

심지층처분장에서의 다중 방사선원항 고려 방안 연구

Consideration of Multiple Source Terms in a Deep Geological Repository

조동건·정종태

1. 서 론

한국원자력연구원에서 개발한 파이로폐기물 처분장은 심도가 다른 두 개의 지층에 금속폐기물과 세라믹폐기물을 각각 격리하기 위한 두 개의 처분시스템으로 구성되어 있다. 금속폐기물은 두 개의 터널에 모두 수용되며, 세라믹폐기물은 약 250개의 처분공, 8개의 터널에 모두 정치된다. 같은 심도에 처분되는 폐기물일지라도 형태는 같지만, 각 처분공별로 방사선원항은 각기 다르다. 따라서 심지층 처분장에 격리되는 폐기물은 처분공 위치별로 방사선원항이 각기 다르게 된다. 이와 같은 특성은 사용후핵연료 직접처분을 위한 심층처분장의 경우에도 동일하다.

처분안전성 평가를 위한 모델 개발시 앞서와 같은 특성을 반영해야 하나, 현재까지는 이의 적용이 쉽지 않고, 보수적인 결과를 도출하기 위해 MWCF(Major Water Conducting Feature)까지 최단 거리에 위치한 처분공을 기준으로 모든 처분공이 이 위치에 존재하며, 모든 처분공에는 동일한 방사선원 재고량이 존재한다고 가정하고 안전성 평가 코드를 개발하였다.

본 연구에서는 앞서 언급한 것과 같이 실제 상황을 고려하여 처분공 격자 배치와 각기 다른 방사선원항을 처분공별로 고려할 수 있는 방안을 모색하고 제시하였다.

2. A-KRS 처분장

2.1 국내 사용후핵연료 현황

그림 1은 국내 가압경수로에서 발생한 사용후핵연료에 대한 ²³⁵U 초기농축도 및 방출연소도와 물량과의 상관관계를 나타낸다[1]. 그림에서 보는 바와

같이, 국내에서 발생·저장 되어 있는 사용후핵연료는 초기농축도, 방출연소도, 냉각기간이 다양하므로 이를 수용하는 처분용기, 즉, 처분공에 배치되는 방사선원항도 모두 다른 특성을 갖고 있다.

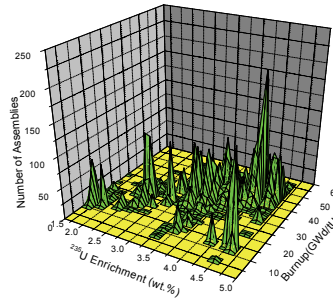


그림 1. 사용후핵연료의 ²³⁵U 초기농축도, 연소도, 물량 분포

2.2 A-KRS 처분장

그림 2는 선진핵주기에서 발생하는 파이로폐기물을 수용하기 위한 A-KRS 처분시스템의 배치도이다. 그림에서 보는 바와 같이, 처분장은 복층 구조로서 200m 심도에는 방사능준위가 낮은 금속폐기물 처분시스템이, 500m 심도에는 세라믹폐기물 처분시스템이 존재한다. 세라믹폐기물의 경우, 한 개의 처분공에 4개의 캐니스터가 정치되며, 처분터널의 간격은 40m, 처분공간의 간격은 8m이다. 처분터널의 길이는 금속폐기물 처분시스템의 경우, 200m, 세라믹폐기물 처분시스템의 경우, 280m이다.

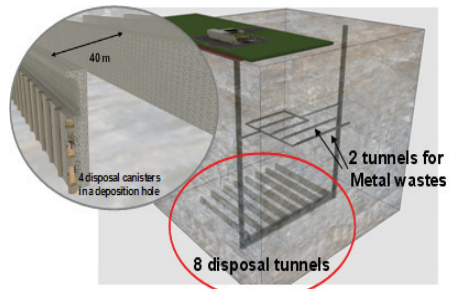


그림 2. A-KRS 처분장 배치도

† 조동건; 한국원자력연구원
E-mail : dkcho@kaeri.re.kr
Tel : 042-868-4899, Fax : 42-868-2035
* 한국원자력연구원

