

## 처분시설 폐쇄후 잡고체폐기물 기체발생량 비교평가

이선정, 정해룡, 박진백

한국방사성폐기물관리공단, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

silee@krmc.or.kr

### 1. 서론

우리나라를 비롯한 원자력발전소 운영국가들은 현재 원자력 이용에 따른 중저준위 방사성폐기물의 지층처분을 고려하거나 시행 중에 있으며 고준위 폐기물에 대해서도 최종적으로는 처분으로 해결할 수밖에 없는 상황에 있다.

방사성폐기물 처분 후 처분장 내에는 금속부식과 미생물의 유기물 분해에 의한 기체가 발생하게 되며 발생기체는 처분시설 내부의 압력을 증가시켜 처분구조물에 영향을 주거나 지하수 흐름에 영향을 미칠 수도 있다. 이로 인해, 방사성 기체가 유출되면 주변 환경에 방사선적 영향을 줄 수도 있으며 과도한 기체발생 시 화재 및 폭발의 위험성도 배제할 수 없다.

따라서 시간의 경과에 따라 처분장 내에 발생하는 기체의 종류와 양을 규명하고 나아가 발생한 기체가 처분장 및 주변 환경에 미치는 영향을 평가하여 안전한 관리 방안을 뒷받침할 수 있는 근거를 마련하는 것이 중요하다.

GAMMON[1] 모델은 중저준위 방사성폐기물 내에 포함된 유기물질의 미생물 분해 및 금속물질 부식에 의해 발생하는 기체양을 예측하는 도구로 개발되고 활용되어 왔으나 최근에는 이를 보다 단순화 한 SMOGG[2] 모델이 개발되었다. SMOGG 모델은 유기물질의 미생물 분해에 의한 기체발생량 예측에서, 미생물의 성장을 고려하지 않고 입력변수를 극히 단순화하였고 이와 같은 작업이 불확실성이 상존하는 조건에서는 실제 실험결과를 더욱 정확히 예측하는 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서는 GAMMON 및 SMOGG 코드를 이용하여 월성원자력환경관리센터에 처분되는 잡고체 방사성폐기물로부터 폐쇄 후 발생하는 기체양을 예측하기 위한 기체발생 모델링을 수행하고 각각의 장단점 및 결과에 대해 비교분석 하여 국내 처분시설에 대한 적용성을 평가하고자 한다.

### 2. 본론

기체발생량 예측프로그램 각각에 대한 장단점을 Table 1에 기술하였다. Table 1에서는 GAMMON과 SMOGG 코드에 의한 기체발생량 예측을 위하여 일반잡고체(200L) 폐기물을 대상으로 하였고, 사용된 주요 입력 변수는 Table 2와 같으며 모든 패키지에 대한 공통자료는 “중저준위 방폐물 처분장 안전성분석보고서”를 근거로 하였다.

Table 1. Comparison between GAMMON and SMOGG

프로그램	장점	단점
GAMMON	<ul style="list-style-type: none"> <li>셀룰로즈의 혐기성 분해 반응을 자세히 반영함</li> <li>pH 조절 기능 (콘크리트의 영향 반영 가능)</li> <li>금속 형태에 따른 부식특성 반영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unix 기반의 프로그램으로 사용이 번거로움</li> <li>방사분해에 의한 기체발생량 계산 못함</li> <li>셀룰로즈 분해반응에 대한 입력변수 값 검증 불가능</li> <li>금속 부식반응에서 Zircaloy, Uranium 반응 불가능</li> </ul>
SMOGG	<ul style="list-style-type: none"> <li>입력창이 엑셀형태로 되어 사용이 용이함</li> <li>방사분해 계산 가능</li> <li>알칼리 조건에서 셀룰로즈의 분해경로 설정</li> <li>다양한 금속의 부식 반응 설정</li> <li>금속 형태에 따른 부식특성 반영</li> <li>라돈가스 생성량 예측가능</li> <li>반응초기의 CO<sub>2</sub>와 시멘트의 반응 계산</li> <li>사용후핵연료의 운반, 저장 시 기체발생량 예측가능</li> <li>금속부식에 따른 방사성기체 발생량 예측가능</li> <li>금속내에 존재하는 방사능기체 성분의 확산에 의한 배출 예측가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>셀룰로즈 혐기성 분해반응을 동력학모델을 이용하여 설명함 → 단순화 함</li> <li>CO<sub>2</sub>와 시멘트 반응에 대한 불확실성 야기</li> </ul>

