

先進ボーリング坑から湧出した湧水の地化学的特徴から
地表水との連結度を評価する手法の検討

鹿島建設(株) 正会員 ○山下 慧 白鷺 卓 升元一彦
中央アルプストンネル(山口)JV工事事務所 正会員 松下智昭
山口大学院創成科学研究科 正会員 太田岳洋

1. はじめに

トンネル施工において、坑内湧水は施工上のトラブルになると共に、地表における湧水など周辺環境へ影響を与える。そのため、坑内湧水の規模や集水範囲を事前に予測しておくことが重要である。これらは地下水を賦存する帯水層の構造に関係し、特に地表水との連結の程度が評価のポイントになる。我々は坑内湧水における地表水の混入程度を把握する手法として、地表水と地下深部の地下水の水質が異なることを利用した評価方法の適用性を検討している。そこで、中央アルプストンネル(山口工区)において、先進ボーリング湧水と周辺の井戸水、河川水などの地表水を採水し、化学分析を実施した。本報では、先進ボーリング湧水の水質から地表水との連結の程度を評価した例について報告する。

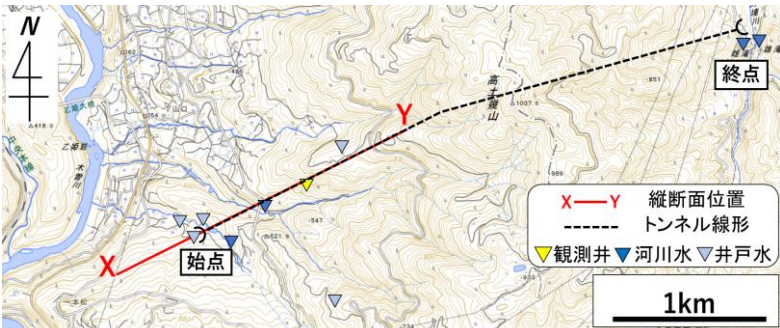
2. トンネル周辺の地質と採水地点

図—1 に井戸水、河川水の採水地点を示す。井戸水は始点側坑口付近と山間部で採水し、河川水はトンネル線形付近と終点側坑口付近から採水した。

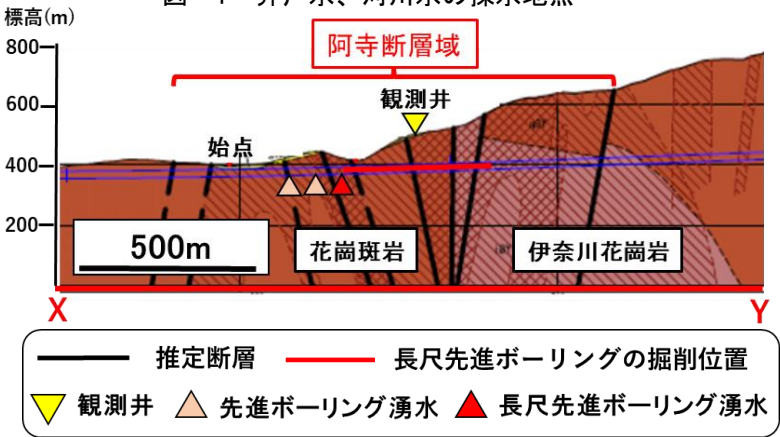
図—2 に当該地域の地質縦断面図と先進ボーリング湧水の採水地点を示す。地質は中生代白亜紀の濃飛流紋岩を基盤として、これに同時期の花崗斑岩や伊奈川花崗岩が貫入している。また、始点側のトンネル周辺には阿寺断層に伴う複数の破碎帯(阿寺断層帯)が確認されている。トンネル坑内の阿寺断層帯が分布している範囲で実施した先進ボーリング(L=約30m、土被り約20m~60m)と長尺先進ボーリング(L=450m、土被り約100m~120m)の削孔後の湧水を採水した。また、長尺先進ボーリングの孔口(赤三角)から掘削深度約230mの直上付近に地下水位を継続的に計測している観測井があり、削孔に伴う地下水位の変化を観測した。

3. 先進ボーリング湧水と河川水の化学組成の特徴

先進ボーリング湧水と井戸水・河川水の化学分析結果を表—1、図—3 に示す。これらの水質を比較した結果、長尺先進ボーリングの湧水は pH、電気伝導度(以下 EC)、重炭酸濃度、Na/Ca 比が高い。これは、長尺先進ボーリングの湧水は地表水や先進



