

トンネル掘削による井戸水位低下要因の検討

(株) エイト日本技術開発 ○ 沖田孝行
風見健太郎

1. はじめに

本業務では、京都府南部のトンネル新設工事に伴い、周辺地区の井戸、沢水への工事影響を評価するために水位・流量測定を行った。調査の結果、トンネル施工期間中、井戸Aの水位低下が確認され、付近の沢水においても流量の減少が見られた。過年度業務では、「高橋の方法」によりトンネル掘削に伴う湧水影響範囲が設定されているが、水位低下が確認された井戸Aは、その範囲外に位置している。

そこで、本業務では、調査地の地形地質学的特徴と水質分析結果を踏まえ、調査地の地下水流動を把握し、湧水影響範囲外に位置する井戸の水位低下要因について検討した。

2. 地形地質概要

調査地の地形は、断層を境として、標高 700m 程度の山地からなる北部と、丘陵地～低地で構成される南部に分けられる。北部の山地はチャートや泥岩からなる中生代ジュラ紀の付加体で、新設トンネルは、この付加体を貫く形で掘削された。南部の丘陵地～低地は、新生代新第三紀鮮新世～更新世の大阪層群及び段丘堆積物、完新世の谷底平野堆積物で構成される。

3. 調査概要

(1) 観測方法

井戸Aに対する工事影響を把握するため、水圧式自記水位計(応用地質社製 S&DL mini (10m 計))による水位観測を実施した。また、水質の観点からも評価するため、簡易水質測定(水温、pH、EC)と水質分析(イオン分析: 主要7項目+NO₃⁻)を実施した。

(2) 観測頻度

自記水位計による測定間隔は1時間に1データとし、月1回の頻度で手測りによる水位観測を実施した。簡易水質測定も同様に月1回測定した。イオン分析は季節変化を見るため、夏季(7月)と冬季(1月)の年2回実施した。

(3) 評価方法

1) トンネル湧水量(濁水処理量)との比較

トンネル湧水量(濁水処理量)の日データを入手し、井戸Aの水位変動と湧水量の増減との関連性を評価した。

2) 実効雨量解析による工事影響評価

井戸Aに対する工事影響を客観的かつ定量的に評価する

ため、実効雨量解析を実施した。この解析では、トンネル工事前期間における雨量(実効雨量)と井戸水位の関係から回帰分析を行い、井戸水位の予測式を算出した。評価方法としては、予測式の95%信頼区間を求め、上限値と下限値を「工事影響評価ライン」とし、このラインを下回った場合を「工事影響有り」とした。

イオン分析の結果はヘキサダイアグラムの平面分布図に整理し、調査地における地下水流動を検討した。

4. 観測結果

(1) 水位観測・実効雨量解析結果

水位観測結果を図-1、実効雨量解析結果を図-2に示す。トンネル工事は令和4年5月～令和6年2月で掘削・覆工が行われた。図-1では、工事期間中の令和4年8月において井戸水位が急低下を示し、同時にトンネル湧水量が急増していることが読み取れる。また、実効雨量解析の結果も同様に、実測値が工事影響評価ラインを下回った。このことから、水位低下が少雨等の自然的要因ではなく、トンネル工事により引き起こされたものであることが推察される。

令和4年8月以降の水位については、一時的に回復傾向となるが、施工前と比べて1m程度水位が低い状態が継続しており、実効雨量解析でも実測水位が予測水位を下回り続け、工事影響評価ラインの下限値付近で推移していることが分かる。

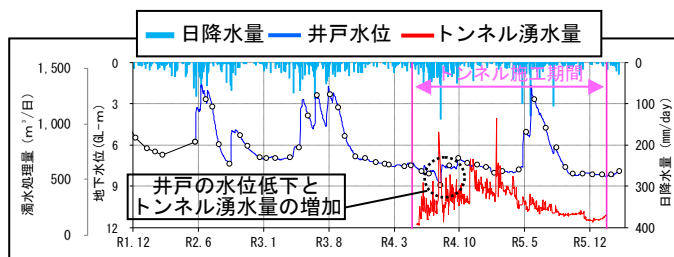


図-1 井戸水位とトンネル湧水量

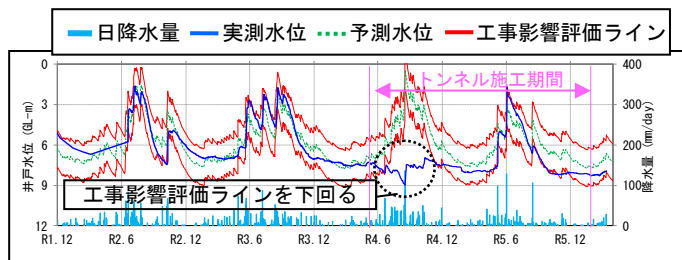


図-2 実効雨量解析結果

(2) 簡易水質測定・イオン分析結果

井戸Aの簡易水質は、水温は14.0~16.6℃、pHは6.0~7.8、電気伝導率は5.7~6.4mS/mであった。これらの値は、トンネル掘削前の傾向と同様であり、異常値は確認されなかった。

また、各観測箇所の水質分析結果をヘキサダイアグラムの平面分布図として図-3に整理した。調査地では、地質構造として北部の山地と南部の丘陵地~低地を分ける断層がある。南部は丘陵地~微高地が北西-南東方向に並行し、その間を谷底平野堆積物が埋積している。水質は断層を境にして北側と南側で状況が異なっており、北はMg-HCO₃型、南側はCa-SO₄、Ca-HCO₃型である。井戸Aは断層南側の大阪層群や低位段丘堆積物で構成される丘陵地~微高地上に位置しているが、井戸Aの水質は北側の沢水と近い結果となった。なお、トンネル湧水は他の観測箇所とは異なる形状をしていた。

