

## 酸化還元フロントの進展が地層処分システムへ及ぼす影響の解析的評価

### Analytical evaluation of the effect of an evolution of redox front to geological disposal system

# 諸岡 幸一[1], 齋藤 茂幸[2]  
# Koichi Morooka[1], Shigeyuki Saito[2]

[1] MMC・原環部, [2] MMC

[1] Radioactive Waste Management Dept., MMC, [2] Radioactive Waste Management Dept., MMC

処分場の建設・操業後もモニタリング等のために坑道を埋め戻さずに維持しておくことが処分場管理の一形態として考えられているが、そのための影響として坑道周囲の酸化還元フロントが拡大し、酸化領域が拡大する可能性が挙げられる。Pocos de Caldas での堆積岩に対して適用された定常状態近似モデルを用い、多孔質媒体として仮定した花崗岩組成と新第三紀凝灰岩組成の母岩中にライニングを施した坑壁面から大気中の酸素が浸入して溶解し、移流によって酸化領域がどの程度広がるのかを解析した。その結果、本条件設定においてはそれぞれの組成の岩石とも、370年間の坑道維持期間では数m以内であることが分かった。

#### 1. まえがき

地層処分システムを構成する地質環境に期待される地球化学的なバリア性能の一つとして、地質環境自体及びそれが包含する人工バリアシステムを還元的な環境に維持する能力が挙げられる。廃棄体から漏出した放射性核種が地下水中に溶解することを抑制するためには核種の移行環境が還元的な条件に維持されることが重要である。通常、処分場を建設する地下深部は還元的な環境にあるが、処分場の建設・操業やモニタリングのために地下の坑道や試錐孔を維持している期間中に坑道壁面や孔壁面から岩盤内部に向かって酸化還元フロントが進展していくことが予想される。また、処分場の閉鎖後も地殻変動等により断層/破砕帯等を通じて地下深部に酸化性的な地下水が流入する可能性もあり、その場合にも流入水に接する岩盤壁面から酸化還元フロントが進展することが想定される。これらの影響を定量的に評価される必要があり、今回は坑道からの酸化還元フロントの進展の影響(酸化領域の拡大)に対して解析的な手法を用いることによる評価を実施した。

#### 2. 評価手法

酸化還元フロントの進展速度の解析手法として、ナチュラルアナログの研究サイトである Pocos de Caldas での堆積岩に対して解析実績のある定常状態近似モデル(Lichtner, 1988)と同様のものを用いた。同モデルは、開放した流動系を比較的長期の定常状態系の連続物(個々の連続物は相互に瞬時の時間で連結させている)として近似し、一定の期間ごとに定められた定常状態においては、地下水組成、反応速度及び鉱物の分布は、流動経路の中における場所の関数としてのみ変化し、時間によらないものとして表現している。また、このモデルは酸化体の移動を移流に限定しており、拡散を考慮した場合よりも保守的な評価となっている。

検討対象の岩種として、広い分布を示す花崗閃緑岩及び新第三紀凝灰岩を例示的に選定した。それぞれを母岩とした処分場の坑道を掘削後は止水のためにベントナイト系のライニングが施されると仮定する。大気中の酸素は、ライニング中を拡散して坑壁岩盤に達したのち、地下水中に溶解すると仮定する。そして、溶存酸素を含んだ地下水が坑道から地下水流の下流方向に移流し、岩石中の還元状態にある鉄や硫黄を含む鉱物を酸化させることにより酸化還元フロントが進展するとして一次元のモデル化を行った。なお、新第三紀堆積岩のみならず花崗閃緑岩も多孔質媒体として扱い、全構成鉱物中にはミクロな亀裂が発達しているものとした。

本解析には、岩石中の鉱物組成が必要となるが、今回の検討では既存の文献データを用いた。地下水中の溶存酸素量は保守的に0における溶解度限界値を用いた。岩盤中の透水係数及び動水勾配は、地層処分研究開発第2次取りまとめレポート(核燃料サイクル開発機構, 1999)の記載データに基づいて設定し、それに基づく花崗閃緑岩中及び新第三紀凝灰岩中の移流速度はそれぞれ3m/yr, 0.3m/yrと算出された。

#### 3. 結果

解析の結果、花崗閃緑岩及び新第三紀凝灰岩中の酸化還元フロントの進展速度として、それぞれ6.3E-3 m/yr及び1.9E-3 m/yrの値を得た。この結果、立地段階での地下特性調査施設の建設から処分場の閉鎖までの期間として70年を考えた場合には、その期間中に坑道の坑壁面から花崗閃緑岩及び新第三紀凝灰岩について、それぞれ44cm及び13cm酸化還元フロントが進展すると想定され、さらに閉鎖後モニタリング等のために例えば300年間坑道を維持した場合(すなわち370年間)には、同岩種について、それぞれ2.3m及び70cmの進展距離が計算された。

#### 4. 結論

本解析の前提条件の元では、建設・操業、モニタリング等の期間中に坑道等の壁面から岩盤内部に向かって進展する酸化還元フロントの距離は370年間で数m以内であることがわかった。

[参考文献]

核燃料サイクル開発機構, 1999, わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ - 総論レポート, JNC TN1400 99-020.

Lichtner, P. C., 1988, The quasi-stationary state approximation to coupled mass transport and fluid-rock interaction in a porous medium, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 143-165.

\* (財)原子力環境整備センターからの放射性廃棄物地層処分手業管理システム調査( )による成果である。