

고준위폐기물 처분 원가대상 분석

Analysis for the High-Level Waste Disposal Cost Object

김성기, 이종열, 최종원, 한필수
한국원자력연구소

요 약

본 연구에서는 처분원가산정과 관련한 원가대상의 비율을 분석하였다. 분석결과에 따르면, 총원가에서 운영비의 비율이 가장 높은 것으로 나타났다. 처분원가는 원가구성 측면에서 일반적인 제품원가 구조와는 많은 차이가 있다. 제품원가는 직접재료비, 직접노무비, 제조간접비로 구분되는 반면에 처분원가인자는 크게 기술적 인자와 비기술적 인자로 구성된다.

Abstract

The purpose of this study is to analyse the ratio of cost object in terms of the disposal cost estimation. According to the results, the ratio of operating cost is the most significant object in total cost. There are a lot of differences between the disposal costs and product costs in view of their constituents. While the product costs may be classified by the direct materials cost, direct manufacturing labor cost, and factory overhead, the disposal cost factors should be constituted by the technical factors and the non-technical factors.

1. 서 론

사용후핵연료의 처분원가를 산정하기 위해서 원가의 기본개념을 정의하면, 원가란 특정한 목적을 달성하기 위해서 자원획득을 할 때, 반대급부로 지불되는 재화나 용역의 희생액을 화폐액으로 나타낸 것이다[1]. 따라서 처분원가를 계산하기 위해서는 먼저 원가대상을 분석하고, 원가동인을 파악하여 원가대상에 대한 소요비용을 계산해야 한다. 또한 원가대상에 소요되는 총원가 중 간접원가를 배분해야 한다. 원가배분이란 원가대상에 집계한 원가를 할당시키거나 추적하는 것을 말한다. 직접원가는 원가대상으로 직접추적이 가능한 것이며, 간접원가는 원가대상으로 추적이 불가능하며, 어떤 인위적 기준에 의해 배분된다. 처분원가는 크게 처분장의 지상시설과 지하시설 비용으로 구분되며, 지하시설비용은 발전소로부터 발생하는 사용후핵연료를 인간생태계로부터 장기간 동안 안전하게 격리하기 위하여 지하 심부에 처분하는데 소요되는 비용을 의미한다. 지하 처분장에 소요되는 비용은 크게 건설비, 운영비, 그리고 폐쇄비로 나누어지며, 이러한 비용은 기술적 인자와 비기술적 인자로 세분할 수 있다. 기술적인자는 건설 및 운영시 필요한 기술과 관련된 인자이며, 비기술적인자는 인문·사회적 비용을 포함한 기술적 인자를 제외한 인자를 의미한다.

2. 원가대상

일반적으로 제품원가의 총원가는 직접재료비, 직접노무비, 제조간접비로 구성되나, 처분원가는 크게 건설비, 운영비 그리고 폐쇄비로 구분할 수 있다. 건설비는 처분장을 시공하여 상업운전을 하는 시점까지 소요되는 모든 자본적 지출을 의미한다[2].

처분원가의 특성을 이해하기 위해, 제품원가 및 발전원가의 구성요소를 변동비와 고정비의 측면에서 비교하면 표 1과 같다.

Table 1. Cost object of the product, generation and disposal cost

	제품원가	발전원가	처분원가(지하시설)		
			건설비(투자비)	운영비	폐쇄비
변동비	직접재료비	연료비	굴착비, 장비비, 처분용기의 수송비용 등	벤토나이트, 뒷채움재 비용 등	구조물해체, 갱뒗채움재, 갱진입구 콘크리트 플러그 비용 등
고정비	직접노무비 제조간접비	자본회수비 운전유지비 법인세 제세/보험료	인건비 장비유지비 사고보험료 등		

처분장의 건설 및 운영기간에 모든 원가대상에 투입되는 현금흐름은 지하시험시설과 진입터널의 건설로 인하여 초기에 점진적으로 비용이 증가하여 건설 전반에 많은 비용이 발생하고 중반에는 처분터널과 처분공의 굴착과 환기비용 발생으로 비교적 많은 자본적 지출이 발생한다. 그러나 건설기간의 장기화로 인하여 현실적인 현금흐름과 추정된 현금흐름 사이에 차이가 있을 수 있다. 처분장 건설 및 운영유지비의 계산은 필요한 각 비용항목의 원가에 대하여, 비중이 높은 원가대상부터 세분하여 계산한다.

