

## A Framework of Decommissioning Cost Estimation for Nuclear Research Facilities

### 원자력연구시설 해체비용 산정 구조

**Kwan-Seong Jeong**, Dong-Gyu Lee, Kune-Woo Lee, Won-Zin Oh,  
Chong-Hun Jung and Jin-Ho Park

Korea Atomic Energy Research Institute, 150 DuckJin-Dong, Yuseong-Ku, Daejeon

[ksjeong1@kaeri.re.kr](mailto:ksjeong1@kaeri.re.kr)

정관성, 이동규, 이근우, 오원진, 정종현, 박진호  
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

(Received December 16, 2005 / Approved January 31, 2006)

#### Abstract

Decommissioning cost estimation is a very important technique in designing and planning of nuclear facilities' decommissioning. Decommissioning cost estimation should be made according to the phases of decommissioning activities and installed components of nuclear facilities.

In this paper, the basic framework necessary for decommissioning cost estimation is completed so that it could be used as a technique for decommissioning costs estimation by specifying cost items and group components and unit cost factors on which work time is calculated. Also, factors to be considered for decommissioning cost estimation of major activities and tasks are reviewed. Afterwards, these techniques will be utilized as a basic technology to establish methodology of decommissioning cost estimation and evaluation.

**Key words** : Decommissioning Cost Estimation, Cost Items, Unit Cost Factors

#### 요약

해체비용 산정은 원자력시설에 대한 해체 설계 및 계획 수립하는 데 중요한 기술이다. 해체비용 산정은 해체활동 단계와 해체시설의 구성요소에 맞게 해체작업을 분류하여 계산을 해야 한다.

본 논문에서는 원자력연구시설 해체비용 산정 기술로 이용하기 위하여 해체비용항목 및 그룹의 구성요소와 해체대상물에 대한 작업시간 계산의 기준이 되는 단위비용 인자 구성요소를 도

출함으로써 해체비용 산정에 필요한 기본 구조를 완성하였다. 또한 주요 해체활동 및 작업에 대한 비용 산정 시 구성요소에 대한 고려사항을 살펴보았다. 향후, 이러한 기법을 이용하여 원자력 연구시설에 대한 해체비용 산정 및 평가 방법론을 확립하는데 기본 기술로 활용할 예정이다.

**중심 단어** : 해체비용 산정, 비용 항목, 단위비용 인자

## I. 서론

원자력시설은 조건 및 시설에 따라 부지 특성이 다르고 원자력시설 운전정지 또는 다른 사유로 인한 운영을 종료한 후 해체 시 이에 따른 해체비용 산정 가정 등 기준이 다양하고 변화성이 많음에 따라, 해체 자료 및 비용 자료의 불확실성이 높은 게 현실이다. 따라서 원자력연구시설에 대한 해체비용을 산정하기 위해서는 해체 시설 대상물에 대한 구성요소와 해체 작업 활동에 대한 비용 항목을 바탕으로 산정을 해야 한다. 즉, 해체활동을 수행하기 위해 필요한 작업의 분류 및 소요 자원의 선정을 바탕으로 항목별 비용을 산정하고 최종 산출된 항목별 비용을 용도 및 목적에 맞게 재구성하여 전체 해체활동에 대하여 비용을 산출하는 것이다. 이와 같이 해체 비용을 산정하기 위해서는 해체 시설 대상물에 대한 비용항목을 어떻게 구성해야 하며 또한 비용에 영향을 미치는 단위비용인자가 무엇인지를 도출하여 해체비용 구조를 완성해야 비로소 보다 정확하고 신뢰성 있는 해체비용 산정이 가능하게 된다.

이 논문에서는 원자력연구시설의 해체비용 산정에 적용할 비용항목 및 그룹 구성과 해체작업 특징별 구성요소에 대한 고려 사항을 살펴보고자 한다.

