

사용후핵연료 소내저장시설(AR storage) 및 소외저장시설(AFR storage) 경제성 비교

정철욱*, 김태룡, 이기현

한국전력국제원자력대학원대학교, 울산광역시 울주군 서생면 해맞이로 658-91

*pawky@naver.com

1. 서론

현재 국내에서는 사용후핵연료를 원자력발전소 부지 내에서 임시저장 중에 있으나 2025년 한빛원전을 시작으로 순차적으로 임시저장 시설의 포화가 예상되고 있다. 하지만 중장기 관점에서의 관리대책은 아직 수립되지 않았으며 방안에 대한 논의가 진행 중인 상황으로 그 대책 마련이 시급한 상황이다.

사용후핵연료의 재활용/재처리 및 최종 처분은 당장 적용하기 어려운 방법이며 현실적으로 고려되는 방안은 최종처분 전까지 별도의 저장시설에 중장기적으로 저장, 관리하는 방안이다. 본 방안은 저장시설의 위치에 따라 소내 저장방식(AR storage) 및 소외 집중저장방식(AFR storage)으로 구분할 수 있으며, 본 논문에서는 해당 두 방안 중 경제적인 관점에서 더 유리한 대안은 무엇일지 살펴보고자 한다.

2. 방법 및 결과

2.1 소내 저장시설 및 소외 저장시설

소내 저장시설 및 소외 저장시설을 건설/운영하는 두 경우를 대상으로 경제성 비교를 수행하며 두 시설은 다음과 같은 특징이 있다.

소내저장시설의 경우 사용후핵연료를 원전 부지 내 저장을 하여 부지, 운반비용 등이 절감되며 운송과정에서의 위험 노출이 적으나, 각 원전 지역주민 및 시민 단체의 수용성 문제, 원전 해체 시 안전성 문제 및 각 원전부지 분리 저장관리로 인한 관리효율 저하 등의 우려가 있을 수 있다.

반면에 소외저장시설은 집중관리가 가능하고 관리가 효율적이나 별도 부지확보를 위한 비용이 소요되고 부지조사, 인허가 절차 등을 수행해야 하며 경주 중저준위 방폐장 건설 시 겪은 난관을 미루어 볼때 많은 시간이 소요 될 수 있다.

2.2 적용된 가정

저장시설은 안전관리 관점에서 습식보다 선호되는 건식저장시설을 고려할 것이며, 건식저장 시설

중 경제성, 저장밀도가 상대적으로 우수해 2000년대 이후 선호되고 있는 콘크리트 저장용기 방식으로[1] 경제성 비교를 수행하고자 한다. 추가적으로 금속용기 저장방식 관련 비용을 도출하여 콘크리트 용기 방식과의 금액비교를 실시하였다. 각 시나리오별 대상 사용후핵연료의 양과 저장시설 부지 면적은 참조자료[2]를 참조하여 Table 1과 같이 정하였다.

Table 1. Amount of spent fuel and storage area for both scenarios.

	AR storage		AFR storage
	Kori	2,500*4	
Amount of Spent fuel (MTU)	Hanbit	2,500*2	40,000 (5,000*8)
	Hanul	2,500*4	
	Wolsung	2,500*4	
	Total	35,000	
Storage Area(m ²)	Kori	85,868	208,838
	Hanbit	67,226	
	Hanul	85,261	
	Total	321,018	

저장시설의 건설준비 및 건설은 약 6 년, Loading은 약 10 년, 운영은 2059년까지 하고 Unloading은 약 10 년 그리고 해체는 약 5 년이 소요되는 것으로 적용하였으며, AR은 각 원전에서 2,500MTU 용량의 저장시설을 순차적으로 건설하고 AFR의 경우는 한 번에 일괄적으로 건설하는 것으로 설정하였다.

각 시나리오별 금액산출을 위해 건설준비기간부터 저장시설 해체까지 전 수명기간에 대한 비용을 고려하였다.[3][4][5] 또한 기타 적용된 가정사항은 아래와 같다.

- Loading 시 AR storage의 경우 매년 250~500 MTU, AFR의 경우 매년 4,000 MTU 까지 가능한 것으로 적용하였다.
- 콘크리트 용기당 24다발(약 10.8 MTU)의 PWR 사용후핵연료 저장이 가능한 것으로 계산하였다.
- 월성의 중수로에서 발생된 사용후핵연료량은 경수로용 사용후핵연료로 간주하여 적용하였다.
- Decommissioning 비용은 저장시설 설비비 건

설비 및 기자재비의 20%를 적용하였다.[3]

- 산출된 Overnight cost를 현재가치로 변환하기 위해 할인율 5%를 적용하였다.