3. 원가대상의 기술적·비기술적 인자

3.1 기술적 인자

기술적 인자는 원가산정의 결과에 영향을 미친다. 따라서 인자의 중요성을 이해하고 인자의 변경이 어떻게 원가산정의 결과에 영향을 줄 수 있는가를 이해하는 것은 중요하다.

원가산정에서 기술적 인자는 모든 프로젝트에서 가장 중요한 주요인자, 어떤 프로젝트에 한해서 중요한 인자, 상대적으로 원가에 대하여 낮은 영향을 미치는 기타 인자로 구분할 수 있다. 표 2는 기술적 인자를 6개의 카테고리로 그룹화 시킨 것이다[3]. 처분장의 원가에 영향을 미치는 주요 기술적 요인은 총 원자력의 전력생산량과 같은 원자력프로그램, 처분장의 규모, 사용후핵연료 관리체제, 발생된 폐기물의 형태, 원가산정범위, 처분장에서 방벽시스템, 그리고 모암의 지질학적 특성 등이 있다. 그리고 처분전의 고준위폐기물의 냉각기간, 처분장의 운영기간, 감시와 회수를 위

한 요구사항, 필요한 경제기반, 처분용기 형태와 포장방법, 접수장의 설계, 처분장에서 온도 제한과 실링시스템의 설계 등이 총원가를 변경시킬 수 있는 유의한 인자이다.

Table 2. Technical factors

	모든 프로젝트에 중요한 주요인자	제한된 프로젝트에 중요한 인자	기타 인자
프로젝트 정의	- 원자력 프로그램 - 핵연료 관리전략 및 폐기물 - 비용추정 범위		
처분전략	- 방벽 시스템	- 냉각기간 - 운영기간 - Retrievability 및 감시	- Conditioning 시간
부지 서비스		- 경제기반	- 지상시설
포장시설		- 포장방법 - 용기형태 및 재료	- 시설설계 - 기술현황
접수시설		- 시설설계	
처분장	- 지질 - 처분장 규모	- 온도제한 - 실링 시스템	- 처분장 심도 - 처분장 설계 - 건설 및 운영 전략 - 기술현황 등

3.2 비기술적 인자

모든 국가에서 사용후핵연료 관리는 관리정책, 규제체제, 홍보와 관련된 많은 사회적 정치적인 인자에 의해 영향을 받는다. 많은 국가에서 처분장 인식에 관한 문제는 있으며 아직도 사용후핵연료 처분과 폐기물 재처리의 과정에 영향을 미치는 중요한 단일 인자임이 분명하다. 또한 사용후핵연료 관리는 모든 국가에서 기술적·경제적 문제 뿐만아니라 중요한 정치적 문제로 간주되어 정부와 다른 정치적 조직에 의해 취해지는 정책결정에 달려 있다. 이러한 의사결정은 홍보 및 다른 사회적 인자와 긴밀하게 관련되어 있다.

폐기물관리시스템에 영향을 미치는 많은 비기술적 인자는 원자력 폐기물 관리 정책, 일정(time schedule), 부지 선정 과정, 인허가 과정, 규제 요구사항, 안전보장조치(safeguards regime), 부지가격과 배상, 세금, 정치적 결정, 위험인자 등이 있다.

비기술적 인자의 많은 것들은 예측할 수 없으며 정상비용 산정에 적용하기가 어렵다. 그러므로 그러한 인자의 영향은 적절한 위험요인으로 조사되어 비용평가에 반영해야 한다.

4. 원가대상 비율분석

핀란드의 POSIVA는 원자력연구소와 공동연구하여 원자력연구소가 사례로 제시한 36,000톤의

사용후핵연료를 처분하는데 필요한 처분장 건설비를 계산하였다. 처분장의 총건설량은 3.3 백만 m³와 처분터널 길이는 105 Km로 계산되었다. 처분터널 건설기간 중에도 처분용기가 처분장내로 유입되어 처분이 진행되므로 방사선적 안전을 위하여 처분터널은 통제구역과 비통제구역으로 나누었다. 통제구역과 비통제구역의 마지막 건설단계에서 굴착량은 731,000 m³와 799,000 m³로 거의 같아지며, 총량은 1.53 백만 m³로 산정되었다[4].