## II. 원자력연구시설 해체비용 산정 구조

### 가. 해체비용 산정 절차

원자력연구시설에 대한 해체비용 계산 절차로는 먼저 해체 시설의 구성요소 및 오염정도를 파악하여 해체활동 단계 및 절차를 작성한다. 또한, 해체대상물의 단위작업에 대하여 소요되는 작업시간을 바탕으로 인건비를 계산하고, 이때 투입되는 장비 및 재

료에 대한 비용을 계산하여 전체를 합산하면 단위작업에 대한 비용이 계산되는 것으로 요약할 수 있다. 여기에서 가장 중요한 부분은 해체활동에 대한 비용을 산정하기 위해 해체비용 항목 및 단위비용인자를 구성하는 부분이다.

### 나. 해체비용 항목 분류 기준

원자력연구시설 해체 비용 산정에 사용되는 비용 항목을 분류하기 위해서는 해체 대상 시설의 계통 및 구조, 건축 도면, 배관 및 장치 표시, 시설 운전 자료 등 기초 자료에 대한 검토가 이루어져야 한다. 이것을 기초로 하여 해체시설의 대상물 및 구성요소에 대한 적용 기법을 바탕으로 해체작업을 계층구조로 구성하고 비용 항목별로 분류하고 그룹화를 해야 한다.

다양한 활동이 이루어지는 해체작업에서 비용을 산정하기 위해서는 비용 항목별로 상하부 계층구조를 이루게 하여 묶음이 가능하도록 해체작업내용을 나눈다. 해체 비용 항목에 대한 분류 방법은 동일한 의미를 바탕으로 설명 가능한 기초를 제공하는 단위비용인자(Unit Cost Factors) 방법을 선택하여 해체비용 항목에 대한 분류를 해야 한다.

단위 비용인자 방법은 많은 해체활동 항목에 대하여 활동 추정을 단순화하기 위해서 사용하는 방법이다. 특히, 단위비용 인자는 해체활동에 투입되는 인건비, 장비 및 재료에 대한 비용 요소가 누락되지 않는 기능을 제공한다.

### 다. 원자력연구시설 해체비용 항목 및 그룹

원자력연구시설을 해체하는 데 소요된 비용을 산정하기 위해서 해체 사전계획부터 최종 폐기물 처리까지의 모든 해체활동에 대한 비용 항목이 포함되어 산정될 수 있도록 총 6개 비용그룹(Cost Groups), 38

개 작업(Tasks), 46개 하위 작업(Subtasks), 그리고 투입자원(Resources)으로 구상되는 비용 항목 및 그룹 구조를 설정하였다.

설정된 원자력연구시설 해체비용 항목 그룹은 OECD/NEA 표준 해체비용 항목과 여러 가지 해체현드북을 참고로 하였고, 국내 연구로 2호기 해체 현장 자료를 바탕으로 원자력연구시설에 대한 조건 및 특성을 고려하였으며, 해체비용 산정 결과를 다른 나라의 시설과 상호 비교가 용이하도록 재구성하였다 [1][2]. 해체비용 항목 및 그룹은 Table 1과 같이 계층구조로 이루어진다.

- 그룹 1 - 해체 계획 및 프로젝트 관리 활동 : 해체 프로젝트를 수행하기 위한 준비활동 및 현장 지원과 관련된 활동
- 그룹 2 - 시설 운전중지 활동 : 시설의 운전 정지와 관련된 활동
- 그룹 3 - 해체 운영, 제염 및 제거 활동 : 물리적인 해체작업을 수행하기 위한 사전준비에서 시설 해체활동에 대한 활동
- 그룹 4 - 폐기물 처리 및 관리 활동 : 해체 시설 운전 중 폐기물 취급, 이송, 제염 및 처리와 관련된 활동
- 그룹 5 - 부지 복원 활동 : 토양 제염, 잔류방사능 측정 및 평가, 부지 조경에 대한 활동
- 그룹 6 - 기타 활동 : 해체 전체 기간 중 세금, 보험 등 기타 주변 비용

