

立坑の止水プラグと埋め戻し材の水理学的な要求性能に関する検討

(財)電力中央研究所 正会員 田中靖治
(財)電力中央研究所 正会員 野崎隆司
東京電力(株) 正会員 増田良一

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分場の建設に際しては、廃棄体や機器の搬入および換気のために、直径 7m 程度の立坑が複数本掘削される。一方、安全評価においては、人工バリアから漏出した放射性核種が天然バリアである岩盤を移行して評価点に至ることを想定している。そこで、立坑が核種移行に関するクリティカル・パスにならないよう方策を施すことが重要となる。

2. 解析条件

処分場を建設する難透水性の地層あるいは岩体の厚さを 200m 程度と想定し、その中心に処分場が位置すると考え、立坑の下部 100m の範囲に止水プラグを設置することとした。

解析モデルは、図－1 に示すように立坑の中心線を対称軸とした二次元軸対称モデルである。解析領域は鉛直方向には 140m、半径方向には 50m である。堆積岩モデルの場合、立坑の埋め戻し材部分の半径は 3.25m、支保の厚さは 0.25m である。一方、花崗岩モデルの場合、支保はないものとし、立坑の埋め戻し材部分の半径を 3.5m とした。また、立坑は底部において主要坑道と接続するものと考え、主要坑道の中心軸が $z=0\text{m}$ の位置にくるように、モデルの設定を行った。主要坑道の直径は 6m と考え、立坑の底部においては、堆積岩モデルでは $z=-3\text{m}$ まで、花崗岩モデルでは $z=-3.25\text{m}$ までが埋め戻し材となる。プラグ設置箇所の候補は $z=10, 30, 50, 70, 90\text{m}$ (プラグの中心位置) であり、プラグの半径は 9～15m、高さは 5m とした。また、立坑の周囲には掘削損傷領域 (EDZ) が生じるが、いくつかの実測例¹⁾を基に半径方向に 1m の厚さを仮定した。ただし、プラグの切り込み部分については、電動鋸等により掘削損傷領域の発生を極力抑えた掘削が行われることが予想され、スキン効果により透水係数が減少することも考えられるため、プラグの外周部には掘削損傷領域は生じないものとした。

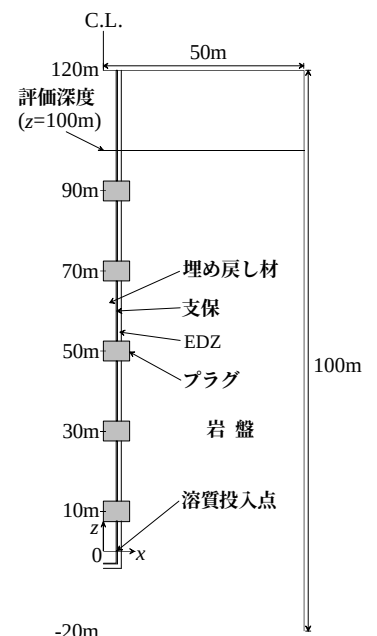
堆積岩モデルでは $z=0\text{m}$ の立坑支保の部分 ($3.25 \leq x \leq 3.5$) から、花崗岩モデルでは $z=0\text{m}$ の立坑 EDZ ($3.5 \leq x \leq 4.5$) の部分から、非吸着性の溶質を常に一定量放出し続ける。

水理学的境界条件として、鉛直上向きに 0.0167 の動水勾配が生じるように、上端面 ($z=120\text{m}$) では全水頭を 0 mH_2O に固定し、下端面 ($z=-20\text{m}$) では 2.338 mH_2O に固定した。また、中心軸 (領域左端) および領域右端は、不透水境界とした。一方、溶質移行に関する境界条件として、中心軸は反射境界 (溶質が境界を通過しない) とし、領域右端および上下端面は自由流出境界とした。

解析に使用した水理パラメータの基本設置値を表

表－1 水理パラメータの基本設定値

	透水係数(m/sec)	間隙率(-)
花崗岩(健岩部)	1×10^{-8}	0.01
花崗岩(EDZ)	1×10^{-6}	0.01
堆積岩(健岩部)	1×10^{-8}	0.2
堆積岩(EDZ)	1×10^{-7}	0.2
埋め戻し	1×10^{-8}	0.4
支保	1×10^{-6}	0.2
プラグ	1×10^{-11}	0.35



図－1 解析モデル

キーワード：地層処分、立坑、プラグ、埋め戻し材、透水係数

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL:0471-82-1181 FAX:0471-82-5934

－1に示す。また、すべての部材について、縦分散長は10m、横分散長は1mとする。

以上の条件の下で、止水プラグや埋め戻し材の仕様をパラメータとして、溶質の移行を計算する。評価は、 $z=100\text{m}$ の水平面を通過する溶質フラックスの破過曲線を用いて行う。比較の対象は、立坑が無い場合（解析領域全体が岩盤）の破過曲線である。

