

가상 처분장 부지에서의 지하수 유동 해석

정미선, 황용수, 이연명

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150)

jeongms@kaeri.re.kr

1. 서론

처분장 폐쇄후 방사성 핵종들이 지하수에 용해 및 유출되어 공학적, 천연 방벽을 통과하여 생태계로 유출되는 경로는 중요하다. 이와 같은 유출 경로의 정보는 매질별 이동 시간(traveling time)과 이동 거리 (path length)로 대별되어 MASCOT 등 종합 안전성 평가의 입력 자료로 활용된다. 또한 지하수 유동 현상은 방사성 핵종 농도의 희석과도 밀접한 연관이 있다. 즉 처분장을 관통해 방사성 물질의 포화된 고화체를 용해시켜 외부로 유출시키는 지하수 유입량과 최종적으로 생태계에 유입되는 유입량을 비교하면 희석 효과를 산출할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 관점에 주안점을 두고 우리나라 지형의 특성에 맞는 사일로형 동굴 처분에 대한 지하수 유동 평가 기법을 정립하고 이를 통한 정량적인 평가를 시도 하였다.

2. 지하수 유동 평가 방법 및 결과

평가 대상 지역은 왼쪽에 지하수 유동을 구획할 수 있는 고산지대가, 오른쪽에는 바다가 존재하므로 이를 고려한 평가가 필요하다. 특히, 해안지역에 처분 지하 동굴이 입지한다고 상정할 경우, 밀도가 담수보다 높은 해수 침투로 인해 지하수 유동이 변화하고 특히 처분장의 경우 해수가 처분 동굴로 침투할 경우 콘크리트 방벽의 열화를 촉진시키고 점부식을 통해 폐기물이 거치된 드럼통을 빨리 부식시킬 개연성이 있으므로 정확한 지하수 유동 평가를 위해서는 해수 존재를 고려한 경계 조건들을 설정해야 한다. 모델링 대상 지역 선정 시 왼쪽 경계 조건은 높은 산의 존재로 인해 불투수 경계 조건이 유효하며, 육지 상부 지역에서는 지하수위에 따라 경계 조건이 설정되었으며, 육지 상부지역에서는 지하 수위에 따라 경계 조선이 설정되어야 하며, 바다에서는 염수를 고려한 경계 조건이, 오른쪽에서는 지형 특성을 고려해 불투수 경계 조건이, 하부는 불투수층의 존재를 고려해 불투수 조건이 설정되었다.

지하수 유동 해석에는 NAMMU 코드를 사용하였다. 그림 1과 2는 수치해석을 위한 평가 지역의 2차원 그리드 구성도와 사일로의 위치를 나타내었다. 보다 정확한 지하수 유동 해석을 위해 실제 평가에서는 NAMMU의 기능을 사용하여 격자망을 세분화하였고, 정확한 수치해를 얻기 위해 격자망 세분화(grid refinement)에 따른 해의 수렴 현상을 면밀히 조사해 해의 정확성 판별을 위한 수단의 하나로 활용하였다.

