

연구로 1,2호기 해체사업 평가

박승국, 지연희, 정운수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150-1

skpark2@kaeri.re.kr

1. 서론

서울 공릉동에 위치하고 있는 연구로 1,2호기의 해체사업이 종료되었다. 이는 국내에서는 최초로 수행된 원자력시설의 제염, 해체활동이며 이사업은 한국원자력연구원에 의해 직영형태로 수행되었다. 1998년부터 해체설계, 해체계획서 작성, 인허가 취득을 통해 2001년 6월부터 본격적인 해체활동이 시작되어 2008년 말까지 총 90개월 동안 총 377,369 man-hours의 인력이 투입되었다. 해체 활동의 평가에는 해체사업관리 시스템(DECOMMIS, Decommissioning Information System)이 활용되었다. 또한 발생한 해체 폐기물 관리와 작업자의 피폭에 대한 평가도 수행되었다. 총사업비는 25.2억원이 소요된 것으로 나타났다. 이러한 평가 자료들은 추후 원자력시설의 해체설계에 반영될 것이며 이를 위한 해체 활동경험 정보 평가시스템의 개발이 현재 진행 중에 있다. 이 개발된 시스템을 통해 도출된 평가 자료들은 추후 원자력시설의 해체 설계 및 계획에 기초자료로 활용될 것이다.

2. 본론

연구로 1,2호기는 각각 1962년, 1972년에 건설되어 운영되었고, 1995년에 1,2호기 모두 폐로 되었다. 1997년부터 시작된 해체사업의 해체 대상 시설은 2기의 원자로 및 원자로실과 2개소의 동위원소생산시설, 그리고 폐기물 처리시설 등 주변의 보조시설들이다. 해체 목표는 이들 시설 및 장비로부터 모든 방사성물질을 제거하고 건물 및 부지를 한국전력주식회사에 무제한적인 사용의 목적에 맞도록 반납하는 것이다. 또한 해체사업 수행 중 방사선 작업 종사자들의 피폭 최소화도 사업 목표의 일환으로 수행되었다. 해체 중 발생한 방사성폐기물은 연구처분장으로 이송되기 전까지 연구로 2호기 원자로실에 임시 보관하고 있다. 해체활동은 연구원에서 직접 계획을 수립하고, 해체 일정을 관리하며 기술 및 장비와 이에 소요되는 재료의 공급을 직접 수행하였다. 작업 인력의 수급에 대한 계약은 두산중공업과 하였다. 두산중공업을 주계약자로 하고 제염, 해체작업자, 방사선 안전 관리자 및 폐기물관리, 품질관리자는 전문 하도급회사로부터 공급받는 것으로 계약되었다. 연구로 1호기는 당초 계획과는 달리 학계의 원로들의 주장 및 이에 대한 국민적 공감을 수용하여 기념관화하기로 하였다.

전체적인 사업의 수행결과에 대한 평가에는 제염해체기술개발부에서 직접 개발한 해체사업관리 시스템인 DECOMMIS를 이용하여 수행하였다. 이 시스템을 이용하여 제염, 해체 작업 종류별 활동 평가와 인력투입 평가, 해체작업 목표 및 시설별 활동 평가, 세부작업 분류별(WBS) 활동과 작업자 및 사업 참여자들에 대한 피폭평가를 수행하였다. 해체활동에서 발생한 각종 폐기물의 처리 및 관리에 대한 평가 그리고 주변 및 작업장 환경감시 활동 결과에 대한 평가를 수행하였으며 전체 사업에 투입된 비용에 대한 평가도 수행하였다.

3. 결론

해체 설계, 해체 계획서 작성 및 정부의 인허가 신청/승인 후 2001년 6월부터 2008년 12월까지의 제염, 해체 활동기간 중에 총 377,369 man-hours의 인력이 투입되었다. 아래 그림에서 보는바와 같이 연구원 인력 투입이 173,564 man-hours로 전체의 46 %로 가장 높게 나타났다. 전체의 54 %인 203,805 man-hours가 해체 현장에 직접 투입되어 제염, 해체작업 활동에 참여하였고, 20 %가 해체 작업 활동에, 해체 폐기물 관리에 13 %, 방사선안전관리에 11% , 나머지 품질관리 및 전문가 활동에 10 % 순으로 투입된 것으로 나타났다. 이를 다시 221개의 세부작업(Work Breakdown System)별로 평가한 결과 아래의 그림과 같이 나타났으며 이중 연구로 2호기 원자로의 생물학적 차폐체인 콘크리트 구조물의 해체와 해체 발생폐기물의 선별 및 저장, 관리에 많은 인력이 투입된 것을 알 수 있었다. 이들 중 연구로 1호기의 기념관화 결정으로 인해, 당초 해체 활동 계획에 포함되었던 연구로 1호기 원자로 및 원자로실의 해체 활동에 대한 인력투입 평가는 제외되었다.

