사용후핵연료 수송시스템 국산화 타당성 분석

성기열, 김태만, 김형진, 조천형, 윤정현
한국방사성폐기물관리공단, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
sskyein@krmc.or.kr

1. 서론

원전에서 발생하는 사용후핵연료는 발전소의 습식저장조의 포화에 따른 중간저장 시설을 도입해야 한다. 중간저장시설의 운영을 위해서는 사용후핵연료 수송시스템 분석 및 국내 여건에 적합한 수송시스템을 개발하여야 한다. 본 연구에서는 소내수송을 위해 개발된 기존 국내 수송용기를 포함한 수송시스템 및 국외 수송시스템을 활용하는 경우와 새롭게 수송시스템을 국산화 하였을 경우에 대한 경제성 분석을 통해 수송시스템 국산화 타당성을 분석하였다.

2. 본론

2.1 수송시스템 비용산정을 위한 가정사항

2.1.1 수송/저장 시나리오

기본 시나리오로 중앙집중식과 분산식(원전부지내, 3개 부지)의 중간저장만 고려하였다. 시나리오 수립시 고려사항으로 중앙집중식 중간저장시설의 위치는 임의의 부지로 가정하고, 각 원전 부지에서의 수송비용은 동일하다고 가정하였다. 분산저장의 경우, 부지 확보 가능 여부는 고려하지 않고 각 부지에서의 소내 수송비용은 동일하다고 가정하였다.

2.1.2 중간저장 시설 용량

저장방식별 저장용량 설정을 위해 전체 중간저장 용량은 2067년까지 사용후핵연료 발생량을 대상으로 평가하였다. 평가결과, 전체 중간저장용량을 약 30,000톤으로 설정하였다. 1단계 중간저장시설 용량은 2008년 12월말까지 발생된 사용후핵연료 중 농축도 4.5%, 연소도 45,000MWD/MTU 이하의 연료를 저장할 수 있는 규모와 여유분을 고려하여 5,000톤으로 설정하였다. 분산저장방식은 1단계 건설규모를 3개 부지로 균등 배분한다. 따라서 1단계 건설기간인 총 10년을 고려하였을 경우 중앙집중식은 연간 500톤, 분산저장의 경우는 170톤으로 설정하였다.

2.1.3 기타 전제사항

수송개시년도 및 기간은 2017년부터 10년간이다. 수송 Cask 용량은 호기 구분 없이 일정용량으로 24다발로 가정하였다.

2.2 수송시스템 비용산정을 위한 수송 시나리오 도출

수송시스템 국산화 타당성 분석을 위해, 중앙집중식 저장방식에 따라 수송시나리오를 구성하였다. 중앙집중식 저장방식의 경우, 수송/저장 겸용 금속용기 24다발짜리를 이용하는 경우, 기존 국내 수송전용 용기(KN-12, KN-18)를 이용하는 경우로 구분하였다. 분산방식의 경우는 중앙집중식 저장방식에서 선박과 관련한 사항을 제외한 거의 모든 구성요소가 비슷하므로 본 시나리오 구성에서 제외하였다.

○ 중앙집중식 중간저장
- 시나리오 1 : 수송용기 24다발(수송/저장 겸용)짜리를 이용하는 경우
- 시나리오 2 : 기존 국내 수송용기를 이용하는 경우

2.3 시나리오별 비용 분석

2.3.1 시나리오 1[수송용기 24다발(수송/저장 겸용)짜리를 이용하는 경우]

수송선박 비용, 수송용기, 부대시설 및 트레일러 비용, 인건비, 연구개발비, 설계 및 인허가 비용별 비용평가 결과를 표 1에 정리하였고 이를 토대로 단위 사용후핵연료당($/kg) 수송비용을 산정하였다. 해상운송비는 비용평가를 위해 유류비만을 평가대상에 포함하였다. 인건비의 경우 운항횟수가 3회이므로 1회 운항으로 인한 인건비에 운황횟수를 곱하여 산출하였다. 인건비와 유류비를 제외한 비용들은 총 저장시설 설계수명 기간(50년 가정)동안 사용이 가능하므로, 계산되어진 연간비용을 설계수명 기간으로 나눈 값을 수송비용에 산정하였다. 적용 환율은 1,100원/$로 계산

하였다.