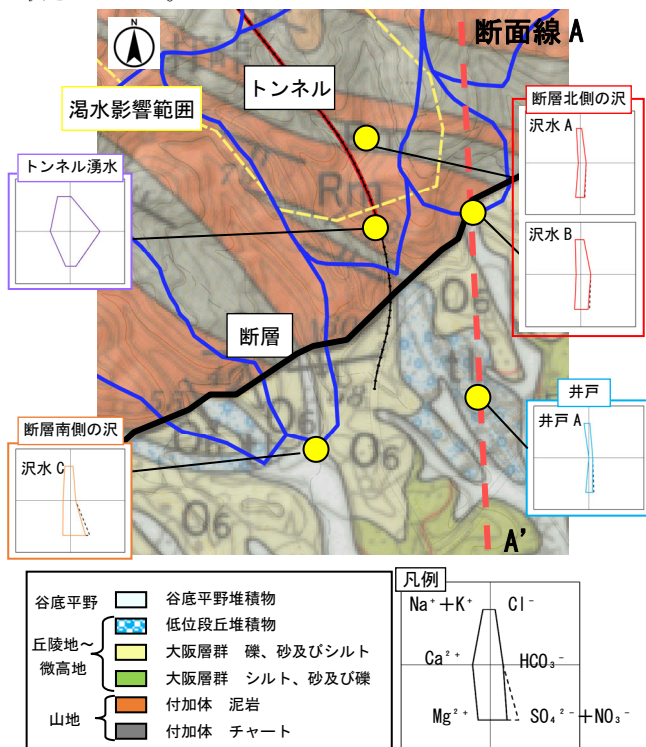


図-3 ヘキサダイアグラム平面分布図

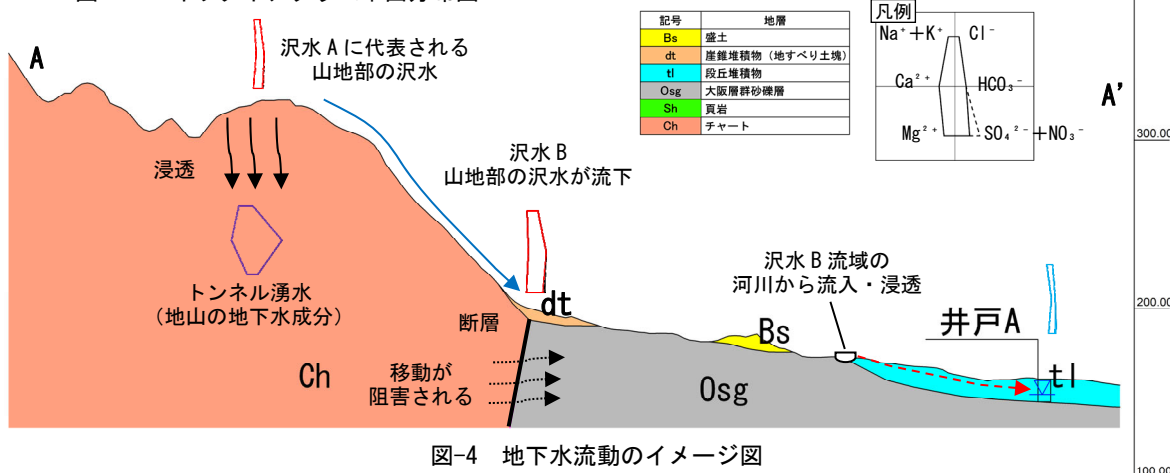


図-4 地下水流動のイメージ図

5. 考察

上記の結果に基づいて、調査地の井戸Aにおける水位低下要因を考察する。図-4に、図-3の断面線A-A'で作成した調査地の地下水流動のイメージ断面図を示す。トンネルに関連のある地下水は、調査地の地形地質構造により流動が阻害されていると考えられる。沢水AやBなどは、溶存成分が少なく、一方でトンネル湧水は溶存成分が多い。これは、トンネル湧水が地山の地下水成分を示し、沢水Aなどの山地の表流水が浸透することで形成されたと考えられる。この地下水が断層によって一部遮水され、南側への移動が阻害されることで、調査地における水質の違いが現れていると考えられる。

井戸Aについては、水質が断層北側の沢水Aや沢水Bと類似しており、山地を流下してきた沢水が大阪層群及び段丘堆積物に浸透したものが涵養源となっている可能性が高い。地形的に井戸Aの涵養源は沢水Bと考えられ、この沢水は「高橋の方法」により設定された湧水影響範囲内(図-3中の黄色破線)に含まれており、観測でも流量の減少が確認された。井戸Aの水位低下は、湧水影響範囲に含まれる涵養源流域(沢水B)の水量が減少したことで起こったと推察される。

6. まとめ

湧水影響範囲外で起きた井戸の水位低下について、水位観測・実効雨量解析により、トンネル工事と水位低下が関連していると考えられたため、地形地質、イオン分析結果により推定した調査地の地下水流動から、井戸の水位低下要因について検討した事例を紹介した。

地下水の動きは実際には見ることができないため、地形や地質、地下水位、流量、及び地下水水質など、多角的な視点から判断することが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 5万分の1地質図「奈良」, 産業総合技術研究所 地質調査総合センター, 2000.