

해체전략 선택에 따른 방사성폐기물 발생량 예측

이기원, 박진호, 홍상범, 윤경수

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

ngwlee@kaeri.re.kr

1. 서론

원전의 해체 전략을 선택하기 위해서는 원자력시설 운영기관의 특성, 원자력시설의 종류 및 그 시대의 경제적, 사회적 특성 등 원자력시설의 주변 환경에 따라 달라진다. 따라서 원자력시설의 해체 전략의 선택에 관한 연구가 많지 않으며 또 국제적으로 인정받는 일반적인 표준화도 없다. 다만 OECD/NEA와 IAEA가 해체 전략을 선택하기 위하여 고려할 수 있는 검토 항목을 제시할 정도이다. 본 논문에서는 이들 항목 중 해체전략에 따른 방사성폐기물 발생량을 예측하는데 그 목적을 두었다.

2. 본론

2.1 원전 해체에 따른 방사성폐기물 발생량 예측

원자력시설 해체에서 발생하는 방사성폐기물의 양을 원자력시설의 사고 등을 포함하는 운전 이력, 소유 기관의 해체 전략, 또는 국가의 방사성 기물의 관리 규제 등에 의하여 방사성폐기물의 양이 좌우되기 때문에 일반화된 방법으로 예측하기는 용이하지 않다. 본 논문에서는 IAEA 예측량을 기준으로 아래식과 같은 원전의 용량을 감안하여 예측하였다.

$$\text{폐기물 발생량} = WA_{IAEA} \times \left(\frac{C_i}{C_{IAEA}} \right)^{0.6}$$

여기서 WA_{IAEA} ; IAEA 표준 발생량 (6,200톤)

C_i ; 대상원전 용량

C_{IAEA} ; IAEA 표준 용량 (1,000 MWe)

2.2 해체폐기물 발생 시기

원자력시설의 운전을 영구중단하고 해체를 시작하면 초기에 운전 중에 발생한 방사성폐기물을 우선 처리하고 또 작업자의 피폭을 줄이기 위하여 재연작업을 수행하는 동안 방사성폐기물이 발생하게 된다. 그러나 이때 발생하는 폐기물의 양은 많지 않고 해체 초기에는 비방사성 구역의 해체를 주로 수행하는 것이 보통이며 오염의 경우

도 극히 미미한 것이기 때문에 초기에 발생한 대부분의 방사성폐기물은 해체 현장에 저장이 가능하다. 해체 작업이 충분히 진행되면 방사성폐기물이 점차 많아지므로 초기발생 폐기물과 함께 방사능 평가 및 등록 절차를 거쳐 방사성폐기물로 관리하는 것이 보통이다.

2.3 폐기물의 양의 감소 가능성 평가

방사성폐기물 발생량은 해체 대상 원자력시설의 방사능 inventory에 거의 비례한다고 볼 수 있다. 따라서 원전의 경우 방사능 inventory를 각 기기 또는 장치별로 또 방사성 핵종 별로 정확히 알아야 계산할 수 있으나 이 자료는 해체를 위한 초기 시설 특성 평가 자료를 이용하더라도 100% 만족할 만한 결과가 얻어지는 것은 매우 어려운 작업이라고 세계적으로도 인식되고 있다. 원전의 방사능 inventory는 운전동안 핵연료 파손 등의 큰 사고가 없는 경우 거의 대부분 중성자에 의한 방사화이며 방사화 정도 즉 방사능은 운전기간, 원전의 용량 또 연구 운전 정지 후 decay time 등에 의하여 결정된다. 그림 19는 원자력연구원이 해체를 수행한 연구로 2호기의 운전 기간과 decay time의 변화에 따른 차폐콘크리트의 비방사능을 나타냈으며, 그림으로부터 폐기물량의 감소 가능성을 평가하는데 필요한 가정들을 얻을 수 있다. 원전의 운전 연수가 5년 미만인 경우 운전기간에 따른 방사화 정도에 많은 차이를 보이고 있으나 20년 이상 되면 방사화가 거의 포화됨을 알 수 있다.

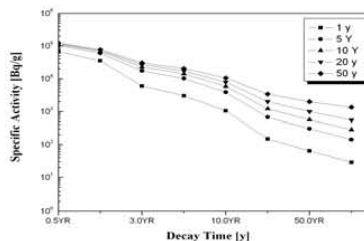


Fig. 1. 상이한 조사시간에 따른 붕괴시간 별 수조 콘크리트의 비방사능의 변화.

그림 1의 일반화된 방사능의 분포도로부터 30

년 및 50년 안전 관리 후의 방사능 분포를 그리면 그림 2와 같이 된다.

