

概要調査に向けた地質環境の調査技術・評価手法の実証 (その3)

・ 孔壁の自立性が低い堆積岩における適切な泥水選定の試み ・

(株)大林組 正会員 ○下嶋 隆史, 正会員 田中 達也

原子力発電環境整備機構 正会員 村元 茂則, 正会員 三和 公

財団法人電力中央研究所 正会員 近藤 浩文, 五嶋 慶一郎, 海作 一幸

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の最終処分事業における概要調査では、地質環境の特性調査を目的としたボーリングの掘削や孔内試験を実施する。地下施設の設置は深度 300m 以深となることから、調査ボーリングの掘削工法には、大深度の掘削に多くの実績を有するワイヤーライン工法の適用が想定される。調査ボーリングには、岩芯観察や室内試験に用いるコアを確実に採取すること、また、孔内試験実施のために好ましい孔内状況を確保することが求められる。調査工事の合理的な遂行には、上記の目標を勘案しつつ、地表から地下深部に至る地質性状の変化に対応して、掘削方法を的確に適宜見直し、工事を進めることが肝要となる。

本報告では、孔壁の自立性が低い堆積岩の遭遇に備えて、掘削泥水の適用性を室内試験により評価し、ボーリング掘削時の泥水選定や泥水管理に係わる方針について検討した事例を紹介する。

2. 泥水適用性室内試験の目的と方法

掘削泥水の適用性試験は、2008 年度より新たに掘削を開始する調査ボーリング（孔名：YDP-2 孔、計画深度約 550m、PQ ワイヤーライン掘削工法）での適用を想定し実施した。調査ボーリングの対象地点の近傍では、2006-2007 年度に調査ボーリング（孔名：YDP-1 孔）の掘削実績があり、深度 200m 以深に分布する破碎状の泥岩層にて、コア採取率の低下や孔壁崩壊などの掘削障害に遭遇した。

泥水適用性室内試験は、破碎状泥岩に適する掘削泥水の選定を目的として、図 1 に示す手順で実施した。試験は、岩石の特性試験と泥水の特性試験によりなる。

岩石の特性試験は、ボーリング掘削に伴う地山の分散性や膨潤性の有無や程度を評価するための試験である。試験項目は、対象地山が有する鉱物組成を取得する X 線回析と、対象地山の陽イオン交換容量を測る CEC 試験である。泥水の特性試験は、掘削泥水による掘削障害への対応性能を測る試験であり、分散度試験と膨潤度試験によりなる。分散度試験¹⁾では、岩石が泥水と接触することにより水和し、細粒化（分散）する度合いを確認する。試験は乾燥、粒度調整（3.5-10 メッシュ篩）した岩石試料と掘削水を試験用セルに入れ、60℃で 16 時間、ローリング養生したのちの試料の回収率（32 メッシュ篩）を確認する。膨潤度試験¹⁾では、専用試験器（LCM）を用いて、粉碎、水分調整の後、加圧成型した岩石試料を掘削水に浸透させ、その膨潤率を確認する。

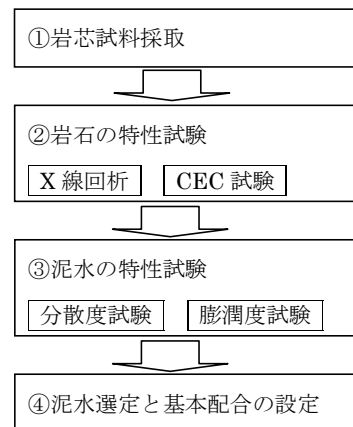


図 1 泥水適用性室内試験の流れ

3. 泥水適用性室内試験の結果

3. 1 岩石の特性試験

X 線回析に基づく鉱物類の判定結果と CEC（メチレンブルー滴定）試験による陽イオン交換容量の測定結果を表 1 に示す。本試験は、YDP-1 孔にて得た岩芯より採取した 3 つの試料を用いた。破碎状泥岩部より採取した試料①、試料②では、粘土鉱物（スメクタイト等）の含有が確認された。粘土鉱物はそれ自体の膨潤または分散によりボーリング時に地層の押し出し、崩壊、張り付き、泥水性状の悪化を招き、掘進率の低下のみならず掘削を困難にする。掘削を進める上では粘土鉱物の膨潤、分散性を抑制し、安定した孔壁を作る泥水を選定することが非常に重要となる。陽イオン交換容量が 20mmol/100g 以上ある場合には、地層の押し出し

表 1 岩石の特性試験結果

岩芯試料 (カッポ) は採取深度	鉱物類判定 (X線回析に基づく)	陽イオン交換容量 (mmol/100g)
試料①：破碎状泥岩 (250.3-250.5m)	スメクタイト、 クロライト、 雲母	25.2
試料②：破碎状泥岩 (318.5-318.7m)	スメクタイト、 クロライト、 雲母	18.6
試料③：細粒凝灰岩 (346.1-346.3m)	クロライト、 雲母	4.2

キーワード：調査ボーリング、ボーリング掘削、泥水管理

連絡先：〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組東京本社原子力本部原子力環境技術部 TEL03-5769-1309