2.3 평가 결과

콘크리트용기 방식을 적용한 소내 저장시설과 소외 저장시설 및 참조를 위해 금속용기 방식의 소외 저장시설 시 총 소요비용 및 수명주기에 걸친 비용 배분곡선을 Table 2, Fig. 1 와 같이 도출하였다.

Table 2. Estimation of total costs for each scenarios

Period\cost	AR(conc.)	AFR(conc.)	AFR(metal)
Preparation & Construction	327.7	356.4	955.8
Loading	1,893.4	2,187.7	7,681.0
Operation	10.3	7.6	7.6
Unloading	1.7	0.2	0.2
Decommissioning	428.2	491.7	1,710.2
Total	2,661.4	3,043.7	10,355.0

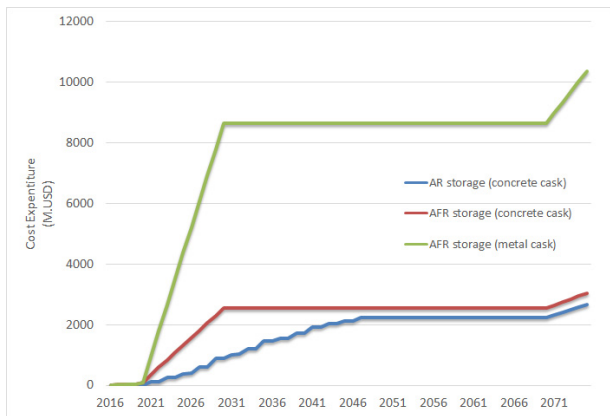


Fig. 1. Cost expenditure S-curve throughout life cycle.

도출된 총 예상비용을 현재가치로 변환하고 각 시나리오별 단가를 비교하기 위해 NPV(Net Present Value)를 아래 수식을 이용하여 구하였으며, 대상 사용후핵연료 중량당 단가로 각 시나리오별 금액을 비교하였다.

$$NPV = \sum \frac{C_i}{(1+d)^i} \quad (1)$$

상기 수식에서 i 는 현재시점으로부터 년수, d 는 할인율, 그리고 C 는 해당년도 건설비를 의미하며, 할인율 5%를 적용한 결과는 Fig. 2와 같다.

추가적으로 단가계산에 영향을 주는 용기자재비, 할인율, 각 단위 저장시설의 건설시기 등의 입력변수 변화에 따른 민감도 분석을 실시하였다.

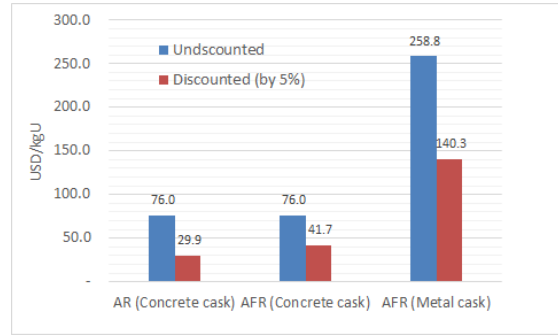


Fig. 2. Comparison of undiscounted and discounted unit cost.

3. 결론

소내저장시설 및 소외저장시설의 두 시나리오에 대한 총 소요비용을 산출하고 현재가치로 환산하여 단위비용을 분석하였으며, 분석 결과 민감도 분석이 이뤄진 전반적인 구간에서 소내저장시설의 경쟁력이 더 우위에 있는 것으로 분석되었다. 본 논문은 향후 사용후핵연료의 중장기적 저장 방안 수립하고 가장 유리한 방식을 결정하는데 기여할 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

- [1] 윤정현, 조천형, 정인수, 김태만, 김지희, "사용후핵연료 건식저장저장동향 및 전망", 한국방사성폐기물학회 2010 추계학술대회 논문요약집, 421-422, (2010).
- [2] 사용후핵연료 공론화위원회, "사용후핵연료 관리방안에 대한 잠재 시나리오 및 공론화프로그램 논의 주요내용", 66-86, (2014).
- [3] J. Kessler, "Cost Estimate for an Away-From-Reactor Generic Interim Storage Facility (GISF) for Spent Nuclear Fuel", Part2 1-19, 1018722, EPRI (2009).
- [4] 코네스코퍼레이션, "사용후핵연료 수송/저장 핵심 설계기술개발, 건식저장방식별 평가결과", 1-9, (2010).
- [5] Chun-Hyung Cho, Tae-Man Kim, Ki-Yeol Seong, Hyung-Jin Kim, Jeong-Hyoun Yoon, "Cost Comparison of wet and dry interim storage facilities for PWR spent nuclear fuel in Korea", Annals of Nuclear Energy 38 (2011) 971-981.