

사용후핵연료 심지층 처분비용 평가체계

이종열, 이승우, 김성기, 최희주, 최종원
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
 niylee@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료를 안전하게 관리하기 위한 처분시스템에 대한 비용평가는 사용후핵연료 발생 예상량, 관리 방법, 관리 기간 등에 따라 큰 차이를 나타내게 된다. 또한, 이러한 비용평가의 핵심은 비용 구성요소의 산출근거가 명확하여야 하며, 이를 위하여 합리적인 기준 시나리오에 따른 개념설계를 바탕으로 하여 비용 산출 근거를 마련하여야 한다. 그리고 사용후핵연료 관리는 초 장기간에 걸쳐 이루어지므로 비용 추정에 있어서도 불확실성이 포함되어 있으므로 이 불확실성을 평가할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

고준위폐기물 처분기술 개발에 있어 가장 앞선 국가인 스웨덴의 경우 체계적이고 장기적인 비용징수 기반을 마련하기 위해 SKB에서는 1992년부터 PLAN 프로젝트를 시작하여 종합 사업 및 관련 비용을 예측하여 매년 보고서를 발간하고 있다. 고준위폐기물 처분부지를 Yucca 산 부지에 확정하고 건설 인허가를 준비하고 있는 미국은 고준위폐기물의 처분비용과 수송비용을 산정하기 위하여 공학적 설계에 근거한 Total System Life Cycle Cost를 분석하였다. 스웨덴, 일본, 미국 원자력 선진국들은 원전사후처리 재원 확보 및 투명한 관리를 위하여 자국의 경제적, 사회적 환경을 고려한 체계적인 원가분석방법에 의한 정확한 재원평가체제와 사후보장시스템을 갖추고 있다. 국내에서는 일부 개념설정 단계 또는 외국의 경우를 바탕으로 처분비용을 산정한 경우는 있으나, 공학적 설계에 근거한 비용 산정을 수행한 경험은 없다.

따라서 본 연구에서는 한국원자력연구소에서 수행한 기준 사용후핵연료 심지층 처분개념을 바탕으로 처분비용 산정에 필요한 비용평가체계를 구축하였다.

2. 사용후핵연료 기준 처분 시나리오/개념 및 비용 요소

사용후핵연료의 안전한 관리를 위한 처분비용 평가는 사용후핵연료 발생 예상량, 관리 방법, 관리 기간 등에 따라 큰 차이를 나타내게 된다. 본 연구에서는 합리적인 관리 비용을 제시하기 위하여 기준 시나리오를 설정하여 개념설계를 수행하고 이를 바탕으로 비용요소를 도출하였다.

본 연구에서 대상으로 하는 국내 원자력발전소는 가압경수로 형 24기와 가압중수로 형 4기로 총 28기의 발전소를 대상으로 하여 수명기간 동안의 사용후핵연료 예상 발생량인 36000 tHM을 기준으로 한국의 대표 지질조건에 어울리는 고준위폐기물 한국형 처분시스템에 대한 설계를 수행하였다.

고준위폐기물 처분시스템을 크게 지상시스템과 지하시스템으로 구분한다. 지상시스템은 고준위폐기물을 처분용기에 포장하는 시스템과 지하시스템 건설, 고준위폐기물 처분 후 뒷채움 및 지하시스템 지원을 위한 시스템들로 구성된다. 지하시스템은 지상시설에서 처분용기에 포장한 고준위폐기물을 암반에 굴착한 처분공에 매설하는 처분용기 거치, 완충재 및 뒷채움재 설치 등 처분공정을 수행하며, 이를 위한 기술지원 시스템으로 이루어진다. 또한, 수직갱과 접근 경사터널은 지상시스템과 지하시스템을 연결하며, 이들을 통하여 환기, 물질 및 작업자 이송 등을 수행한다. 지상 시설과 지하시설에서는 고준위폐기물과 같은 방사성물질의 취급여부에 따라 통제구역과 비통제구역으로 구분하여 공정을 수행하도록 한다.

이상의 사용후핵연료 처분 기준 시나리오와 처분개념에 따라 소요되는 비용평가를 위한 기술항목과 비용항목의 연계는 표 1과 같으며, 이에 대한 상세 비용구조는 표 2에 나타낸 바와 같다.

표 1. 비용항목 및 기술항목 연계

구 분	비용항목	기술 항목
지상시설	1. 투자비	- 시설 요건, 설계/건설
	2. 운영비	- 포장공정, 유지보수
	3. 제염/해체비	- 시설 해체, 공정장비
지하시설	1. 투자비	- 시설요건, 설계/건설
	2. 운영비	- 처분공정, 유지보수
	3. 폐쇄	- 폐쇄공정/장비

표 2. 지상/지하시설 세부 비용구조

지 상 시 설		지 하 시 설	
투 자 비	설계 및 프로젝트 관리	투 자 비	지상 연계 시설
	건설		굴착 및 시설 건설
	사용후핵연료 취급시스템		처분터널 건설
	공정 시스템		처분공 건설
	자동화 및 원격통신 시스템		공기조화, 파이핑 시스템 등
	전기 및 유틸리티 시스템		전기시스템
			공정장비
운 영 비	인건비	운 영 비	탐사/조사 시스템
	에너지		관리비/예비비
	용수 및 처리시스템		처분터널 뒷채움
	유지보수 시스템		벤토나이트 블록
	포장공정/재료		처분터널 플러깅
	보험 등 간접비		인 건 비
	운영기간		에너지 비용
제 염 / 해 체 비	제염/해체 설계	폐 쇄 비	용수 및 용수처리
	인건비		유지보수
	해체폐기물 포장		보험 등 간접비
	특수장비		조사/탐사비
	용수 및 에너지 등 유틸리티		관리비/예비비
	보험 등 간접비		구조물 해체
	터널 뒷채움		
	샤프트 뒷채움		
	샤프트 및 접근터널 플러깅		
	샤프트 및 접근터널에 벤토나이트 플러깅		
	관리비/예비비		

3. 결 론

본 연구에서는 사용후핵연료 처분시스템에 대한 비용평가 체계구축을 위하여 처분 시나리오를 수립하고 한국형 고준위폐기물 처분시스템에 대한 개념설계를 수행하였으며, 이를 바탕으로 비용평가 체계를 설정하였다. 본 연구를 통해 개발된 비용평가 체계는 향후 원전사후처리충당금 재산정시 공학적 평가의 기초 자료로도 활용될 수 있을 것이다.