図—1 井戸水、河川水の採水地点



図—2 地質縦断面図と坑内湧水の採水地点

表—1 試料の pH、EC、重炭酸濃度

	pH	EC (mS/m)	重炭酸濃度 (ppm)
河川水	7.3~7.6	3.5~6.4	12~26
井戸水	5.6~8.6	4.0~13.5	12~53
先進ボーリング	7.5~8.7	7.7~14	42~96
長尺先進ボーリング	8.3~8.7	26.1~31.4	120~164

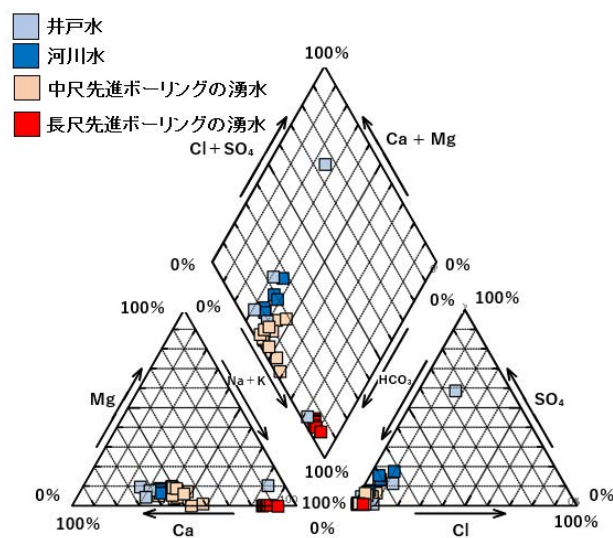
キーワード：トンネル、湧水、地下水、化学組成、地質構造、断層

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6545

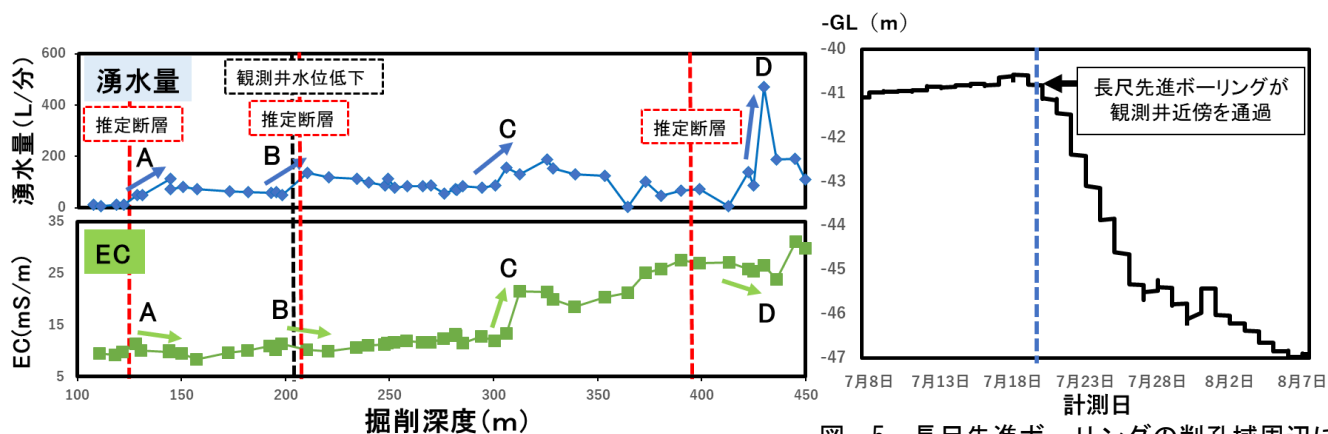
ボーリングからの湧水に比べ、水と岩石がより反応している滞留時間の長い地下水であることを示唆している。このように、坑内でも湧出箇所によって大きく水質が異なることがわかった。

4. 長尺先進ボーリングの湧水の水質による連結度の評価

図—4 に長尺先進ボーリング削孔中の湧水の削孔深度に対する EC と湧水量を示す。削孔中に湧水量が顕著に増加したのは図—4 中の A、B、C、D の 4 か所で、この位置で湧水帯の分布が推定された。一方で、EC に着目すると、A、B、D では EC が減少し、C では増加している。このことから A、B、D では滞留時間の短い地表水が混入し、C では地下深部の滞留時間の長い地下水が混入したと考えられる。さらに湧水量が増加した A、B、D と既存の断層の分布がほぼ一致していることから、地表水が長尺先進ボーリング内に流入した一因として、断層が水みち、あるいは遮水層の役割を担っていると考えられる。図—5 に長尺先進ボーリングの削孔域（図—4 中の B 点周辺）に位置する観測井の水位の経時変化を示す。長尺先進ボーリングが観測井近傍を通過した時、観測井の水位が大きく低下し、長尺先進ボーリングの湧水量は約 100L/分増加（B 点）したことから、長尺先進ボーリング内に地表水が流入したと考えられる。



