

원전 해체 폐기물 재활용 시나리오 설정에 대한 연구

이제민, 이수홍, 전종선, 양희창, 한병섭, 최경우*

(주)에네시스, 대전광역시 유성구 구암동 328번지

*한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 과학로 34

jmlee@enesys.co.kr

1. 서론

원자력 선형 국가의 경우 원전 같은 대형 원자력 시설의 해체를 수행한 경험이 있고 이를 통하여 대형 원자력시설의 해체 기술뿐만 아니라 재이용 및 관련 검증 기술 등의 다양한 기술을 확보하고 있다. 이러한 기술들은 단순한 해체를 위한 축적 기술이기 이전에 효율적인 자원 및 부지의 관리를 위한 개발 기술이기도 하다. 이에 국내에서도 원전 해체 문제가 대두되는 시점에서 해체 기술의 개발뿐만 아니라 해체 후 폐기물의 재이용 방안과 부지의 재활용 방안 등에 대해 관련 규정을 설립하고 이를 인증할 수 있는 체계를 구축할 필요가 있다. 원자력발전소와 같은 대형 원자력시설의 해체시 대량의 금속 폐기물, 콘크리트 폐기물 및 잔여 기기 등이 폐기물로 발생한다. 본 연구에서는 금속 폐기물 중 철에 대한 재활용과 콘크리트 폐기물의 재활용에 대해 기본적인 시나리오를 설정하였다.

2. 본론

원전 해체시 발생한 폐기물 처리에 대해 국외에서는 다양한 방법을 적용하고 있다. 벨기에의 경우 Eurochemic reprocessing 시설을 해체 후 17개월의 작업을 거쳐 2002년 12월 1500t의 콘크리트를 비제한적으로 방출 및 분석 후 부지 외로 이송하였으며 콘크리트는 기존 도로 포장에 사용되었다. 또한 금속 연마 제염을 통하여 602t의 오염 금속으로부터 30%에 해당하는 182t의 금속을 비제한적 방출을 수행하였다. 형상에 의한 제약으로 표면오염 검사를 수행할 수 없는 나머지 420t의 금속은 제한된 제철 시설에서 비제한적 방출을 위해 용융처리 되었다. 또한 상기한 1500t의 콘크리트 이외에도 연마 제염을 통하여 237t의 방사성 표면오염 콘크리트의 88%에 해당하는 209t의 콘크리트를 비제한적으로 방출하였다.

프랑스의 경우 해체 폐기물을 처분하기 위한 Aube VLLW 처분시설을 운영중이다. 이 시설은 1백만 m³의 폐기물을 처분할 수 있으며 연간 설계 반입량은 30,000m³이다. 스페인의 Vandellos-1 원전의 경우 해체 계획을 수립하면서 해체 물질 재활용 방안을 제시하였다. 상당량의 물질이 해체 과정에서 발생하지만 방사성폐기물로 처리되는 양은 일부에 지나지 않았다.

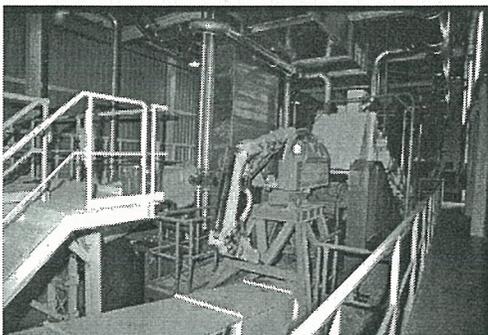


그림 1. Eurochemic reprocessing 시설의 콘크리트 파쇄 및 시료채취 설비

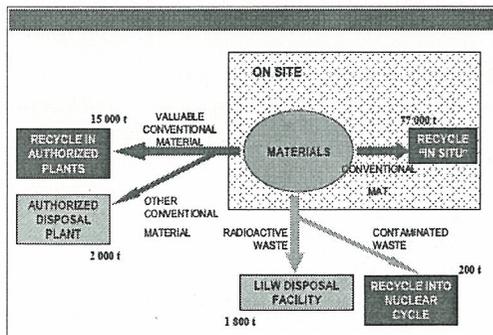


그림 2. 스페인 Vandellos-1 원전 해체 물질 관리

현재 위험도 정보 기반의 규제 기술이 원자력 전반에 걸쳐 적용되고 있으며 방사성폐기물 관리 분야에 있어서도 위험도 정보 기반의 기법이 제시되고 있다. 미국 NRC의 정의에 따르면 규제 의사 결정에 있어 위험도 정보 접근 방법은 건강목표와 안전성을 위해 설계 및 운영 측면에서 인허가 신청자와 규제자로 하여금 좋은 결과를 가져올 수 있도록 여러 가지 인자를 고려하여 요건을 수립하는 철학으로 제시