해체비용 항목 및 그룹 구조는 해당 시설에 대한 조건에 따라 변경되어 구성될 수 있다. 실제 해체 비용을 산정하기 위해서는 Figure 1과 같이 각 비용 그룹을 조건에 맞게 작업, 하위 작업, 그리고 투입자원으로 하부 계층구조로 세분화를 하여야 한다. 투입자원은 인력, 장비 및 재료로 구성된다. 각 비용 그룹은 투입자원의 구성요소의 특징에 따라 크게 일반 해체 비용 그룹과 물리적인 해체비용 그룹으로 나눌 수 있다.

일반 해체비용 그룹은 인허가 및 사전 준비와 같은 해체활동을 말하며, 이때의 투입자원에 대한 비용 구성은 인건비 및 재료비로 주로 구성이 된다. 여기에 해당되는 비용 그룹은 그룹 1과 그룹 6이다.

물리적인 해체비용 그룹에 대한 비용 산정은 보다 공학적이고 정확성을 높이고 작업시간을 지연시키는

요인을 보정해주는 작업난이도 인자를 적용하기 용이하도록 최하위 작업내용을 ‘일반작업’, ‘측정’, ‘제염’, ‘절단 및 제거’, ‘폐기물 취급’ 으로 구분한다. 여기에 해당되는 비용 그룹은 그룹 2, 그룹 3, 그룹 4, 그룹 5이다. 이렇게 구분한 이유는 일반적으로 해체비용은 인력투입으로 인한 부분이 가장 많이 발생하기 때문에 인건비 계산의 기본이 되는 단위인자인 작업시간을 보다 세밀하게 하기 산출을 해야 하기 때문이다.

#### 라. 해체대상물에 대한 단위 비용인자 구성 방법

해체비용 구조의 최하위로 구성되는 투입자원에 대한 해체비용 산정 결과는 크게 인건비, 장비 및 재료비, 그리고 기타비용으로 구분할 수가 있다. 여기서 인건비는 단위 작업 당 소요되는 작업시간을 바탕으로 계산한다. 단위 작업 당 소요되는 작업시간이란 해체 대상물에 일정한 치수 단위 당 소요되는 기본 작업시간에 일정 규모로 곱하여 최종 산출되는 작업시간을 말한다. 단위 작업 당 소요되는 작업시간은 Man-Hours를 기반으로 계산한다. 이 작업 시간은 해체비용 항목 및 그룹 구조의 하위 작업(Subtasks)의 투입자원(Resources)의 내용을 완성하게 된다.

해체 대상물의 작업시간 산출 방법은 아래 Table 2와 같이 해체 대상물의 제원과 특성에 따라 구분하고 형태별로 규격 및 치수로 분류된 단위인자를 사용한다. 산출된 작업시간에 인건비 단가를 곱하면 인건비가 계산이 된다.

#### 마. DATA SET 원리 적용

원자력연구시설의 해체 대상물에 대한 비용 산정 시 가장 큰 어려운 점은 해체 기법에 대한 자료를 적용하는 부분이다. 이러한 점을 해결하기 위하여 DATA SET 원리를 적용을 할 수 있도록 구성하였다.

DATA SET 이란 원자력연구시설에 대한 여러 가지 해체 대상물에 대하여 제염 및 해체 기법에 따른 소요작업 시간, 인력 구성, 장비 및 재료에 대한 해체활동 경험 자료를 축적할 수 있는 집합체를 말한다.

