

A-KRS 처분 시스템 핵종 유출 시나리오 비교 평가

이연명, 정종태, 최종원

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

ymlee@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로 프로세싱 폐기물 처분시스템이 현재 그림 1과 같이 A-KRS라는 개념으로 개발되고 있다. 지하 200m 깊이에 건설되는 터널내에 처분될 금속폐기물의 경우는 중저준위 폐기물로 간주할 수 있으나, 지하 500m의 깊이에 스웨덴의 KBS-3 개념과 유사하게 처분될 세라믹 폐기물은 고준위 폐기물이 된다.

Conceptual Modeling Scheme for GoldSim TSPA Model (associated with Various Waste Policy, N/F, F/F, & Biosphere Models w/Natural n/o Manmade Disruptive FEPs/Scenarios)

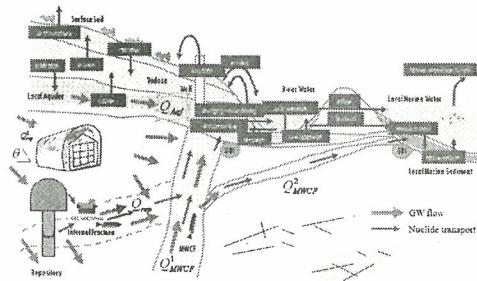


Fig. 1. 처분 시스템 개념

이러한 처분 시스템에서의 핵종 유출에 관련된 정상 및 사고시나리오에 대한 평가는 처분 시스템에 대한 안전성 및 성능 평가 측면에서 매우 중요하다. 이러한 평가를 위한 도구가 그림 2와 같이 상용 프로그램 개발 프로그램인 GoldSim[1]을 이용하여 개발되어 활용되어지고 있다.[2-5]

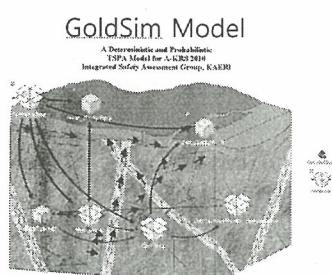


Fig. 2. GoldSim 평가 프로그램

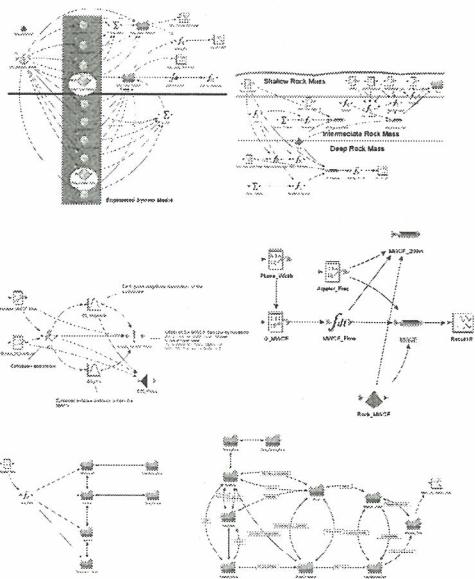


Fig. 3. 각 시나리오에 대한 GoldSim 모델링

불확실성을 낮추고 보수성도 가능한 한 줄이며 신뢰도를 향상시키는 것을 목표로 개발된 이 GoldSim 템플릿 코드는, 좌표계상으로서는 무차원이지만, 극계 및 원계영역내 지하 및 생태계를 포괄하는 처분 시스템내 핵종의 이동을 따라 실제의 시스템으로 모사하며 정량적으로 평가할 수 있는 점이 가장 큰 특색으로, 다양한 핵종 유출 및 거동 시나리오를 가능한 한 정확하고 보다 멀 보수적으로 평가할 수 있도록 해 준다. 방사성폐기물에서 지하수와의 접촉을 통해 유출된 핵종은 지하수에 의한 이동이 가장 보편적인 만큼 보다 중요하게 고려되어야 할 메카니즘이지만, 실제로 처분 환경내에는 핵종의 비정상적인 유출이나 이동을 야기하는 다양한 시나리오는 다양하게 존재할 수 있게 된다. 이러한 시나리오는 처분시스템 내 핵종의 유출 및 거동에 관련된 여러 Feature, Event, 그리고 Process들 (FEPs) 을 인지하여 이들을 그 발생률과 이러한 FEP 들의 결과로서 나타나는 정량적 평가 결과의 심각성 등을 고려

