

## MASCOT를 이용한 처분장에서 킬레이트 영향 평가

이성호, 이연명, 박주완\*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

\*한국방사성폐기물관리공단, 경기도 용인시 기흥구 중동848-2

shlee10@kaeri.re.kr

### 1. 서론

방사성폐기물 처분장 건설 및 운영에 따른 안전성 여부는 해당 지역주민은 물론 모든 국민의 관심사이다. 미래 수십만 년 혹은 수백만 년 이후 처분 안전성이 보장될 수 있을 것인지 여부는 정량적 평가방법인 처분장 안전성 평가를 통하여 가능하다. 방사성폐기물 처분관점에서 킬레이트의 중요성이 강조되는 이유는 킬레이트가 핵종이동 가속화 현상의 주요 원인으로 간주되고 있기 때문이다. 본문에서는 MASCOT를 이용하여 중저준위 방사성폐기물 처분장의 킬레이트 영향을 핵종재고 이원화 방법을 통하여 평가하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 평가 방법론 개요

중·저준위방사성폐기물 처분장에 대한 킬레이트 영향을 평가하기 위한 방법은 기준 평가모델(킬레이트가 없는 상태) 및 킬레이트 영향 평가모델(킬레이트가 존재하는 상태)을 개발하여 평가결과를 비교하는 방법으로 다음과 같다.

먼저, 킬레이트를 고려하지 않은 기준 평가모델 및 킬레이트 영향 평가모델을 개발하여야 한다.

둘째, 킬레이트 영향 평가모델은 핵종재고 이원화 방법(핵종재고를 '킬레이트 유관 핵종재고' 및 '킬레이트 무관 핵종재고'로 구분)를 사용한다.

셋째, 킬레이트 유관/무관 핵종의 구분은 핵종재고량과 킬레이트 양의 비교 결과 및 킬레이트에서 중성금속이온의 역할 개념을 이용한다.

#### 2.2 처분장 개념 및 기준 평가모델 개발

평가대상 중저준위방사성폐기물 처분장은 6개 사일로로 구성되어 있으며, 사일로에 처분된 폐기물의 방사성 핵종들은 폐기물-처분용기-분쇄석-Silo 콘크리트-천연방벽을 경유하여 바다로 유출되는 것으로 하였다. 이 과정에서 시간의 흐름에 따른 콘크리트 열화는 고려하지 않았으며, 생태계

부분의 평가에는 AMBER를 이용하여 도출된 생태계 선량환산인자(Flux to dose conversion factor)를 사용하였다.

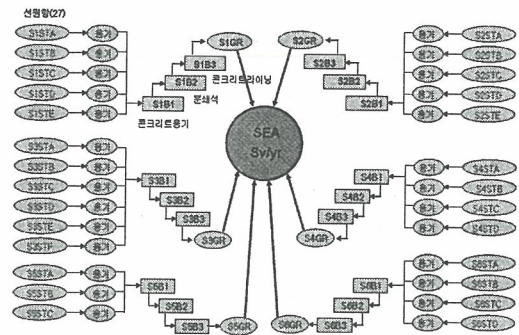


Fig. 1. 기본 평가모델 개념도

#### 2.3 킬레이트 영향 평가모델 개발

##### 2.3.1 핵종재고량과 킬레이트 양 비교

킬레이트 영향 평가를 위해서는 방사성폐기물 내에 얼마나 많은 핵종재고량이 킬레이트 화합물의 형태로 존재하는지 파악하는 것이 중요하므로 방사성폐기물관리공단에서 수행한 발전소 잡고체의 킬레이트 함유량 분석 결과를 이용하여 보수적인 값인 0.13 wt%를 발전소 잡고체에 함유된 대표 킬레이트 농도로 간주하였다.

또한 처분대상 방사성폐기물에 킬레이트 함량이 얼마나 존재하는지 계산하기 위하여, SAR에 나타난 기준 잡고체 드럼 조성을 참고로 발전소 잡고체 드럼당 함유된 킬레이트 무게(0.2223 kg), 사일로별 킬레이트 무게 및 대표 킬레이트로 EDTA를 가정된 킬레이트 물수를 Table 1과 같이 도출하였다.

