

道路改良事業に伴う温泉泉源への影響評価事例

大日本ダイヤコンサルタント株式会社 ○吉川 洗希, 半田 義人, 本田 実礼

1. はじめに

通常の水文調査では、トンネルや橋梁、切土盛土施工に伴う周辺の井戸水や湧水、河川等の周辺水文環境に与える影響を調査することが多く、温泉を対象とした調査は少ない。そこで、今回経験した温泉泉源を対象とした水文環境影響調査事例を紹介する。

今回対象とした地区は、古く平安時代から利用されている温泉泉源が多数分布する地区であり、道路改良工事（トンネルや切土等）の施工に伴い自噴量の減少や泉質の変化が懸念されていた。本調査では、施工前段階におけるモニタリング計画の立案から施工中、施工後の影響評価を実施した。泉源モニタリング調査の結果、温泉自噴量に降水量と相関性が認められたため、実効雨量解析による影響判定解析を実施した。解析の結果、実効雨量による再現自噴量と実測自噴量が比較的精度よく整理され、影響評価ができた。このことから、通常的水文調査の経験が温泉を対象とした業務にも十分有効であると判断した。

2. 泉源分布調査

通常的水文調査の場合、調査範囲は地質分布や分水嶺、行政境、高橋の方法等による影響予測範囲を基に検討されるが、今回は広域的に分布する温泉泉源を対象としたことから、既存調査資料を基に、温泉水の流下方向に広く設定した。具体的には、自治体の保険所が所管している温泉泉源台帳を基に泉源の分布や利用状況を確認（通常的水文調査では井戸調査 A, B に相当）すると共に、既存の温泉賦存量調査資料（熱水変動モデル）から熱水はリニアメント沿いに流れていることを確認し、流下方向にモニタリング地点を設定した（図-1）。

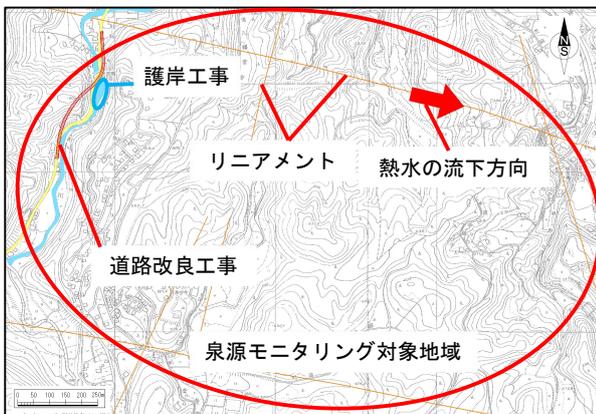


図-1 熱水変動モデルと調査対象位置図

3. 泉源調査

設置したモニタリング地点において、施工前～施工中、施工後に定期的な観測を実施した。泉源モニタリング調

査は「温泉モニタリングマニュアル」¹⁾に準じて湧出量、泉温、簡易水質（pH, EC）の観測を実施し、湧出量の観測は容器法を用いて実施したが、自噴量が0L/分の場合、コンプレッサーを使用した揚水量を参考値として観測した。通常的水文調査と異なる点として、温泉は高温であることから、観測時は耐熱グローブを利用した。また、温泉の泉質変化（単純温泉やアルカリ性単純温泉等の区分）を把握するために「鉱泉分析法指針」²⁾で規定されている鉱泉分析試験を実施した。

そのうち本発表では、トンネル近傍に位置する温泉泉源（以下、泉源 A と称する）を対象に調査結果を紹介する。施工箇所と泉源 A の位置関係を図-2に示す。

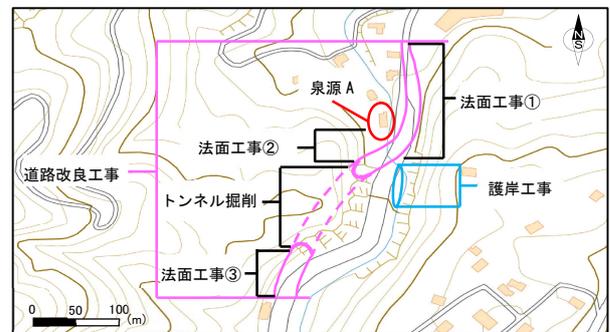


図-2 道路改良工事と泉源 A の位置図³⁾

4. 泉源モニタリング結果

道路改良施工前～施工後におけるモニタリングの結果、ほとんどの地点において施工前後で大きな影響は認められなかった。しかし、いくつかの箇所では、湧出量や泉温のわずかな減少・低下傾向が認められ、これらの傾向は施工前段階から確認できていた。その原因としては温泉の供給量に比べ使用量が増加したため、温泉の自噴量や揚湯量、泉温が減少傾向を示したと判断される。

泉源 A では、施工前段階から次第に湧水期の自噴量が 0L/分となる頻度が増加し、泉温が緩やかに低下する傾向が認められた。自噴量は日雨量が増加する豊水期以降は明瞭に増加する傾向が認められた（図-3）。

