

국의 중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 기체배출시스템 현황 분석

하계철, 정해룡, 김주엽*, 김주열*

한국방사성폐기물관리공단, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

* (주)미래와도전, 경기도 용인시 기흥구 탑실로 46

jcha@krmc.or.kr

1. 서론

2012년 3월 현재 국내 중·저준위 방사성폐기물 처분시설이 건설 중이며, 이는 지하 80~130 m의 대수층에 위치한다. 폐쇄 이후 처분시설은 지하수로 포화되어, 다양한 기체가 발생될 것으로 예상된다. 사일로 내부에서 발생된 기체는 사일로 상부로 이동하게 되며, 그로 인해 사일로 내부의 압력이 상승하게 된다. 따라서 공학적방벽의 건전성이 저하될 수 있으므로, 사일로 내부의 기체 축적을 방지할 수 있는 효과적인 기체배출시스템 개발이 요구된다. 본 연구에서는 국내 처분시설 특성에 맞는 기체배출시스템 개발을 위한 기초자료를 확보하기 위해 우리나라와 유사한 동굴처분방식 개념을 적용한 스웨덴, 핀란드 및 스위스의 기체배출시스템을 분석하였다.

2. 본론

2.1 스웨덴

스웨덴의 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 SFRI은 해수면으로부터 지하 60 m에 위치한다. 폐기물 종류에 따라 사일로, BMA, BTF 및 BLA 구역으로 구성되며, 본 연구에서는 국내 처분개념과 동일한 사일로만을 다룬다.

사일로는 실린더 형태의 암반 동굴 바닥에 모래 및 벤토나이트 층을 깔고 높이 53 m, 직경 26 m, 두께 0.8 m인 실린더 형태의 콘크리트 방벽을 세워 형성된다. 폐기물 처분용기 사이는 다공성 시멘트 모르타르로 채워지며, 폐기물로 채워진 이후 사일로 상부에는 콘크리트 덮개가 설치된다. 콘크리트 덮개에는 모래로 채워진 기체배출 파이프가 설치되며, 사일로 내부에서 발생된 기체는 이 파이프를 통해 상부의 모래/벤토나이트 층으로 이동한다. 기체가 모래/벤토나이트 층 내부에 50 kPa 이상 축적될 경우, 이 층을 통과하여 기반암 또는 콘크리트 플러그를 통해 외부로 배출된다.

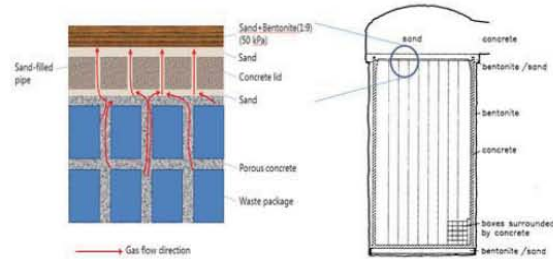


Fig. 1. 사일로 폐쇄시 상부 및 기체이동 경로 개념 (스웨덴).

2.2 핀란드

1992년부터 울킬루오토 원전 부지 내에서 운영 중인 핀란드 VLJ 처분시설은 지하 60~100 m에 위치하며, 사일로, 운영터널 및 수직구로 구성된다. 중준위 폐기물 드럼은 콘크리트 처분용기에 포장되어, 강화 콘크리트 사일로에 처분된다. 사일리와 기반암 사이는 폐쇄시 쇄석으로 채워진다. 저준위 폐기물 드럼은 슛크리트로 도포된 사일로에 처분된다.

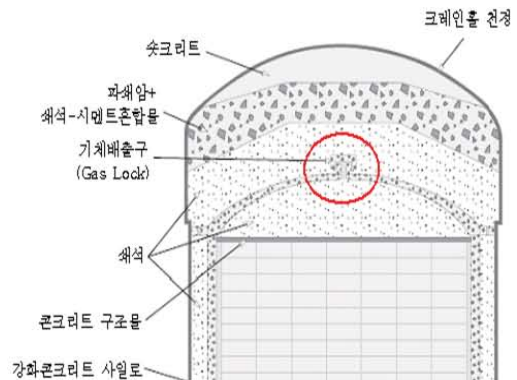


Fig. 2. VLJ 처분시설 사일로 폐쇄시 개념 (핀란드).

사일로 덮개는 두께 25 cm의 콘크리트로 구성되며, 그 위로 돔형 덮개가 설치된다. 사일로 덮개와 돔형 덮개 사이는 폐쇄시 쇄석으로 채워지며, 폐기물 처분용기와 주변 암벽 사이 또한 폐쇄시 쇄석으로 채워진다. 사일로 벽의 재료는 SRPC (Sulfate-Resistant Portland Cement) 및 분쇄된

화강암 쇄석으로 구성된다. 폐쇄후 발생된 기체는 사일로 벽 상부와 연결된 콘크리트 돔을 통해 중심부로 모이게 되며, 돔형 덮개에 별도로 설치된 기체배출구(Gas Lock)를 통해 배출된다.