일반 압고체 폐기물 드럼 당 발생하는 수소기체의 10,000년 누적 발생량은 Table 3과 같으며 발생량의 대부분을 차지하는 수소기체에 대한 누적 발생량 비교는 Fig. 1과 같다.

Table 2. Parameters in GAMMON and SMOGG calculations

입력 변수		단위	비고
water inflow rate	0.007	$m^3 y^{-1} m^{-3}$	
backfill mass	0	kg	
porosity	0.49	$m^3$	
initial plate thickness	0.0012	m	
corrosion rate	1.0E-05	$my^{-1}$	acute, chronic 동일 적용
initial nitrate	0.0	mol	
initial sulphate	7.832E-04	mol	

Table 3. Gas production cumulative amount (10,000years)

구분	$H_2 (m^3)$
GAMMON	3.48E+01
SMOGG	3.80E+01

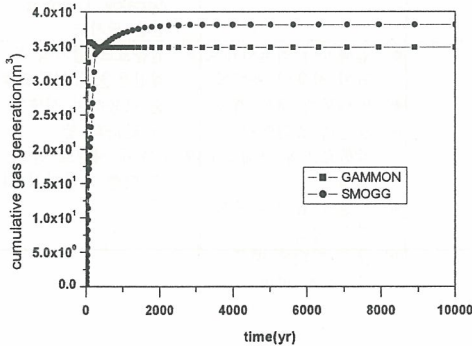


Fig. 1. Comparison gas generation for  $H_2$  : GAMMON and SMOGG

### 3. 결론

본 연구는 월성원자력환경관리센터에 처분되는 압고체 방사성폐기물로부터 폐쇄 후 발생하는 기체양을 예측하기 위하여 GAMMON 및 SMOGG 코드를 이용하여 기체발생 모델링을 수행하였다.

두 코드를 사용하여 기체발생량을 평가한 결과,

발생량의 대부분을 차지하는 수소기체의 경우 10,000년을 기준으로 하였을 때 매우 유사한 발생량과 발생경향을 보였다. 그러나 GAMMON 모델에서는 유기물질의 미생물 분해에 관여할 것으로 예측되는 8가지 종류의 미생물에 대하여 수율, 성장계수, 사멸계수 등의 입력변수를 활용하여 유기물질 분해에 의해 발생하는 기체양을 예측하나, 미생물 성장과 관련한 모델링 입력자료를 배제한 SMOGG 모델 결과와 전체 기체발생량에는 큰 영향이 없음을 확인할 수 있었다. 이는 기체발생이 유기물질분해 및 방사분해 보다는 금속부식에 크게 의존하기 때문인 것으로 판단된다.

미생물 관련 입력변수를 단순화하여 코드활용이 용이하고, 또한 폐기물의 방사분해를 적용하기 위해서는 MAXH2와 같은 별도의 코드를 추가해야 하는 GAMMON 보다는 SMOGG를 처분시설 기체발생량 평가에 활용하는 것이 보다 효율적이다.

실제 처분시설에는 압고체 폐기물을 비롯하여 다양한 종류의 폐기물이 처분되게 되므로 향후에는 처분시설 안전성 평가에 SMOGG 코드를 이용한 신뢰성 있는 기체발생량 평가를 위해 폐쇄후 포화시점, 뒤채움재 양, 물질 및 방사선 형태에 따른 폐기물의 G값, 폐기물의 성분 등에 대한 정확한 자료를 확보하는 것이 중요하다.

### 4. 참고문헌

- [1] Nirex Science Report, GAMMON(Version 1A) : A computer programme addressing gas generation in radioactive waste repositories, 1997
- [2] Serco, SMOGG ver. 5 User Guide, 2009