

Goldsim 사용한 폐쇄후 안전성평가 입력자료의 민감도 분석

정강일, 송중순, 정종태*

조선대학교, 광주광역시 동구 서석동 375

*한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

kangile@kaeri.re.kr

1. 서론

지난 30년간 꾸준히 방사성폐기물의 처분연구를 통하여 다양한 생태계 평가를 위한 모델과 프로그램이 개발되어왔다. 현재 Goldsim을 사용하여 처분시스템에 대한 총체적인 안전성 평가를 위한 종합 평가프로그램이 개발되었고, 지하매질에서 지하매질과 생태계매질과의 경계로서의 GBI를 넘어 들어오는 핵종의 플럭스를 생태계에서 지속적으로 이동, 확산하게 하여 보다 실질적인 생태계 평가 수단을 확보할 수 있었다. 본 논문에서는 이러한 생태계 모델의 정확성을 검증하고 신뢰성을 높이기 위해 생태계 평가를 위한 입력파라미터의 민감도분석을 실시하였다.

2. 본론

2.1 Goldsim

Goldsim은 이제까지 KAERI가 종합안전성평가(TSPA)에서 주 코드로 사용된 MASCOT-K 및 AMBER의 장점을 조합한 뛰어난 성능을 가진 소프트웨어로 MS Visual Studio언어기반의 High level 언어이다. 본 연구에서는 현재까지의 개발된 Goldsim 기반의 폐쇄후 안전성평가코드를 이용하였다.

2.2 입력인자의 선택

본 연구에서는 외국의 문헌이나 보고서를 통해서 표 1의 입력인자를 선택하여 민감도 분석을 실시하였다.

Table 1. Parameter range of near-field region for stochastic radionuclide transport calculations

Parameter	Min-value	Max-value	distribution type
IRF	0.03	0.1	uniform
dissolution rate	10^{-12}	10^{-5}	uniform
Canister failure time	300	10^5	log-uniform
Buffer thickness	0	1	uniform
Flow rate	10^{-4}	10	log-uniform

위의 표 중에서 우선적으로 IRF(Instant Release Fraction : UO_2 내에서 간혀있던 핵종이 빠져나와 자유롭게 용해가 가능한 비율)와 Dissolution ratio를 입력인자로 선택하여 민감도 분석을 실시하였다.

2.3 민감도 분석

2.3.1 대표핵종의 선정

입력인자로 IRF와 Dissolution rate을 선택하고 Table 1의 범위에서처럼 각 인자들의 범위값을 입력하면서 Goldsim프로그램을 통해 결과값을 계산하였다.

Goldsim의 많은 핵종 중에 생태계로의 선량영향력이 큰 I-129를 선정, PWR과 CANDU 그리고 Reduction FP와 Reduction Metal의 처분시 시간에 따른 Total EBS release를 측정하였다.

2.3.2 Goldsim을 통한 분석

Total EBS release에 대한 결과 분석시 100년부터 10만년까지의 선량이 IRF에 대한 변화에 가장 민감하게 반응하였다. 그래서 100년부터 10만년까지의 IRF변화에 따른 반응을 중점적으로 분석하였으며, IRF 범위 0.03부터 0.1까지에서 0.07을 mean value로 설정하고 각 IRF의 변화량에 맞추어서 선량을 측정, 계산하여 값들 비교하면 분석하였다. 또한 Dissolution rate도 범위를 $1E-5$ 부터 $1E-12$ 까지(mean value: $1E-8$) 천년부터 만년까지의 시간에 따른 선량변화율을 분석하였다.

2.4 분석결과

분석결과 IRF에서는 0.03~0.05, 0.08~0.1까지의 IRF의 변화는 적었지만, 0.08과 0.06구간에서는 변화량이 앞의 구간보다는 가장 크게 나타났다. 그러나 Dissolution rate의 변화에 따른 선량의 변화는 없었다. 그래서 waste type을 PWR과 CANDU를 제외한 Reduction FP, Metal만 선택을 하여 다시 실시하였다. 일반적으로 Dissolution

rate의 변화에 따라 선량의 변화가 이루어질거라고 생각하였지만, 그럼에도 Dissolution rate의 변화에 따른 선량의 변화는 나타나지 않았다. 차후에 이 부분에 대해 다시 분석할 예정이다.