Table 1. 시나리오 1에 대한 비용평가 결과

단위(US$)

선박 등급	내 역	비 용	
INF-3	해상운송비용 (유류비)	916,830	
	수송용기, 부대시설 및 트레일러 비용	24다발 국산용기	1,566,400
		HI-STAR 100	1,865,000
		TN Duo	4,668,400
		TN24XLH	5,012,400
	인건비	64,815	
	연구개발비, 설계 및 인허가 비용	24다발 국산용기	100,000
	단위 사용후핵연료당 수송비용($/kg)	24다발 국산용기	5.30
		HI-STAR 100	5.69
		TN Duo	11.30
		TN24XLH	11.99

2.3.2 시나리오 2(기존 국내 수송용기를 이용하는 경우)

시나리오 1과 동일한 항목별 비용평가 결과를 표 2에 정리하였고 이를 토대로 단위 사용후핵연료당($/kg) 수송비용을 산정하였다.

Table 2. 시나리오 2에 대한 비용평가 결과

단위(US$)

선박 등급	내 역	비 용
INF-3	해상운송비용(유류비)	1,528,050
	수송전용 용기, 부대시설 및 트레일러 비용	4,453,200
	인건비	108,025
	단위 사용후핵연료당 수송비용(/kg)	12.18

3. 결론

본 연구에서는 수송시스템 국산화 타당성 분석을 위하여 두가지 시나리오를 구성하여 각각의 경우 수송시스템 구성요소별 비용평가를 수행하였다. 또한 이를 토대로 단위 사용후핵연료당 수송비용을 계산하였다. 시나리오 1의 경우는, 24다발짜리 금속 수송/저장 겸용 용기를 기준으로 국외 자료를 바탕으로 산정하였고, 시나리오 2의 국내 수송용기의 가격은 한수원(주) KN-12 구매자료를 토대로 산정하였다. 또한 Canister 이송건물의 가격 또한 시나리오 1과 시나리오 2의 경우 각각 산정하였다. 인건비의 경우 한수원(주) 소내 수송 절차서를 기준으로 해당작업 인원수를 정하였고, 단가는 물가협회에서 제공하는 원자력발전부문 특급기술자를 적용하였다. 개발중인 용기의 연구개발비는 2.0 million$, 설계 및 인허가비는 3.0 million$로 하여 계산하였다. 수송용기별 단위 사용후핵연료당 수송비용 계산결과를 그림 1에 나타내었다.

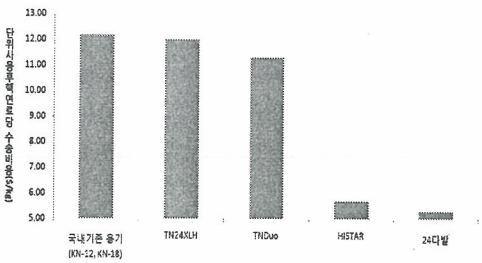

Fig. 1. 수송용기별 단위사용후핵연료당 수송비용

그림 1의 결과를 살펴보면, 단위 사용후핵연료당 수송비용은 시나리오 1의 경우, 최대 11.99$/kg, 시나리오 2의 경우는 12.18$/kg로 계산되었다. 수송비용 차이는 Canister와 Cask 일체형과 Canister 분리형 간의 부대시설 비용 차이에 기인한 것으로 판단된다.

시나리오 1의 경우, 비용평가 결과를 살펴보면, 24다발짜리 국산용기의 경우, TN Duo, TN24XLH 및 HI-STAR 100 용기를 이용하는 경우보다 비용이 적게 소요되는 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 수송시스템 국산화 타당성 분석을 위해 경제성만을 대상으로 하였으나, 추후 기술성, 수용성 등에 대한 분석을 수행한다면, 종합적인 국산화 타당성 평가가 이루어지리라 판단된다.

4. 참고문헌

[1] "COST DATABASE FOR DRY SPENT FUEL STORAGE SYSTEMS", 한국원자력연구원, 2003.

[2] "사용후핵연료 수송물량 및 수송비용 분석 프로그램 개발", 한국원자력연구원, 2008.

[3] "StoreFuel", Mar 3, 2009.