図—3 採水した試料の化学組成

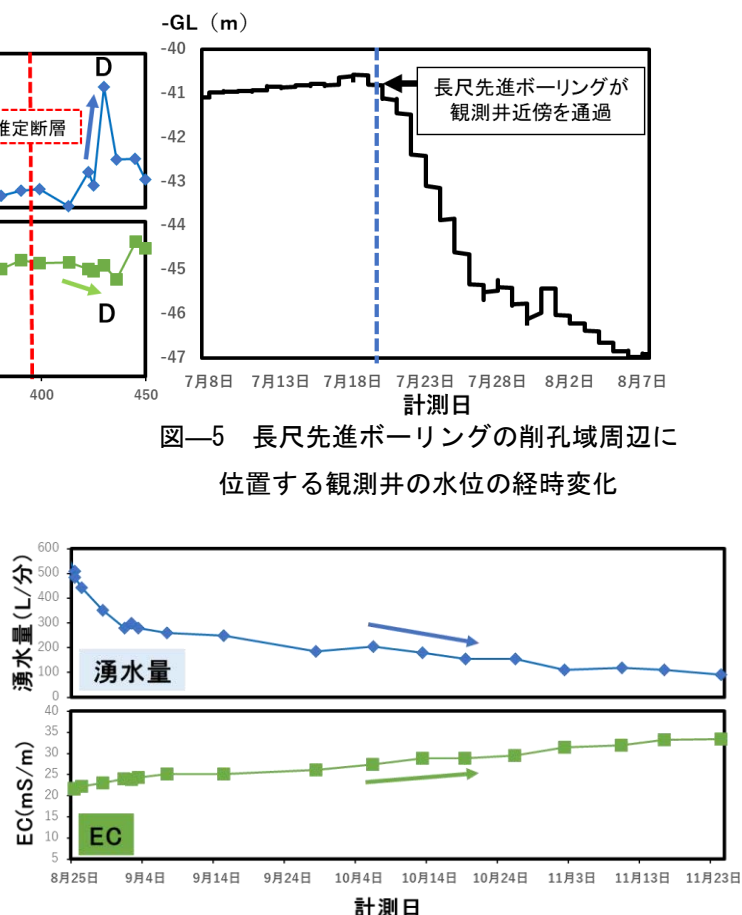


図—4 削孔深度毎に対する EC と湧水量

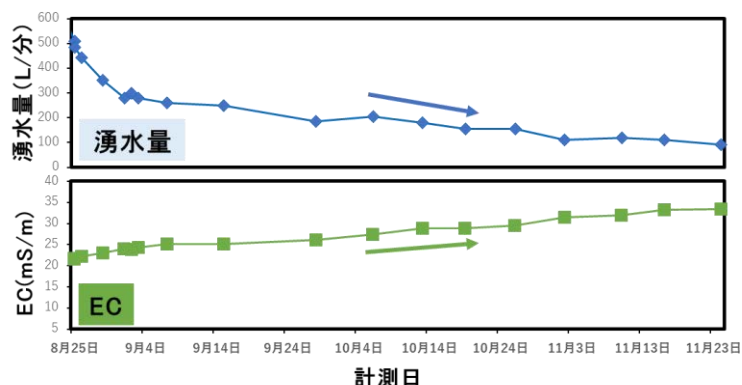
図—6 に長尺先進ボーリング削孔後の湧水量と EC の経時変化を示す。この湧水はボーリング全長に対して流入した滞留時間の短い地表水と滞留時間の長い地下深部の地下水の両方が含まれている。削孔後、湧水量は減少し EC は徐々に上昇する傾向がみられた。これは、初めは断層から地下水を多く引き込んでいたが、水位の低下によりその割合が減少し、相対的に EC の高い地下水の割合が上昇したためと考えられる。このように、水質を計測・分析することで地表水が先進ボーリング湧水に与える影響を評価できる可能性を示すことができた。

5. おわりに

先進ボーリングの水質分析をすることで、地下水が地表水に連結しているか否かを判断する一助となることがわかった。今後も、先進ボーリング湧水の水質からトンネル掘削時の周辺環境を評価する手法を検討するため、先進ボーリング湧水の現場計測、化学分析を実施していく。



図—5 長尺先進ボーリングの削孔域周辺に位置する観測井の水位の経時変化



図—6 削孔後の EC と湧水量の経時変化