

사용후핵연료 건식저장저장동향 및 전망

윤정현, 조천형, 정인수*, 김태만, 김지희
 한국방사성폐기물관리공단, 대전시 유성구 대덕대로 1045
 *(주)코네스코퍼레이션, 대전시 유성구 장대동 341-4
 ihvoon@krmc.or.kr

1. 서론

현재 국내에서 운영 중인 20기(PWR 원전 16기, CANDU 원전 4기)의 원자력발전소(이하 원전)에서 방출되는 사용후핵연료는 원전 내 임시저장시설에 저장되어 있다. 더욱이 현재 6기이상의 원전이 건설되고 있는 반면에 발전소내 저장량은 저장용량은 한계에 육박하고 있다. 이문제를 근본적으로 해결하기 위하여 사용후핵연료 수송/저장 시스템의 국산화 및 상용화를 위해서는, 국외 관련 기술의 발전 역사 및 향후 전망 분석을 통한 국내 기술의 현주소 파악과 개발하고자 하는 국산화 모델의 성능 수준 도출이 선행되어야 한다. 또한, 사용후핵연료 중간저장 시설의 타입으로서 건식저장을 전제로하여 추진된 만큼 이에대한 개발동향 분석은 반드시 필요하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 국외 기술현황 분석을 통하여 사용후핵연료 수송/저장 시스템 기술 선진국들의 시스템 개발 현황 및 기술개발 현황을 조사하여 국산화 모델의 개발방향 설정을 위한 기초자료로 활용하고자 하였으며, 방식별 중간저장 비용평가 사례 조사를 통해서 향후, 경제성 측면에서 방식별, 저장/수송 시나리오별 비교우위 결정을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

2. 열용량과 저장방식추이

그림 1. Holtec¹⁾, TN²⁾, NAC 사의 인허가 개정 혹은 모델의 열용량 변화를 나타내고 있다. 금속저장용기(TN 시리즈, HI-STAR 100)의 경우는 초기 개발 후 혹은 2001년 이후로는 기술개발의 현황이 없음을 알 수 있다. 반면에 콘크리트저장용기의 경우는 2000년대 초반과 2006년에 열성능 향상이 보인다. 그림 2는 미국 건식저장시설에서 채택하고 있는 저장방식의 연도별 현황이다. 볼트와 금속저장용기는 2000년 초반이후로는 채택하고 있지 않으며, 1990년대에는 모듈 방식이 선호되고 있다. 하지만 2000년대 초에 들어서면서 경제성, 저장밀도 등이 상대적으로 우수한 콘크리트 방식이 주를 이루고 있으며, 방식 채택율이

2배 가량 늘어났음을 알 수 있다.

즉 콘크리트저장용기 방식이 건식저장시설의 주가 됨에 따라 이 방식에 적합하고 경제성이 있는 방향으로 기술개발이 이루어지고 있다. 저장용기, 캐니스터, 수송용기를 주요 구성요소 개발을 한 후, 추후 개정을 통해서 사용후핵연료의 특성에 맞추어 캐니스터를 설계하고 이를 추가 하는 방식을 취하고 있다. 저장용기의 성능향상을 위해 새로이 설계할 경우에도 기존의 캐니스터와 호환 가능하도록 하고 있다.

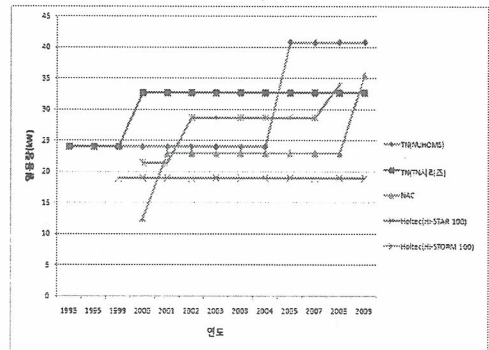


Fig. 1. 제조사별 열용량 변화

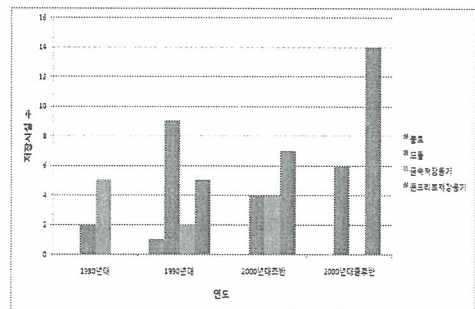


Fig. 2. 미국 건식저장시설 저장방식 현황

비용절감을 위해서 캐스크를 대형화 하고 있으며, 발전사업자의 효율적인 원전운전으로 인해 고연소도 사용후핵연료가 발생함에 따라 이를 수용하기 위한 기술개발이 이루어지고 있다. 또한 MOX를 사용함에 따라 고발열/고방사능 사용후핵연료의 저장, 연소도를 적용한 저장시스템의 연구 또는 개발이 수행되고 있다.