총 처분원가는 투자비, 운영비, 폐쇄비로 산정하였으며, 투자비(Investment costs)는 건설비와 기계설비비(Equipment and system costs)를 포함하는 비용이다. 일반적인 처분원가의 산정절차를 도시하면 그림 1과 같다. 처분원가는 건설기간 및 운영기간이 다른 시설에 비해 비교적 장기간 지속되므로 화폐의 시간적 가치를 고려하여 적절한 할인율을 반영하는 것이 바람직하다.

처분장 지하시설의 건설비에서 가장 많은 비중을 차지하는 원가대상은 터널굴착과 처분공의 건설비로 나타났으며 기계설비 및 시스템비용에서 환기 및 난방시스템의 비용이 가장 많이 소요되고 차량에 투입되는 비용과 전력에 소요되는 비용이 다음으로 높은 비율을 차지하는 것으로 계산되었다. 그리고 처분장에 소요되는 많은 기계장비로 인하여 기타 장비에 의한 비용이 31%를 차지하였으며, 총원가와 투자비에 대한 원가대상 비율을 그래프로 나타내면 그림 2, 3, 4와 같다.

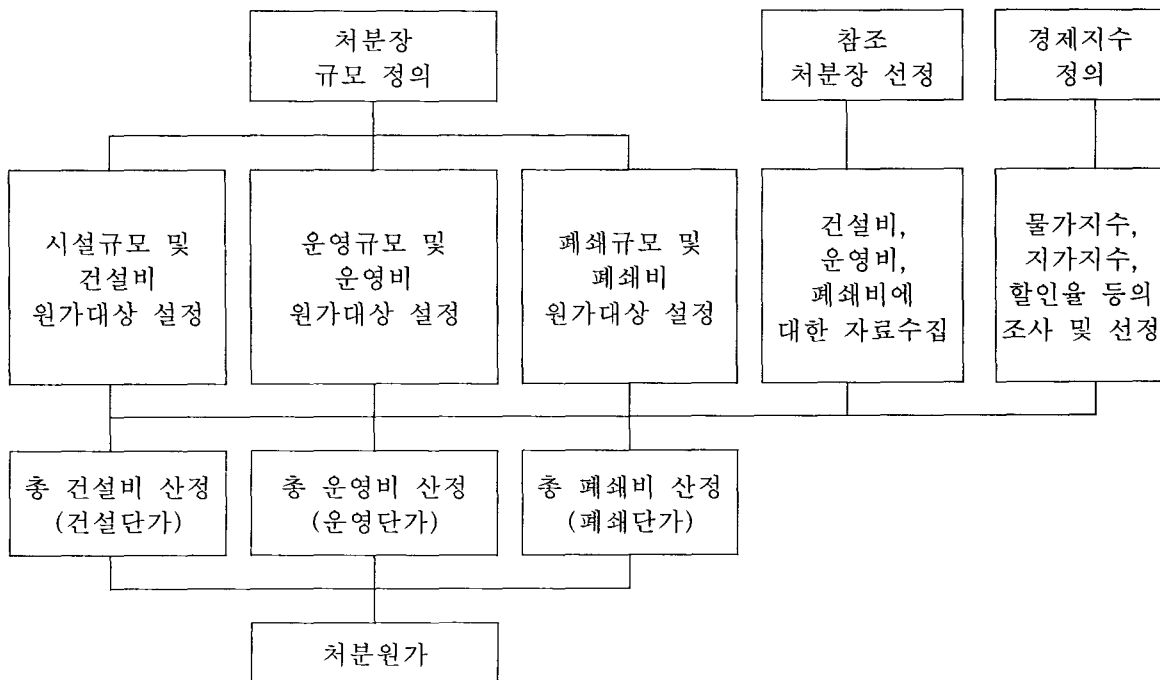


Fig. 1. Overview of the disposal cost estimation

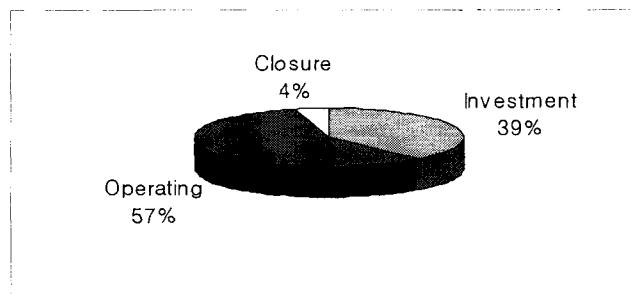


Fig. 2. Total cost object

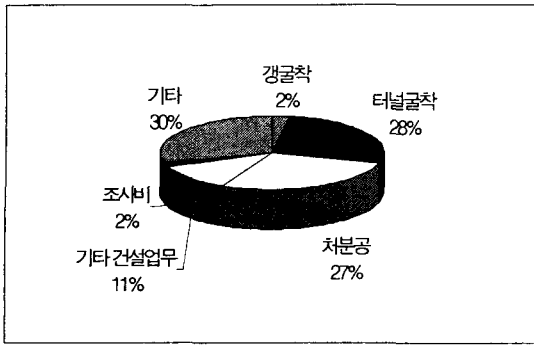


Fig. 3. Construction cost object

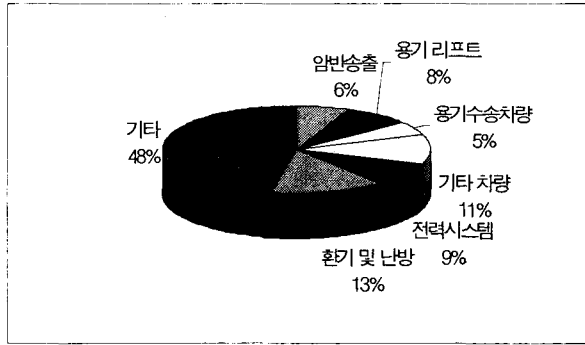


Fig. 4. Equipment cost object

운영비의 원가대상은 운영중에 발생하는 터널 뒷채움과 인건비로 발생하는 비용이 가장 많이 나타났으며 보험료는 5%로 산정되었다. 폐쇄비는 터널뒷채움 비용이 월등하게 높은 비중을 차지하였다. 또한 구조물해체비용이 비교적 많이 발생하였으며, 운영비와 폐쇄비에 대한 원가대상 비율을 그래프로 나타내면 그림 5, 6과 같다.

