

地層処分におけるグラウト技術の高度化開発（その 1）

ー平成 22 年度の実施概要ー

(独) 日本原子力研究開発機構	正会員	○藤田 朝雄
同上		笹本 広
同上		畑中耕一郎
同上		油井 三和

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物などの地層処分に求められる性能を満足するグラウト技術の高度化開発プロジェクトに平成 19 年度¹⁾⁴⁾より取り組んでいる。本報では、平成 22 年度の成果の全体概要を示すとともに、特にグラウト（セメント材料）による岩盤等の長期的な劣化などの化学的影響評価について報告する。

2. 成果の全体概要

(1) 要素技術の開発

公開中のグラウトデータベース (<http://133.188.30.54/grout/top.htm>) について、システム利用に関するユーザーの利便性向上のため、ユーザーのニーズを取り入れられるようユーザー管理システムを付加した。

低アルカリ性セメント系グラウト材料に加え、亀裂開口幅等に応じた代替材料（溶液型グラウト材料、超微粒子球状シリカグラウト材料）について、浸透性等にかかわる諸特性のデータを試験等により拡充した(その 2)*。また、低アルカリ性セメント系材料等を用いて、pH測定方法の標準化に向けた検討を行った。

堅置き処分孔に求められる許容湧水量の設定に反映することを目的に、緩衝材ブロックの定置作業に係る室内試験を実施(その3)*するとともに、高水圧下の低透水性場への対応として、流量計の高精度化ならびに暴噴対策装置の機能向上に関する課題の抽出を行った。

(2) 原位置適用性試験

① スイス・グリムゼル岩盤所（GTS）における事前調査結果

(1)で開発したグラウト要素技術の施工性やグラウトによる止水性等にかかわる効果を確認するため、平成 23 年度に計画している結晶質岩の GTS での原位置適用性試験の適切な実施範囲や仕様を策定するための事前調査を実施し、試験エリアの割れ目、透水係数分布および地質構造を明らかにした(その 4)* / (その 5)*。事前調査で得られた亀裂の幾何学特性情報および水理特性情報をもとに水理地質構造モデルとして亀裂ネットワークモデルを構築し、水理試験結果に対する感度解析やシミュレーション解析を実施することでその再現性を確認した(その 6)*。この結果から等価多孔質媒体モデルを構築することで、グラウトの注入事前解析を実施し、注入仕様を決定した(その 7)*。

② グラウト浸透現象理解に向けた検討

これまでに開発した亀裂ネットワークを対象とした等価多孔質媒体モデルの 3 次元化及び透水異方性を再現できるようにモデルを改良した(その 8)*。また、岩盤亀裂の粗度がグラウト浸透現象に与える影響について、予察的な検討を実施した(その 9)*。

(3) グラウト分布の確認技術の開発

瑞浪超深地層研究所 200m 避難所周辺で実施したプレグラウトを対象に地下水の物理化学パラメータの連続測定および地下水の採水・分析を継続した。また、プレグラウト周辺におけるコアスケールでネットワーク化している割れ目を対象に調査し、グラウト材の浸透状況などの違いについて検討した。さらに、3 種類の異なる堆積岩（白浜砂岩、田下凝灰岩、幌延珪質泥岩）に対する物理探査手法（弾性波、比抵抗、電磁波）の適用を想定した室内試験を実施し、各々の手法の有効性に関する予察的な評価を行った(その 10)*。

(4) グラウト影響評価技術の開発

セメント系グラウト材料として想定される普通セメント（OPC）および低アルカリ性セメント（LoAC）を対象に、地球化学的解析により、処分場の長期性能という観点での材料の適用性を評価するための考え方の整理や材料の適用性に関する現状の見解をまとめた。

3. 岩盤変質に与える影響の観点からのグラウト材料の適用性に関する現状の見解

グラウト材料による岩盤変質に与える長期的な影響を評価するため、1次元での平行平板亀裂を対象とした地球化学解析（化学反応—物質移行解析）により、岩盤亀裂開口幅、亀裂内地下水流速、亀裂中でのグラウトの浸透距離（長さ）をパラメータとし、様々な条件を想定しつつ、感度解析を行う設定で、想定されるシナリオの生起に関連