DATA SET 원리의 장점으로는 유사한 해체대상에 대하여 기존에 확보된 해체 기법 자료를 이용하여 비

Table 1. 원자력연구시설 해체비용 항목 및 그룹

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ “해체 계획 및 프로젝트 관리 활동” 비용 그룹             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 해체 사전 조치                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 해체 계획 및 설계</li> <li>▷ 인허가</li> <li>▷ 방사선학적 조사</li> </ul> </li> <li>□ 장비 및 재료 조달                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 계측 분석용 기기 및 재료</li> <li>▷ 해체용 기기 및 재료</li> <li>▷ 폐기물 관리용 기기 및 재료</li> <li>▷ 일반 공구 및 재료</li> </ul> </li> <li>□ 실험 및 임시 시설                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 설치 및 운영, 제거</li> </ul> </li> <li>□ 프로젝트 관리 및 지원</li> <li>□ 주계약자 선정</li> </ul> </li> <li>○ “시설 운전 중지 활동” 비용 그룹             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 시설 설비 정지 및 정밀 조사</li> <li>□ 시설 및 주변 환경 방사선학적 조사</li> <li>□ 운전 장비 격리 및 제거</li> <li>□ 오염 제거 및 처리</li> <li>□ 시설 구성요소 격리 및 제거</li> <li>□ 장비 및 재료 조달                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 계측 분석용 기기 및 재료</li> <li>▷ 해체용 기기 및 재료</li> <li>▷ 폐기물 관리용 기기 및 재료</li> <li>▷ 일반 공구 및 재료</li> </ul> </li> <li>□ 실험 및 임시 시설                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 설치 및 운영, 제거</li> </ul> </li> <li>□ 보건 및 안전</li> </ul> </li> <li>○ “해체 운영, 제염 및 제거 활동” 비용 그룹             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 장비 및 재료 조달                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 계측 분석용 기기 및 재료</li> <li>▷ 해체용 기기 및 재료</li> <li>▷ 폐기물 관리용 기기 및 재료</li> <li>▷ 일반 공구 및 재료</li> </ul> </li> <li>□ 부지 운영 지원 및 감시</li> <li>□ 주기적인 방사능 및 환경 조사</li> <li>□ 보건 및 안전</li> <li>□ 실험 및 임시 시설                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 설치 및 운영, 제거</li> </ul> </li> <li>□ 부속시설 제염 및 해체                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 공사 전 준비 작업</li> <li>▷ 제염 및 해체 작업</li> </ul> </li> <li>□ 주 시설 제염 및 해체                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 공사 전 준비 작업</li> <li>▷ 제염 및 해체 작업</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ “폐기물 처리 및 관리 활동” 비용 그룹             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 폐기물 처리 설계 및 계획 수립</li> <li>□ 실험 및 임시 시설                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 설치 및 운영, 제거</li> </ul> </li> <li>□ 장비 및 재료 조달                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 계측 분석용 기기 및 재료</li> <li>▷ 해체용 기기 및 재료</li> <li>▷ 폐기물 관리용 기기 및 재료</li> <li>▷ 일반 공구 및 재료</li> </ul> </li> <li>□ 보건 및 안전</li> <li>□ 시설 운전 중 발생한 폐기물 처리                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 사전 준비</li> <li>▷ 처리</li> <li>▷ 포장</li> <li>▷ 폐기물 저장 및 제염</li> <li>▷ 수송</li> </ul> </li> <li>□ 해체 폐기물 처리                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 해체 방사성 폐기물 처리</li> <li>▷ 해체 비방사성 폐기물 처리</li> </ul> </li> <li>□ 해체 폐기물 Packing                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 해체 방사성 폐기물 포장</li> <li>▷ 해체 비방사성 폐기물 포장</li> </ul> </li> <li>□ 해체 폐기물 이송                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 해체 방사성 폐기물 이송</li> <li>▷ 해체 비방사성 폐기물 이송</li> </ul> </li> <li>□ 해체 폐기물 저장                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 해체 폐기물 저장 시설 준비</li> <li>▷ 해체 방사성 폐기물 저장</li> <li>▷ 해체 비방사성 폐기물 저장</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ “부지 복원 활동” 비용 그룹             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 부지 최종 조사 및 재구성</li> <li>□ 최종 철거 및 복원</li> <li>□ 실험 및 임시 시설                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 설치 및 운영, 제거</li> </ul> </li> <li>□ 장비 및 재료 조달                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 계측 분석용 기기 및 재료</li> <li>▷ 해체용 기기 및 재료</li> <li>▷ 폐기물 관리용 기기 및 재료</li> <li>▷ 일반 공구 및 재료</li> </ul> </li> <li>□ 보건 및 안전</li> </ul> </li> <li>○ “기타 활동” 비용 그룹             <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 인력 부대 경비</li> <li>□ 일반관리비 및 간접비</li> <li>□ 세금 및 보험료</li> <li>□ 에너지 소비 및 예비비</li> </ul> </li> </ul>
---	---