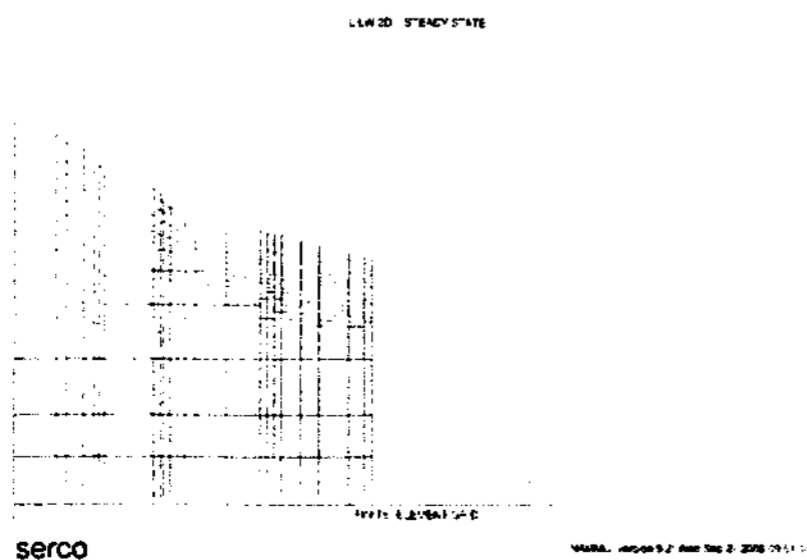


Fig. 1 Grid Structure

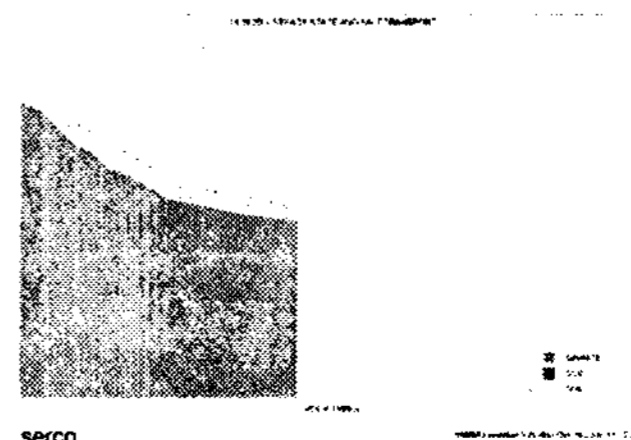


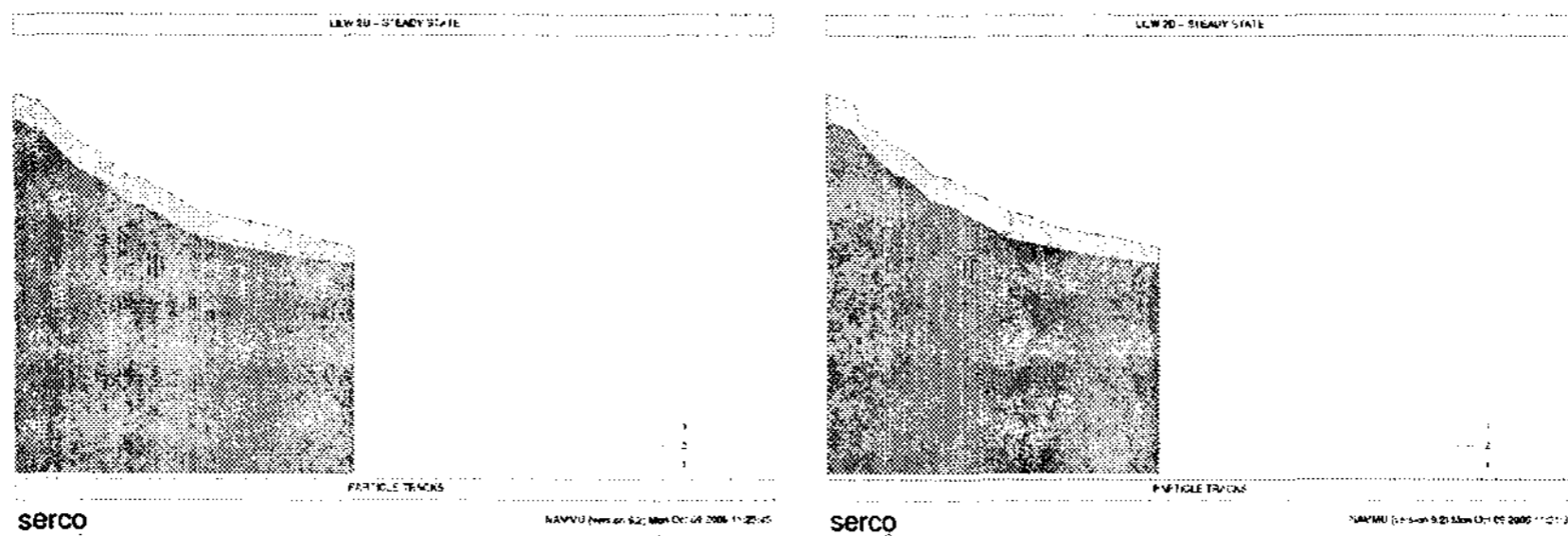
Fig. 2 Silo position

표 1은 NAMMU코드를 이용한 지하수 유동 평가 입력 자료인 투수계수와 공극률을 나타낸다.

표 1. 입력 자료 일람표

ITEM	Permeability(m ²)	Porosity
SOIL	6.0 × 10 ⁻¹⁴	0.05
GRANITE	1.0 × 10 ⁻¹⁵	0.0074
SILO	1.0 × 10 ⁻¹⁷	0.15

그림 3은 해수의 영향을 고려하지 않은 경우와 고려한 경우에 대한 지하수 이동 경로를 각각 도시한 그림이다. 각 사일로로부터의 지하수는 암반층과 풍화암층의 접면을 따라 이동하고 있다.



(a) No effect of the salt

(b) Effect of the salt

Fig. 3 Groundwater pathway from silo

표 2는 해수가 각 사일로에 유입되는 유량들에 미치는 영향을 알아보기 위해 나타낸 것이다. 해안에 가까이 있는 사일로일수록 사일로에 유입되는 지하수의 양은 줄어들고 있으며, 해수의 영향을 고려한 경우가 해수의 영향을 고려하지 않은 경우보다 유입되는 유량도 많다.

표 2. 사일로로의 유입되는 지하수 유속량

Silo	유입되는 유량(m ³ /year)	
	해수의 영향 무시	해수의 영향 고려
1	5.39E+01	5.07E+02
2	4.84E+01	7.73E+01
3	3.41E+01	1.26E+01

3. 결론

방사성 폐기물 처분장에서의 지하수 유동은 해수의 영향을 받아, 지하수 이동 길이도 짧아지고, 사일로에 유입되는 유량 또한 감소한다. 따라서 해안에 처분장 건설시 이에 대한 충분한 고려가 요구된다.

감사의 글

이 연구는 과학기술부와 과학재단을 통해 주관하는 국가 원자력 중장기 연구개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.