

## 地層処分におけるグラウト技術の高度化開発（その4） － グラウト注入試験の計画立案に向けた事前調査の実施 －

(独)日本原子力研究開発機構 正会員 ○中西 達郎, 川口 昌尚, 非会員 津田 秀典  
(株)大林組 正会員 鶴山 雅夫, 田中 達也

### 1. はじめに

地層処分におけるグラウト技術の高度化開発では、天然バリアである岩盤の長期的変質を軽減する低アルカリ性の注入材料の開発、深度1,000m程度までを想定した注入技術の開発、グラウト材料が地質環境へ与える影響評価技術の開発を実施している。この中で、開発した材料の施工性および湧水抑制効果（改良効果）の確認に加え、注入範囲を予測・制御するためのグラウト浸透モデル<sup>1)</sup>を用いた事前解析（その8）\*に基づくグラウト施工の実証試験（以下、原位置試験）をスイス・グリムゼル岩盤試験場にて計画している。本報告は、原位置試験仕様を決定するために必要なパラメータ取得を目的に実施した事前調査の結果を報告するものである。

### 2. 原位置試験の方針

原位置試験では平成23年度にグラウト注入試験を実施することを計画している。平成21年度には予備調査<sup>2)</sup>を行い、試験エリアの両端に2本のボーリング孔（09-01, 09-02 孔）を掘削し、それを利用したボーリング調査により、グラウト対象の岩盤領域の水理的な環境条件（水圧、透水性）や水みちとなる割れ目の特性（密度、連続性）を示唆する情報を取得した。平成22年度には事前調査として、試験エリアの中央にボーリング孔（10-01 孔）を掘削し、水理試験等を実施することで、試験エリアの水理地質環境の理解を進め、平成23年度に実施するグラウト注入試験の計画立案に資する情報を取得した。平成23年度までの原位置試験全体の流れを図-1 に示す。

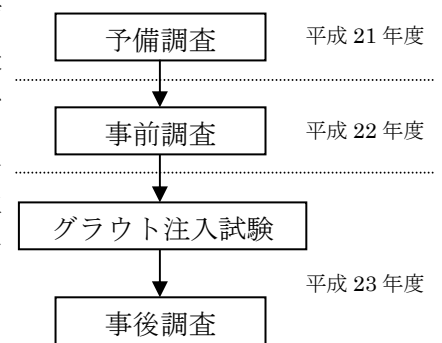


図-1 原位置試験全体フロー

### 3. 事前調査の概要

事前調査の主な目的は、グラウト注入試験の対象とするエリアを選定するための情報取得と、グラウト注入時の浸透範囲を予測するグラウト浸透モデルに必要なパラメータの取得である。図-2 に示すように試験エリアは遮水性能を有するランプロファイアに囲まれた領域であり、NE-SW 走向の割れ目が卓越することが既存の文献<sup>3)</sup>等により確認されている。新規ボーリングの 10-01 孔は試験エリアの中央にて 09-01 孔と 09-02 孔に並列の配置（延長 42m、傾斜 5 度落ち）で掘削し、以下に示す試験を実施した。

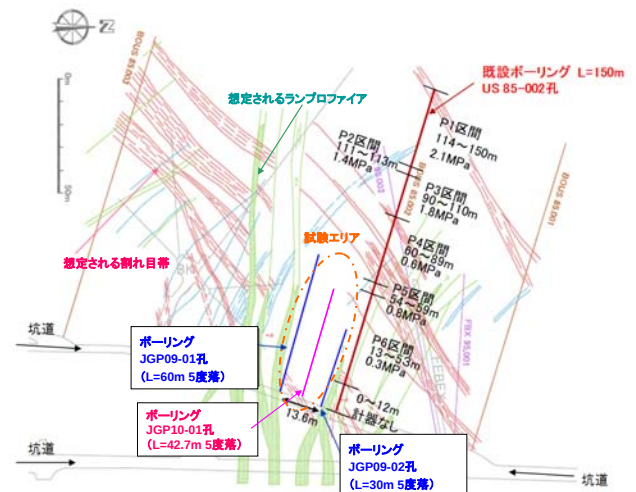


図-2 試験エリア周辺の地質構造と試錐孔の配置（水平面図）

10-01 孔の掘削中には、掘削中の湧水量や 09-01, 09-02 孔にて間隙水圧の変化を計測（各孔 3 連のパッカーを設置）することで、掘削中の深度に対応する割れ目の透水性や孔 - 孔間の水理的な連続性の評価に資する情報を取得した。10-01 孔での岩芯観察および BTV 観察結果を 09-01, 09-02 孔での結果に加えることで、試験エリア内の割れ目の連続性や密度について割れ目ネットワークモデルを利用した評価を実施した（その6）\*。また、グラウト注入区間の選定や試験エリアの割れ目の透水特性の評価を目的として、09-01, 09-02, 10-01 孔にて試験区間長 2.5m の透水試験を各孔に沿って連続的に実施した。

キーワード グラウト浸透モデル、原位置試験、ボーリング調査、割れ目ネットワークモデル

連絡先 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 (独)日本原子力研究開発機構 地層処分研究開発部門 TEL 029-282-1133

さらに、試験エリアの水理的な連続性を確認する目的で、割れ目ネットワークモデルを利用した試験エリア内の割れ目分布の推定結果、および透水試験結果を統合し、10-01 孔から 09-01 孔、09-02 孔間の通水確認試験を行った。試験手法は一般的に実施されている孔間透水試験のような水圧応答の有無や程度を確認する手法ではなく、注入孔-確認孔間の水の出入りが定量的に測定可能となるよう、流量の増減を直接計測するような試験仕様を採用した。試験手順は①パッカー閉塞後の間隙水圧測定、②観測区間のみ大気圧開放した自然状態の湧水量測定、③注水区間からの注水に伴う観測区間の湧水増加量の測定とした。

