

## ISAM Vault Safety Case Data를 적용한 천층처분시설 안전성 평가 모델 개발

최광순, 박정수, 이병식

한국전력기술(주), 경기도 용인시 기흥구 용구대로 257

kschoi@kepco-enc.com

### 1. 서론

성공적인 중·저준위방사성폐기물 처분시설의 운영을 위해서는 투명하고 객관적인 방법으로 처분시설의 안전성을 입증하는 것이 필수적이다. 기존 안전성 평가에는 MASCOT, AMBER 등의 코드가 주로 사용되었으나, 최근에는 사용자 편의성과 모델링의 자유도 측면에서 GoldSim 코드가 많이 사용되고 있다. 이에 따라 ISAM Vault Safety Case(VSC)의 입력자료를 사용한 천층처분시설 안전성 평가 모델을 GoldSim 전산 코드로 개발하여 천층처분방식 안전성 평가에 활용하고자 한다.

본 논문에서는 동일한 VSC 입력자료를 적용하여 SKI에서 AMBER 코드로 개발한 천층처분시설 안전성 평가 모델 결과<sup>1</sup>와 GoldSim 코드로 개발한 안전성 평가 모델 결과를 비교하여 GoldSim 코드로 개발한 안전성 평가 모델의 타당성을 검토하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 ISAM Vault Safety Case 시나리오

ISAM Vault Safety Case는 IAEA에서 천층처분시설의 폐쇄후 안전성 평가를 위해 개발된 시나리오로 가상의 Vault Type 천층처분시설을 대상으로 한다. 해당 처분시설에는 발전소, 의료기관, 연구시설, 산업체 등에서 발생된 저준위 방사성 폐기물이 처분되는 것으로 가정하였으며, 처분핵종 재고량은 전문가 판단(expert judgement)에 근거한 현실적인 재고량으로 산정되어 있다. Vault 타입의 천층처분시설 내의 방사성 핵종은 처분고 덮개를 통해 침투한 우수에 용해된 후 불포화층을 거쳐 대수층으로 이동한다. 대수층으로 유입된 방사성 핵종은 대수층을 흐르는 지하수에 희석된 후 우물을 통해 양수되어 관개 등의 용도로 사용된다.<sup>2</sup> ISAM VSC 처분시설의 개략도는 Fig. 1과 같다.

#### 2.2 GoldSim 천층처분 시설 안전성 평가 모델

처분고 내의 핵종 누출 모델은 폐기물 내의 방

사성 핵종이 물과 접촉시 용해도 제한치 범위 내에서 순간적으로 누출되는 용해도제한 선원항 모델(SLST ; solubility limited source term)을 적용하였다. 이 때 보수적으로 무제한의 용해도 제한치를 적용하여 핵종 재고량 전망이 침투된 우수에 용해되는 것으로 가정하였다. 폐기물 포장용기의 경우 별도의 방벽으로 설정하지 않고, 100년간 성능을 유지하다가 100년 이후에 방벽으로서의 기능을 상실하는 것으로 가정하였다.

처분고로 침투되는 우수의 유입량은 처분고 덮개의 열화과정을 반영한 값을 적용하였으며, 처분고의 콘크리트방벽, 불포화층 및 대수층은 Mixed Cell로 가정하여 방사성 핵종이 유입되는 즉시 구획 내의 핵종 농도는 같아지도록 구현하였다. 불포화층은 Red Sand, Brown Sand, Clay, Granite의 4가지 구획으로 구성하였으며, 대수층의 경우 9개의 Aquifer로 구성하여 좀 더 세분화된 평가가 가능하도록 하였다.

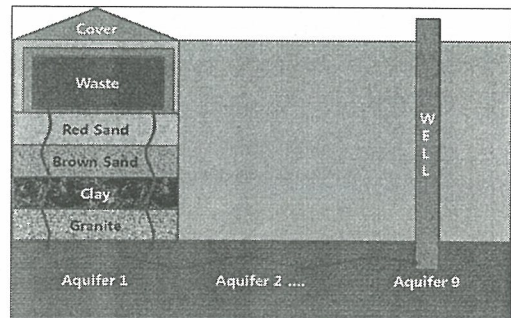


Fig. 1. ISAM Vault Safety Case - Disposal Facility Schematic Diagram

#### 2.3 결과 비교

SKI 평가 모델에서는 생태계 모델을 구현하지 않았기 때문에 본 논문에서는 처분고 콘크리트 방벽에서 불포화층으로의 핵종 누출률(Bq/yr), 우물물에서의 방사성 핵종 농도(Bq/m<sup>3</sup>)를 비교하였다. GoldSim 모델의 평가 결과는 Fig. 2-1, 3-1과 같고 SKI 보고서의 결과는 Fig. 2-2, 3-2와 같다.