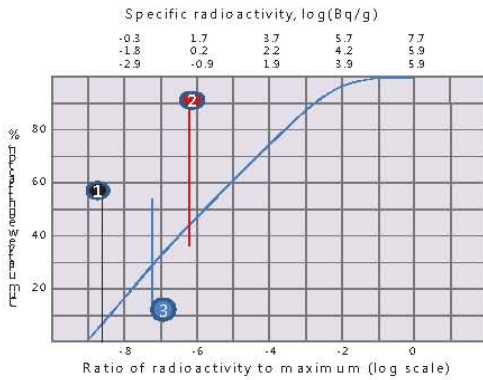


Fig. 2. 30년(2) 및 50년(1) 안전관리 후의 방사능 폐기물의 변화.

이상으로부터 30년간 안전 관리하면 총 방사성 폐기물 중 규제해제가 가능한 방사능 농도(0.1 Bq/g) 이하의 폐기물이 7%에서 31%로 증가하게 되어 결국 방사성폐기물량은 약 25% 감소한다. 따라서 방사성폐기물의 처분비용이 25% 감소하게 된다.

2.4 해체 전략에 따른 방사성폐기물 발생량의 추이

이를 예측하기 위하여 사용한 가정은 ① 해체폐기물이 즉시해체인 경우 해체 완료 전 4년 동안에만 발생 ② 각 원전 site의 방사성폐기물의 저장 능력 최대 활용 ③ 한 드럼의 평균 무게 200 kg ④ 30년 안전관리 하면 방사성폐기물 감소량 : 25% ⑤ 2016년 이후 신규 건설 원전 고려

모든 원전의 즉시 해체와 (case 1), 일부 지연해체 (case 2) 및 일부 즉시 해체의 경우 (case 3), 각각에 대하여 연도별 예측되는 방사성폐기물의 발생량, 경주 처분장으로 이송량, 누적 이송량(계열3) 및 원전 site에 저장량의 변화를 그림 3~5 나타내었다.

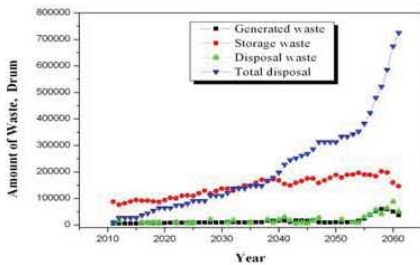


Fig. 3. 원전 발생 및 처분장 이송 방사성폐기물량의 변화 추이(Case 1).

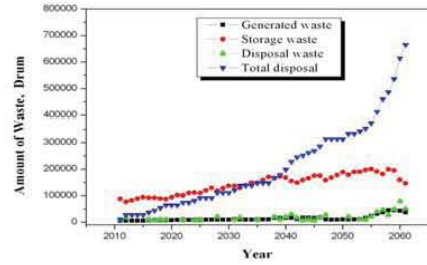


Fig. 4. 원전 발생 및 처분장 이송 방사성폐기물량의 변화 추이(Case 2).

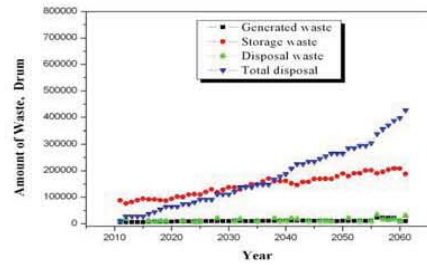


Fig. 5. 원전 발생 및 처분장 이송 방사성폐기물량의 변화 추이(Case 3).

3. 결론

모든 원전의 즉시 해체와 (case 1), 일부 지연해체 (case 2) 및 일부 즉시 해체의 경우 (case 3), 각각에 대하여 연도별 예측되는 방사성폐기물의 발생량, 경주 처분장으로 이송량, 누적 이송량(계열3) 및 원전 site에 저장량의 변화를 그림 3~5에서 보는 바와 같이 해체폐기물이 발생하는 2040년대까지는 폐기물의 처분량의 차이가 없으나 2050년대 중반부터 처분 요구 방사성 폐기물 양이 급격히 차이가 난다. 모든 원전의 즉시해체의 경우 2060년대 중반부터 폐기물의 발생량이 많이 둔화되는 것으로 나타나지만 2070년경에는 경주 처분장 처분용량 80만 드럼을 넘어서고 있다. 분석사례 2의 경우 2060년대 중반이후 폐기물 발생량이 급격히 감소하여 처분장 용량이하로 유지되나 70만 드럼을 넘어서 별 감소 효과가 없다. 이에 비하여 대부분의 지연해체인 경우 2050년대 폐기물의 발생량의 급격한 상승을 막을 수 있어 2060년대 중반에도 50만 드럼을 넘어서지 않을 것으로 판단된다.