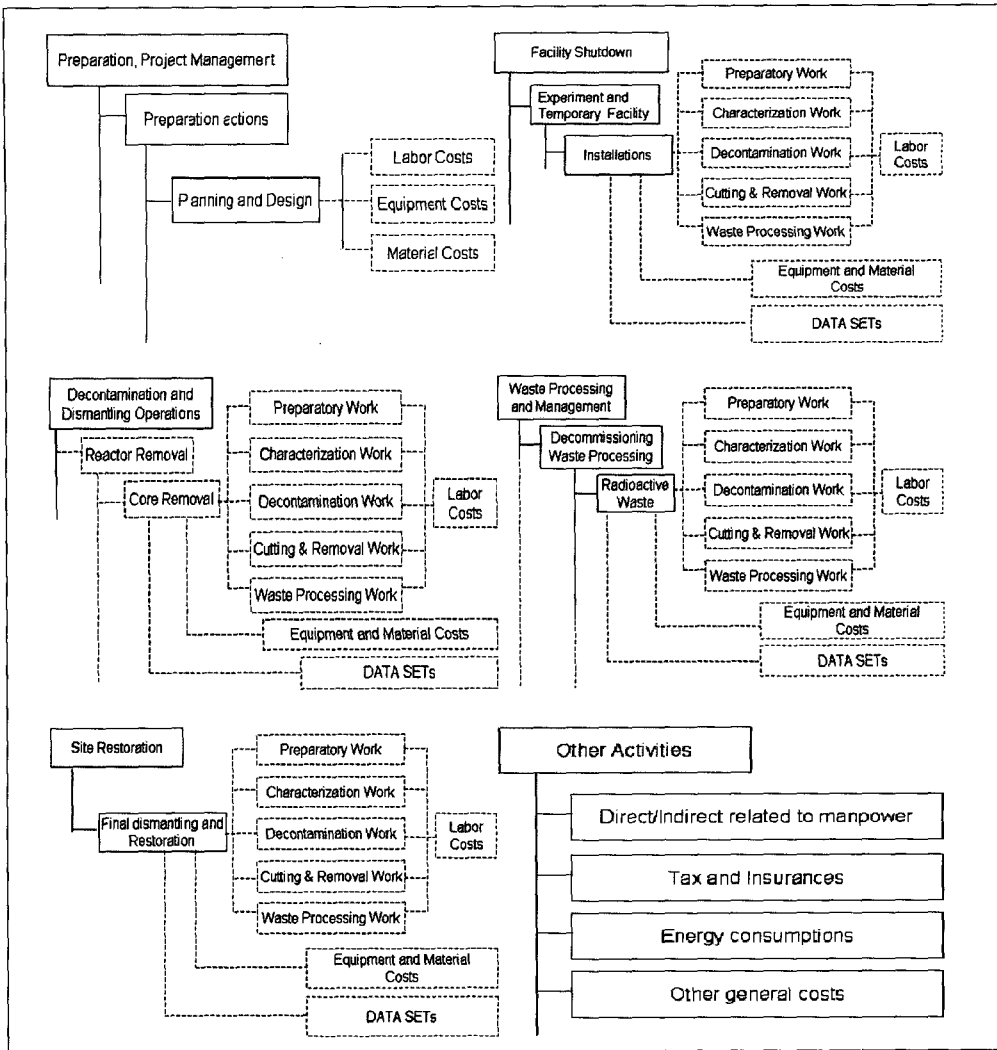


Figure 1. 원자력연구시설 해체비용 산정 구조

용을 산정함으로써, 비용 산정 시 여러 가지 적용에 따르는 번거로움을 줄여준다. 또한, 기존의 여러 가지 해체경험 자료에 대한 축적이 가능하게 됨으로써, 다양한 해체 기법에 대한 검토가 가능하다.

