

중·저준위 방사성폐기물 기체발생 실증실험연구

이선정, 박병철, 박진백

한국방사성폐기물관리공단, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

silee@krmc.or.kr

1. 서론

우리나라는 총 20기의 원자력 발전소를 보유하고 있는 세계 6위의 원자력 강국으로, 원전이 전체 전력생산량의 40%이상을 차지하고 있음에도 불구하고 최근까지 방사성폐기물 관리시설을 보유하지 못하고 임시저장시설에서 관리하는 실정이었다. 그러나 '05년 11월 경주시 양북면에 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 부지를 확보하였고, 월성 원자력환경관리센터에 대한 건설 및 운영허가에 따라 1단계에서 10만 드럼 규모의 사일로 처분방식으로 건설이 진행 중에 있으며, 단계적으로 증설하여 총 80만 드럼규모로 건설할 예정이다. 원자력발전소의 운영에서 발생되는 중·저준위 방사성폐기물의 경우 전체 운영폐기물 중 잡고체폐기물(DAW: Dry Active Waste/200L 및 320L제포장 드럼)이 차지하는 비율은 59% (44,044개 드럼)로 가장 많이 발생하고 있으며, 한국원자력연구원(KAERI)에서 발생되는 중저준위 방사성폐기물 중 잡고체의 비율은 92.96% (15,213드럼/16,366드럼), 그리고 한전원자력연료(주)에서 발생하는 잡고체 폐기물은 98.86% (5,569 드럼/총 5633드럼)에 달한다. 월성원자력환경관리센터에 처분되는 잡고체 폐기물은 모두 철제드럼으로 포장되며, 다양한 유기물질을 함유하고 있어 처분시설 폐쇄 후(지하수 포화이후) 다음과 같은 다양한 방사성 또는 비방사성 기체가 발생하게 된다.

- 금속용기의 부식 및 플라스틱류의 방사분해에 의한 수소의 발생,
- 유기물질(셀룰로오즈)의 가수분해 및 미생물 분해에 의한 수소, 이산화탄소, 메탄의 생성,
- 물 및 수용액, 폐수지를 포함한 유기물 방사분해에 의한 수소의 발생 등

대부분의 기체는 금속류의 부식에 의한 수소가스인데, 특히 처분시설 폐쇄 후 초기에 수소가스의 발생량이 증가하여 사일로 내부 가스압이 상승할 것으로 판단되며, 이러한 내용은 처분시설 건설 및 운영 인허가 과정에서 폐쇄 후 안전성평가 시나리오 중 정상시나리오로 구분되어 적용되었다. 월성원자력환경관리센터에 대한 건설 및 운영허가 발급('08.7.31) 시 규제기관인 교육과학기술부에서는 인허가 후속조치를 통하여 시스템 특성을 고려한 기체발생 및 이동현상에 대한 재평가를 수행하고 이를 통한 처분안전성의 불확실성 저감 및 안전성증진을 허가조건으로 제시하였다. 따라서, 본 연구에서는 월성원자력환경관리센터에 처분되는 다양한 잡고체 방사성폐기물로부터 폐쇄 후 발생하는 기체의 종합관리방안 수립을 위하여, 실증 실험시설의 현장부지 설치를 통한 기체발생현상 실증실험연구, 기체발생 및 기체이동현상 모델링 및 기체배기시스템 개발을 연계하여 수행하고자 한다.

2. 방법 및 결과

월성원자력환경관리센터에 설치할 현장부지 기체발생 실증실험시설의 기본 개념 및 모니터링 방법/항목은 그림 1 및 표 1과 같다. 또한, 월성원자력환경관리센터의 폐쇄 후 개별 사일로 내부에 처분된 잡고체 폐기물에서 발생된 기체가 콘크리트 사일로의 기체배출시스템을 통하여 주변 암반으로 이동되는 현상에 대한 모델링을 수행하여 사일로의 처분안전성을 평가하고자 한다. 현재 건설되고 있는 월성원자력환경관리센터의 사일로의 기체 배출 시스템이 설치되지 않을 경우, 사일로 내부의 기체압이 상승하여 지하수 수위가 내려가고 궁극적으로는 사일로 방벽 및 주위 암반에 단열이 발생하여 핵종유출이 가속화 된다. 이와 같은 손상을 방지하기 위하여, 콘크리트 사일로는 내부의 두 곳에 사일로 내부에서 발생하는 기체를 배출하기 위한 시스템 설치를 고려하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 사일로 내부의 기체발생량 측정을 위한 실증 실험뿐만 아니라, 사일로 내부에서 발생된 기체를 외부로 효과적으로 배출하기 위한 기체배출시스템의 개념설계 및 상세 설계 방안을 도출하고자 한다. 또한, 사일로 외부로 배출된 기체가 암반의 단열대를 통해 원계로 이동하는 현상을 전산 코드를 이용하여 시뮬레이션 하고자 하며, 이를 현장부지 실증실험을 통해 검증하고자 한다.

