

방사선학적 특성과 면적에 기반한 해체 비용 평가 방법론

진형곤, 홍운정*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*hong814@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력안전법 개정(제30조의2항, 제35조의 3항 및 부칙 제2조, 2015.1.21.)에 따라 이법 시행당시 종전의 규정에 따른 연구용 원자로 및 관계시설, 핵연료주기시설을 건설 또는 운영 중에 있는 자는 이 법 시행일로부터 3년 이내에 해당시설의 해체 계획서를 원자력안전위원회에 제출하여 승인을 받아야 한다. 이에 따라 한국원자력 연구원에서는 건설예정인 기장 연구용 원자로와 운영중인 하나로 연구용 원자로 및 관계시설, 핵연료주기시설(조사재시험시설, 조사후연료시험시설, 방사성폐기물처리시설, 고화폐기물시험시설)이 해당 법의 적용 대상이며 2018년 7월 20일까지 해체 계획서 제출과 인허가 승인 절차까지 모두 끝나야 한다. 이 해체계획서에는 원자력 안전 위원회가 제시한 작성지침에 의거하여 해당 시설에 대한 해체 비용을 평가하기를 요청 받고 있는데, 운영중인 시설에 대한 해체 당시의 상세한 방사화 정보와 오염 상태를 예측하는 것은 현실적으로 많은 어려움이 있음에도 불구하고 기존의 비용 평가 방법을 이용하기 위해서는 시설에 대한 상당히 자세한 정보가 필요하다. 이번 연구에서는 제한된 정보만을 가지고 예비 해체 비용을 평가를 해야 하는 상황에서 사용 할 수 있는 방사선학적 특성과 면적에 기반한 해체 비용 평가 방법론을 제안한다.

2. 본론

2.1 목적

상용 원자력 발전시설과 같이 재원이 풍부한 시설 운영자인 경우와는 다르게 부족한 재원으로 해체 계획을 수립해야 하는 시설의 경우, 비용 평가 계산의 근거 자료가 되는 방사선학적 특성과 오염도 측정의 정밀도가 떨어질 수밖에 없다. 이 경우 가장 처음 할 수 있는 접근 방법은 연구용 원자로의 경우 출력 대비 해체 비용에 대한 연구 결과[1]를 참고하거나 건설 비용을 근거로해서 대략적인 추정을 할 수 있다.

하지만 이 방법은 비록 출력, 건설비와 해체 비용 사이에 일정 상관관계를 찾을 수 있지만 불확실성이 너무 높다. 해체 작업이 가지는 고유한 불확실성[2,3]을 감안하더라도 50% 이상의 넓은 오차 범위를 가진다. 그래서 해체 경험을 기반으로 이 보다는 좀 더 정확한 예측을 원할 경우에 사용 할 수 있는 방법을 생각하게 되었고, Table 1에 해당하는 경우에 사용하는 것이 목적이다.

Table 1. Applicable Users

No	Target User
1	users who want order of magnitude cost estimation
2	users who have limited site information
3	beginner for cost estimation

2.2 가정 및 방법론

해체 작업의 특성을 방사선학적 특성과 오염도에 따라 달라지며, 일반적으로 오염도나 선량이 같은 구역이면 해체 비용이 비슷하게 들 것이라는 가정한다. 따라서 그 시설에 대한 상세한 시설 특성을 입력하는 것은 상당한 기간, 노력, 자금이 소요되므로 가급적 시설이 대신 방사선학적인 특성과 예상 오염 정도에 따라 시설의 구역별로 나눈다. 그리고 운영 정지후 해체를 시작 할 때에는 사용후 연료등 고준위 폐기물들은 모두 이송 처리 된 것을 가정하기 때문에 특히 연구로와 같은 시설에서는 대부분이 중준위 이하의 구역에 해당 할 것이기 때문에 특별한 고위험의 특수한 해체 기술이 필요한 부분은 없다고 가정한다. 그렇게 되면 전체 해체 비용은 다음과 같이 간단한 식을 통해서 구할 수 있다.

$$Total\ cost = \sum (Area\ of\ each\ zone \times unit\ cost(\$ / m^2)) \quad (1)$$

다음절에서 이 계산에 인자를 넣기 위한 최소한의 요구조건을 설명한다.