も予想され、膨潤および分散に伴う掘削障害に遭遇することが想定される。試料①は、YDP-1 孔にて多くの掘削障害に遭遇した深度であり、岩石の水反応性を抑制する泥水の適用が、掘削障害の対策に有効であることが示唆された。

3. 2 泥水の特性試験

表 2 泥水の特性試験結果

上記の岩石の特性試験結果に基づき、フレックス泥水および KCl ポリマー泥水の 2 つの泥水を選定し、その特性試験を実施した。フレックス泥水²⁾ は、ベントナイトを主材とする泥水に水和抑制に優れたポリマー材を加える泥水である。一方、KCl ポリマー泥水²⁾ は、粘土鉱物の膨潤、分散を抑制する無機塩類のうち K イオンの効果に期待するものである。KCl のみでは膨潤抑制力、凝集力が強すぎるため、ポリマー類も配合する。

試験\掘削水	清水	フレックス泥水	KCl ポリマー泥水
分散度試験 (回収率：%)	29.2	56.1	83.7
膨潤度試験 (膨潤率：%)	測定不可	34.0	29.0

泥水の特性試験結果をとりまとめて表 2 に示す。本試験は分散度および膨潤度ともに高い試料①を用いて実施した。また、フレックス泥水および KCl ポリマー泥水に加えて、孔内試験時の清水置換を想定した試験も実施した。試験結果より、分散抑制、膨潤抑制ともに、KCl ポリマー泥水がフレックス泥水よりも優れた性能を有することを確認した。また、KCl ポリマー泥水を用いた場合でも膨潤率は 29% と高く、清水を用いた場合にはコア試料が著しく崩壊し、膨潤率の測定が不可能となるなど、対象地山となる破碎状泥岩が極めて膨潤性に富んだ岩盤であることを確認した。

4. 泥水の選定方針

表 3 泥水管理に係わる計測項目 (KCl ポリマー泥水)

掘削状況の改善やコア採取率の向上のためには、適切な泥水の選定に加えて、掘削中の泥水管理が重要である。泥水管理には、掘削に伴い泥水中に含まれた堀くずや、地層水の浸入、岩石との化学的な反応等に伴う泥水品質への影響を取り除き、一定の性状に保つ役割と、掘削や孔内状況に応じて、適切な性状に調泥する役割がある。調査ボーリングにて実績が多い、ベントナイト泥水やフレックス泥水では、ファンネル粘性と泥水比重の計測による管理が一般的である。一方、KCl ポリマー泥水は、K イオンの濃度管理に伴い多くの計測項目がある (表 3)。そのため、泥水管理技術者の配置に伴う費用増が生じるが、緻密で精度が高い泥水管理が可能となる利点を有する。

KCl ポリマー泥水の泥水管理項目		
泥水比重	脱水量	C1-定量
ファンネル粘性	泥壁	K+定量
見かけ粘性	砂分	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ 定量
プラスチック粘性	ソリッドコンテンツ	濾水アルカリ度
イーールドバリュウ	pH 値	泥水アルカリ度
ゲルストレングス	MBC 値	

今回新たな掘削を実施するボーリング孔においては、破碎状泥岩との遭遇が予想される深度よりも浅い、概ね 200m 以浅では、砂岩・シルト岩主体の地層となり、通常のベントナイト泥水にて掘削が可能と考えられる。KCl ポリマー泥水を掘削当初から適用することは合理的でなく、掘削中に破碎状泥岩との遭遇を確認した場合に、KCl ポリマー泥水への泥水切り替えを判断し、適切な泥水管理を実施することが、コア採取率の向上や掘削状況の改善に有効と考えられる。また、泥水切り替えの判断には、コア性状や採取率、掘削パラメータ (掘進率、ビット荷重他)、泥水性状 (粘性、比重)、孔壁状況 (孔径、埋没深さ) に加えて、採取コアの陽イオン交換容量を用いることが適切と考えられる。

5. おわりに

泥水適用性室内試験による泥水の選定方針に基づき、本調査ボーリングの掘削、泥水管理を進める。掘削泥水の選定や管理はボーリング掘削の重要な要素となるが、透水試験により得る圧力変化データへのスキン領域の影響³⁾ や、地下深部より採水する地下水の化学特性分析への影響など、泥水適用に伴う試験データへの擾乱も想定される。最終処分事業では、地質環境特性の取得が重要な調査目標となり、泥水適用時の影響を踏まえた各種試験・分析方法、およびデータの解釈方法についても、本調査ボーリングによる実証活動を通して検討を進めていく。

参考文献

- 1) API RP 13 B : API Recommended Practice, Standard Procedure for Testing Drilling Fluids
- 2) ボーリング用泥水<新版>, 1981.5.25, 沖野文吉
- 3) 橋本秀爾, 田中達也, 安藤賢一, 竹内真司, 三枝博光, 金亨穆: 単孔式の水利試験による透水特性パラメータの評価手法に関する研究, 第 36 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp419-424, 2007.