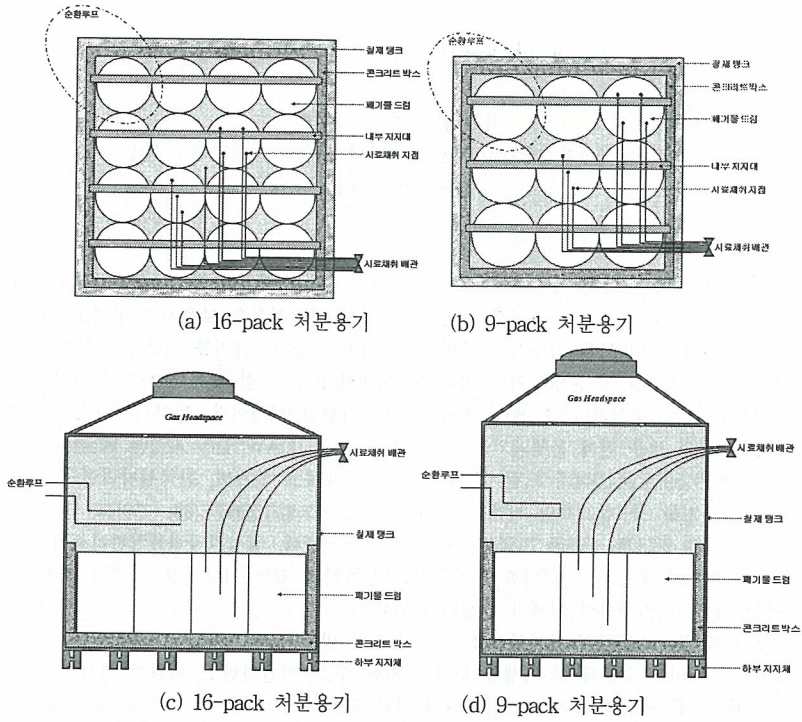


그림 1. 기체발생 실증실험시설의 평면도 및 측면도 (16-pack 및 9-pack 처분용기 별도)

표 1. 기체발생 실증실험시설 모니터링 항목(안)

모니터링 방법	모니터링 항목	세부항목
온라인	기체 발생량	● 16드럼 및 9드럼 별도
	지하수 성분	● pH, Eh, 전기전도도, 용존산소
샘플링	기체 조성	● GC 이용
	지하수 이온	● Ca ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ , Fe ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , HS ⁻ , 알칼리도
	지하수 성분	● DOC, 유기산
	미생물	● 고체시료 ● Total anaerobic, NO ₃ ⁻ -reducing, SO ₄ ²⁻ -reducing, alkalophilic, methanogenic microorganisms

3. 결론

본 연구는 국내에서 발생하는 다양한 잡고체 폐기물이 처분되어 폐쇄 후 발생하는 기체에 대한 최초의 실증실험이다. 월성원자력환경관리센터에 처분된 방사성폐기물이 알려진 다양한 기체발생 메커니즘들에 의해 기체가 발생할 것으로 예상되며, 기체의 종합관리방안 마련을 통해 처분시설 폐쇄후 안전성확보에 기여할 수 있다. 기체발생량 예측은 전체 중·저준위 방사성폐기물의 약 60% 이상을 차지하는 잡고체 폐기물에서 주로 발생하므로, 실제 현장부지의 폐쇄 후 환경 하에서 실증실험을 통하여 측정되어야 한다. 발생한 기체는 처분시설에 축적되어 공학적방벽에 균열을 야기하고, 이를 통해 핵종 이동이 가속화 된다. 처분장 환경에서 기체 발생은 처분되는 방사성폐기물의 조성 및 주변 지화학과 밀접한 관련이 있다. 따라서, 정확한 기체 발생률 및 기체 조성을 파악하기 위해서는 경주 처분장 현장 부지에서의 실증실험이 필수적으로 요구된다. 본 연구결과는 월성원자력환경관리센터 건설 및 운영허가 후속조치에 활용하여 처분시설 안전성에 대한 불확실성 저감에 기여하며, 단계 증설시, 인허가 기술로 활용할 수 있다. 또한 동 기술은 향후 추진 예정인 사용후연료 중간저장 혹은 고준위 방사성폐기물 처분시설의 폐쇄 후 안전성평가에 활용이 가능하다.