장기간 저장에 따른 안전성으로 인해 최근 언더그라운드 방식이 주목을 받고 있으며, 사용후핵연료의 회수성 보장이 중요한 문제로 대두되고 있다. 특히 사용후핵연료의 피복관과 구조체가 장기저장 후 처분시 사용후핵연료를 취급할 때 안전성을 유지하고 있어야 하는 것은 중요한 사항이다. 이를 위해서 피복관을 허용온도 이하로 유지하기 위해 충전기체를 사용하고, 취급 빈도를 줄이기 위해 수송/저장은 물론 처분까지도 가능케 하는 기술을 개발하고 있다.

미국에서 처음으로 시작된 다목적용기 기술은 용기 제조사별로 각기 다른 디자인 및 형태를 가지고 있다. 그 결과 저장, 처분 단계 간의 호환성을 위해서 다양한 특성을 가진 핵연료를 수용할 수 있는 표준화된 용기의 필요성이 대두되고 있다. 이에 유럽연합은 최근 SAFE CASK 프로그램을 통해 사용후핵연료 저장 혹은 처분을 위한 안전하고 효율성 및 호환성이 향상된 용기를 개발하여 하고 있다.

작업자 및 저장시설 외부 주민의 선량률을 줄이기 위해서 저장시설에 용기 배열시에 ALARA개념을 사용하고 있다.

3. 각국의 건식저장시설 현황

전세계적으로 17개 국가에서 건식저장시설을 보유하고 있으며, 북아메리카 지역에 41개 저장시설이 유럽에서는 독일에 가장 많은 15개 저장시설이 위치하고 있다. 각 지역별 저장시설 용량은 표 3과 같다.

Table 3. 전세계 건식저장시설 용량(2007년 기준)

지역	국가	갯수	용량
Asia Pacific	Armenia	1	74 MTHM
	India	2	590 MTHM
	Japan	2	1230 Bundles
	Korea	1	6250 MTHM
Central & South America	Argentina	1	2000 MTHM
Europe	Belgium	1	2100 MTHM
	Czech Republic	1	600 MTHM
	Germany	15	19095 MTHM
	Hungary	1	850 MTHM
	Lithuania	1	98 Bundles
	Romania	1	300000 Bundles
	Spain	1	1680 Bundles
	Switzerland	1	2500 MTHM
	Ukraine	1	9120 Bundles
	United Kingdom	1	700 MTHM
	North America	Canada	6
U.S.		35	9109.4 MTHM

미국의 경우 2007년 현재 35개 건식저장시설이 운영 중이며, 저장 용량은 총 9109.4 MTHM 이다. 39개주의 120개 부지에 사용후핵연료가 저장되어 있으며 매년 2000 MTHM의 사용후핵연료가 발생되고 있다.

2008년부터 2013년까지 전세계 사용후핵연료 캐스크 수요량은 꾸준히 증가할 것으로 예상되며, 2014, 2015년에는 일부 국가의 원전운영 정지로 인해 수요량은 약간 감소할 것으로 전망된다. 그림 3. 에는 전세계 사용후핵연료 수요량 전망을 나타내었다.

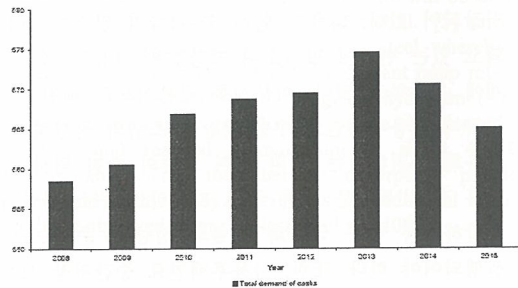


Fig. 3. 전세계 사용후핵연료 수요량 전망

4. 결론

국의 중간저장시설 현황 및 건설계획을 조사하여 중간저장 방식의 국제적 흐름 및 각국의 방식결정 배경을 분석하여 보았다. 국의 저장 시스템 현황 조사를 통해서 사용후핵연료 저장 시스템 기술 선진국들의 시스템 개발 현황 및 기술 개발 추이 등을 분석하였으며 이는 중간저장 비용평가의 기초자료로 활용하였다. 본 논문은 수송/저장 시스템 모델 설정 업무에 기본자료로 활용되어 최종적으로 국내 고유모델의 방식을 결정하는데 기여하게 될 것이다.

5. 참고문헌

[1] Holtec International, "Safety Analysis Report: Storage, Transport, and Repository Cask System, DOCKET No. 71-9261" (2006).
 [2] Transnuclear, "TN-40 Transportation Packaging Safety Analysis Report, DOCKET No. 9313"(2006).