

42. 地域特性を踏まえたトンネル湧水の対応事例

Case Study on Tunnel Spring Water Countermeasures Based on Local Characteristics

○佐々木理弦, 杉江美織, 堀内瀬奈, 長谷川怜思, 山本 晃 (八千代エンジニアリング), 常陸 正 (国土交通省)
SASAKI Rio, SUGIE Miori, HORIUCHI Sena, HASEGAWA Satoshi, YAMAMOTO Akira, HITACHI Tadashi

1. はじめに

トンネルなどの土木構造物は、水質汚濁防止法における特定施設には該当しないが、トンネル湧水を公共水域に放流する場合には、一律排水基準に基づく水質管理を実施することが多い。トンネル湧水が基準不適合であるため、長期的に中和処理を実施するなど、供用後も水質的課題を保有する事例もある。

本論では、中部横断自動車道（富沢～六郷）区間のトンネル湧水を対象に、無機溶存イオン及び自然由来重金属等に着目した水質分析により周辺環境への影響を評価・対応した事例について報告する。

2. 既設トンネルで生じた水質的課題

19区間のトンネルが貫通する事業区間には、中新世の堆積軟岩（富士川層群及び西八代層群）が分布する。これら堆積軟岩は、続成作用が弱く、特に泥岩は脆弱で、スレーキングしやすい性質を有する。

このうち、平成22年4月～平成25年11月に施工された醍醐山トンネルにおけるトンネル湧水のpH観測結果を図-1に示す。トンネル湧水のpHは、平成26年5月以降、徐々に低下する傾向が認められたものの、pH8.5～9.0程度でほぼ下げ止まりとなった。なお、このときの湧水量は概ね500～600L/分である。こうしたpHが高い湧水が一定量湧出し続ける状態が、施工完了後も3年以上にわたって継続した。

この間、トンネル湧水を下流の公共水域へ放流するにあたっては、一律排水基準を満足させるよう液化炭酸ガスによる中和処理対策がなされていた。

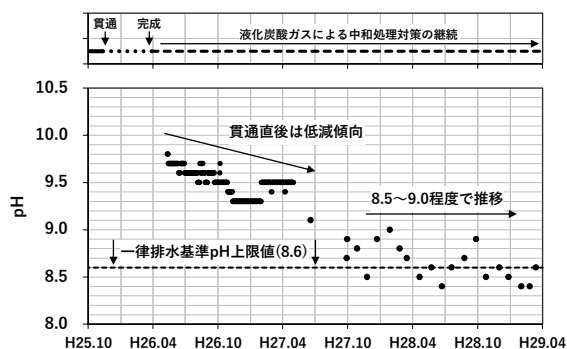


図-1 醍醐山トンネル 湧水の pH 観測結果

3. 課題解決に向けたアプローチ

長期的に高アルカリのトンネル湧水が継続してい

る要因を検討するため、無機溶存イオン及び自然由来重金属等に着目した水質分析を実施した。また、トンネル湧水を自然放流するため、周辺環境への影響を評価する方法とその流れを整理した対応フローを作成・実施した。

4. 検討結果とそれを踏まえた対応

4.1. 醍醐山トンネルの高アルカリ水生成メカニズム

醍醐山トンネルにおける水質分析の結果、覆工施工時のカルシウムイオンは少なく、ナトリウムイオンに富む Na-HCO₃ 型の水質であった。自然由来重金属等の基準超過も認められなかった。

また、別途実施した岩石室内試験の結果、当事業区間の堆積軟岩はスメクタイトを含有し、陽イオン交換容量(CEC)やスレーキング指数が高いことを確認した。

スメクタイト等の膨潤性粘土鉱物は、水和反応時のイオン交換により水中から水素イオン(H⁺)を取り去るため、水中には相対的に水酸化物イオン(OH⁻)が増加する。その結果、アルカリ性を示すものと評価した。

また、当該地域では Na-HCO₃ 型の高アルカリ水の水源を鉱泉水として利用している集落も確認された。このことから、この水質は地域地下水の特性であるといえる。

4.2. 醍醐山トンネルを踏まえた他トンネルへの対応

醍醐山トンネルの事例から、高アルカリ水が生じる要因は、当事業区間の地域地下水の特性であると考え、当事業区間内の他のトンネルの湧水についても、同様に無機溶存イオン及び自然由来重金属等の水質分析を実施した。

実施の流れは、施工前、施工中、施工後のいずれの段階においても、まずは沢水・トンネル湧水や周辺地下水の水質を確認する。施工により増加したカルシウムイオンの低減及び自然由来重金属等の基準値満足を確保できた湧水では、希釈実験等により安全性を検証する。その後、観測結果及び安全性の検証結果を環境部局へ報告し、自然放流に移行する。以上を整理した対応フローを図-2に示す。

フローに基づいて対応した楮根第四トンネルにおける水質分析結果の推移を図-3に示す。トンネル湧水のpHや濁度が上昇した平成29年7月には、関連してカルシウムイオン濃度の上昇が認められた。一方で、ナトリウムイオンは水質分析を開始した平成29年1