3. 解析結果

3.1 堆積岩モデル

プラグの個数をパラメータにした解析結果を図－2に示す。なお、計算結果の破過曲線は、 $z=0\text{ m}$ で放出した溶質フラックスの値で正規化している。プラグ数を増やすことにより移行時間を遅らせることが可能となり、直径13mのプラグを5個設置すれば、移行時間を岩盤と同程度にできることがわかる。他の解析結果から、堆積岩では、プラグを5個設置する場合、プラグの直径は13m以上、透水係数は $1\times 10^{-9}\text{m/s}$ 以下にする必要があることがわかった。ただし、直径13mのプラグを5個設置した場合、埋め戻し材の透水係数を $1\times 10^{-5}\text{m/s}$ まで大きくしても、移行時間はほとんど変わらない。

3.2 花崗岩モデル

プラグの個数をパラメータにした解析結果を図－3に示

す。堆積岩の場合と異なり、直径13mのプラグを3個設置すれば、移行時間を岩盤と同程度にできる。他の解析結果から、花崗岩では、プラグを3個設置する場合、堆積岩の場合と同様プラグの直径は13m以上必要であるが、透水係数は $1\times 10^{-8}\text{m/s}$ 以下であればよいことがわかった。また、直径13mのプラグを3個設置した場合、埋め戻し材の透水係数が $1\times 10^{-5}\text{m/s}$ のケースの方が、 $1\times 10^{-8}\text{m/s}$ のケースよりも移行時間が遅くなる。これは、埋め戻し材の透水係数が $1\times 10^{-8}\text{m/s}$ のケースでは埋め戻し材部分の実流速が遅く、溶質は主にEDZ部分を移行するが、 $1\times 10^{-5}\text{m/s}$ のケースでは埋め戻し材部分の実流速が速くなるため、埋め戻し材部分にも溶質が移行し、評価点までの移行時間が長くなるものである。

なお、堆積岩モデルと花崗岩モデルの結果の差は、主に岩盤の間隙率の差により生じると考える。すなわち、花崗岩では間隙率が堆積岩の20倍であり、物質移行に寄与する実流速が堆積岩の20倍となる。

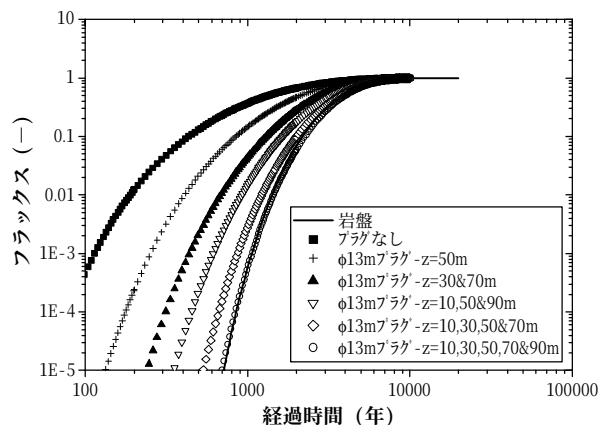
4. おわりに

本研究により得られた立坑止水プラグの水理学的要求性能を、表－2に示す。また、埋め戻し材については、表－2に示す要求性能を満たす止水プラグが設置されていれば、特に水理学的な性能は要求されないことがわかった。ただし、これらの数値はあくまでも今回設定した解析条件を前提とするものであり、今後は掘削損傷領域の水理学データ等をさらに収集し、解析精度を向上させることが重要と考える。

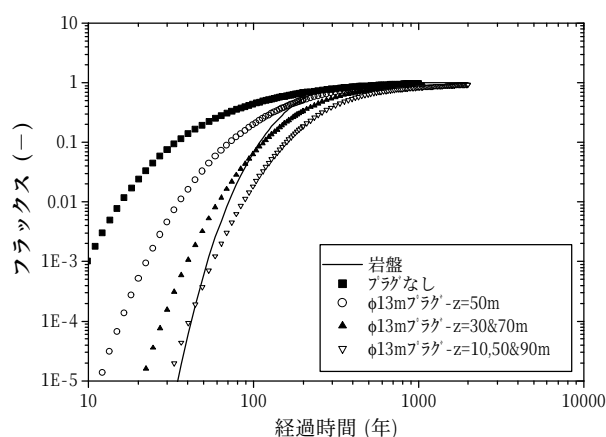
なお、本報告は電力10社による電力共通研究「高レベル廃棄物処分における候補岩体の水理特性評価研究」の成果の一部を紹介したものである。

参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構：地層処分研究開発第2次取りまとめ（分冊1）、pp.III-126～139、1999.



図－2 プラグ個数の影響（堆積岩）



図－3 プラグ個数の影響（花崗岩）

表－2 プラグの水理学的要求性能

仕様	堆積岩	花崗岩
直径 (m)	13	13
高さ (m)	5	5
個数	5	3
透水係数(m/s)	1×10^{-9}	1×10^{-8}