### III. 해체비용 산정 시 주요 해체활동 및 작업에 대한 고려 사항

가. 제염 및 해체 기법에 대한 비용 산정 방법  
해체 대상물에 대한 제염작업에 대해서는 두 가지 측면에서 고려를 해야 한다. 먼저, 피폭을 줄이고 오

염의 위험을 최소화함으로써 안전한 조건 상태에서 대상을 제거하기 위한 제염이 있고, 두 번째로, 허용 수준 정도까지의 해체 폐기물을 줄이기 위한 제염이 있다. 즉, 특정 제염 기법을 선택하는 경우 기법의 적

Table 2. 해체대상물 특성 및 형태별 분류 기준

대분류	세분류
재질	철재, 콘크리트, 목재, 기타
크기	길이(또는 직경), 부피(또는 무게)
모양 및 형태	선형, 구형, 실린더형, 직사각형
표면 형태	구조물, 바닥, 벽, 천장

용 측면과 안전, 효율성, 비용효과, 그리고 폐기물 최소화 측면을 고려해야 한다. 제염 기법에 대한 비용 산정 단위는 해체 대상에 대한 표면단위 및 부피 단위로 산정을 한다.

해체 철거작업 및 기법에 대한 선택의 경우 기계적, 열적, 화학적 과정에 따라 안전성, 효율성, 비용효과, 그리고 폐기물 최소화 측면을 고려해야 한다. 철거 기법에 대한 단위비용은 절단 표면 단위로 표현한다. 각 철거 기법에 대하여 소요된 작업시간, 인력 구성, 장비 및 재료에 대한 비용으로 구성이 된다.

### 나. 해체 폐기물 처리 비용 구성요소

해체 폐기물은 해체활동 중에서 제염 및 해체 작업 중에 발생을 하는데, 주로 금속, 콘크리트, 플라스틱, 목재류로 분류 및 구성이 된다. 해체 폐기물 처리에 대한 작업은 각 해체폐기물의 복합적 구성요소, 방사선 준위, 폐기물 종류, 그리고 부피 줄임, 처리 및 안정화 작업 등으로 정의를 할 수가 있는데, 폐기물 처리 작업에 대한 비용 산정 방법으로는 폐기물 형태의 처리 과정에 따라 저장 용기가 결정되면 생산된 용기에 대한 용기 단가, 용기 관리, 방사선학적 특성화 비용, 용기에 대한 제염 비용, 그리고 이송 및 저장 비용으로 구성된다[3]. 해체폐기물 처리에 대한 비용 산정은 해체대상물인 시설에 대한 방사선학적 측정 자료와 연계되어 먼저 일반폐기물과 방사성폐기물로 구분이 되며, 일반폐기물에 대한 비용 산정은 원자력연구소 해체비용 항목 및 그룹 구조에서 각 비용그룹의 최하위 단위인 투입자원(Resources)의 작업특징중의 하나인 '폐기물 취급' 부분에서 계산이 되고, 반면에 방사성폐기물에 대한 비용 산정은 "비용그룹 4. 폐기물 처리 및 관리 활동"에서 처리/포장/이송/저장에 대한 폐기물 처리 과정 및 작업 특징별로 계산이 된다.

