

突発湧水に対するリスク評価・管理手法の構築（その1）

— 立坑掘削時における突発湧水リスクに対する断層の水理学的調査について —

日本原子力研究開発機構 正会員 ○尾上博則 三枝博光 渡邊正
大成建設（株） 正会員 本島貴之 井尻裕二
京都大学大学院工学研究科 正会員 大津宏康

1. はじめに

深部岩盤中に地下施設を建設する上では、事前の調査により岩盤が有する水理学的・岩盤力学的不均質性が地下施設建設に及ぼす影響を評価することが重要である。筆者らは、地下施設建設に影響を及ぼす様々な要因の中から結晶質岩地域で最も重要と考えられる突発湧水に着目し、地下施設建設コストに対する突発湧水の影響をリスクとして評価する手法を構築した¹⁾。さらに構築した評価手法を用いて、岐阜県瑞浪市において日本原子力研究開発機構が進めている超深地層研究所計画²⁾での地質環境調査の進展に伴う情報量と立坑掘削時の突発湧水リスクの関係について検討を進めている¹⁾。本研究では、新たな地質環境調査から得られた情報を加味した突発湧水のリスク評価を行うとともに、地質環境調査によってその構造が推定されている比較的規模の大きな断層（以下、決定論的断層）とそれ以外の確率論的にモデル化した割れ目（以下、確率論的割れ目）のそれぞれに起因する突発湧水リスクを分析し、リスク評価の観点から断層の水理学的調査について検討した。

2. 割れ目ネットワークモデルによる水理地質構造のモデル化および地下水流動解析

瑞浪超深地層研究所周辺地域には白亜紀後期の基盤花崗岩（土岐花崗岩）とそれを覆う新第三紀の堆積岩（瑞浪層群・瀬戸層群）が分布しており、既存調査によると花崗岩だけでなく堆積岩においても割れ目が地下水の流れを規制する構造であることが報告されている³⁾。本研究ではこれまでの検討¹⁾と同様の手法で、瑞浪超深地層研究所を中心とする2km四方の解析対象領域を割れ目ネットワーク解析コードFracManによってモデル化し、地下水流動解析を実施した。モデル化・解析に用いたデータセット（以下、DS）4は、地表からの調査研究予測段階における地質環境調査で得られた情報に基づき作成した。表1に、DSと地質環境調査の進展の関係を整理する。また、解析においては、30回のリアライゼーションを行い、割れ目毎の立坑内への湧水量を算出した。

表1 データセットの概要

データセット	調査項目
データセット1 [※]	リニアメント調査, 地表踏査, 反射法弾性波探査
データセット2 [※]	浅層ボーリング調査, 既存ボーリング調査(深度500m)
データセット3 [※]	深層ボーリング調査(深度1000~1300m)
データセット4	孔間トモグラフィ調査, 孔間水理試験

※参考文献1)で実施済み

3. 突発湧水のリスク評価

(1) リスク評価手法：突発湧水リスクの評価にあたって、突発湧水に対する対策シナリオ¹⁾に基づき、各リアライゼーションに対する湧水割れ目本数と湧水対策コストを用いて立坑掘削に伴う突発湧水の対策コストを算定した。リスクの評価指標として、各DSでの全リアライゼーションに対する期待値と標準偏差を算出するとともに、期待値－標準偏差平面およびリスクカーブ¹⁾としてとりまとめた。また、リスクカーブを基に、VaR(95%)¹⁾を求めた。

(2) 調査の進展に伴うリスク評価：図1,2に、各DSの期待値－標準偏差平面およびリスクカーブを示す。これらの図より、DS1~3の間では、地質環境調査の進展に伴って対策コストの期待値、標準偏差およびVaR(95%)は減少するとともに、リスクカーブの傾きが大きくなっており対策コストのばらつきも減少していることがわかる。一方、DS3~4にかけては、期待値、標準偏差およびVaR(95%)が増加する結果となった。リスクカーブの傾きもDS2と同程度となっており、対策コストのばらつきも増加していることが読み取れる。

(3) 決定論的断層と確率論的割れ目に起因するリスク評価：DS3~4への突発湧水リスクの増加要因を分析するために、決定論的断層と確率論的割れ目からの湧水量を区分し、それぞれに起因するリスクを個別に評価した。図3

キーワード：高レベル放射性廃棄物地層処分, 突発湧水, リスク, 割れ目ネットワーク, 断層, 水理学的調査

連絡先：〒509-6132 岐阜県瑞浪市寺河戸町山野内1-64 電話：0572-66-2244, FAX：0572-66-2245

の期待値-標準偏差平面からは、決定論的断層、確率論的割れ目の期待値・標準偏差はともに DS 1~3 にかけて減少し、DS 3~4 では増加する傾向にあり、その変動量は確率論的割れ目と比較して決定論的断層のほうが大きいことが明らかとなった。これは、決定論的断層は、地質環境調査の進展に伴う情報量の増加によって、その構造（分布位置、走向、傾斜）が大きく変化するため、確率論的割れ目に比べてリスクの変動量が大きく、本評価手法では情報量の増加とリスクの低減は必ずしも比例関係にならないためと考えられる。一方、DS 4 では確率論的割れ目のモデル化パラメータを更新していないにも関わらず、DS 3~4 の確率論的割れ目のリスクが増加した要因としては、割れ目ネットワークが決定論的断層の構造の変化に伴う影響を受けたことによるものと推察される。