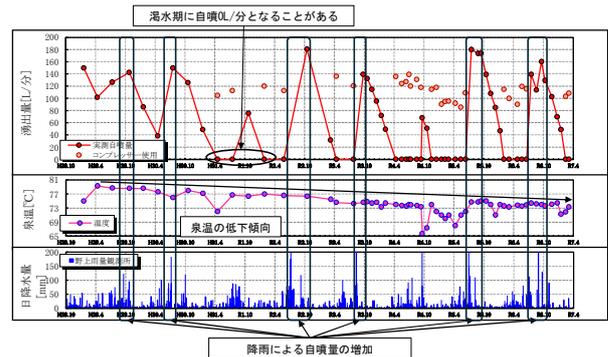


図-3 泉源モニタリング結果⁴⁾

5. 工事影響評価検討

自噴量は降雨との相関傾向が見られたため(図-3)、道路改良工事による影響評価を目的として、実効雨量による解析を実施した。

実効雨量とは、降雨が地中に貯留されている量を便宜的に示した値を示す。本地域の温泉水は地下水に由来するとされ、地下水が浸透・貯留され噴出すると考えられる。そのため、泉源は一つの流出孔を持つ、1段のタンクモデルとも言い換えられる。

泉源モニタリング結果および施工期間を整理した実効雨量解析結果を図-4、再現自噴量と実測自噴量の各年度の相関係数を図-5に示す。

道路改良工事による温泉泉源への影響評価は、通常的水文調査と同様、モニタリングデータと施工時期の関係や時系列解析により行った。

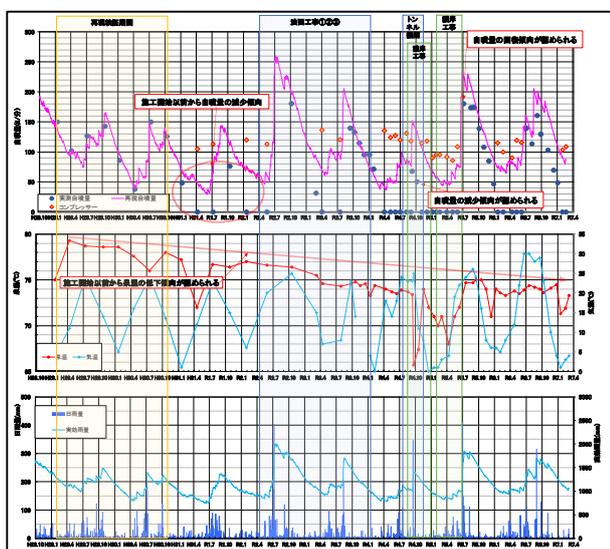


図-4 実効雨量解析結果図⁴⁾

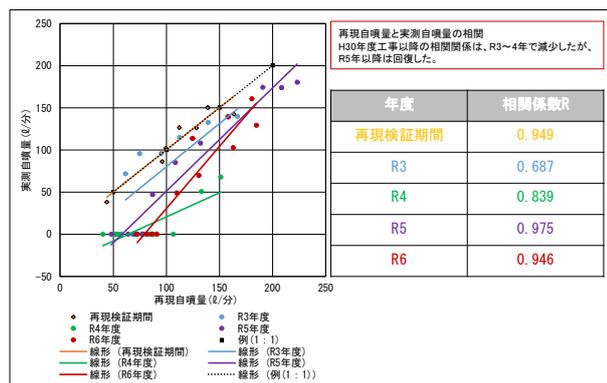


図-5 再現自噴量と実測自噴量の相関

(1) 解析結果

解析の結果、道路改良工事開始前段階(H28年10月～R2年4月間)では、実測自噴量と再現自噴量の乖離は少なく、湧水期は実測自噴量が減少する傾向があるものの、概ね実測自噴量を再現する結果であった。しかし施工中であるR2年4月～R5年7月間では再現自噴量と実測自噴量に大きな乖離が認められるようになっている。さらに施工

が完了したR5年7月～R7年3月間は概ね施工前段階と同様の再現率までの回復が確認された。

この再現率が低下した原因としては、令和2年7月の豪雨により温泉泉源が含まれる河川が氾濫し、温泉施設や河川護岸が被災したことが直接の影響であると考えられる。この災害により温泉泉源に河川の濁水が流入する事象も認められていることから、自噴した温泉が河川に流出した可能性も否定できない。

その後、河川護岸の復旧が完了した段階では、概ね施工前段階と同様の再現率までの回復が確認された。

(2) 水文環境特性

泉源モニタリングの結果から、調査地域の泉源では、施工開始前から湧水期には自噴量の減少傾向が認められていた。加えて、泉温の継続的な低下傾向が見られたことから、調査地全域の温泉水の供給量が減少傾向にあると判断できる。一方で、今回実施した道路改良工事による温泉泉源への顕著な影響はなかったと判断する。

なお、豪雨災害の影響により一部の泉源で若干の自噴量の減少が認められたが、復旧後には概ね回復が認められている。

6. まとめ

通常的水文調査では、トンネルや橋梁、切土盛土施工に伴う井戸水や湧水、河川等の周辺水文環境に与える影響を調査することが多く、温泉を対象とした調査事例は少ない。しかし対象とする保全対象水源が異なるのみで、調査や解析手法としてはほぼ同様の手法で対応することができる。

今回はリニアメント沿いに流れる温泉水を対象とした水文調査を実施したが、長期的な降雨量(先行雨量≒実効雨量)と良い相関が認められた。このことから、温泉湧出量の解析に実効雨量やタンクモデルが適用できることが分かった。

今後も温泉泉源分布域を通過する道路改良やバイナリー発電の開発などの際には、これまでの水文調査解析の経験を活かした調査が有効であると考えている。

《引用・参考文献》

- 1) 環境省自然環境局(2015):温泉モニタリングマニュアル。
- 2) 環境省自然環境局(2014):鉱泉分析法指針。
- 3) 国土地理院地形図(に加筆),(最終閲覧日2025年5月14日)。<https://maps.gsi.go.jp/>
- 4) 国土交通省水文水質データベース(最終閲覧日2025.5.14),
<http://www1.river.go.jp/contents.html>