Table 1. 사일로별 킬레이트 양 (소수점 이하 절사)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1~S6
킬레이트 무게 (kg)	177	1017	2303	133	3204	2736	9570
킬레이트 물수	494	2827	6398	371	8902	7602	26594

Table 1의 결과에 따라 발전소 잡고체에 함유된 핵종재고량과 비교해 보면 사일로 전체적으로는 킬레이트 양이 핵종재고량의 약 4,000배 정도 존재함을 알 수 있으며, 사일로별로는 최대 30,000배 및 최소 1,700배 존재하는 것으로 예측된다. 이러한 계산 결과는 발전소 잡고체 드럼 내에 존재하는 방사성핵종은 대다수 킬레이트 화합물 형태로 존재한다고 간주할 수 있다.

2.3.2 킬레이트 유관/무관 핵종 구분

평가대상 핵종 중에는 킬레이트(고리형 착화합물) 형성에 크게 관련이 없는 핵종이 존재할 수 있으며, 이들을 구분하고자 하였다. 구분의 기준은 킬레이트 화합물을 형성하는 과정에서 중앙금속이온으로 작용할 수 있는 핵종과 없는 핵종을 선별하였다. 그 결과, H, C, Sr, I, CS 등은 킬레이트 형성에 큰 기여를 하지 않는 것으로 판단되며, Fe, Co, Ni, Nb, Tc, Ce, Alpha 핵종은 킬레이트 형성시 중앙금속이온으로 작용하는 것으로 판단하였다.

2.3.3 핵종재고 이원화를 통한 평가

핵종재고량과 킬레이트 양의 비교결과 및 킬레이트 유관/무관 핵종의 구분 결과를 바탕으로 핵종재고를 이원화하여 Fig. 2와 같은 킬레이트 영향 평가모델을 개발하였다.

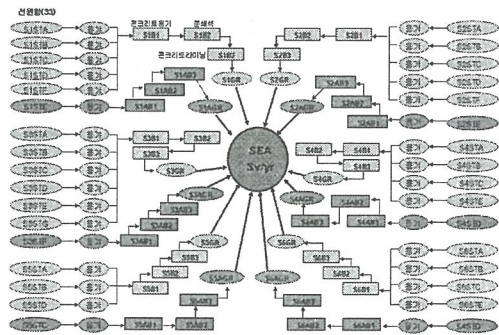


Fig. 2. 킬레이트 영향 평가모델 개념도

2.4 평가 결과

기준 평가모델에 대한 MASCOT 평가결과는 Fig. 3과 같다. 처분장의 방사선 영향에 가장 큰 영향을 미치는 핵종은 H-3, I-129 및 C-14임을 알 수 있으며, 최대치는 5.47E-09 Sv/yr로 2.60E04년경에 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한,

킬레이트 영향 평가 결과는 Fig. 4와 같다. 처분장의 방사선 영향에 가장 큰 영향을 미치는 핵종은 주로 Co-60, Nb-94, I-129 및 C-14 등임을 알 수 있으며, 최대치는 1.07E-07 Sv/yr로 4.80E01년경에 나타나고 있음을 알 수 있다.

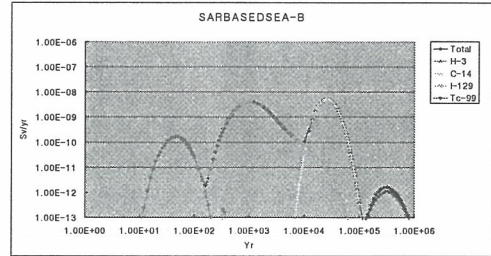


Fig. 3. 기준 상태에 대한 평가 결과

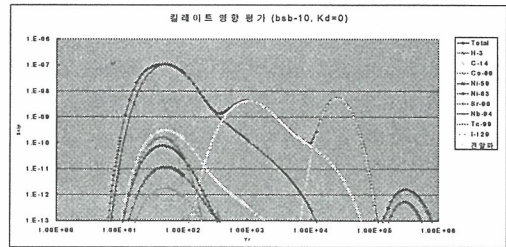


Fig. 4. 핵종재고 이원화에 따른 평가 결과

3. 결론

MASCOT 이용한 중저준위처분장에 대한 킬레이트 평가를 핵종재고 이원화 방법에 의해 수행하였다. 평가 결과는 킬레이트 유관 핵종재고의 영향이 매우 크게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 방벽에서 Kd 값 0는 매우 보수적인 값이므로 실제로는 어느 정도 완화된 값으로 나타날 것으로 예측된다. 특히, 킬레이트로 인한 영향은 평가기간 하반기 보다는 전반기에 영향을 미침을 알 수 있다.

4. 참고문헌

[1] 한국원자력학회, Transactions of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting, pp.181-182, 2008.