

## VII-25 鉾山地域におけるトンネル掘削ずりの判定手法とその評価について

○（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 徳富 恭彦  
（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構 大柳 寿正

### 1.はじめに

東北新幹線（八戸・新青森間）の八甲田トンネルは全長26.455kmの長大トンネル（平成17年2月貫通）である。本トンネルルート周辺には旧金属鉾山が多数存在し、ほぼ全域にわたり鉾化作用を受けた岩石（以下、「鉾化変質岩」と呼ぶ）が分布する。鉾化変質岩は黄鉄鉾などの硫化鉾物を多く含み、掘削ずりに含まれる硫化鉾物が地下水や空気中の酸素と反応して酸性水を生じさせ、周辺環境に影響を及ぼす可能性があったため、このような問題が予想される掘削ずりを確実に分別・処理する必要があった。判定指標として当初は帯磁率、溶出試験、硫黄含有量の3項目を設定したが、その後、2つの鉾物含有比の有効性を確認し、追加している。本稿は、八甲田トンネル工事にあたり策定した鉾化変質岩の処理方法に関して、掘削ずりの判定手法並びにその評価について報告するものである。

### 2.鉾化変質岩の処理方針

鉾化変質岩を含む掘削ずりの安全かつ経済的な処理方法については、管理型廃棄物最終処分場に準じた構造の土捨場（「管理型土捨場」と呼ぶ）を設置し、その中に処分することとした。その際、鉾化変質岩を一律に処分することは不経済なため、酸性水を発生させる可能性のあるものを「管理型」とし、それ以外を「一般型」として区別した。

### 3.判定基準

管理型ずりの判定基準については、トンネル掘削の計画段階から長期暴露試験（10年以上）を行うなど、検討を重ねてきた。判定基準設定の条件としては、法令で定められた排水基準のpH5.8～8.6と重金属の含有量基準などがある。

#### (1) 切羽肉眼鑑定

鉾山技術者がトンネル切羽を鑑定し、鉾脈・鉾石が見られた場合は管理型とした。

#### (2) 帯磁率測定（火山岩）

この地域の火山岩は熱水変質作用を受けると一般に帯磁率が低下し硫黄含有量が増加する。そこで、 $50 \times 10^{-6} \text{emu/cm}^3$ 以上を示す場合は鉾化変質を受けていないとして一般型とした。

#### (3) 簡易溶出試験

1時間後の溶出水（径10mm以下に粉碎した試料を蒸留水に漬ける）のpHが6.0以下のものを、将来酸性水を生成する恐れがあるものとして管理型とした。

#### (4) 硫黄含有量

黄鉄鉾の主成分である硫黄含有量については、計画時の事前調査により2.0wt%を基準値として、それ以上を管理型とした。同時に、重金属の含有量についても測定し、土壤汚染法で定められた環境基準値を超えたものは管理型とした。

#### (5) 泥岩の判定指標

泥岩については火山岩の基準である硫黄含有量が2.0wt%未満でも酸性化する試料があったため、当初は全量を管理型としていたが、その後、方解石、長石、雲母族にpH緩衝作用があることが明らかとなったため、S/Caモル比を求めることで泥岩における酸性化の評価が可能であることがわかった。そこで、硫黄含有量が2.0wt%未満であっても

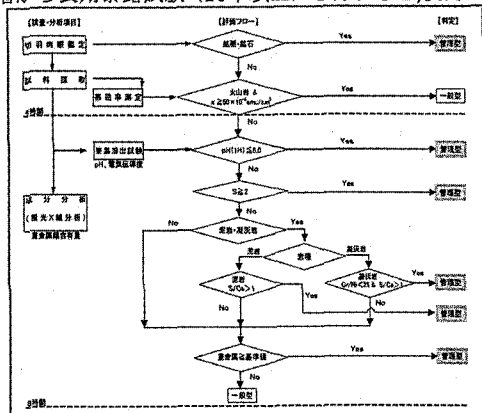


図-1 掘削ずり判定フロー図

S/Caモル比が1.0以上のものを管理型,1.0未満のものを一般型とした。

#### (6) 凝灰岩の判定指標

凝灰岩についても一部のものは硫黄含有量が2.0wt%未満でも酸性化する試料があったため、暫定的に泥岩の指標を用いた。その後、凝灰岩には火山灰を主とする火山噴出物が堆積し固結したものと、一度堆積した火山堆積物が侵食・運搬され二次的に海底等に堆積し固結したものがあることから、前者については火山岩類、後者については泥岩と同様の溶出機構で酸性水を生じる可能性が高いと考えた。両者の化学組成的特徴としてNiとCrの含有量比に違いがあることがわかったため、Cr/Niモル比にしきい値を設けて区分し、前者については火山岩同様、S/Caモル比による判定は不要と結論づけた。