3. 다중선원항 고려방안

3.1 방사선원 재고량

방사선원을 각 처분용기별, 또는 처분공별로 적용하기 위해서는 첫째, 국내사용후핵연료에 대한 분석이 선행되어야 하며, 둘째, 각 처분용기별로 처분선원항을 평가할 수 있는 프로그램이 있어야 한다. 현재까지 국내에서 발생한 가압경수로 사용후핵연료가 약 13,000다발 정도임을 감안할 때, 각 다발별로 방사선원항을 적용하기는 어렵다. 따라서 사용후핵연료 현황분석을 통해 농축도, 방출연소도, 냉각기간을 고려하여 수~수십 개 그룹으로 분류한 후, 각 그룹별로 해당되는 사용후핵연료를 선별해 낸 후, 이들에 대한 핵종재고량의 평균값을 도출하고 이를 방사선원항으로 적용하는 것이 타당해 보인다.

앞서 그룹별로 사용후핵연료가 분류되었다 할지라도 각 사용후핵연료별로 농축도, 방출연소도, 냉각기간을 고려하여 방사선원항을 도출하고 이를 평균하는 작업은 쉬운 일이 아니다. 다행히 한국원자력연구원에서 이와 같은 기능을 수행할 수 있는 코드인 A-SOURCE 코드를 개발하였으며, 이를 이용하면 기존의 방식에서 한 단계 진보하여, 다중방사선원항을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 격자배치 고려방안

격자배치 효과를 고려하기 위해 수 백개가 되는 처분공을 각각 묘사하는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 다음과 같은 방법을 제안하고자 한다. 그림 3과 같이, 우선 MWCF가 터널방향과 수직방향 또는 같은 방향으로 존재한다고 가정하고, 처분시스템을 대상으로 처분공에서부터 MWCF까지의 단열길이(fracture length)를 분석하고, 이를 수~수십 개의 그룹으로 구분하여 각 그룹별로 대표 처분공을 묘사하는 것이다. 각 처분공을 빠져나온 핵종은 인접한 처분공과는 상호작용이 없음을 가정하면, 각 처분공에서 빠져나온 핵종은 단열을 따라 MWCF로 이동하도록 모델링할 수 있다. 핵종이동 모사는 기존의 사용코드인 GoldSim을 이용하여 해결할 수 있다.

기존에 한국원자력연구원에서 개발한 안전성평가 코드인 GSTSPA에서는 한 개의 처분선원항만을 묘사하였으므로 처분공에서 MWCF까지 연결되는 단

열이 한 개이지만, 앞서와 같이 모델링 할 경우, 수~수십 개로 늘어나게 되며 길이도 각각 다르게 된다.

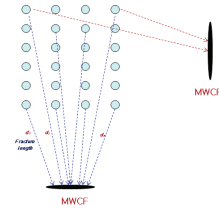


그림 3. 격자배치 개념도

그림 4는 본 논문에서 제시된 격자배치 고려방안을 적용하여 안전성 평가를 수행한 결과이다. 그림에서 보듯이, 격자배치에 따른 생태계에서의 피폭선량이 변화를 예측할 수 있어 제시된 방안이 유용함을 확인하였다.

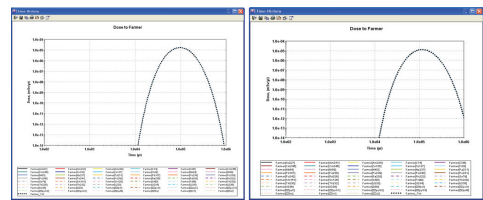


그림 4. 피폭선량 변화

4. 결 론

고준위방사성폐기물 처분장에 배치될 처분선원항을 향후 실제 상황에 맞게 다중방사선원항으로 모델링하고 안전성 평가를 수행할 수 있는 방안을 방사선원재고량 및 격자배치 관점에서 분석하고 제시하였다. 현재까지 타분야에서 개발되어 있는 프로그램과 접목하면 다중선원항을 쉽게 안전성평가에 적용할 수 있는 것으로 확인되었으며, 따라서 본 연구에서 제시된 방법은 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 미래창조과학부 원자력연구개발사업으로 수행되었음을 알려드립니다.

참고문헌

- [1] 조동건 외, “파이로공정 시설 개념설계를 위한 기준 사용후핵연료 선정,” 방사성폐기물 학회지, 6, 2008.