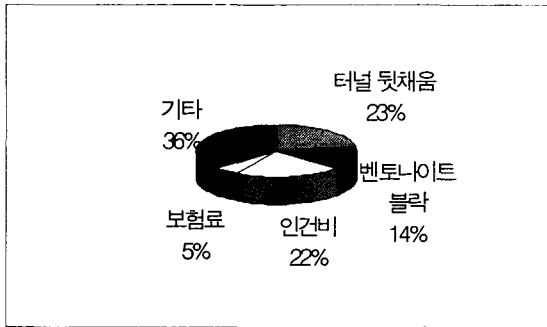


Fig. 5. Operating cost object

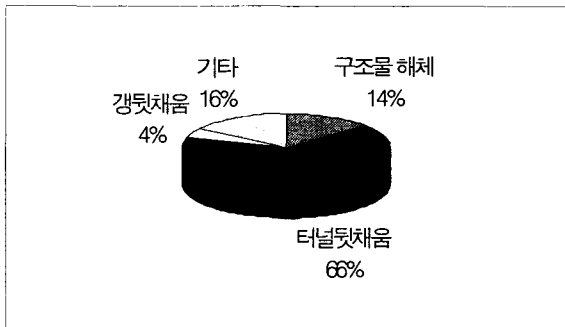


Fig. 6. Closure cost object

5. 결 론

일반적인 제품 원가대상은 직접재료비, 직접노무비, 그리고 제조간접비로 구성되는 반면에 처분 원가는 크게 건설비를 포함한 투자비, 운영비, 그리고 폐쇄비로 구성된다. 그리고 투자비는 건설비와 기계설비비가 세분되며, 운영비는 고정 운영비와 변동 운영비로 구분할 수 있다. 원가대상의 비율분석에 따르면, 총원가대상에서 운영비가 비중이 가장 높은 것으로 나타났으며, 운영비 원가대상에서는 터널 뒷채움과 인건비의 비율이 높은 것으로 계산되었다. 그리고 건설비의 원가대상에서는 터널굴착과 처분공의 원가비율이 유사한 것으로 나타났으며, 폐쇄비에서는 터널 뒷채움의 원가비율이 가장 높은 것으로 분석되었다.

사 사

본 연구는 원자력연구개발 중장기과제인 처분시스템개발의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Charles T. Horngren, George Foster, Srikant M. Datar, "Cost Accounting", 1994.
2. SKB, "Costs for management of the radioactive waste from nuclear power production", 1993.
3. NEA, "The cost of high-level waste disposal in geological repositories", 1993.
4. Tapani Kukkola, Timo Saanio, Jongwon Choi, Chul-Hyung Kang, "KAERI's spent fuel repository design evaluation and cost estimation", 2003.