#### 4. 判定基準の評価

本トンネルでは、平成12年10月から本坑掘削終了まで、7,865個の岩石試料について試験を行ってきた。これらの試料の試験結果および判定基準の評価は次のとおりである。

##### (1) 帯磁率測定

56日後溶出水pH（長期溶出試験より56日程度経過すると酸性化するかどうかの傾向が掴める）が5.8以下となる試料は、帯磁率が $30 \times 10^{-6} \text{emu/cm}^3$ 以下であった（図-2）。以上から、帯磁率に関する基準値は妥当であると判断できる。

##### (2) 簡易溶出試験

判定基準に則り、1時間後溶出水のpHが6.0以下を示し管理型に区分された試料は、すべてのpHが排水基準(5.8)を下回る2.99~5.45を示し、酸性水発生の危険性が高い岩石を迅速に判断する手法としては有効であった（図-3）。一方、1時間後溶出水pHが6.5以下を示す試料は全て56日後に5.8以下まで下がり、7.0以下を示す試料の大部分も、56日後にはpH5.8以下を示すものが多かったため、基準値についてはなお考慮する余地がある。

##### (3) 硫黄含有量

硫黄含有量測定結果を簡易溶出試験の56日後溶出水pHと関連付けると、56日後pHが5.8以下の酸性性を示す試料は、泥岩の場合は硫黄含有量0.5wt%以上、凝灰岩類および火山岩類では1.0wt%以上で、特に2.0wt%以上でその傾向が顕著であった（図-4）。

##### (4) 泥岩S/Caモル比

泥岩の分析結果からは、全体として、S/Caモル比と簡易溶出試験56日後pHの間には明瞭な関係が認められる（図-5）。泥岩の硫黄含有量とS/Caモル比の関係をpHが5.8以下か否かで区別した場合、酸性化を示した試料の全てが管理型に区分されていることから基準値は妥当であったと言える。

##### 5. おわりに

本工事に於いて得られた鉱化変質岩についての知見は地域の環境保全に大きく貢献していると考えている。今後、同様な問題を抱える地質を掘削するトンネル工事においても、本稿で紹介した建設残土の合理的な処理方法が適用できるものと期待する。

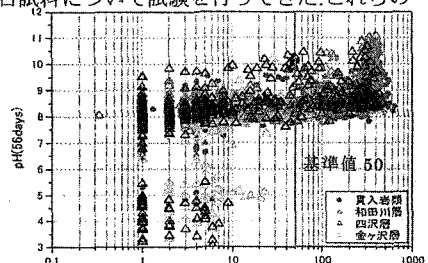


図-2 帯磁率と56日後pHの関係

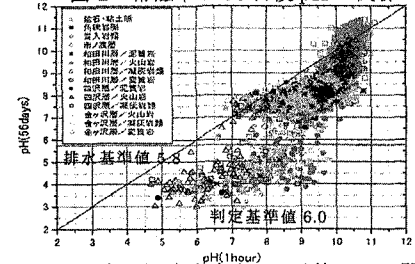


図-3 1時間後溶出水と56日後pHの関係

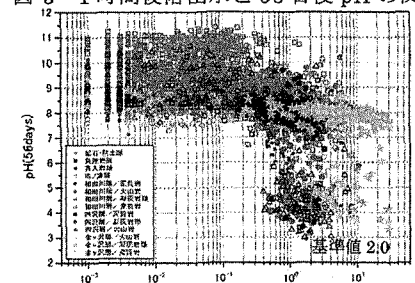


図-4 硫黄含有量と56日後pHの関係

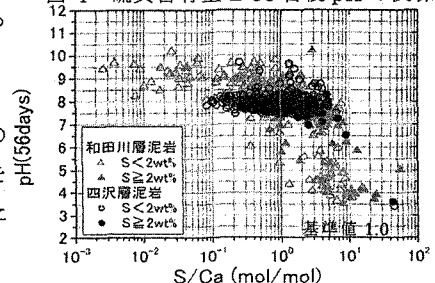


図-5 泥岩 S/Ca モル比と56日後pHの関係