

침출지수를 이용한 안전성 평가

이성호, 황용수, 한지용, 권선주

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150)

shlee10@kaeri.re.kr

1. 서론

경주 방사성폐기물처분장 건설이 완료되면, 국내 원자력시설에서 발생된 방사성 폐기물은 처분장으로 반입되어 최종 처분된다. 처분된 폐기물에 함유되어 있는 방사성 핵종들은 선원항-공학적방벽-천연방벽을 거쳐 최종적으로 생태계로 운반되므로, 인수된 방사성폐기물은 기본적인 건전성을 유지할 필요가 있다. 한수원-한국원자력연구원이 개발하고 있는 방사성폐기물인수기준에서는 방사성폐기물의 건전성을 유지할 수 있도록 여러 가지 정량적 수치를 제시할 예정이다. 그중에서 시멘트 고화체의 침출지수는 시멘트 고화체 건전성에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되므로 그 결과 처분안전성에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 안전성 평가 모델 개발

안전성 평가를 위하여, 다음과 같이 기본 모델을 설정하였으며 핵종들은 선원항에서 Barrier 1(콘크리트 용기), Barrier 2(분쇄석) 및 Barrier 3(사일로라이닝)를 의미하는 인공방벽을 경유하여 지하수 유동을 통하여 생태계로 유출되는 개념을 적용하고 있다.

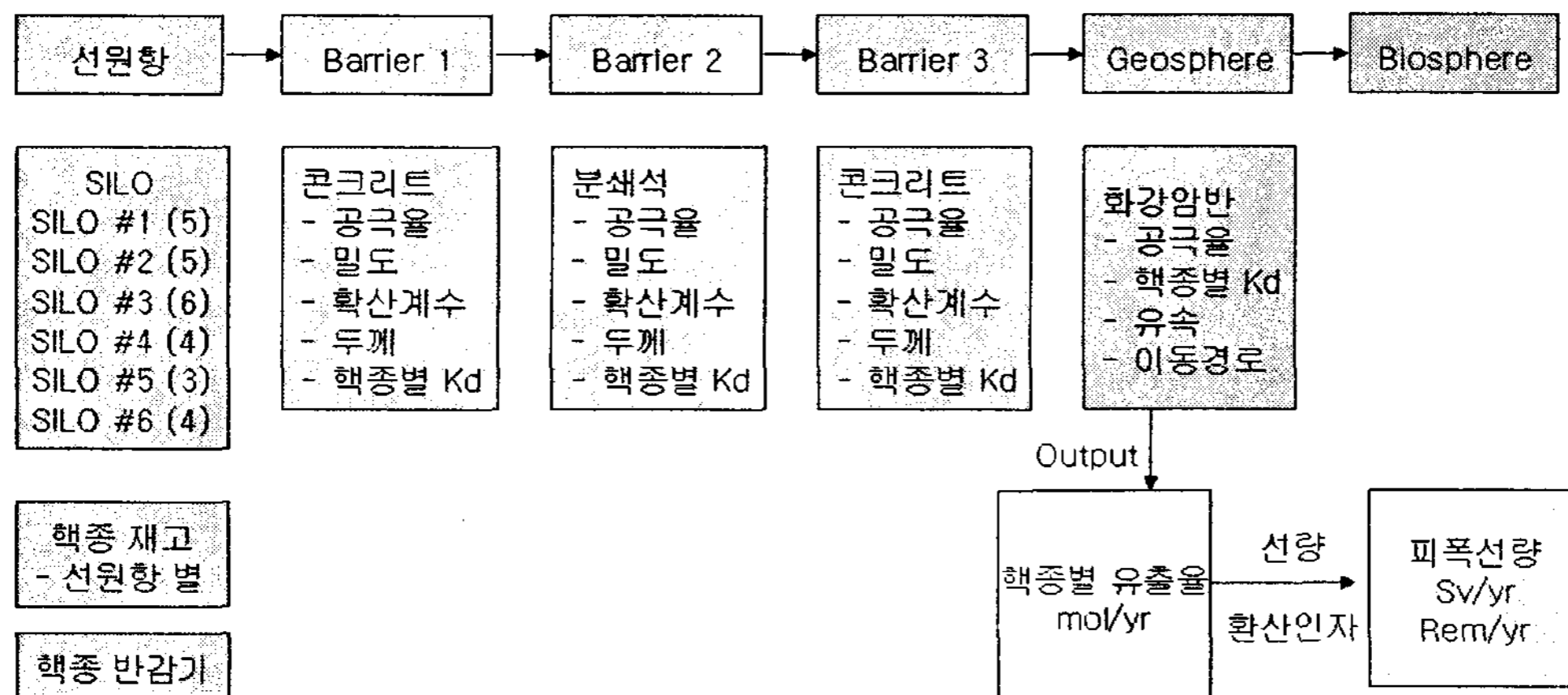


그림 1. 안전성 평가 모델

인수기준에서 제시하는 침출지수는 ANS 16.1에서 규정하고 있는 실험을 통하여 결정하게 되며, 개략적 개념으로는 90일 동안 10회(각 2, 7, 17, 24, 24, 24, 24, 336, 672, 1032 시간)의 실험을 통하여 유효확산계수 D를 결정하게 된다. 침출지수(Li)는 10회의 평균 값인

$$Li = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \left[\log \left(\frac{\beta}{D_i} \right) \right] \text{ 으로 결정된다.}$$

따라서 침출지수는 확산에 기반을 두고 있는 단기 침출을 의미하며, 안전성 평가에서 필요한 장기 침출 형태를 유도하기 위하여 측정 기간중 10번째 측정된 침출율을 남은 275일에 적용하여 연간

침출율을 구하였다. 이와 같은 방법으로 침출지수 6에 대한 연간 침출율을 계산한 결과 핵종재고량 기준으로 0.65/yr으로 결정되었다. 이는 ANS 16.1이 침출시험기간을 90일간으로 한정하고 있으므로 안전성 평가에서는 단기침출형태를 보수적인 값의 장기 침출형태로 전환한 값이라고 할 수 있다.