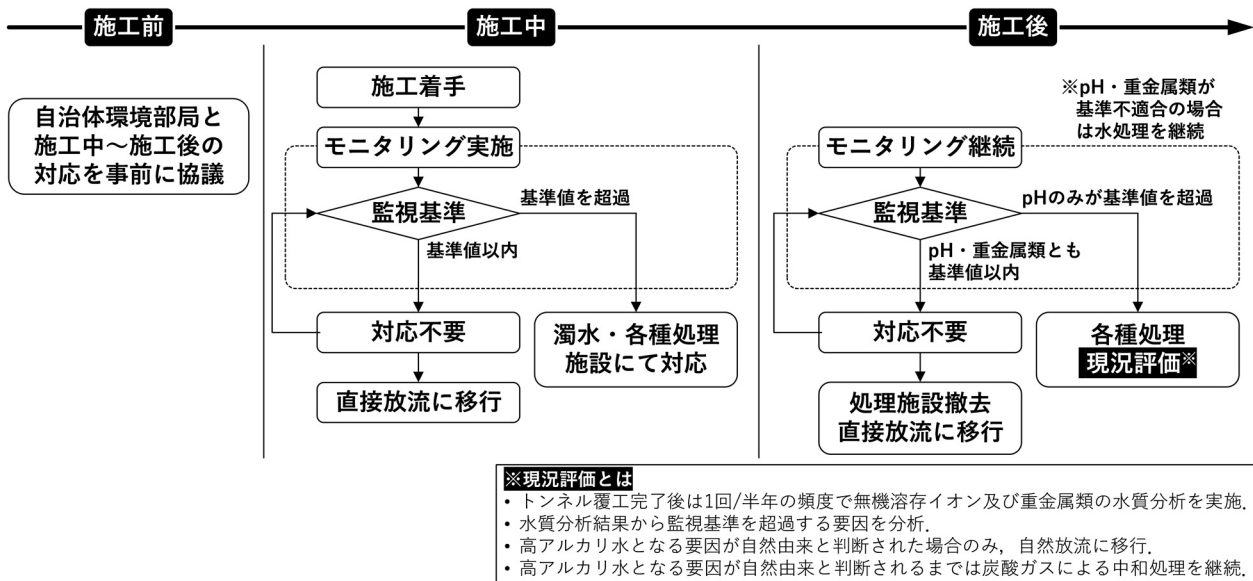


図-2 当事業区間におけるトンネル湧水の対応フロー

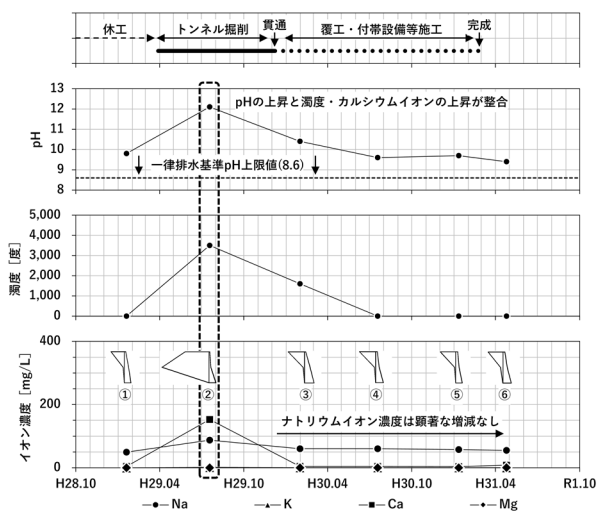


図-3 楕根第四トンネルの水質分析結果の推移

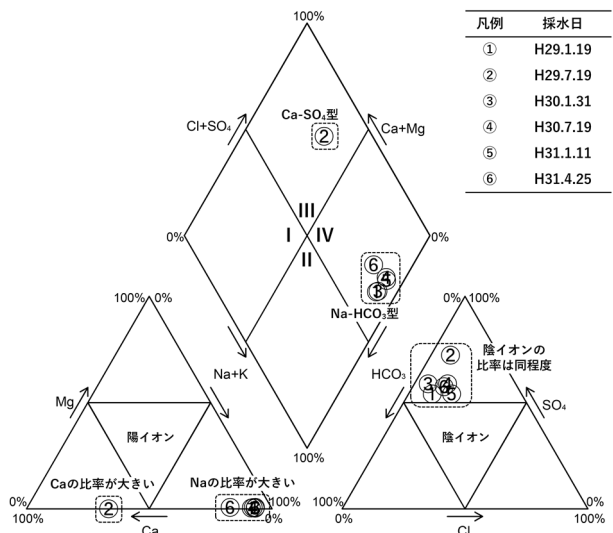


図-4 楕根第四トンネルの水質分析結果

月以降、概ね 55mg/L 前後で推移しており、顕著な増減は認められなかった。

また、水質分析結果を整理したトリリニアダイアグラムを図-4に示す。平成29年1月以降に実施した6回の水質分析のうち、pHが12程度まで上昇した平成29年7月の結果のみⅢ型(Ca-SO₄タイプ)に分類されるが、その他は全てⅣ型(Na-HCO₃タイプ)となる。このことは、トンネル湧水の水質において、トンネル掘削期間中にはカルシウムイオンが一時的に増加したものの、施工の影響が低減した後でも本地域の地下水特性により高アルカリを示すという前述のメカニズムと整合する。

5. おわりに

当事業区間における全19か所のトンネルでは、前述の対応により全て自然放流に移行済みであり、令和3年8月には事業区間の全線が開通した。

一律排水基準値を超過するトンネル湧水は、何らかの方法で中和処理を継続実施しているトンネルが多い。その一方で、トンネル湧水やその周辺河川の水質はその地域の地質学的な背景に基づき形成されている。全国基準の管理値におけるpHの値のみを用いて一律に水質を評価することは、明快かつ容易である。しかし、持続可能な社会を構築していくためには、地域の地下水やトンネル湧水の放流先となる公共水域の水質、その希釈効果を考慮することに加え、さらには地域の水資源や物質循環に立脚した、安全かつ経済的にも合理的な対策の実践が必要と考える。

文献

- 1) 長谷川怜思・大塚智久・山本 晃・堀内瀬奈(2018)：海成泥質岩の属性程度に着目した物理・化学特性の研究—特に自然由来重金属等の溶出特性について—，日本応用地質学会 平成30年度研究発表会，pp.175-176