

국내 잡고체폐기물 기체발생 실증실험장치 설계 및 구축

이선정, 박진백, 김주열*, 김석훈*

한국방사성폐기물관리공단, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

*(주) 미래와 도전, 경기도 용인시 기흥구 공세동 705-5

sjlee@krmc.or.kr

1. 서 론

국내 중·저준위 방사성폐기물을 위해 현재 경주시 양북면에 처분시설 부지를 확보하고, 총 100만 드럼 규모로 월성원자력환경관리센터를 건설하고 있다.

해당 시설은 지하수 포화대에 위치하기 때문에 지하처분시설로 분류되며, 주위 암반과 지하수의 지화학 조건에 따라 폐쇄후 처분안전성에 영향을 받게 된다. 폐쇄후 처분환경에서는 금속 부식, 미생물에 의한 유기물질 분해, 방사분해 등에 의해 수소, 메탄, 이산화탄소 등의 기체가 생성될 것으로 추정된다. 이러한 발생기체는 처분시설 내부 압력변화를 초래하며 지하수 유출 및 핵종의 이동을 가속화시키고, 지하암반 균열을 통해 인간과 환경에 대한 방사선평폭을 야기할 수 있다.

기체발생은 폐기물의 특성과 처분환경에 영향을 받으므로 방사성폐기물 처분 후 처분장 내에서 발생하는 기체의 종류와 발생특성을 규명하고 나아가 발생된 기체의 종합관리방안을 수립하기 위해서는 실제 처분환경을 고려한 장기간의 실증실험이 반드시 필요하다.

본 연구에서는 월성원자력환경관리센터에 처분되는 다양한 잡고체 방사성폐기물로부터 폐쇄 후 발생하는 기체의 종합관리방안 수립을 위하여, 실증 실험시설의 현장부지 설치를 통한 기체발생현상 실증 실험의 실험장치 설계 및 구축에 관한 개요를 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실증장치

기체발생 실증실험장치(이하 실증장치)는 현재 굴착 중인 처분동굴 내에 설치될 예정이다. 잡고체 폐기물은 실제 발전소 등에서 발생하는 것과 동일한 유형의 200L 및 320L의 철재 드럼을 사용하여 각각 16-pack과 9-pack의 콘크리트 용기에 장착된 후 약 24×15m (9-pack) 및 27×15m (16-pack)의 철재 탱크 내로 들어가게 된다. 실험은 철재탱크 내부에 지

하수를 채운 상태로 수행되므로, 철재탱크는 적어도 10년간 실증장치의 구조적 건전성을 유지하기위해 ASME 코드를 준수하는 스테인레스강을 사용한다.

또한, 제어장치는 실증장치 내부의 수위조절 및 발생기체 유량 측정을 위하여 실증장치 상부에 별도로 설치하며, 육안 검사를 위하여 실증장치 양쪽 측면에 창을 설치하되 빛에 의한 미생물 활동 증가를 방지하기 위하여 덮개를 설치한다.

실증장치 내부는 실제 지하수 조건과 미생물 조건을 충족시키기 위하여 주변 지하수를 이용한다. 처분부지 주변 지하수의 기본자료는 Table 1에서 보여지는 바와 같다.

Table 1. The analysis results of borehole groundwater in the repository site of Gyeongju

Sample No.	SS-6-1	SS-6-2	SS-6-3
Sampling Date	'09.08.12	'09.08.12	'09.12.28
Depth [m]	GL	-133~-214	-133~-214
	EL	-80~-161	-80~-161
Temperature [°C]	18.7	18.7	13.6
pH	8.0	8.0	7.8
ORP [mV]	-137	-137	-
EC [μ S/cm]	145	145	172
DO [mg/L]	0.02	0.02	0.02
TDS [mg/L]	140	139	127

- GL: Ground Level
- EL: Elevation Level
- ORP: Oxidation-Reduction Potential
- EC: Electrical Conductivity
- DO: Dissolved Oxygen
- TDS: Total Dissolved Solids

2.2 잡고체 폐기물

본 연구에서는 실제로 처분될 잡고체 폐기물을 기준으로 시험하는 것이 주요 사항이므로 잡고체 조성 중 처분대상이 아니거나 가스발생 모사시험에 큰 영향을 미치지 않는 폐기물은 제외하고 조성을 결정하는 것이 효율적이다.