Year	IRF=0.01	IRF=0.02	IRF=0.03	IRF=0.04	IRF=0.05	IRF=0.06	IRF=0.07	IRF=0.08	IRF=0.09	IRF=0.1
1000	1.78E+06	2.69E+06	5.44E+06	1.23E+07	1.91E+07	2.64E+07	3.51E+07	4.58E+07	5.91E+07	7.51E+07
1100	5.18E+06	8.99E+06	1.64E+07	3.48E+07	4.98E+07	6.78E+07	9.25E+07	1.25E+08	1.63E+08	2.13E+08
1200	6.07E+06	1.16E+07	2.21E+07	4.97E+07	6.78E+07	9.25E+07	1.25E+08	1.63E+08	2.13E+08	2.79E+08
1300	8.09E+06	1.59E+07	2.91E+07	6.78E+07	9.25E+07	1.25E+08	1.63E+08	2.13E+08	2.79E+08	3.66E+08
1400	2.98E+06	5.39E+06	1.12E+07	2.52E+07	3.51E+07	4.58E+07	6.05E+07	7.91E+07	1.02E+08	1.31E+08
1500	5.61E+06	1.01E+07	2.00E+07	4.58E+07	6.39E+07	8.78E+07	1.16E+08	1.51E+08	1.94E+08	2.51E+08
1600	1.91E+06	3.69E+06	8.02E+06	1.81E+07	2.52E+07	3.51E+07	4.58E+07	6.05E+07	7.91E+07	1.02E+08
1700	1.94E+07	3.72E+07	8.05E+07	1.84E+08	2.55E+08	3.54E+08	4.63E+08	6.12E+08	7.99E+08	1.04E+09
1800	1.06E+06	1.74E+06	3.19E+06	7.26E+06	1.01E+07	1.36E+07	1.81E+07	2.36E+07	3.11E+07	4.06E+07
1900	1.38E+06	1.78E+06	3.14E+06	7.27E+06	1.01E+07	1.36E+07	1.81E+07	2.36E+07	3.11E+07	4.06E+07
2000	1.39E+06	1.79E+06	3.15E+06	7.28E+06	1.01E+07	1.36E+07	1.81E+07	2.36E+07	3.11E+07	4.06E+07
3000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
4000	1.04E+06	1.39E+06	2.52E+06	5.49E+06	7.59E+06	1.03E+07	1.35E+07	1.76E+07	2.29E+07	2.97E+07
5000	1.01E+06	1.49E+06	2.79E+06	5.84E+06	8.12E+06	1.09E+07	1.44E+07	1.91E+07	2.51E+07	3.26E+07
6000	1.29E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
7000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
8000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
9000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
10000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
11000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
12000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
13000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
14000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
15000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
16000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
17000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
18000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
19000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
20000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
30000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
40000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
50000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
60000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
70000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
80000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
90000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07
100000	1.37E+06	1.62E+06	2.92E+06	6.82E+06	9.56E+06	1.29E+07	1.71E+07	2.22E+07	2.89E+07	3.76E+07

Fig. 1. Summary of dose calculation with varying IRF value

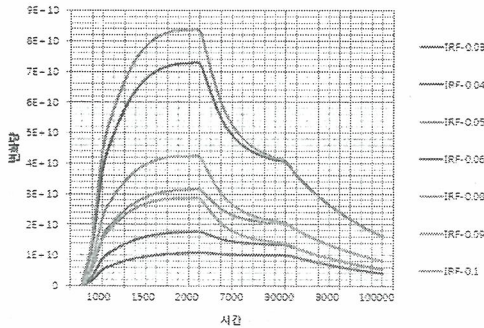


Fig. 2. Total EBS release dose with varying IRF value

3. 결론

지금까지 개발된 Goldsim기반의 폐쇄 후 안전성평가코드를 이용하여 Goldsim에 입력되는 인자에 대한 민감도 분석을 실시하였다. 현재까지는 IRF와 dissolution rate에 대한 민감도분석만 실시하였지만, 꾸준히 Goldsim의 많은 입력인자에 대한 민감도분석을 실시할 계획이다. 또한 선량에 대한 피폭그룹(Farmer dose, Freshwater fisherman dose, Marine fisherman dose)등의 분류 및 분석도 병행할 것이다.

본 연구에 의해 나온 민감도분석 결과는 Goldsim기반의 안전성평가프로그램에 대한 불확실성을 저감시키고 신뢰성을 향상시키는데 도움이 될 거라고 기대된다.

4. 참고문헌

- [1] Goldsim User's Guide Version 9.20, Goldsim Technology Group, 2006.
- [2] Y. S Hwang, Development of a Code for the long term Radiological Safety Assessment of Radioactive Wastes from Advanced Nuclear Fuel Cycle Facilities in Republic of Korea, KAERI/TR-3988/2010, KAERI, 2010.
- [3] Y. S Hwang, C. H Kang, The Development of a Assessment Approach And its Implication on the Advanced Nuclear Fuel Cycle, KAERI, 2010.
- [4] Y. M Lee, Y. S Hwang, A Goldsim Model and a Sensitivity Study for Safety Assessment of a Repository for Disposal of Spent Nuclear Fuel, KAERI/TR-3660/2008, KAERI, 2008.
- [5] Y.M Lee, Y.S Hwang, Development of a Goldsim Biosphere Model, Evaluation, and Its Verification, KAERI/TR-3987/2009, KAERI, 2009.
- [6] Takeshi EBASHI, Y.S HWANG, Y.M LEE, Takao OHI, Shigeru KOO, Application of the Comprehensive Sensitivity Analysis Method to a Korean Geological Disposal Concept, Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 45, NO. 11, p. 1138~1149, 2008.
- [7] S. Kwon, J.W Choi, C.H Kang, Thermal-mechanical sensitivity analysis for the near-field of HLW repository, TUNNEL & UNDERGROUND Vol. 13, No2, 2003, pp. 138-152, J. of Korean Society for Rock Mech, 2003.