방사성 폐기물로 볼 수도 있지만, 한편으로는 산업적으로 무전원 발광소자, 핵전지, 중성자 표적 등의 생산에 활용될 수 있는 유용한 자원이다. 트리튬은 베타선을 발생하는 기체 방사성 물질이기 때문에 취급에 제약이 따르며, 특히 그 저장과 운반에는 많은 주의가 요구된다. 따라서 국내 트리튬 산업을 활성화하기 위해서는 트리튬을 안전하게 저장하고 운반할 수 있는 용기의 개발이 선행될 필요가 있다. 이미 앞선 연구에서 한국원자력연구소는 500 kCi급 저장/운반용기를 개발한 적이 있으나, 해당 운반용기의 목적이 영구처분을 목적으로 고안된 것으로서, 트리튬 산업에 이용하기에는 부적합하다. 따라서 본 연구에서는 산업체에서 효율적으로 사용할 수 있도록, 트리튬을 안전하게 저장하고, 운반할 수 있는 100 kCi 급 저장/운반 용기를 개발하고자 하였다.

트리튬은 1차적으로 금소수산화물 형태로 안정하게 저장할 수 있으면서, 필요에 따라 용이하게 탈장이 가능하도록 하는 것이 저장용기의 핵심이 된다. 영구처분을 위한 트리튬 저장재로는 티타늄이 잘 알려져 있으며, 흡장과 탈장이 용이하여 산업적으로 활용될 수 있는 흡장재로는 금속 우라늄과 ZrCo 합금이 있다. 금속 우라늄은 세계 여러 나라에서 트리튬 임시저장재로 많이 활용되고 있으나, 금속우라늄 자체가 사용에 필요한 IAEA의 인허가가 요구된다는 어려움이 있으며, 산업체에서 용이하게 구입할 수 있는 물질이 아니다. 금속 우라늄의 대체 물질로 요즈음 각광받고 있는 저장재로는 ZrCo 합금이 있다. ZrCo 합금은 금속 우라늄과 버금가는 트리튬 흡탈장 성능을 갖고 있으며, 구입 및 사용에 제약이 없다는 장점이 있다. 현재 트리튬 저장재로 두가지 물질이 고려되고 있으며, 트리튬의 사용량, 사용빈도, 인허가 시설의 유무에 따라 저장재가 결정될 예정이다.

트리튬 저장용기 내부는 흡장 초기에는 금속 매질과 낮은 평형압을 이루기 때문에 고진공 상태이지만, 트리튬의 베타 붕괴에 의해 He-3가 발생되면서 압력이 형성된다. 따라서 저장용기는 진공에 따른 외부 기체의 유입을 차단할 수 있는 기밀성이 요구되면서도, 장기저장에 따른 내압에도 견딜 수 있어야 하는 특징이 있다. 압력 형성의 정도는 저장용기의 부피 및 흡장된 트리튬의 양, 저장 매질의 양 등에 따라 차이가 있으므로, 저장용기의 설계에 신중을 기하여야 한다.

이밖에도 트리튬 저장용기를 디자인할 때 고려되는 사항은 밸브 장치가 있는 밸브를 통해 트리튬의 흡탈장이 이루어지게 되므로 고온 고압에 견딜 수 있는 밸브의 선택이 중요하다. 밸브는 하나 또는 두개가 설치될 수 있다. 하나의 밸브를 사용할 경우에는 용기의 단순화를 꾀할 수 있으므로 안전성에 도움이 될 수 있으나 진공을 걸어서 탈장이 이루어지기 때문에 탈장 시간이 많이 소모되는 단점이 있다. 하지만 두개의 밸브를 사용할 경우에는 장치가 복잡해지는 단점이 있지만, 탈장시 비활성 기체를 흘려서 용이하게 짧은 시간에 트리튬을 제거할 수 있는 장점이 있다. 한편 저장용기는 탈장을 위한 가열장치에 적합해야 하며, 트리튬 활용시설의 Manifold에도 적합하도록 디자인해야 한다.

100 kCi급 트리튬 저장용기를 운반하기 위해서는 방사능의 양으로 분류되는 운반용기 규격원자력법 과학기술부고시 제2001-23호에 의거하여 B형 운반용기로 운반되어야만 한다. 따라서 100 kCi급 트리튬 운반용기는 B형 운반용기의 기술기준을 적용하여 구조평가, 열평가, 방사선차폐평가, 격납평가 등을 수행하여 운반용기의 그 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

세부적으로, 설계에 고려되고 있는 기본 사항을 그림 1에 의거하여 설명하면 다음과 같다. 1차 저장용기는 기본적으로 압력용기와 2개의 밸브와 연결관으로 구성된다. 연결관은 내부의 금속 분말이 나오지 못하도록 용기내 말단에 금속 필터를 설치한다. 1차 저장용기는 다시 운반 중에 발생

되는 밸브 및 용기의 기밀을 2차적으로 보장하기 위해 기밀을 유지할 수 있는 2차 용기로 밀폐시키게 된다. 2차 용기는 고온에 견딜 수 있도록 단열재로 감싸고, 다시 외부 충격을 흡수 할 수 있도록 완충재로 마감한다. 이렇게 완성된 조합체는 운반 차량에 적합하도록 설계된 운반용기에 넣도록 하고 있다.

이상과 같이 본 연구에서는 100 kCi급 트리튬 저장/운반 용기를 위한 그림 1 구조의 상세설계에 있으며, 저장용기는 흡탈장이 용이하면서도, 열이나 붕괴로 발생되는 내압조건에 견딜 수 있도록 디자인하고자 하였다. 그리고 운반용기는 B형 기준으로 9m 낙하시험 및 800 °C 화재시험에 대비하여 설계하고자 한다.

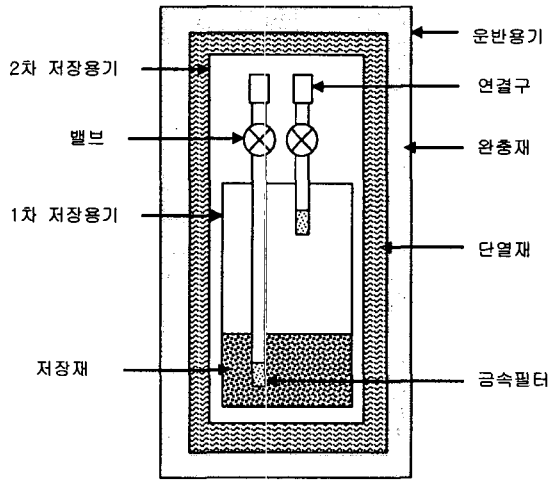


그림 1. 트리튬 저장/운반 용기 단순 구조도