

処分坑道レイアウトを考慮した破砕帯分布のモデル化手法の提案

鹿島建設(株) 技術研究所 正会員 ○須山 泰宏
鹿島建設(株) 技術研究所 正会員 戸井田 克

1. はじめに

わが国の高レベル放射性廃棄物地層処分の概念は、天然の地質環境（天然バリア）と工学的な防護系（人工バリア）を組み合わせた多重バリアシステムの考え方に基づいている。この考えに基づき地下施設レイアウト設計を行うためには、地質環境特性を適切にモデル化し、高透水性である破砕帯などを避け、放射性廃棄物の移行抑制と希釈・分散機能を有する天然バリアを有効に活用する必要がある。本報では、特に破砕帯を避け、処分に好ましい領域に坑道を配置できるように、コンディショニング手法を用いた破砕帯分布のモデル化手法を提案すると共に、処分坑道レイアウトへの反映方法を取りまとめた。

2. 破砕帯が存在する地質環境における処分坑道レイアウトの考え方

地質環境に不均質性が存在するということは、天然バリア性能の観点で好ましい領域と好ましく無い領域が存在していると考えられる。この考え方を破砕帯が存在する地質環境に適用すると、天然バリアの観点で好ましい領域とは破砕帯以外の健岩部、つまり破砕帯に囲まれた健岩部であり、好ましく無い領域は破砕帯自身及びその近傍部であると言える。したがって、処分エリア全体の地下水挙動も勘案しつつ、処分坑道レイアウトを行うには、好ましく無い破砕帯及びその近傍部を避け、破砕帯に囲まれた好ましい健岩部を選択して廃棄体を定置できるようにレイアウトすることが重要となる。すなわち、このレイアウトを適用するためには、破砕帯分布の把握・モデル化が重要となる。

3. 地質構造モデルにおける破砕帯分布評価の不確実性

岩盤内には地層・岩体の区分に加え、破砕帯の存在などによる空間的不均質性が存在しているため、地下構造の推定結果には不確実性が伴っている。例えば、北海道幌延町周辺に存在すると考えられている「大曲断層」は、5万分の1地質図幅「豊富」¹⁾では、豊富温泉や幌延駅を通る断面において西傾斜の正断層であると記載されているが、その後原位置での調査が進み、日本原子力研究開発機構（JAEA）の報告²⁾では、大曲断層が東傾斜の逆断層で、更に場所によっては1条から2条に増えている。また、JAEAの超深地層研究所計画では、深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備の一環で、地表からの調査予測研究段階（第1段階）のStep0～4の各段階において、地質構造モデルの構築が行われているが、その地質構造モデルは、調査段階が進展し、場の理解度が向上することにより、断層・破砕帯の追記や形状の修正などが生じている³⁾。

4. 処分坑道レイアウトを考慮した破砕帯分布のモデル化手法

上記のようにレイアウト検討上、破砕帯評価は重要な作業であるが、調査初期に実施されるボーリング調査結果などの限られた情報に基づき決定論的手法を用いて、破砕帯分布のモデル化を行うには限界があり、第2次取りまとめの亀裂のモデル化⁴⁾で適用されているように、見出すことが困難な状況の破砕帯については、確率論的な手法を併用すべきである。第2次取りまとめでの亀裂分布は、主に①亀裂方向分布（Fisher分布の確率密度関数）、②亀裂頻度分布、及び③亀裂半径分布を設定することにより、モデル化されている。この中で、特に③亀裂半径分布に関しては原位置で取得することが困難なため、文献情報などを用いて設定されるケースが多く、不確実性が含まれている。本報では、確率論的な手法を併用し、破砕帯分布の推定精度を向上させるために、ボーリング調査結果から得られた破砕帯情報を有効に活用することとし、(1)上記の原位置で特定することが困難な“亀裂半径分布（べき乗数）”については、亀裂の線密度と破砕帯の線密度とを整合させることにより設定し、また、(2)ボーリング孔で得られた破砕帯の位置とその走向・傾斜については、リアライゼーション構築時に整合（コンデ

キーワード 高レベル放射性廃棄物，地層処分，処分坑道レイアウト，不確実性，破砕帯
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2丁目19番1号 TEL042-489-7851

イショニング) させることにより、信頼性向上に努めた。

具体的にべき乗数については、表-1 に示すようにボーリング調査から得られた亀裂情報に基づき、①亀裂方向に関する情報(走向傾斜の中心、ばらつきを表す Fisher 定数)、②亀裂頻度(線密度)、及び破砕帯の頻度情報(線密度)と、ここで考えている破砕帯の最少半径を設定できれば、③最適なべき乗数を設定することが可能となる。また、コンディショニングに関しては、図-1 に示すようにボーリング調査結果の破砕帯情報に基づき、破砕帯と交差していない箇所を破砕帯を取り除き、破砕帯情報と整合している破砕帯を採用することにより、実施できる。