#### 4. 事前調査結果

10-01 孔掘削中の他孔への水圧応答の計測結果に基づき、09-01 孔の深度 11.15～43.11m、10-01 孔の深度 10.00～32.18m、09-02 孔の深度 9.14～28.46m で試験区間長 2.5m の透水試験を全 30 区間で実施した。対象エリアの透水係数は、 $8.1 \times 10^{-7} \sim 1.6 \times 10^{-11} \text{ m/s}$  の範囲にあり、高透水領域は NE-SW 走向系の割れ目方向に並列する形で分布しているものの、低透水領域は高透水領域の間に離散的に分布しており、全体的な透水場としては不均質である。また、割れ目の透水量係数と水理学的開口幅には平行平板を仮定した理論的關係<sup>3)</sup>があることから、透水試験区間ごとの透水係数と BTV 観察で確認された区間内の全割れ目密度 (図-3) から水理学的開口幅を推定した結果、当試験エリアの水理学的開口幅は  $38\mu\text{m}$  以下が主体的と推定された。なお、区間内の割れ目のうち、水みちとなる割れ目が限定される場合には、水理学的開口幅を過小評価していることに留意する必要がある。

通水確認試験結果は表-1 に示すように試験①のみ注水区間への注水量 ( $1000\text{mL/min}$ ) に対して観測区間で  $37\text{mL/min}$  の増加が確認された。その他の観測区間では明瞭な応答が確認されなかった。

#### 5. まとめとグラウト注入試験計画

事前調査では試験エリアの割れ目の分布に伴う透水不均質性に着目した試験を実施することで、グラウト注入時の浸透範囲を予測するモデルに必要なパラメータを取得した (その 6, 7) \*。また、別途実施したグラウト材料の浸透性に関する平行平板試験結果 (その 2) \*では、 $50\mu\text{m}$  以下の間隙を浸透したグラウト材料は溶液型しか確認されなかったことから、グラウト注入試験の材料は溶液型に決定した。さらに、通水確認試験結果から試験①の区間 (図-3 破線) で水理的な連続性が確認されたため、この区間をグラウト注入試験の対象エリアとして選定した。なお、本研究は経済産業省資源エネルギー庁の「平成 22 度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)」の一部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) 小山倫史, 高橋健二, 田村晴彦, 小林翼, 龍田圭亮, 大西有三(2008): 粘性の経時変化を考慮したグラウト注入過程の数値シミュレーション. 第 38 回岩盤力学シンポジウム講演集, pp. 149-154.

: 2) 中西達郎, 鶴山雅夫, 田中達也(2010): 地層処分におけるグラウト技術の高度化開発 (その 7) -グラウト注入試験の計画立案に向けた予備調査の実施-, 第 65 回年次学術講演会講演概要集.

: 3) Nagra: TECHNICAL REPORT 87-14E, GRIMSEL TEST SITE, FEB 1989.

: 4) Domenico, A.P., Schwartz, W.F. 著, 大西 訳(1995): 地下水の化学 I, p.68-69.

表-1 通水確認試験結果一覧表

| 試験番号 | 注水区間 (JGP10-01) | 最大注水圧力 (MPa) | 最大注水量 (mL/分) | 観測区間  | 応答 | 増加流量 (mL/分) |
|------|-----------------|--------------|--------------|-------|----|-------------|
| 試験①  | 22.34～29.82m    | 0.15         | 1,000        | JGP   | ○  | 37          |
| 試験②  | 12.46～19.94m    | 0.50         | 900          | 09-01 | ×  | —           |
| 試験③  | 22.34～29.82m    | 0.15         | 1,300        | JGP   | ×  | —           |
| 試験④  | 12.46～19.94m    | 0.50         | 1,000        | 09-02 | ×  | —           |

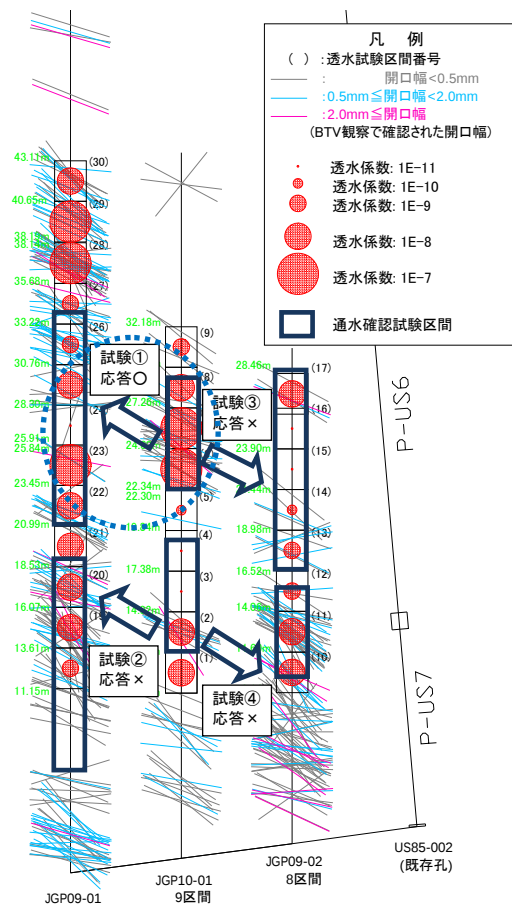


図-3 透水試験及び通水確認試験結果図

図-3 透水試験及び通水確認試験結果図