

RESRAD를 이용한 경주 중·저준위 방사성폐기물 처분장의 환경영향평가

서하나, 신상화, 황주호
 경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지
jtta86@lycos.co.kr

원자력 발전소의 추가 운영으로 인해 방사성폐기물의 양은 증가할 것으로 보인다. 이에, 발생되는 방사성폐기물의 처분이 중요한 고려사항이 되었다. 2009년부터 경주 중·저준위 방사성폐기물 처분장에 방사성폐기물의 반입이 이루어질 예정이다. 처분장은 과학기술부 고시 제 2005-17에 명시된 성능목표치인 0.1 mSv/yr를 만족해야 한다. 본 연구는 처분장에 매립될 10만 드럼에 과학기술부 고시 제 2005-18호의 처분농도제한치 만큼의 핵종이 적재된다고 가정하여 RESRAD전산프로그램을 통한 환경영향평가를 수행하였다. 이 평가를 통해 산출된 피폭선량과 성능목표치를 비교하여 핵종 누출량의 상한치를 결정하였다.

- 평가 도구 선정 및 적용 모델

RESRAD(RESidual RADioactive material) 전산프로그램은 ANL(Argonne National Laboratory)에서 미국 내 우라늄 채광지역 주변 토양의 오염과 이에 따른 환경 복원 기준을 도출하기 위해 개발되었다. 초기 환경복원기준의 도출을 위해 활용한 것과 달리, 최근에는 상업용 원전의 해체 후 규제해제농도기준(DCGL: Derived Concentration Guideline level)의 만족여부를 평가하기 위해 국내외의 여러 부지에 적용되었다. 본 연구에서는 성능목표치를 만족하는 피폭선량과 그에 상응하는 핵종 누출량을 평가하고자 한다. 따라서 주민의 피폭선량을 평가할 수 있으며, 피폭선량의 결정론적/확률론적인 평가와 위험도 평가가 가능한 RESRAD 전산프로그램이 가장 적합하다고 판단하였다.

RESRAD 전산프로그램은 여러 피폭 시나리오를 고려할 수 있다. 이 때 호흡, 흡입, 외부피폭의 모든 피폭경로를 고려하여 보수적인 평가가 가능한 거주농부 시나리오를 고려하였다.

- 평가를 위한 주요 가정 사항

경주 중·저준위 방사성폐기물 처분장의 지질구조를 RESRAD 전산코드의 특성을 따라 도면화하면 그림 1과 같다. 이 때 오염부지로 가정된 폐기물 용기들 중 폐수지나 농축폐액을 포함하여 방사능이 높은, 시멘트 고화체는 시멘트의 부식 등으로 인한 핵종 누출의 가능성을 배제할 수 없다. 이에 과학기술부 고시 제 2005-18에서 제한하는 처분농도제한치의 핵종이 매립된 경우의 핵종 누출을 가정하여 환경영향평가를 수행하였다. 이 때, 가정된 누출량으로 평가한 피폭선량의 성능목표치 만족 여부를 평가하였다. 또한 부지 섭생자료 및 기후 자료는 경주지역의 자료를 가정하였다.

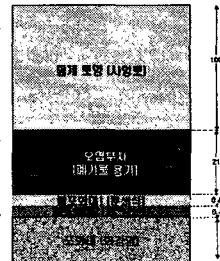


그림 1
가정 지질구조[m]

- 결 과

피폭선량과 성능목표치의 비교를 위하여 처분농도제한치 만큼의 비방사능을 가진 핵종의 누출량을 가정하고, RESRAD를 통해 최대 피폭선량을 산출하고 표 1에 나타내었다. 초기 핵종의 약 1/408,160 만큼의 핵종이 누출되어 지하수로 흘러갈 때 오염부지 상부에 거주하는 농부들은 0.9915 mSv/yr의 피폭을 받을 것으로 예상되며, 이 때 성능목표치를 만족한다. 핵종별 선량기여도는 모두 다르므로 0.1 mSv/yr를 정확히 산출하는 것이 어렵다. 따라서 0.1 mSv/yr에 가장 근접한, 초기 핵종의 1/400,000이 누출되어 피폭선량이 0.1013 mSv/yr인 경우를 기준으로 다음의 결과값을 평가하였다.

