

처분장내 수소 발생 영향 평가 (I)

강철형, 정종태

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

chkang@kaeri.re.kr

1. 서론

지하에 처분된 폐기물의 용기 등에 포함된 철 등의 금속들은 지하 환경에서 부식되어 수소를 발생하게 된다. 이렇게 발생된 수소는 인공방벽 내에 존재하는 공극수에 용해되어 인공방벽을 통하여 확산된다. 용해된 수소의 주위 압반으로의 확산이 수소의 발생을 보다 적다면 용기주변에 존재하는 수소의 농도는 용해도보다 커지게 되고 수소는 기체 형태로 존재하게 될 것이다. 기체 형태로 존재하는 수소의 압력은 증가되어 인공방벽이나 주변의 압반의 안정성에 영향을 줄 수도 있게 된다. 또한 이러한 압력의 증가는 인공방벽 내의 방사성 핵종을 포함한 공극수를 밀어내게 되며 핵종의 이동에 영향을 줄 수 있다. 따라서 처분장에서 발생하는 기체의 양과 그 이동 메카니즘을 평가하는 것이 필요하다.

실제로 용해된 수소의 확산과 수소 기체의 이동은 복합된 현상이나 이러한 현상에 대한 검증된 모델이나 평가에 사용될 자료들이 존재하지 않는다. 이 논문에서는 용해된 수소의 확산 현상의 모델링과 평가 결과를 설명하였다. 수소 기체의 이동 현상 다른 논문에서 다룰 예정이다.

2. 본론

처분장에서 폐기물의 용기 등의 부식으로 발생된 수소는 초기에는 완충재 내의 공극수에 용해되어 확산하게 된다. 발생되는 수소의 양이 폐기물 표면에서 용해되어 주위 압반 쪽으로 확산되어 나가는 수소의 양보다 많을 경우 수소의 농도는 증가하고 폐기물과 완충재 사이에 기체 형태의 수소가 축적되기 시작한다. 경계에 축적되는 수소 기체의 압력은 증가하고 이에 따라 공극수의 압력도 증가하게 된다. 공극수의 압력이 증가하면 공극수에 용해되는 수소의 양도 늘어나게 된다. 완충재를 탄성 변형체로 가정하면 폐기물과 완충재 사이에 축적되는 기체의 양과 축적된 기

체의 압력 상이에는 다음과 같은 관계가 성립된다 [1, 2].

$$P = P_g - \frac{P_g}{2} + 0.5 \sqrt{P_g^2 + 4KP_a V_s / V}$$

여기서 P : 축적된 기체의 압력 [MPa]

K : 완충재의 bulk modulus [MPa]

V : 탄성 변형된 부피 [m^3]

P_g : 지하수 압력 [MPa]

V_s : 기체 부피 [m^3]

P_a : 대기압 [MPa]

Goldsim [3]을 사용하여 평가 프로그램을 개발하여 이러한 수소의 거동을 모사하고 완충재에서의 용해된 수소의 특성을 평가하기 보았다. 또한 확산 계수와 철의 부식율에 대한 민감도 분석도 수행하여 보았다.

3. 평가 결과 및 토의

500m 지하에 위치한 처분장에 수직 처분된 고준위폐기물에서 발생하는 수소 기체에 대하여 평가하여 보았다. 이 평가에서 완충재의 유효확산계수는 $2.0 \times 10^{-11} m^2/s$ 로 철의 부식율은 $5\mu m/y$ 로 가정하였다 [1]. 또한 민감도를 보기 위하여 유효확산계수는 $2.0 \times 10^{-10} m^2/s$ 와 $2.0 \times 10^{-12} m^2/s$ 로 변화시키고 부식율은 $1\mu m/y$, $2\mu m/y$, $10\mu m/y$ 로 변화시켜 보았다.

