

사용후연료 중간저장 경제성평가 사례연구

김형준, 조천형, 이경구

한국수력원자력(주), 대전광역시 유성구 장동 25-1

khjoon@khnp.co.kr

1. 서론

사용후연료의 중간저장은 재활용 또는 직접처분 등 최종관리정책을 채택한 국가이거나 관망정책을 채택한 국가이거나 관계없이 기술적 및 정책적 측면에서 필수적으로 수행되고 있는 것이 세계적인 추세이다. 우리나라도 여러 가지 기술적 및 정책적 상황을 고려할 때 중간저장시설의 건설이 불가피한 실정이다. 본고에서는 사용후연료 중간저장의 추진에 앞서 필요한 여러 가지 분석 중 저장방식별 경제성평가 문제를 다루었다. 우선 문헌조사를 통해 해외의 저장비용 분석사례를 살펴본 후 우리나라 환경에서의 저장비용을 평가해 보았다.

2. 해외 중간저장 비용분석 사례

먼저, 습식저장과 건식 캐스크 저장방식 간 경제성 평가를 수행한 Harvard大와 Tokyo大가 공동으로 수행한 연구에서는 5,000톤 저장용량을 기준으로 할 때 습식방식 \$396/kgHM, 캐스크방식 \$238/kgHM로 분석되었다[1].

미국물리학회(APS)의 Nuclear Energy Study Group은 캐스크 방식에 의해 저장시설을 운영하고 있는 미국의 원전 사례를 분석했다[2]. 2005년도 Monticello 원전 사례를 기준(30캐니스터×61BWR assembly/캐니스터)으로 했을 때 고정비 \$2,000만 달러, 저장비 \$11만/톤, 운영비 \$100만/년이 드는 것으로 분석됐다.

미국 아르곤 국립연구소 Nuclear Technology Division은 건식저장방식 간의 상대적 비용을 추정하였다. 그 결과 수송/저장 겸용 캐스크 방식의 저장비용을 1이라 할 때, 캐스크 방식은 0.61~0.86, 볼트방식은 0.62~0.75, 그리고 모듈방식은 0.50~0.60으로 분석되었다[3].

일본에서 수행된 또 다른 연구에서는 3,000톤 저장용량의 소위 저장시설을 기준으로 할 때 습식 130,000엔/kgU, 볼트 50,000엔/kgU~70,000엔/kgU, 모듈 35,000엔/kgU, 금속캐스크 35,000엔/kgU, 콘크리트 캐스크 25,000엔/kgU으로 나타났다[4].

4. 중간저장 경제성평가 사례

가. 경제성 평가 방법론

사용후연료 중간저장 경제성평가 방법에는 여러 가지가 있지만, 그 중 평준화 단위비용(levelised unit cost) 방법이 가장 많이 이용되고 있다[4]. 이 방법은 저장시설에 대한 연도별 소요비용을 구하여 기준년도 가격으로 할인하고, 이 기간동안 저장시설로 수납된 사용후연료의 총 할인된 저장량으로 나누어 저장단가를 구한다.

나. 경제성평가를 위한 전산 프로그램 개발

MS Excel을 이용하여 중간저장 경제성을 평가할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 본 경제성평가 코드는 두개의 모듈, 즉 사용후연료 발생량 예측모듈과 경제성평가 모듈로 구성되어 있다. 사용후연료 발생량은 원전도입 시나리오에 따라 두 가지 옵션으로 계산할 수 있다. 즉, 연소도를 이용하거나 과거 경험 자료를 이용하여 발생량을 계산할 수 있다.

경제성 평가모듈의 입력 자료는 부지별 저장능력 및 용기 당 다발수와 비용기준연도, 할인율, 환율과 같은 비용 관련 파라미터로 구성되어 있다.

비용입력 자료는 크게 건설비와 운영비로 구성되어 있고, 건설비는 다시 직접비(저장관련설비,

수송관련설비, 특수장비, 공통부대공사 등)와 간접비(설계, 인허가 비용 등)로 구분되어 있다. 그리고 이들 비용항목은 다시 항목별 세부비용으로 구분하여 입력하도록 되어 있다.

다. 경제성평가 사례

기본 가정사항으로서, 먼저 사용후연료 발생량은 2006년도 제3차 전력수급기본계획에 근거하여 2020년까지 계획된 원전만 고려하고, 과거 실적치를 이용하여 계산하였다. 중간저장 용량은 소내 임시저장용량을 최대한 확장한 후 초과되는 사용후연료를 2050년까지 저장할 때의 용량으로 가정하였다. 비용계산 기준년도는 2007년도, 할인율은 5%로 가정하였고, 입력자료로 사용된 세부 항목별 비용단가는 미국 원자력 엔지니어링 서비스 회사인 JAI의 자료[5]를 기본으로 하여 관련 전문가의 자문을 통해 보완하여 이용하였다.

PWR 연료를 대상으로 했을 때 2050년까지의 독립저장시설 저장량은 고리부지 1,938톤, 영광부지 2,405톤, 울진부지 3,994톤으로 계산되었고, 이러한 저장량에 따른 추정비용은 표 1과 같이 나타났다.

<표 1> 저장용량에 따른 추정비용 (\$/kgHM)

	수평콘크리트모듈	금속캐스크	저장/수송 겸용
2,000톤	121	195	143
2,400톤	113	181	133
4000톤	97	165	117

5. 결 론

문헌조사를 통해 해외의 사용후연료 중간저장비용 분석사례를 살펴본 결과 습식저장에 비해서는 건식저장이 경제적인 것으로 나타나고 있으나, 건식저장방식을 대상으로 한 평가결과는 분석 사례마다 다 다르게 나타나고 있다는 사실을 알 수 있었다.

저장기간과 저장물량 등 우리나라 환경을 고려한 경제성 평가결과 저장용량 및 저장방식에 따라 최소 \$97/kgHM에서 최대 \$195/kgHM까지 큰 폭의 차이를 보이고 있음을 알 수 있었다. 그러나 이러한 평가결과는 앞의 해외사례분석에서도 알 수 있듯이 경제성평가를 위한 여러 가지 전제 조건이나 입력된 세부항목별 단위비용에 따라 다르게 나타날 수 있다. 또한, 본 연구에서는 건식 저장방식 중 입력비용 데이터에 대한 자료확보가 가능한 3가지 저장방식에 대해서만 평가하였으므로 향후 보다 보완된 심층적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] Matthew Bunn, Interim Storage of Spent Nuclear Fuel - A Safe, Flexible, and Cost Effective Near Term Approach to Spent Fuel Management, Harvard University / Tokyo University (2001).

[2] Panel on Public Affairs, Consolidated Interim Storage of Commercial Spent Nuclear Fuel-A Technical and Programmatic Assessment, APS (2007).

[3] O. K. Earle, Options for the Handling and Storage of Nuclear Vessel Spent Fuel, ANL/Nuclear Technology Division (2002).

[4] Koji Nagano, "Systems Analysis of Spent Fuel Management in Japan (II)-Methodologies for Economic Analysis of Spent Fuel Storage," Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.40, No.4, pp. 182-191 (2003).

[5] Cost Database for Dry Spent Fuel Storage Systems, JAI-555 (2003).