모의 잡고체 폐기물은 잡고체폐기물의 발생량 비교결과 원자력발전소의 폐기물량이 전체의 64%를 차지하므로 이를 기준데이터로 활용하여 대표조성으

로 사용하는 것이 타당하다고 판단된다. 또한 폐기물의 인수기준의 규정사항을 준수하여 설정한 모의 잡고체 폐기물 조성 산출은 Table 2와 같다.

Table 2. The composition of DAW(Dry Active Waste)

잡고체	발생량 (kg)	구성비 (%)	무게(kg)/드럼*	
가연성	고무류	22,995	4.4	6.5
	면류	67,207	12.8	19.0
	목재류	7,717	1.58	2.2
	비닐류	122,259	23.2	34.5
	플라스틱	15,977	3.0	4.5
	종이류	97,693	18.6	27.6
	활성탄	12,437	2.4	3.5
	소계	346,285	67.0	97.8
비가연성	유리류	6,298	1.2	1.8
	철재류	155,915	30.2	44
	콘크리트	8,484	1.6	2.4
	소계	206,546	33.0	48.2
합계	552,831	100.0	146.0	

* 발생비(%) × 146.0 kg/drum

2.3 실시간 모니터링 시스템

본 연구의 주요 목표는 실증장치 내에서 금속 부식, 미생물 분해, 방사분해 등에 의해 발생하는 수소, 이산화탄소, 메탄 등의 기체 혼합물량을 측정하는 것이며, 그 양은 상당히 적을 것으로 예상된다.

적은 기체유량 측정이 가능한 관류형 유량계에 의한 직접측정 방식과 Beaubien et. al.[1]에 의해 보고된 간접측정 방식을 함께 적용하였다. 간접측정방식은 Fig. 1과 같이 3-way 솔레노이드 밸브, bulb, 압력 변환기, 통풍기로 구성되며, 두 방식을 혼합 적용함으로써 모니터링의 연속성과 상호 측정이 가능하도록 하였다.

액체시료는 펌프 작동에 의한 탱크내부 온도 증가를 방지하기위하여 직접 샘플링 분석으로 하였다.

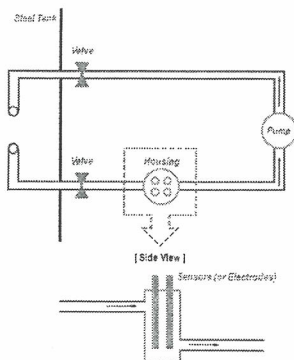


Fig. 1. A schematic design of the on-line measurement system for water chemical parameters.

2.4 샘플분석 시스템

실험에서 생성되는 기체는 Table 3과 같은 주기로 수집되어 분석할 예정이며, 액체 시료에서의 화학조성은 Table 4와 같은 주기로 분석될 예정이다.

Table 3. The pre-arranged frequency of determining compositional variation of the gas generated

Gas	Period
CH ₄ , CO ₂ , H ₂ , O ₂ , N ₂	2-month
H ₂ S, C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆	1-year

Table 4. The planned frequency of determining the water chemical parameters

Items	Period
pH, ORP, EC, DO	1- or 2-week
Temperature	
Cations and anions	3-month
Alkalinity	
DOC and DIC	
Microbe populations	

2.5 실험 프로그램

실험 프로그램은 다음과 같은 세단계로 요약된다.

- 설계
 - 개념 설계
 - 상세 설계
- 설치
 - 현장 조사
 - 현장에 대한 적합성 검토
 - 구성 및 배치 결정
 - 현장 설치
- 모니터링
 - 접속 개시
 - 온라인 측정
 - 기체 및 액체시료의 분석
 - 측정값과 코딩값을 사용한 비교 분석

3. 결 론

본 연구는 월성원자력환경관리센터에 처분되는 잡고체 방사성폐기물로부터 폐쇄 후 발생하는 기체양을 예측하기 위하여 수행중인 연구의 일환으로 실제 처분장 환경에서의 실증실험이다.

실험 수행기간 동안 발생된 기체의 생성률 및 구성요소가 모니터링 될 것이며 모니터링 결과는 컴퓨터 모델링을 통해 예측된 값과 비교 분석할 것이다.

4. 참고문헌

[1] A. Beaubien, C. Jolicoeur, and J. F. Alary, Automated High Sensitivity Gas Metering System for Biological Processes, Biotechnology and Bioengineering, 32, pp.105~109, 1988.