

지하 처분장내 고준위 방사성 폐기물 발열량에 따른 자연환기력 분석

노장훈, 최희주*, 김진

인하대학교, 인천광역시 남구 용현동 253번지

*한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

iglord2@naver.com

1. 서론

고준위 방사성 폐기물은 방사성 붕괴에 의해 상당기간 동안 발열을 하게 되며, 처분장의 대기 온도 상승에 큰 역할을 하게 된다. 그리고 이러한 대기온도의 상승은 폐기물의 운반 및 저장, 처분장내 작업 환경 및 처분된 고준위 폐기물의 안정성에 악영향을 미치게 되므로 처분장의 안전을 위해 적절한 환기시스템이 필요하다. 환기방법에는 두 가지가 있는데 하나는 기계환기이고 또 하나는 자연환기이다. 기계 환기는 에너지원으로 사용되는 선풍기에 의해서 만들어지는 압력에 의해서 발생하지만 자연환기는 세 메카니즘: 1) 지하시설 공기 통로 입구의 고도차, 2) 지하시설 내 외부의 온도차, 그리고 3) 대기압의 변화 등 자연 조건에 의해서 발생한다. 자연환기에서는 이들 자연 조건의 차이가 크면 클수록 더 큰 자연 환기압이 생성되고 결과적으로 더 큰 공기흐름이 발생한다. 더운 공기는 상승해서 위쪽의 차가운 공기를 대체함으로써(굴뚝효과) 공기의 순환을 발생시킨다. 동굴 처분 방식을 사용하는 방사성 폐기물 처분장에서도 이와 유사한 현상이 발생할 수 있는데 이는 처분장내 공기통로 입구들의 고도차, 그리고 저장 지역에서 발생하는 열에 의한 내부와 외부의 온도차에 의한 것이다. 그러므로 지하 수백 미터의 심부 암반에 위치하고 폐기물에서 발생하는 붕괴열과 지열에 의해 내부 온도가 높은 고준위 방사성 폐기물 처분장은 지리적 위치와는 상관없이 강한 자연 환기력을 가질 수 있다. 이에 따라서 본 연구에서는 처분장내에서 발생하는 높은 열량에 의한 압력차 및 온도차를 바탕으로 자연 환기력을 Hydrostatic method로 계산하고 이에 따른 공기량을 계산 한 후에, CFD(Phoenics 2010)해석을 바탕으로 계산식의 검증 및 분석을 실시하였다.

2. 본론

지하처분장의 열량에 의한 자연환기력을 계산하기 위하여 지하 200m 터널형 처분장을 가정하였다. 처분장의 터널길이는 150m이며, 단면적은 6×6m로 가정하여 자연환기력을 Hydrostatic method와 CFD로 계산을 하였다.

2.1 Hydrostatic method

자연환기력의 계산을 위하여 굴뚝효과에 의한 압력강하(1)와 Atkinson Equation(2)를 Fig. 1.의 방법을 통하여 소요환기량을 계산한다.

$$H = \rho g \Delta h \frac{\Delta T}{T} \quad (1)$$

$$Q = \sqrt{\frac{HA^3}{KP(L+L_e)}} \quad (2)$$

여기서 H 는 높이차에 의하여 발생하는 압력차, ΔT 는 입·출구의 온도차, T 는 평균온도, A 는 단면적, P 는 경도의 둘레길이, K 는 마찰손실계수, L 은 경도 및 처분장의 총 길이, L_e 는 통풍로에 가해지는 충격손실의 양을 등가길이(Equivalent-Length)로 표현한 것이다.

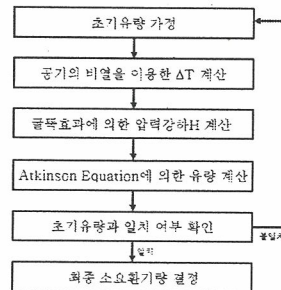


Fig. 1. Iteration Method.

2.2 CFD (Phoenics 2010)

Hydrostatic method에 의하여 계산된 열량에 따른 소요환기량을 검증하기 위하여 CFD해석을 실시하였다.

Table 1. Condition of CFD(Phoenics2010).

Simulation Program	Phoenics 2010
Domain material	Air using Ideal Gas Law
Domain size	암반 450×300×500(m) 대기 450×300×200(m)
Grid	108×79×42
Tubulance Model	LVEL (Local Velocity Model)
Iteration	3000/steps
Heat source	Steel at 27 deg C (C=1%)

3. 결론

1000KW에서 4000KW의 열량을 바탕으로 Hydrostatic method에 의한 계산과 CFD해석에 의한 계산 결과, 열량이 증가함에 따라 발생하는 자연환기량은 증가하고 있다. 계산 결과는 Hydrostatic method 경우 각 단계별로 90~143m³/s의 공기량이 계산되었고, CFD의 경우 82~126m³/s의 공기량이 계산되었다. 이에 따른 오차율은 단계별로 9~11%이다. 이는 고준위 방사성 폐기물의 자연환기량 계산시 간단한 Hydrostatic method로 계산하여도 충분히 근접한 값을 도출해 낼 수 있는 것을 의미한다. 또한 국외 중저준위 방사성 폐기물 지하처분장인 미국의 WIPP과 스웨덴의SFR의 경우 기계환기를 통한 소요환기량이 각각 153m³/s, 145m³/s인것과 비교해 보았을때 고발열 폐기물의 온도차에 의한 자연환기량이 상당히 큰 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

[1] M. Mcpherson, 1993, Subsurface Ventilation and Environmental Engineering, Chapman & Hall

[2] 윤찬훈, 권상기, 황인필, 김진, 2010, “강제대류 시 계절에 따른 KURT내 열전달 계수 결정에 관한 연구”, 한국방사성폐기물학회지, Vol. 8(3), pp. 189-199.

[3] Stephen W. Webb et. al, 2003, “Thermally induced natural convection effects in Yucca Mountain drifts”, Journal of Contaminant Hydrology, pp. 713-730.

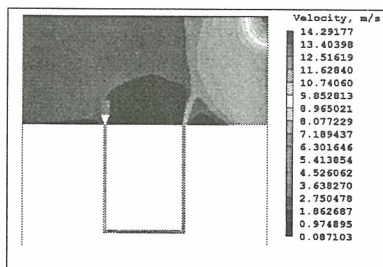


Fig. 2. Result of CFD (1000KW).