

후행 핵연료주기 경제성 평가 사례 분석

김형준, 조천형, 이경구

한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1번지

khioon@khnp.co.kr

1. 서론

원자력 르네상스의 도래와 함께 한동안 위축되었던 후행연료주기 정책개발에 대한 각국의 관심도 다시 높아지고 있다. 후행연료주기 정책의 핵심은 원전에서 발생하는 사용후연료를 재처리하여 원전의 연료로 재활용할 것인지 아니면 영구 처분할 것인지를 결정하는 것이다. 특히 2006년 2월 미국이 그동안의 사용후연료 직접처분 정책에서 재처리/재활용 정책으로 전환하는 것을 골자로 하는 '국제원자력협력체제'(GNEP) 정책 구상을 발표함으로써 각국은 GNEP이 자국의 원자력 정책에 미치는 영향을 면밀히 분석하면서 후행연료주기의 기술성 및 경제성에 대한 검토에 나서고 있다. 이에 본 연구에서는 최근 국내외 학술지 등에 발표된 대표적인 후행 핵연료주기 경제성 평가 사례를 종합적으로 고찰 및 분석함으로써 최근 국내에서 추진되고 있는 사용후연료 공론화 및 후행 핵연료주기 정책연구에 일조를 하고자 한다.

2. 후행 핵연료주기 경제성 평가

(1) 경제성 평가 방법론

후행연료주기 경제성 평가 방법에는 여러 가지가 있지만 가장 많이 이용되는 방법은 평준화 비용법(Levelised Unit Cost)이다. 이 방법은 후행연료주기 관련시설 및 활동, 즉 사용후연료 중간저장·수송·재처리·재활용·방사성폐기물 처분 및 시설 폐지와 관련된 총 비용을 추정한 후 적절한 할인율(discount rate)을 이용하여 현재가치(present value)로 환산하고, 이 값을 동일 기간 동안 얻어지는 총 생산량 또는 총 수입을 역시 같은 할인율을 이용하여 현재가치로 환산한 값으로 나눔으로써 얻을 수 있다. 이러한 평준화 비용법에 의해 계산된 결과는 \$/kWh 또는 \$/kg의 형태로 나타난다.

(2) 평가 사례

경제성 평가는 후행연료주기 정책결정에 반드시 필요한 요소로서, 이에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 대표적인 연구 사례 및 평가결과를 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 1994년에 OECD/NEA가 수행한 "The Economics of the Nuclear Fuel Cycle"은 핵연료주기 경제성 평가를 위한 일종의 교본적 성격을 지니고 있다. 이 연구는 다른 연구들과는 달리 후행연료주기 부분만 따로 평가하지 않고 선행연료주기를 포함한 핵연료주기 전체를 평가하고 있다. 평가결과 순환주기 비용은 6.23mills/kWh, 비순환주기 비용은 5.46mills/kWh로, 비순환주기가 약간 유리하나 그 차이는 미미한 것으로 나타났다.

두 번째로, Harvard 대학의 연구팀이 2003년에 수행한 "The Economics of Reprocessing Versus Direct Disposal of Spent Nuclear Fuel"에서는 순환주기 비용이 \$0.022/kWh, 비순환주기 비용이 \$0.005/kWh로, 비순환주기 옵션이 순환주기 옵션에 비하여 4배 이상 유리한 것으로 나타났다. 연구팀은 순환주기 옵션이 유리하기 위해서는 우라늄 가격이 \$370/kgU 이상 되어야 한다고 말했다.

세 번째로, 프랑스의 AREVA社가 세계적 자문기관인 미국의 Boston Consulting Group에 의뢰

하여 수행한 “Economic Assessment of Used Nuclear Fuel Management in the United States”에서는 순환주기 비용이 \$520/kgHM, 비순환주기 비용이 \$500/kgHM로, 두 옵션 간 경제성이 거의 같은 것으로 나타났다.

네 번째로, 복잡한 과학기술 및 공공정책 의사결정 문제를 전문적으로 다루는 Keystone Center가 올 2007년에 수행한 “Nuclear Power Joint Fact - Finding”에서는 순환주기 비용이 \$0.034/kWh, 비순환주기 비용이 \$0.014/kWh로 나타났다. 이 연구는 바로 앞에서 언급한 Harvard 대학의 2003년 연구를 최근 상황에 맞게 데이터를 update하여 다시 평가한 것으로, 4년 전에 비해 두 옵션 간 경제성 차이의 폭이 상당히 좁혀진 것으로 나타났다.

<표> 후행연료주기 경제성 평가 주요 연구 결과

연구기관	평가년도	평가 결과		
		순환주기(A)	비순환주기(B)	비율(A/B)
OECD/NEA	1994	6.23mills/kWh	5.46mills/kWh	1.14
Harvard 大學	2003	\$0.022/kWh	\$0.005/kWh	4.40
Boston Consulting Group	2006	\$520/kgHM	\$500/kgHM	1.04
Keystone Center	2007	\$0.034/kWh	\$0.014/kWh	2.43

3. 결론

후행연료주기 경제성 평가는 비용 추정의 불확실성, 평가대상기간의 장기성, 적용 할인율에 따른 계산결과의 변동성 등 많은 불확실성을 내포하고 있기 때문에 연구의 결과가 서로 상이하고, 이에 따라 연구 수행자들 간에 이에 대한 논란이 끊이지 않고 있다.

그러나 지금까지의 연구결과를 살펴볼 때, 아직까지는 비순환주기 옵션이 순환주기 옵션에 비해 경제성 면에서 좀 더 유리한 것으로 보인다. 그러나 일부 연구자들은 비순환주기 비용의 모델로 이용되고 있는 미국의 유카마운틴 처분장 건설비용이 당초 예상보다 높게 나타나고 있고, 또한 후행연료주기 경제성에 큰 영향을 미치는 우라늄 가격이 지금처럼 계속 상승할 경우 순환주기의 경제성이 유리해지게 될 것으로 예상하고 있다.

<참고문헌>

1. The Economics of the Nuclear Fuel Cycle, OECD/NEA, 1994.
2. The Economics of Reprocessing vs. Direct Disposal of Spent Nuclear Fuel, Harvard University, December 2003.
3. Economic Assessment of Used Nuclear Fuel Management in the United States, the Boston Consulting Group, July 2006.
4. Nuclear Power Joint Fact-Finding, the Keystone Center, June 2007.