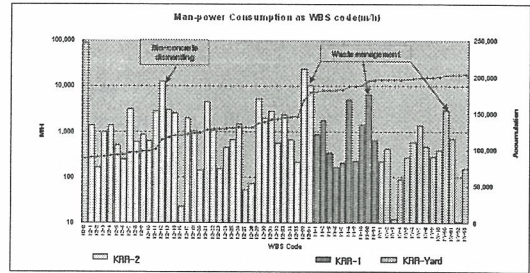
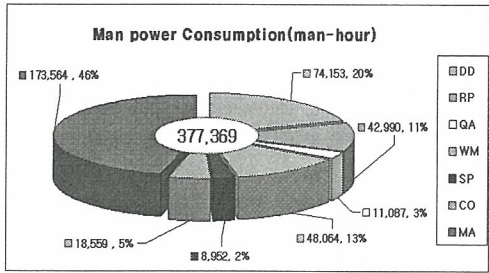


그림 1. 작업종류별 및 세부해체활동 별 인력투입 평가

90개월의 해체활동 기간 중 발생한 해체폐기물은 총 2,484 톤이다. 이중 방사성폐기물(0.4 Bq/g 이상)은 365.5 톤이며, 비방사성 폐기물을 포함한 자체처분 대상 폐기물이 2,118.5 톤 발생되었다. 이중 콘크리트 폐기물 1,734.5톤은 규제기관의 승인을 받아 도로포장의 다짐재료 및 되메우기 재료로 재활용되는 것으로 자체 처분되었고 현재 384톤의 폐기물만 남아있다. 발생 폐기물의 총 방사능량은 728,763.96 MBq로 평가 되었다. 해체 사업에 소요된 총 비용의 평가 결과, 총 25.2억원이 소요되었으며 이중 간접비를 포함한 연구원의 사업 참여자 인건비의 비중이 제일 높았으며, 그다음이 해체활동에 직접 참여한 작업종사자들의 인건비 순으로 평가되었다.

표 1. 해체 폐기물 발생 현황

구분	해체폐기물 (ton)	
	방사성폐기물	자체처분대상
금속류1	32.6	201.8
콘크리트	267.3	1,832.4
가연성	9.5	31
비가연/기타	56.1	53.3
계	365.5	2,118.5

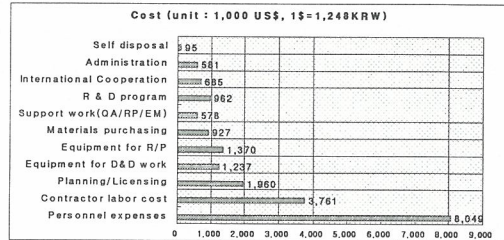
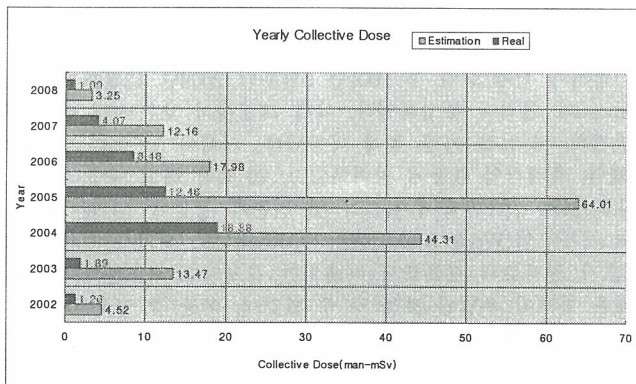


그림 2. 해체사업비용 평가

실제적인 방사선 관리구역의 해체활동을 시작한 2002년부터 작업자 및 사업 참여자들에 대한 예상피폭선량 대비 실제 피폭량을 평가한 결과 다음과 같이 나타났다. 이 중 2005년도에 실시한 연구로2호기 원자로의 해체활동 중 Beam port의 해체와 원자로 콘크리트 중 방사화 부분의 해체 활동에서 집단피폭선량이 제일 높은 것으로 나타났다. 사업 종료 후 전체적인 피폭선량의 평가에서는 예상 피폭 선량치 159.7 man-mSv 보다 적은 48.13 man-mSv (30.1 %)로 나타났다. 아래 그림에 연도별 주요 해체 공정에 따른 예상피폭선량 대비 실 피폭 선량 값을 표시하였다.



Main work Items
<ul style="list-style-type: none"> KRR-1 Decontamination KRR-2 Concrete Hot cell decontamination
<ul style="list-style-type: none"> Waste Management Concrete Hot cell Dismantling
<ul style="list-style-type: none"> RSR (Rotary Specimen Rack) cutting Graphite waste Management
<ul style="list-style-type: none"> Activated Concrete Dismantling Beam Port Liner Cutting
<ul style="list-style-type: none"> Thermal Column Graphite Bricks Removal Thermal Column & Pool Liner Cutting
<ul style="list-style-type: none"> RSR Separation from The Core Reactor Core Cutting Under The Water
<ul style="list-style-type: none"> Lead Hot Cell dismantling RI Production Lab. Decommissioning

그림 3. 해체활동에 따른 집단선량 평가