

コンクリートの化学的劣化過程に対する地下水組成影響の数値解析: 酸化還元雰囲気の効果

Numerical analysis of geochemical degradation of concrete during groundwater infiltration:

Effect of redox-oxidation condition

*阿部 健康¹, 飯田 芳久¹

¹ 日本原子力研究開発機構

反応輸送解析により地下水流入に伴うコンクリートの化学的劣化過程への酸化還元雰囲気の影響を調べた。

キーワード: セメント系材料, 反応輸送解析, 酸化還元電位, LDH

1. 緒言

低レベル放射性廃棄物処分システムでは金属製容器直近にセメント系材料が設置され, 金属製容器周辺の環境は腐食に有利な高 pH 条件に緩衝される。ピットや中深度処分で想定される地下水は多様な酸化還元電位を持ち, この流入により高 pH 条件は擾乱される。本発表では, 還元的雰囲気下で行った数値解析で得られた, pH 緩衝性能の一時的な低下について報告し, その要因である鉱物溶解反応の特徴を整理する。

2. モデル化手法と解析条件

解析対象は, 普通ポルトランドセメントと石灰石骨材を使用したコンクリートとした。地下水は降水起源で pH<7 とし, 酸化性 (=FOLP, 雨水組成)と還元性 (=FRLP[1])の組成を選定した。解析は PHREEQC (concrete_3T_V07_02.dat[2])を用い, Fe-free, 10°Cで一次元反応輸送解析を実施した。固溶体は, AFt 及び AFm は非理想 (AFt ss: Ettringite-Tricarboaluminate 及び AFm ss: Monosulfoaluminate-C4AH13, AFm ss は今回出現しない), CSH は理想 (=CSH ss, CSHjen-CSHtob2)として設定した。

3. 結果と考察

FOLP では, Portlandite が単純溶解すると同時に, AFm 変質 ($\text{AFm} + 2.5\text{Ca}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + \text{OH}^- \rightarrow \text{AFt ss} + 0.5 \text{ Calcite}$)が認められた。一方 FRLP では, 2 段階で変質反応が進行した。第一段階では, AFt ss 変質反応 ($\text{AFt ss} \rightarrow 0.75 \text{ AFm} + 3\text{Ca}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 0.5\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{OH}^-$)と共に, 2 つの反応 $4.5 \text{ Portlandite} + 0.3\text{Si}(\text{OH})_4 + 2\text{CO}_3^{2-} \rightarrow 0.3 \text{ CSH ss} + 2 \text{ Calcite} + 2\text{Ca}^{2+} + 8\text{OH}^-$, $\text{CH}_4(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} + \text{OH}^- = \text{HS}^- + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ が進行した。CH₄酸化・SO₄²⁻還元は OH-消費反応であり, Portlandite 単純溶解と比べて僅かだが低い pH となった (= 12.97, 図 1)。AFt ss 完全溶解後の第二段階では, CSH ss を生成しながら Portlandite が溶解し, FOLP のケースと同じ pH (=13.06)を示した。

還元的雰囲気下での僅かな pH 低下はシステム性能評価上直ちに危惧すべきものではないと考えられるが, AFm/AFt 相の消失順序逆転 (図 2)を伴うことは化学的に注目に値する。例えばエトリンガイト遅延生成 (通称 DEF)等, AFt 相の挙動がひび割れ原因となるケースが知られており, 今後体積変化量を見積もる等して化学-力学連成評価上の重要性を定量的に検討する。

参考文献 [1] Yui *et al.* (1999), JNC-TN8400-99-030; [2] Jacques (2009), NIROND-TR 2008-30E

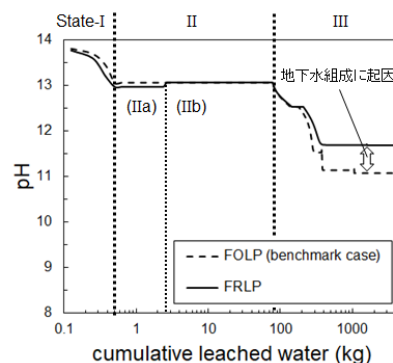


図 1. pH 変化

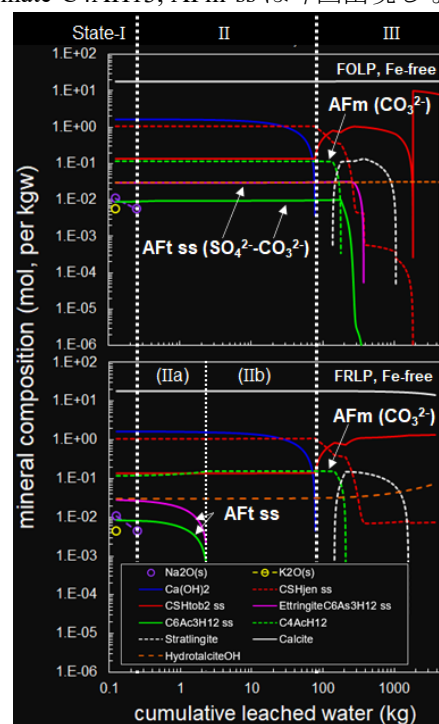


図 2. 鉱物組成変化

*Takeyasu Abe¹, Yoshihisa Iida¹

¹Nuclear Safety Research Centre, Japan Atomic Energy Agency