### 다. 해체 일정에 대한 고려

해체비용을 산정하는 또 하나의 이유는 해체활동 및 작업 요소에 대한 일정을 관리하기 위한 것이다. 해체활동에 대한 일정은 논리적인 절차에 의해서 상하위의 작업수준으로 나누어 해체작업 시작 일을 기

점으로 하여 전체 작업소요시간을 산출하여 일정을 관리 한다.

해체 시나리오에 대한 일정은 비용 그룹(Cost Groups)의 작업(Tasks) 수준에서 제염 및 해체 기법의 여러 가지 시나리오에 대한 기법, 소요장비, 소요 시간에 따라 결정이 된다.

해체 대안 및 조건에 따라 계산된 비용결과를 적용 시점 및 기간을 추가적으로 부여하여 최종적으로 특정 시점으로 등가화 처리를 할 수 있도록 설정하였다.

### 라. 해체비용 영향인자 고려 방안

작업자가 해체작업을 수행 시 해체대상물에 따라 작업 조건이 어렵거나 위험한 환경에서의 작업으로 인하여 해체 작업시간을 지연시키는 요인이 발생한다. 이렇게 해체대상물에 대한 작업 조건이 어려움으로 인하여 추가 작업시간을 유발시켜 궁극적으로 비용을 증가시키는 요인을 비용 영향 인자 또는 작업난이도 인자라고 말한다.

연구용 원자로 2호기의 해체 현장자료와 해외 해체 비용자료를 이용하여 다음과 같이 작업시간에 영향을 주는 작업난이도 인자를 도출하였다[4].

- Height/Accessibility : 해체 대상물이 높은 위치 및 제한된 공간 그리고 지하 및 수중에 있는 경우의 해체 작업
- Personal Protection : 작업자 보호 장비 착용 유무로 인한 해체 작업
- Structure : 독립된 부품(배관 등)과는 달리 구조물(콘크리트 벽 등)에 대한 해체 작업
- Complexity : 여러 개의 구성요소로 조합된 계통 및 기기에 대한 해체 작업
- Utilities : 대상물에 대하여 부가적인 시설을 설치해야 하는 해체 작업
- Radiation/ALARA : 해체 대상물의 방사선학적 오염도에 따른 해체 작업

작업난이도 인자의 적용 방법은 해체대상물에 대한 작업 시 소요되는 작업시간에 가중치를 %단위로 직접 곱하여 추가 작업시간을 산출하여 인건비를 계산하는데 사용한다. 도출된 작업난이도 인자는 해체 대상물 및 작업 조건에 따라 일부 적용 또는 동시 전

부 적용을 한다.

해체 비용 산정에 추가로 고려해야 되는 부분은 정해진 해체활동 범위 내에서 예측하지 못한 해체 작업의 발생으로 인하여 비용이 발생할 가능성이 있다는 점이다. 즉, 해체비용 산정의 임시비에 대한 적용 측면이다. 해체비용 산정은 해체활동에 대한 정확한 평가 및 검증이 아니라 정확한 산정을 목적으로 한다. 해체비용 산정을 구성하는 비용 요소는 일반적으로 이상적인 조건을 바탕으로 하고 있다. 하지만, 실제 해체현장에서는 이와는 다르게 나타난다. 초기에는 해체비용 산정을 함에 있어서 임시비의 비율을 총 해체 프로젝트 비용에 대한 25%를 적용하였다. 최근에는 보다 정확한 비용 산정을 하기 위하여 각 해체 작업 단위로 임시비를 적용하고 있다[4]. 아래 Table 5는 소규모 원자력 연구시설에서부터 대규모 원자력 시설 까지 다양한 원자력시설에 대한 해체경험 자료를 바탕으로 원자력선진국에서 해체비용 산정 시 사용하고 있는 임시비와 미국 해체 전문 회사인 TLG사의 실제 해체 경험을 바탕으로 도출된 임시비에 대한 자료를 정리한 것이다[5][6]. Table 5의 해체임시비의 활동 범주 및 수치는 작업난이도 인자와 같이 작업시간 산출에 적용하여 인건비를 계산하는 것이 아니고 계산된 해체비용 결과 값에 %단위로 곱해서 추가 비용을 계산 및 합산하여 최종 비용을 산정하는 것이다. 하지만, 임시비를 적용하여 비용 산정 시 최종 계산된 비용 산정 결과 자료에 대한 불확실성 분석 및 민감도 분석 등 신뢰도에 대한 평가 측면을 추가적으로 더 고려를 해야 한다[7].