그림 1은 부식율이 $5\mu m/y$ 일 때 주위 압반으로 확산되어 나가는 수소의 양을 나타내고 있다. 유효확산계수가 $2.0 \times 10^{-12} m^2/s$ 일 경우 확산되어 나가는 수소는 거의 없다. 그러나 유효확산계수가 증가할수록 확산되어 나가는 수소의 양은 늘어남을 볼 수 있다.

그림 2는 부식율이 $5\mu m/y$ 일 때 폐기물과 완충재 사이에 축적되는 수소 기체의 양을 보여 준다. 유효확산계수가 충분히 클 경우, 즉 $2.0 \times 10^{-10} m^2/s$ 일 경우는 축적되는 수소의 증가율은 시

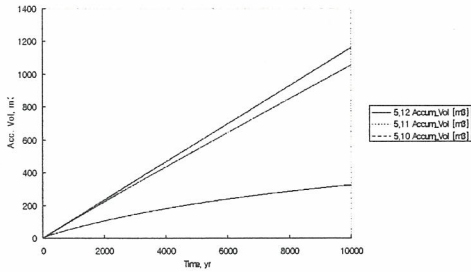


Fig. 1. Release Rate of dissolved hydrogen into the rock (corrosion rate : 5µm/y).

간이 감소에 따라 감소되고 수소의 양은 수렴되어 가는 현상을 보인다. 그러나 유효확산계수가 작아지면 축적되는 수소의 양은 선형적으로 증가함을 볼 수 있다.

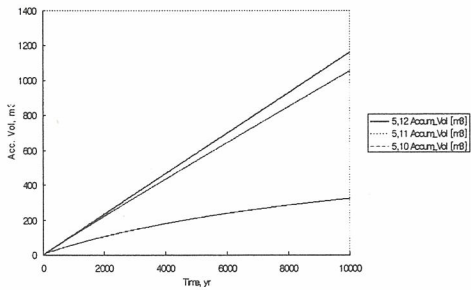


Fig. 2. Accumulated volume of hydrogen gas (corrosion rate : 5µm/y).

그림 3은 유효확산계수가 $2.0 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$ 일 경우 폐기물과 완충재 사이에 축적되는 수소 기체의 압력을 보여 주고 있다. 수소 기체의 압력은 철의 부식율에 따라 6MPa에서 18MPa 범위의 값을 가지며 부식율이 작을수록 압력은 낮아짐을 알 수 있다.

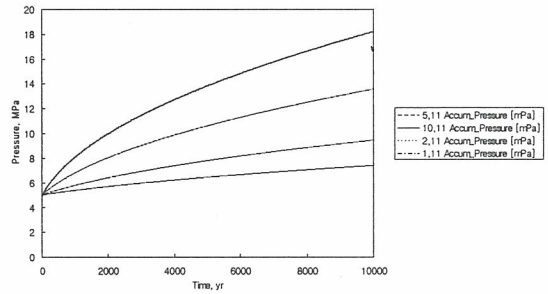


Fig. 3. Accumulated pressure of hydrogen gas (diffusion coefficient : $2.0 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$).

이 논문에서는 철 등의 금속 성분의 부식으로 발생된 수소가 완충재에 존재하는 공극수에 용해된 후 주위의 암반으로 확산되는 이동 현상의 모델링하고 평가하여 보았다. 실제로는 수소 기체가 어떤 압력 이상에서는 완충재를 투과해 나가게 된다 따라서 본 평가에서 얻어진 압력에 도달할 확률은 거의 없다고 볼 수 있다. 이와 같은 수소 기체 이동에 대한 분석은 다른 논문에서 자세히 평가될 예정이다.

4. 참고문헌

- [1] H12 : Project to Establish the Scientific and Technical Basis for HLW Disposal in Japan, JNC (2000).
- [2] Tanai, K, and et al., "A preliminary of Cas diffusion and Migration," JNC TN8400 99-045 (in Japanese) (1999).
- [3] GoldSim Contaminant Transport Module, User's Guide, Version 4, GoldSim Technology Group (2006).