두 모델의 결과 그래프를 비교한 결과 주요 핵종별 Peak Value와 Peak Time이 유사한 값을 갖

는 것을 확인할 수 있었다. GoldSim 모델 결과 중 우물 내 핵종 농도 그래프에서 일부 핵종의 누출시점이 SKI 모델의 결과보다 빠르고, I-129와 C-14의 Peak Value가 상이하게 나타났다. 그 이유는 SKI 모델에서는 불포화층의 구획을 Brown Sand(3개), Clay(3개), Granite(11개)로 세분화하였으나 GoldSim 모델에서는 각각 하나의 구획으로만 설정하였기 때문에 향후 불포화층의 구획을 세분화하여 구현하면 유사한 결과를 얻게 될 것으로 예상된다.

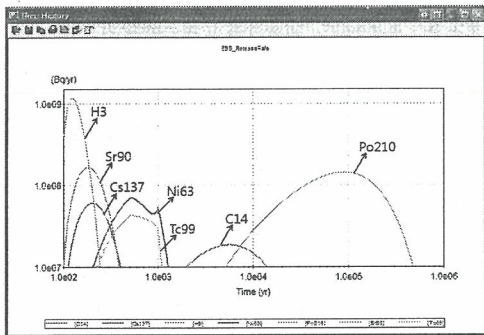


Fig. 2-1. GoldSim Model - Radionuclide Release Rate from EBS(Engineered Barrier System)

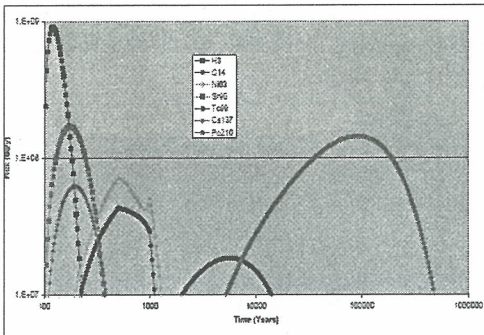


Fig. 2-2. SKI Report - Radionuclide Release Rate from EBS(Engineered Barrier System)

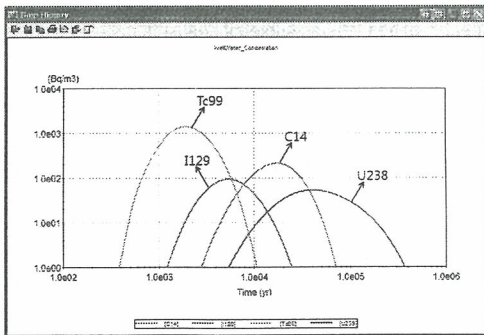


Fig. 3-1. GoldSim Model - Radionuclide Radioactivity Concentration in Well

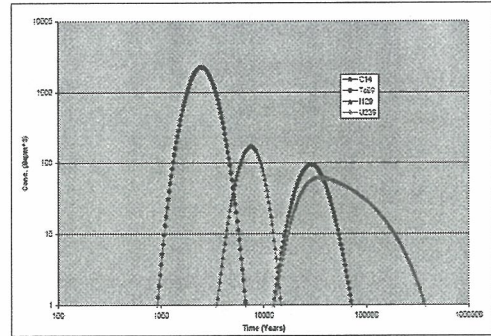


Fig. 3-2. SKI Report - Radionuclide Radioactivity Concentration in Well

### 3. 결론

본 논문에서는 동일한 입력자료를 사용한 두 모델의 결과 비교를 통해 GoldSim으로 개발한 천층처분방식 안전성 평가 모델의 타당성을 검토하고자 하였다. 비교 평가 대상인 SKI 모델에 사용된 AMBER 코드는 경주 처분시설의 1단계 동굴 처분방식 안전성 평가에 사용되는 등 코드의 신뢰성이 이미 입증된 코드이므로 본 비교 평가를 통해 GoldSim 전산코드로 개발한 천층처분 평가 모델의 신뢰성을 확보할 수 있었다. 따라서 다른 안전성 평가 코드에 비해 모델링의 자유도 측면에서 장점을 갖는 GoldSim 코드의 특성을 살펴 덮개를 통한 우수 침투 모델을 반영하고 콘크리트방벽의 열화 모델, 우물 양수 모델 등을 좀 더 현실적으로 구현한다면 GoldSim 평가 모델을 활용하여 처분시설에서의 핵종 누출 현상을 좀 더 실제적으로 평가할 수 있을 것으로 예상된다.

### 4. 참고문헌

- [1] SKI, SSI (2004), AMBER and Ecolego Intercomparisons, SKI Report 2004:05, SSI Report 2004:01.
- [2] IAEA(2001). ISAM, The International Programme for Improving Long Term Safety Assessment Methodologies for Near Surface Radioactive Waste Disposal Facilities : Vault Safety Case Report. ISAM Document version 1.3, August 2001 : working material.