Table 3. 금속류 해체대상물 작업난이도

인자 종류	모양 (단위 : %/m)			
	선형	구형	실린더형	직사각형
복잡도	5.5	5.0	4.0	4.0
방사선/능	2.0			

Table 4. 콘크리트류 해체대상물 작업난이도

인자 종류	수치 (단위 : %/m <sup>3</sup> )
방사선/능	2.0

#### IV. 결론

본 논문에서는 원자력연구시설 해체비용 산정에 적용하기 위하여 해체비용 항목 및 그룹의 구성요소를 상세히 파악하고 해체대상물에 대한 작업시간 계산의 기준이 되는 단위비용 인자 구성요소를 도출함으로써 해체비용 산정에 필요한 기본 구조를 완성하였다. 또한, 주요 해체활동 및 작업에 대한 비용 산정 시 고려사항에 대해서 살펴보았다. 하지만, 여러 문헌에 비추어볼 때 해체비용에 가장 많은 영향을 미치는 방사선학적 요인과 작업난이도에 대한 가중치 등 비용 산정 과정의 불확실성 부분에 대한 충분하게 고려를 하지 못한 점이 아쉬운 점이다[8]. 앞으로, 이 부분에 대해서는 지속적인 자료 확보 및 연구를 통하여 추가적으로 보완할 예정이다. 또한, 해체비용 산정 결과에 대한 결정론적 및 확률론적 평가 방법을 설정하여 원자력연구시설에 적합한 해체비용 산정 및 평가 방법론을 확립할 예정이다.

Table 5. Decommissioning Cost Contingency Values of Nuclear Facilities

Decommissioning Activity Category	Contingency (Unit:%)
• Decontamination	50
• Contaminated Component Removal	25
• Contaminated Component Packaging	10
• Contaminated Component Transport	15
• Low-Level Radioactive Waste Disposal	25
• Reactor Segmentation	75
• Reactor Waste Packaging	25
• Reactor Waste Transport	25
• Reactor Vessel Component Disposal	50
• GTCC Disposal	15
• Non-radioactive Component Disposal	15
• Heavy Equipment and Tooling	15
• Supplies	25
• Engineering	15
• Energy	15
• Characterization and Termination Surveys	30
• Construction	15
• Taxes and Fees	10
• Insurance	10
• Staffing	15

## 감사의 글

본 논문은 과학기술부에서 주관하는 원자력 중·장기 연구개발사업의 일환으로 수행하였습니다.

## 참고문헌

- [1] "A Propose Standardized List of Items for Costing Purposes", OECD/NEA, 1999
- [2] "Cost Estimator's Reference Manual", A Wiley-Interscience Publication, 1995
- [3] "Development of methodology for cost calculations of decommissioning operations", EDF/FRAMATOME, Task 1, 2000
- [4] "Decommissioning Handbook", ANL, 2002
- [5] "Guidelines for Producing Commercial Nuclear Power Plant Decommissioning Estimates", AIF/NESP-036, Vol.1 and 2, 1986
- [6] "Study of Construction Technologies and Schedules, O&M Staffing and Cost, Decommissioning Costs and Funding Requirements", TLG, Inc., Vol 1, 2004
- [7] "Probability Methods for Cost Uncertainty Analysis", Marcel Dekker, 2000
- [8] "An Engineering Evaluation of Nuclear Power Reactor Decommissioning Alternatives", AIF/NESP-009, 1976