표 1 핵종 누출량과 최대선량

핵종 누출량	1/357,140	1/384,620	1/400,000	1/408,160
최대선량 [mSv/yr]	0.1126	0.1052	0.1013	0.09915

가정한 덮개 토양의 두께가 두꺼우므로 그림 5에서 보는 것처럼 외부피폭, 흡입, 음용수 미종속 경로의 섭취에 따른 피폭선량의 영향은 미비하다. 따라서 경주 중·저준위 방사성폐기물 처분장에서는 음용수 종속 경로의 섭취가 가장 큰 영향을 미친다. 음용수 종속경로의 피폭선량은 우물 내 방사성핵종의 방사능의 추이와 일치한다. 그림 2,3,4를 통하여 우물 내 방사능의 발현시점은 각 핵종의 분배계수가, 감소속도는 반감기가 각각 결정하는 것을 알 수 있다.

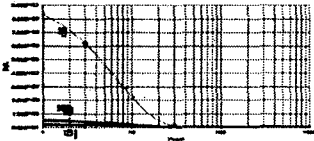


그림 2 우물 내 비방사능 (분배계수가 0인 핵종)

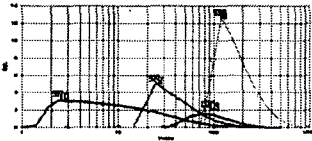


그림 3 우물 내 비방사능 (분배계수가 0이 아닌 핵종)

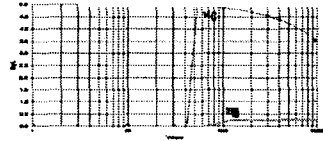


그림 4 우물 내 비방사능 (반감기가 긴 핵종)

시간에 따른 위험도는 피폭선량과 같은 추이를 보이며, 피폭 시간에 따라 증가한다. 피폭시간이 30년일 때, 그림.6과 같이 최대 시점에서 4.87E-04를 나타낸다. 이 때 ³H가 가장 큰 영향을 미치고 있으며, 이는 초기 방사능량이 기여한 것으로 보인다.

결정론적인 평가에서 1/400,000이 누출될 경우, 피폭 선량은 0.1 mSv/yr 이상으로 성능목표치를 만족하지 못한다. 그러나 각 인자들의 불확실성을 가정하여 확률론적인 평가를 수행할 경우 0.1 mSv/yr 미만일 확률은 98% 임을 알 수 있다.

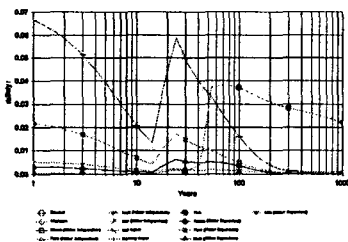


그림 5 피폭경로에 따른 선량변화

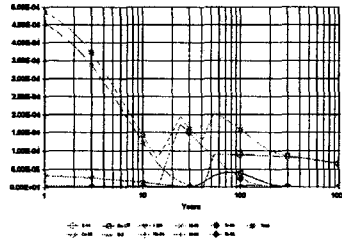


그림 6 위험도

- 결론 및 향후 계획

방사선 피폭을 결정론적으로 평가할 경우, 피폭 선량이 성능목표치를 만족하지 않더라도 확률론적인 평가에서는 성능목표치를 만족할 수 있음을 알 수 있다. 덮개토양이 두꺼운 경우 방사성폐기물 처분장 부지에서는 우물 내 방사성 핵종 방사능이 피폭 선량에 큰 영향을 끼치며, 이 방사능은 분배계수와 반감기에 영향을 받고 있다. 하지만 분배계수는 핵종의 종류, 매질의 종류와 성질 등에 민감하게 반응하므로 우물 내 방사능과 피폭선량에 대한 정확한 평가를 기대할 수 없다.

따라서 추후 각 매질에서 각 핵종별 분배계수에 대한 상세한 연구가 필요하다.