하여 인지 도출하게 된다. 이렇게 선별된 FEP들은 처분 시스템 특성에 맞추어 선별, 조합하여 시나리오를 도출하는데 활용되어지는데 이러한 과정을 통하여 그림 3과 같이 정상시나리오와 함께 4개의 비정상 시나리오를 주요 비정상 시나리오로서 인지, 도출하였는데, 우물시나리오, 지진시나리오, 용기파손 시나리오가 그 것이다. 처분장에 인접하여 우물이 굴착되는 시나리오는 최악의 경과를 줄 수 있는 인간 침입 시나리오로 상정할 수 있는 반면, 지진 발생에 따라 지하수 유동계가 변한다거나 자연 방벽이 그 기능을 상실할 수 있는 경우도 충분히 그 발생률과 결과가 심각한 자연 발생적 시나리오로 생각될 수 있다. 또한 폐기물을 일차적으로 가두어 지하수의 접촉을 막아 핵종의 유출을 저지할 수 있는 방벽 기능을 갖는 처분용기는, 제조공정에서 원천적으로 발생한 결합에 의해 그 파손이 야기될 수도 있지만 처분된 이후 부식 등의 영향으로 파손을 초래할 수 있어 이에 대한 시나리오도 중요하게 고려되어야 한다. 이들 시나리오를 가상의 입력자료를 이용하여 각각 평가하여 그 결과를 상호 비교해 보았다.

2. 본론 및 토의

정상 시나리오에서는 처분장에서 유출된 핵종이 처분 시스템을 빠져 나와 지하수의 유동을 따라 지표수로 이동하여 이후 생태계에서 전이해나가는 경우를 고려해 평가를 수행하였고, 우물 시나리오에서는 200m 깊이에 건설되는 금속폐기물 처분장에서 150m 이내에 근접 굴착된 우물을 상정하고 이 우물을 통하여 음용과 관개를 시행하는 농축피폭집단이 피폭되는 경우에 대해 평가하였다. 지진 시나리오의 경우에는 지진의 발생에 따라 진앙까지의 거리의 진도의 세기를 고려하여 영향을 평가하였는데, 그 결과로서 주요지하수유동경로 (MWCF)내의 지하수의 유동량과 MWCF내 핵종 이동 거리의 변화를 고려하는 한편 지진에 따라 천연방벽이 그 방벽기능을 잃고 근계영역내로 유출된 핵종이 바로 생태계로 이동하는 시나리오로 상정되었다. 처분용기 결합의 경우 처음부터 용기에 대한 신뢰도를 주지 않는 경우와 함께 시간의 흐름에 따라 용기의 신뢰도가 변하는 경우를 구분하여 평가를 수행하였다. 이들 시나리오에 대한 평가 결과를 상호 비교하였을 때 그 결과의 심각성이 그림 4와 같이 나타났고 표 1에서 보는 대로 우물 시나리오가 가장 심

각한 것으로 나타나는 것을 알 수 있었다.

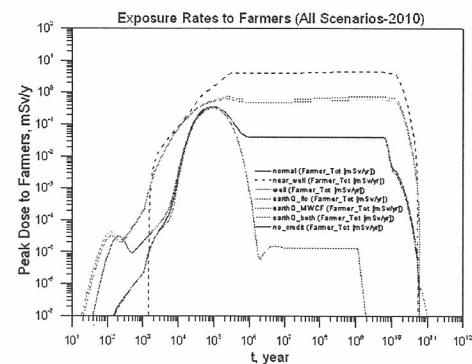


Fig. 4. 각 시나리오별 선량률 비교

Table 1. 시나리오별 최대 피폭 선량

Scenario	Description	Peak dose, mSv/y	Peak time, yr
SC1 normal	정상 지하수 유동	0.35079	92,000
SC2 near_well_intrusion	150m근지 우물 침입	4.0171	580,000
SC2a well	150m 우물침입시 정상생태계	0.31359	92,000
SC3 earthquake_Flow	지진에 의한 유동량 10배 증가	0.35295	92,000
SC4 earthquake_MWCF	지진에 의한 원체 천연방벽 소실	0.62963	250,000
SC4a earthquake_flow_MWCF	지진에 의한 유동량 증가 및 원체 천연방벽 소실	0.73937	260,000
SC5 barrier_credit	200m 터널내 콘크리트방벽 및 500m 터널내 용기 그레йт 초기 상실	0.35273	91,000

3. 참고문헌

- [1] GoldSim Contaminant Transport Module, User's Guide, Version 4, GoldSim Technology Group, 2006.
- [2] 이연명 외, 중저준위폐기물 처분 안전성평가를 위한 GoldSim 프로그램 템플릿 개발, 기술보고서 KAERI/TR-4105/2010, 한국원자력연구원, 2010.
- [3] Youn-Myoung Lee et al., A GoldSim Model for Colloid Facilitated Nuclide Transport, Transactions of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting, Jeju, Korea, October 21-22, 2010.
- [4] Youn-Myoung Lee et al., "A GoldSim model for the safety assessment of an HLW repository," Progress in Nuclear Energy, 51, 746-759, (2009).
- [5] Youn-Myoung Lee et al., "Evaluation of Nuclide Release Scenarios for a Hypothetical LILW Repository, submitted to Progress in Nuclear Energy.