2.3 스위스

스위스는 중·저준위 폐기물 처분시설로 동굴 처분 개념을 도입하여 현재 부지 선정단계에 있으며, Opalinus 점토층의 지하 300~400 m에 건설 예정이다. 우리나라의 사일로 방식과 달리 수평 처분터널 방식을 채택하였으며, 7개의 처분터널, 운영터널, 수직구 등으로 구성된다. 처분용기는 단면적 약 11.0×13.2 m, 길이 200 m의 처분터널에 처분된다. 처분터널 내부는 시멘트질 모르타르로 채워진다.

처분터널에서 발생된 기체는 운영터널 뿐만 아니라, 연결터널 및 주변 기반암을 통한 배출 가능성도 있다. Nagra는 밀봉재, 플러그 및 채움재로 구성된 EGTS(Engineered Gas Transport System) 개념을 도입하였다. 폐쇄후 운영터널은 모래/벤토나이트(80/20 wt%)로 채워지며, 접근터널과 운영터널은 밀봉재와 플러그로 각각 밀봉된다.

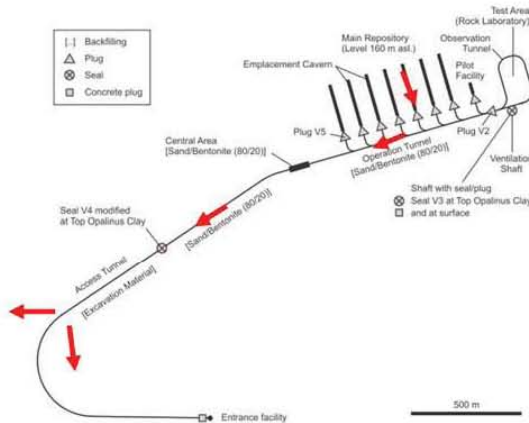


Fig. 3 중·저준위 처분장 설계 평면도 및 가스이동 경로(스위스).

3. 결론

기체배출시스템 개발에 앞서 국내 처분시설 특성에 맞는 기체배출시스템 개발에 필요한 기초자료를 확보하기 위해 국외의 기체배출시스템을 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

스웨덴, 핀란드 및 스위스는 중·저준위 방사성폐기물 처분방식으로 동굴처분을 채택하였다. 특히 그

중 사일로 처분을 채택한 스웨덴과 핀란드를 국내 처분시설의 벤치마크로 활용할 수 있다. 그러나 국내 처분시설의 사일로는 상부를 포함한 모든 면이 콘크리트 방벽으로 밀폐된 반면, 스웨덴과 핀란드의 사일로는 상부에 별도의 기체배출 통로가 존재한다. 따라서 이러한 차이점을 감안하여 사일로 상부에 별도의 기체배출 경로를 고려해야 하며, 유일한 통로인 운영터널과의 연결부에 기체배출시스템을 설계하는 것이 바람직하다. 한편 스위스의 처분개념은 수평동굴 방식으로 우리나라의 처분방식과는 다소 차이가 있으나, 터널의 채움재, 밀봉재 및 플러그 설계를 운영터널 기체배출 설계에 참조할 수 있다.

국내 처분장에 적합한 기체배출시스템 개발을 위해서는, 위와 같은 국외 사례들을 고려함과 동시에 사일로 내부의 기체압력 변화 실증실험을 통한 시스템 적합성과 모델링을 통한 신뢰성이 동시에 수반되어야 한다.

4. 감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(20111720100010)

5. 참고문헌

- [1] NAGRA, "Effects of Post-Disposal Gas Generation in a Repository for Low- and Intermediate-Level Waste sited in the Opalinus Clay of Northern Switzerland," NAGRA Report, TR 08-07 (2008).
- [2] Svensk Kärnbränslehantering AB, "Safety analysis SFR 1: Long-term safety," SKB R-08-130, SKB (2008).
- [3] Lars Olof Höghlund and Kemakta Konsult AB, "Project SAFE: Modelling of long-term concrete degradation processes in the Swedish SFR repository," SKB R-01-08, SKB (2001).
- [4] 한국수력원자력(주) 원자력발전기술원 처분안 전평가팀, "중·저준위 방사성폐기물 처분장 폐쇄 안전성 향상을 위한 타당성조사 연구 최종보고서," 한국수력원자력(주) (2008).
- [5] Posiva Oy, "Nuclear Waste Management of the Olkiluoto and Loviisa Power Plants, Summary of the activities during 2009," Posiva (2009).