4. 断層の水理学的調査の検討

上記のリスク評価結果から、決定論的断層が立坑掘削時の突発湧水リスクに大きな影響を及ぼすことが明らかとなり、これまでの地表からの地質環境調査において、特に決定論的断層に着目した調査を実施してきたことの妥当性が示された。今後、より効率的に突発湧水リスクの低減を図るためには、立坑掘削に先立って先行ボーリングを実施し、立坑に遭遇する決定論的断層の把握、確率論的割れ目の特性データの取得が有効と考えられる。また、高レベル放射性廃棄物地層処分においては、安全評価のみならず処分場建設の際の突発湧水リスク低減の観点からも決定論的断層に着目した調査が有効であると言える。

5. まとめ

本研究では、決定論的断層と確率論的割れ目とを組み合わせることで水理地質構造をモデル化し、地質環境調査の進展に伴う情報量の増加と立坑掘削時の突発湧水のリスク評価および決定論的断層と確率論的割れ目のそれぞれに起因する突発湧水リスクの分析を行い、リスク評価の観点から断層の水理学的調査について検討を行った。その結果、突発湧水リスクは決定論的断層に大きな影響を受けていることが明らかとなり、これまで実施してきた地質環境調査の考え方⁴⁾の妥当性および立坑掘削における前方探査の重要性が示された。今後は、決定論的断層の抽出方法、確率論的割れ目の発生方法および情報量の増加でその構造が大きく変化する可能性が大きい決定論的断層のリスク評価手法などの見直しによる本リスク評価手法の精度向上、立坑掘削に先立って実施する先行ボーリングから得られる情報を加味した突発湧水のリスク評価、ならびにリスクを評価指標としたプロジェクト管理手法の検討を実施する必要がある。

参考文献

- 1) 本島ほか：地質環境調査の進展に伴う情報量と立坑掘削時の突発湧水リスクの関係について 一 瑞浪超深地層研究所立坑掘削を例として一、土木工学会年次講演会、2005。
- 2) 核燃料サイクル開発機構：超深地層研究所 地層科学研究基本計画、JNC TN7410 2001-018, 2002。
- 3) 井尻ほか：我が国の岩盤の水理特性について、JNC TN8400 99-090, 1999。
- 4) 核燃料サイクル開発機構：高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築—平成17年取りまとめ— 一分冊1 深地層の科学的研究—、JNC TN1400 2005-014, 2005。

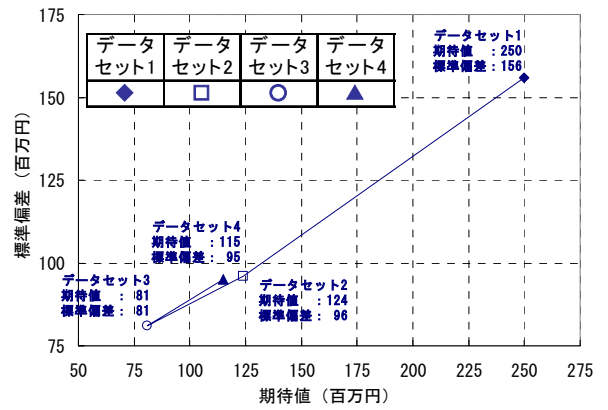


図1 対策コストの期待値-標準偏差平面

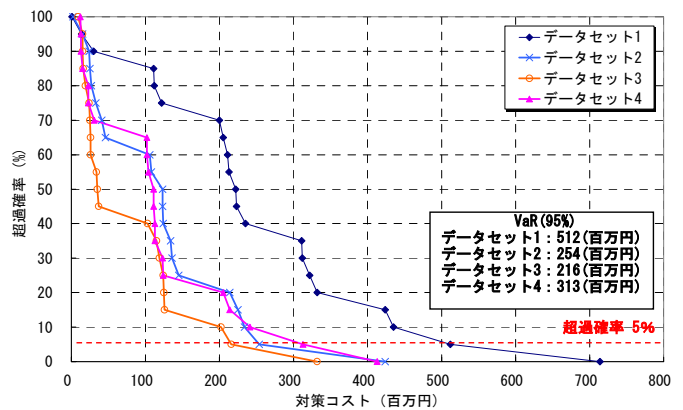


図2 対策コストのリスクカーブ

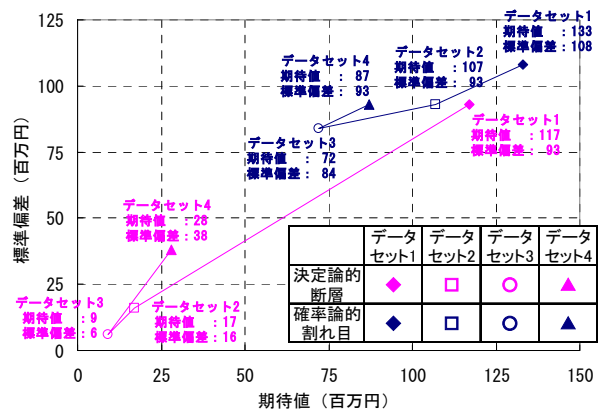


図3 対策コストの期待値-標準偏差平面 (決定論的断層、確率論的割れ目に区分)