천층처분방식 선정에 있어 토목 및 구조 설계 측면의 고찰

김영기, 최철순, 이병식, 이용호
한국전력기술, 경기도 용인시 구성읍 마북리 360-9

1. 배경

- 처분 방식은 처분장 부지의 지질 및 기후학적 특성, 폐기물 특성, 인공방벽 설계특성, 안전성에서의 목표, 지역주민의 수용성 등을 종합적으로 반영하여 결정되어야 함.
- 우리나라의 처분환경은 해외의 처분 환경과 상당한 차이가 있으므로, 우리나라 현실에 적합한 처분시설 개념의 개발이 필요함.
- 보 소고에서는 인공방벽 설계 관점에서 천층처분방식 선정에 대한 고찰을 하고자함.

2. 각종 천층처분방식의 비교

방식	특징	지하수 접촉 방지	내진 성능	배수 성능	침식 방호	복구 및 복원 성능
AGV (지상형)	지표면 상부에 처분고 및 덮개를 건설함.	양호	취약	양호	불리	양호
EMV (중간형)	처분고 일부가 지중에 위치하며, 덮개는 지표면 상부에 부분적으로 노출됨	중간	중간	중간	중간	중간
BGV (지중형)	처분고가 지중에 위치하여 덮개 상부가 지표면과 거의 일치함	불리	양호	불리	양호	불리

3. 해외 국가별 방사성폐기물 천층처분 특성

- 미국 뉴욕주 개념설계
  - 콘크리트 인공방벽이 보강된 지상천층처분방식(AGV) 적용
  - 콘크리트 인공방벽의 내구성보완을 위하여 운영 중에는 단열 처리된 철골구조물 내부에 처분고를 건설하도록 하였음.
- 프랑스 l'Aube 처분장
  - 지반에 두꺼운 점토층이 발달하여 대수층으로 오염물질 확산방지에 매우 유리한 지질특성을 갖고 있음. 점토층 상부에는 1~2m 두께의 모래층이 있어 지하수를 신속히 배수할 수 있도록 하고 있음. 지하수위는 높지 않으며, 부지의 지진에 대한 위험성은 매우 낮음.
  - 지상천층처분방식(AGV)을 채택하였으며, 투수성이 매우 낮은 특수 혼합시멘트를 적용하여 처분고를 건설하였으며, 설계수명 300년을 목표로 건설하였음.
- 일본 로카쇼 처분장
  - 핵관련 시설이 밀집하여 있는 로카쇼의 해안가 평지에 부지가 위치하고 있으며, 국가 특성상 지진재해도가 상대적으로 높음. 처분고는 퇴적암반상에 위치하고 있음.
  - 처분고 형식은 내진성능이 매우 좋은 지중천층처분(BGV)방식으로서 처분고가 지하수위

하부에 위치하고 있음. 지하수의 처분고 침투를 제한하기 위하여 외부 뒷채움재를 적용하였으며 지하외벽은 내부에 다공질 콘크리트 배수층이 있는 2중벽 형식을 적용하였음.

4. 우리나라의 처분환경에 대한 고찰
   - 지질 특성
     - 부지가 해안가나 도서로서 지형특성상 지하수위가 높을 것으로 예상되며, 처분고 내구성에 영향을 미치는 염화물 및 황산염 농도 등이 상대적으로 높을 것으로 판단됨. 또한 지구온난화로 인한 해수면 상승 영향을 받을 것으로 예측됨.
     - 지질특성은 프랑스와 같이 양호한 점토층이 광범위하게 발달한 부지확보는 어려울 것으로 판단됨. 지진에 대한 위험성은 높지 않으나, 지진 발생빈도가 증가추세임.
   - 기후 특성
     - 연평균 강우량이 1,000~1,800mm 정도이며, 일일 최대 강우량이 지역에 따라 700mm에 육박함. 뚜렷한 4계절로 구분되어 콘크리트 구조물의 내구성 확보에 불리한 여건임.
   - 규제 특성
     - 대중에 대한 연평균 허용선량이 1 mrem으로서 타 국가에 비하여 매우 엄격하게 규제되고 있음. 또한 대중의 처분시설에 대한 수용성이 매우 낮음.

5. 우리나라의 천층처분방식에 대한 검토
   - 안정성 확보에 가장 중요한 인자는 물과 폐기물의 접촉을 최소화하는 것임. 따라서 우리나라의 처분부지 특성상 지하수위가 높을 것으로 예상되나, 지진 재해 위험성이 그다지 높지 않은 점을 고려할 때 지상천층처분방식(AGV)이 가장 유리한 것으로 판단됨.
   - 그러나 우리나라 기후 특성상 일정시기에 집중적인 강우가 발생하며 그 발생빈도 추세가 점점 증가하고 있는 점을 고려할 때, 침식방호를 위한 별도의 대책이 요구됨. 침식방호 방안으로 덮개의 최상부 표토층 직하부에 암석토대(Rock Rip-Rap) 등을 설치하여 침식방호 성능을 크게 높이는 방안이 있음.
   - 또한 해안가에 콘크리트 구조물이 위치하고, 또한 동결융해로 인하여 처분구조물 내구성 확보에 어려움이 있을 수 있으며, 안전성 규제요건이 타 국가에 비하여 매우 엄격한 점 등을 고려할 때 처분고에 2중방벽 콘크리트 구조물 또는 Modular Pack 형식 처분고 적용 등을 검토하여야 할 것으로 판단됨.

6. 향후 과제
   - 토목/구조 설계 관점에서 천층처분방식 선정과 관련하여 정성적 검토를 하였으나, 향후 이것을 구체화하기 위해서는 각종 설계대안에 대한 정량적평가 및 선정기준이 요구됨.
   - 각종 처분방식에 대한 정량적 평가를 위해서는 예상부지 특성에 대한 검토와 더불어 각종 인공방벽 재료의 개발 및 성능평가, 지표수 배수, 지하수 차수 등 부지의 제약요건을 극복하기 위한 해석 및 설계기술의 타당성에 대한 심도 있는 분석이 선행되어야 함.
   - 선정된 처분방식에 대한 성능 실증이 필요하며, 이를 위하여 인공방벽 재료 및 시설 특성 등의 성능시험을 위한 종합계획을 작성, 체계적으로 실증시험을 추진할 필요가 있음.