3. MASCOT를 사용한 안전성 평가

침출지수 6이 시멘트 고화체에 대한 값을 고려하여 안전성 평가에서는 시멘트 고화체에만 침출지수를 적용하였으며, 파라핀 고화체, 잡고체 등에는 Simple leaching 및 solubility limited source term 개념을 적용하였으며, MASCOT 및 AMBER를 사용한 침출지수 6에 대한 안전성 평가결과는 그림 2와 같이 시간대별로 나타났다.

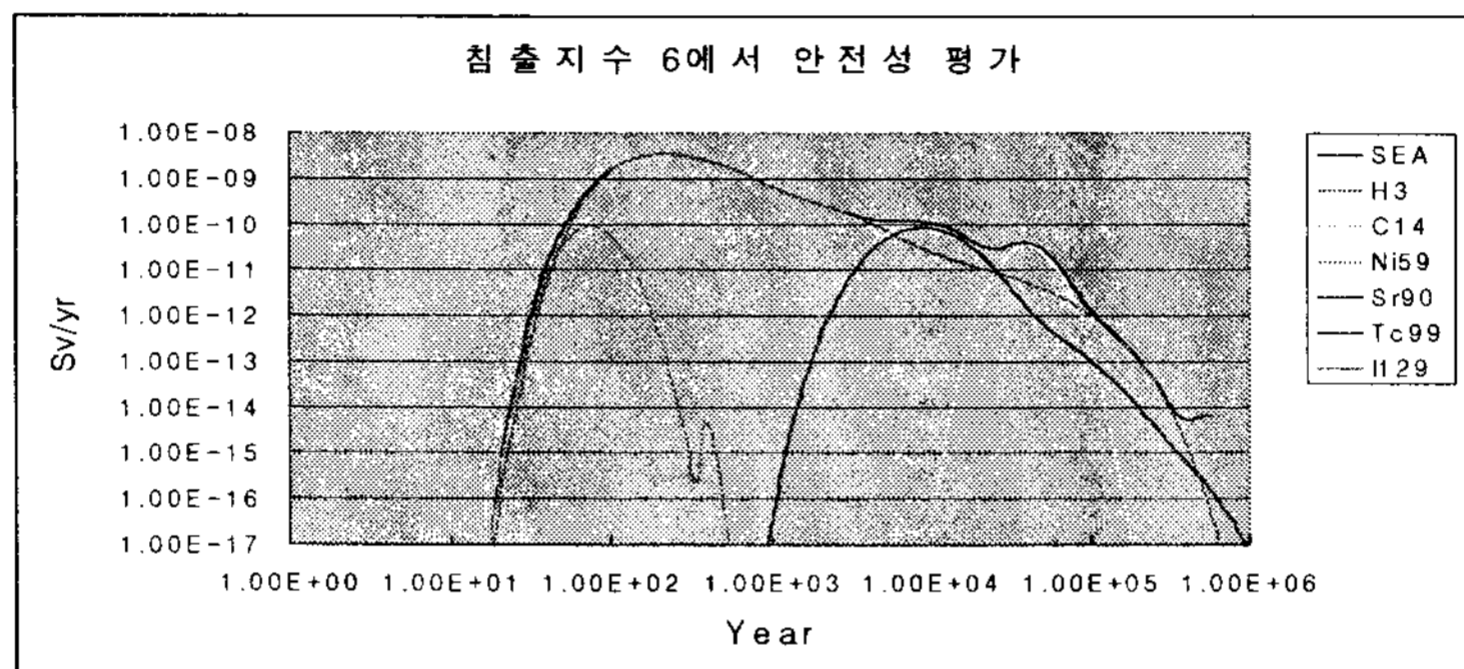


그림 2. 침출지수 6에서 안전성 평가 결과

4. 결론

방사성폐기물중 시멘트 고화체에 대한 침출지수 6을 적용한 결과, 최대 선량치는 처분장 성능목표치인 5mSv/yr에 비교하여도 충분히 안전한 수준임을 알 수 있다. 그러나 ANS 16.1의 고화체 침출시험법은 90일간의 단기 침출시험용으로 장기침출모델에 적용하였을 경우 2년 이내에 모든 핵종이 유출하는 것으로 나타나므로 적용에 무리가 있다. 이는 시편의 경우 확산모델로 단기 침출특성을 파악하는 것은 가능하나 장기간 실제 크기의 고화체의 침출은 확산 뿐만 아니라 용해도, 부식 등의 영향을 받을 수 있기 때문이다. 따라서, 장기침출모델로는 KAERI가 사용하는 조화유출모델이나 이에 상응하는 모델을 적용하는 것이 더 타당할 것으로 사료된다.