性が認められた。たとえば、図1は、亀裂開口幅＝1mmで、グラウト材料としてはOPCおよびLoACのいずれの場合にも共通して想定されるシナリオの生起条件を示している。このケースでは、亀裂内地下水流速として、我が国の陸域で想定される地下水流動条件（ただし、局所的に流速の遅い停滞域は除く）の範囲内であれば、亀裂が二次鉱物で閉塞する前に、地下水のpHは初期の地下水の値程度までに回復し、ほとんどの場合、オーバーバック（OP）の破損前までに初期の地下水のpH程度に回復するシナリオが生じることがわかる。ただし、亀裂内地下水流速が遅く、かつ亀裂中でのグラウトの浸透距離が10m程度まで長くなると、OP破損後も高pHの地下水が維持されるシナリオの可能性もある。このようなシナリオの生起が想定される状態での岩盤および亀裂中地下水の長期的変化について、約1万年後の亀裂中の二次鉱物の分布、岩盤マトリクス空隙率の変化、岩盤マトリクス空隙中の地下水のpHを図2に示す。この解析結果に基づけば、亀裂中での二次鉱物は、亀裂のほぼ全域で厚さ<50μm程度で分布し（グラウト／岩盤境界の極近傍ではやや二次鉱物の沈殿が増加しているが）、非常に薄い沈殿層が亀裂表面を覆うことが推定された。また、岩盤マトリクス空隙率は、最も溶解の進んだグラウト／岩盤境界付近でも、空隙率の増加は0.15%程度であった。さらに、岩盤マトリクス空隙中の地下水は、約3000年後には、ほぼ岩盤マトリクスの全域にわたり初期の地下水のpH程度に回復した。したがって、セメント系グラウト材による岩盤変質への影響は、OPCおよびLoACのいずれの場合も長期的に見ても顕著には生じないと考えられた。ただし、このような限定された岩盤変質や地下水への影響が核種移行評価にどの程度の影響を与え得るかは、別途、検討が必要である。

なお、本件は経済産業省資源エネルギー庁平成22年度の「地層処分技術調査等委託費（高レベル放射性廃棄物処分関連：地下坑道施工技術高度化開発）」として実施したものである。（）*：シリーズ発表の表題中の（）を示す。詳細は該当の予稿を参照されたい。

参考文献 1)日本原子力研究開発機構:地下坑道施工技術高度化開発報告書(平成20年3月),(2008),2)日本原子力研究開発機構:地下坑道施工技術高度化開発報告書(平成21年3月),(2009),3)日本原子力研究開発機構:地下坑道施工技術高度化開発報告書(平成22年3月),(2010),4)日本原子力研究開発機構:地下坑道施工技術高度化開発報告書(平成23年3月),(2011)

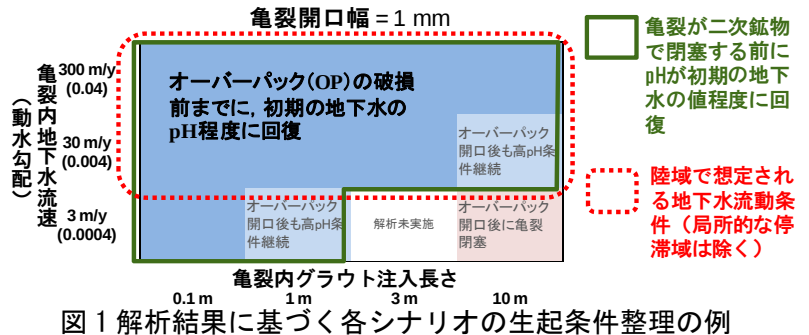
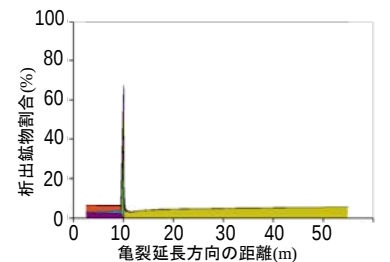
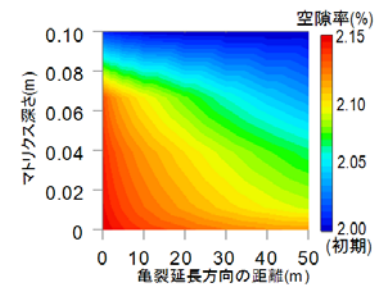


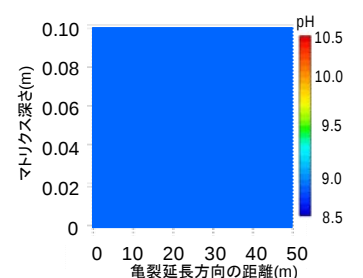
図1 解析結果に基づく各シナリオの生起条件整理の例



(a) 亀裂中の二次鉱物



(b) 岩盤空隙率変化



(c) 岩盤空隙中地下水のpH

図2 約1万年後の岩盤状況