되고 있다. 위험도 정보 접근 방법은 원자로에서부터 비롯되었다. 여기서 위험도는 사고로부터 발생하는 소의 일반인에 대한 것이었다. 그러나 방사성물질에 있어서는 발생할 수 있는 모든 정상 피폭과 사고시 피폭, 일반인 피폭과 작업자 피폭을 함께 고려해야 한다. 방사성물질의 안전 측면에서는 일부 또는 모든 종류의 위험도가 중요하게 고려되어야 한다. 그러므로 모든 형태의 건강 영향을 고려해야 할 필요가 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 금속 폐기물 중 철과 콘크리트 폐기물의 처리 단계 및 이용 현황에 따라 기본적인 재활용 시나리오를 설정하였다. 일반 탄소강 재질의 금속폐기물 재활용에서 잠재적으로 발생할 수 있는 피폭선량 평가에는 두 가지 단계로 구성된다. 첫 번째 단계로는 폐기물 발생으로부터 용융, 정련, 제조 및 물품으로서의 사용에 이르는 정상 재활용 공정에서의 해체 방출 금속폐기물의 흐름 특성을 평가하는 것이다. 이 단계에서 용융, 정련 과정에서의 다양한 핵종 농도를 비방사능(Bq/g)과 표면 방사능농도(Bq/cm²)로 변환하여 평가한다. 두 번째 단계는 피폭 시나리오를 개발 및 분석하는 것이다. 다음 그림 3에 금속폐기물의 재활용 및 처분 흐름을 나타내었다. 금속폐기물 재활용 평가와 마찬가지로 해체 방출 콘크리트 폐기물로부터 받게 되는 유효선량당량 및 유효선량을 평가하기 위해서는 두 가지 단계로 구성된다. 첫 번째 단계로는 폐기물 발생으로부터 재활용공정에 들어가고, 잡석화 등의 공정을 거친 후 도로나 건축물에 사용하는 정상 재활용 공정에서의 해체 방출 콘크리트 폐기물의 흐름 특성을 평가하는 것이다. 두 번째 단계는 피폭 시나리오를 개발 및 분석하는 것이다. 다음 그림 4에 콘크리트 재활용 및 처분 흐름을 나타내었다. 이를 바탕으로 재활용 시나리오를 설정하였으며 주요 구성은 다음 표 1과 같다.

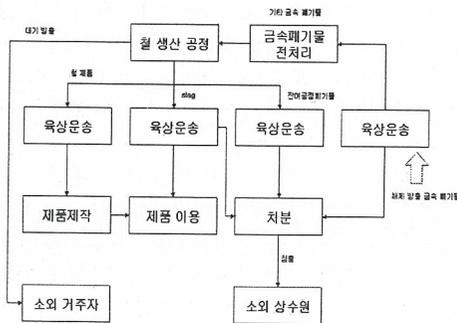


그림 3. 금속폐기물의 재활용 및 처분 흐름

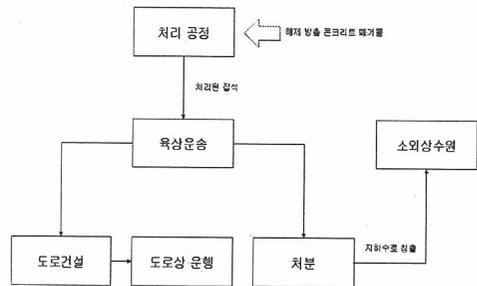


그림 4. 콘크리트의 재활용 및 처분 흐름

표 1. 재활용 기본 시나리오 구성

콘크리트 재활용 시나리오	금속 재활용 시나리오
취급 및 처리 시나리오	취급 및 처리 시나리오
운반 시나리오	용융로에서의 대기방출 시나리오
제품 이용 시나리오	운반 시나리오
지층처분 시나리오	제품 이용 시나리오
처분장 침출로 인한 지하수 오염 시나리오	지층처분 시나리오
	처분장 침출로 인한 지하수 오염 시나리오

3. 결론

원자력 발전소의 해체로 인하여 대량의 폐기물이 발생한다. 이를 합리적으로 관리하기 위한 방안으로 위험도 기법의 평가 방법이 제시되고 있다. 본 연구에서는 국내의 재활용 사례를 분석하고 콘크리트와 금속폐기물의 재활용 안전성을 평가하기 위한 기본 시나리오안을 구성하였다. 이를 통하여 피폭시나리오를 구성하여 관리 방법에 따른 안전성을 평가하고자 한다.