2.3 최소 요구조건

이와 같은 방사선학적 특성과 면적을 기반으로 한 방법을 적용하기 위해서 다음에 열거하는 정보는 최소한으로 확보 가능해야 한다.

Table 2. Requirements for the costing method

No	Requirements
1	GA(General Arrangement) drawings or CAD data including geometry data (length, size, volume ...)
2	Radiological zoning (based on radiological inventory calculation or PrSR (Preliminary Safety Report) estimation)
3	BOM (Bills Of Material) includes mass of components and structures (optional)
4	Unit cost for each zoning (based on real data or estimation)

정보 (1~3)은 내용의 상세함의 정도차이는 있겠지만 원자력 관련시설이라면 모두 가지고 있어야 하는 자료로, 2번의 경우 최종 안정성 분석 보고서나 방사선 환경 영향 평가서에서 최종 단계가 아니더라도 운영중 예상 가능한 방사선학적 특성을 임의로 나눌 수 있고 Table 3의 방사선관리구역 분류 기준에 따라 적절히 나눌 수 있을 것이다. 가장 중요한 요소가 4번 구역에 따른 unit cost인데 이 방법론의 향후 연구 주제가 된다. 다행히 한국 원자력 연구원은 연구로 1,2호기 해체를 통한 방대한 경험 데이터를 가지고 있기 때문에 이를 이용해 특정 구역 (예, 핫셀, 연구로 홀 등)에 대한 단위 해체 비용을 산정해 볼 수 있다.(처분 비용은 제외)

Table 3. Classification of Radiation Area

오염도에 따른 분류기준		방사선량률에 따른 분류기준	
>0.4 Bq/cm ² (α) >4.0 Bq/cm ² (β)	C1	>2.5 μSv/hr	R1
>4.0 Bq/cm ² (α) >40 Bq/cm ² (β)	C2	>7.5 μSv/hr	R2
>40 Bq/cm ² (α) >400 Bq/cm ² (β)	C3	>100 μSv/hr	R3

2.4 적용 계획

이러한 방법론을 이용해 현재 작성중에 있는 하나와 핵주기 시설에 대한 예비 해체 계획서의 비용 평가에 적용할 예정이고 향후 동남아 각지에 있는 TRIGA Mark 형태의 연구로의 해체 비용 평가에도 이용 할 계획이다.

2.5 추가 연구

기존 경험 데이터에 대한 1차적인 정리 작업을 통해서 단위 면적당 방사선학적 특성에 따른 해체 비용 값을 도출해야 하고, 이를 다른 시설에 적용하는 과정에서 연구로 1,2기 데이터를 이용해 검증 작업을 수행해야 한다.

3. 결론

해체 비용을 평가하기 위한 노력은 여러 가지로 시도 되고 있지만, 아주 단순한 방법 아니면 너무나 복잡해서 처음 해체 예산을 산정하려는 사업자로서는 시도하기 힘들 정도의 복잡성을 가진 방법으로 극단적인 양상이다. 이에 본격적인 해체 작업이 되기전에 예비 해체 계획 단계에서 보다 현실적인 비용 산정을 위해 방사선학적 특성과 면적에 기반한 해체 비용 평가라는 방법론을 제안하였고, 향후 연구를 통해서 검증 및 적용 할 예정이다.

4. 참고문헌

- [1] Data Analysis and Collection for Costing of Research Reactor Decommissioning, Version.28, 14-17 (2014).
- [2] "Cost Estimation for Research Reactor Decommissioning", IAEA Nuclear Energy Series, No. NW-T-2.4, IAEA, Vienna, 6 (2005).
- [3] "Cost Estimates for Decommissioning Nuclear Reactors - Why Do They Differ So Much?", UNIPED, (1998).