5. 処分坑道レイアウトへの反映方法

前述したモデル化手法を用いれば、従来の決定論的手法のモデルの信頼性を更に向上させることができると考えている。しかし、限られた情報のみでは確率論的に表現されたエリアにおいて不確実性が残存するため、一つのリアライゼーションのみを用いての処分坑道レイアウトを行うことは好ましく無い。そこで、例えば、コンディショニング後のリアライゼーションを重ね合わせることにより、破砕帯と遭遇しづらい場所(図-2 参照)を選定し、廃棄体定置箇所とする方法も考えられる。具体的には、Y.Suyama, et al.⁵⁾が提案する可変型処分坑道レイアウト概念(図-3 参照)を基本とし、(1)一つのリアライゼーションから定置可能な廃棄体数量(好ましい領域の面積)を概略把握した上で、(2)詳細な処分坑道レイアウトについては、処分パネルの施工時に掘削する処分坑道の情報を用いて随時好ましい領域を確認(本モデル化手法でのコンディショニングによる整合+重ね合わせ+処分坑道からの調査)し、廃棄体の定置場所を確定する方法が考えられる。

6. まとめ

本報では、不均質性の推定に伴う不確実性に着目し、地質構造モデルには不確実性が常に存在していることを全面的に認めた上で、現状得られている情報を有効に活用し、見出すことが難しい破砕帯に確率論的手法を適用してモデル化する手法と、その結果を用いた処分坑道レイアウトへの反映方法を提案した。引き続き、調査方法やレイアウト変更と工学的対処のコストパフォーマンス検討も含め、高度化を図る予定である。

参考文献

1) 長尾捨吉, “5 万分の 1 地質図幅「豊富」および説明書”, 北海道立地下資源調査所 (1960). 2) 核燃料サイクル開発機構, “高レベル放射廃棄物の地層処分技術に関する研究開発—平成 15 年度報告— (2004). 3) 三枝博光, 瀬野康弘, 中間茂雄 他, “超深地層研究所計画における地表からの調査予測研究段階 (第 1 段階) 研究成果報告書”, JAEA-Research 2007-043, (独)日本原子力研究開発機構 (2007). 4) 核燃料サイクル開発機構, “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 (1999). 5) Y.Suyama, et al. (2007) : Study to optimize a disposal tunnel layout taking into account heterogeneous characteristics of the geological environment, 15th International Conference on Nuclear Engineering, Nagoya, Japan, April 22-26, ICONE15-10553.

表-1 ボーリング調査から得られた亀裂情報

①亀裂方向に関する情報	
走向・傾斜の中心	N65.2E 67.1S
Fisher 定数	14.33
②亀裂頻度に関する情報	
亀裂頻度(線密度)	1.33 本/m
破砕帯の半径	>200m
破砕帯頻度(線密度)	7.58×10^{-3} 本/m
③亀裂半径分布に関する情報	
べき乗数	4.03

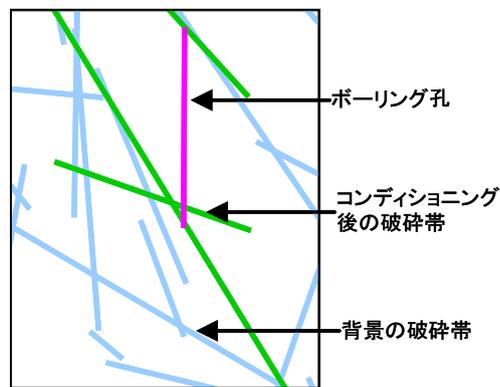


図-1 コンディショニング結果の一例 (鉛直断面、750m×600m)

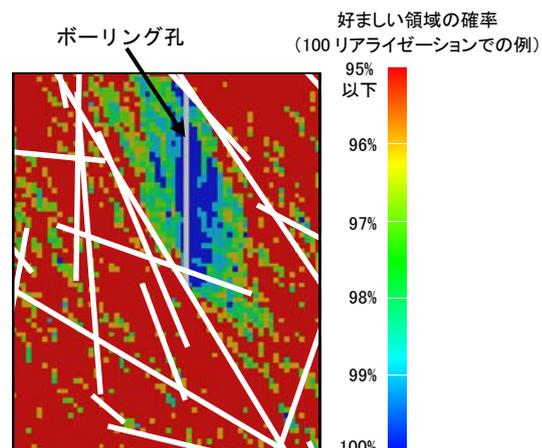


図-2 好ましい領域の提示の例

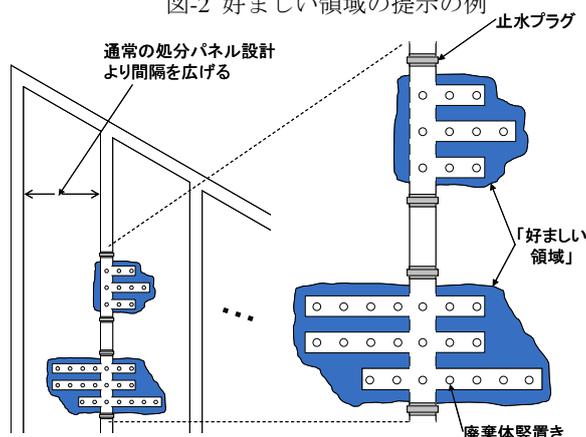


図-3 可変型処分坑道レイアウト概念